

Wasserstoff- Versorgungskonzept für Baden-Württemberg

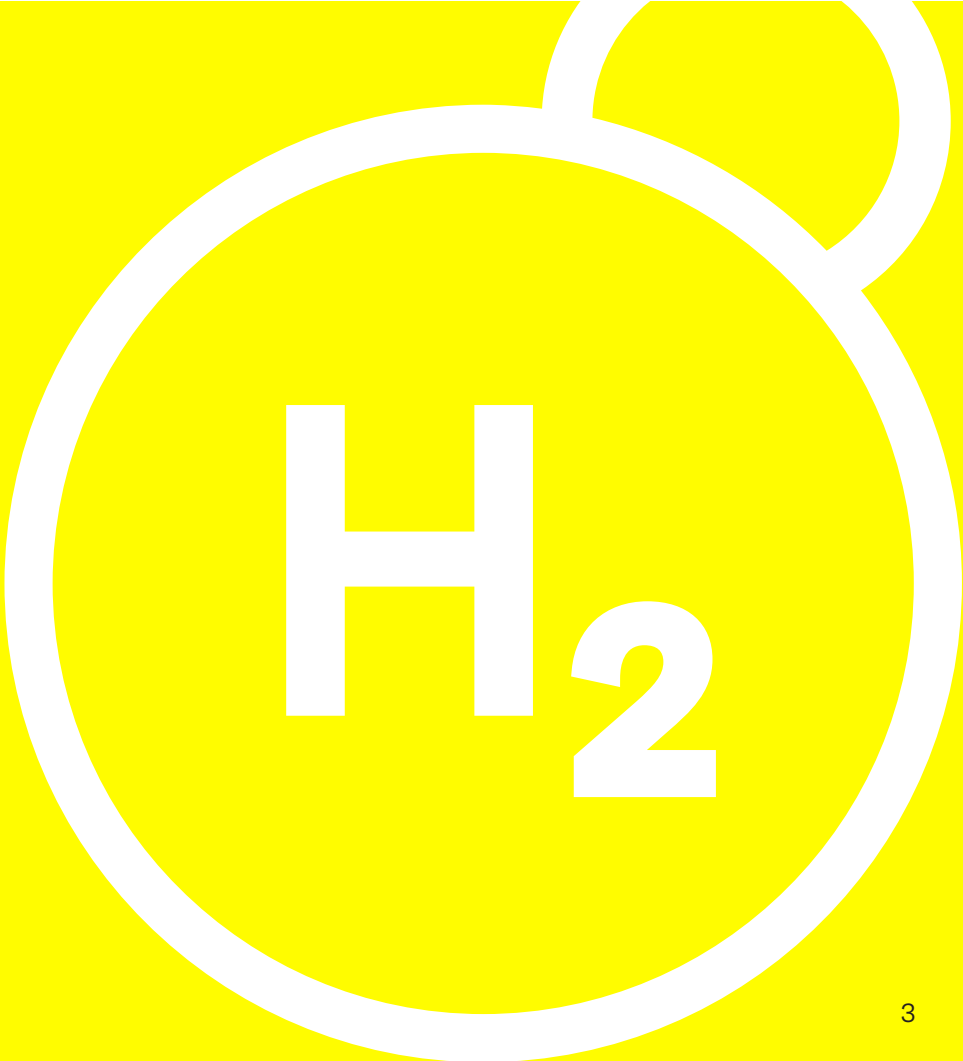


H₂

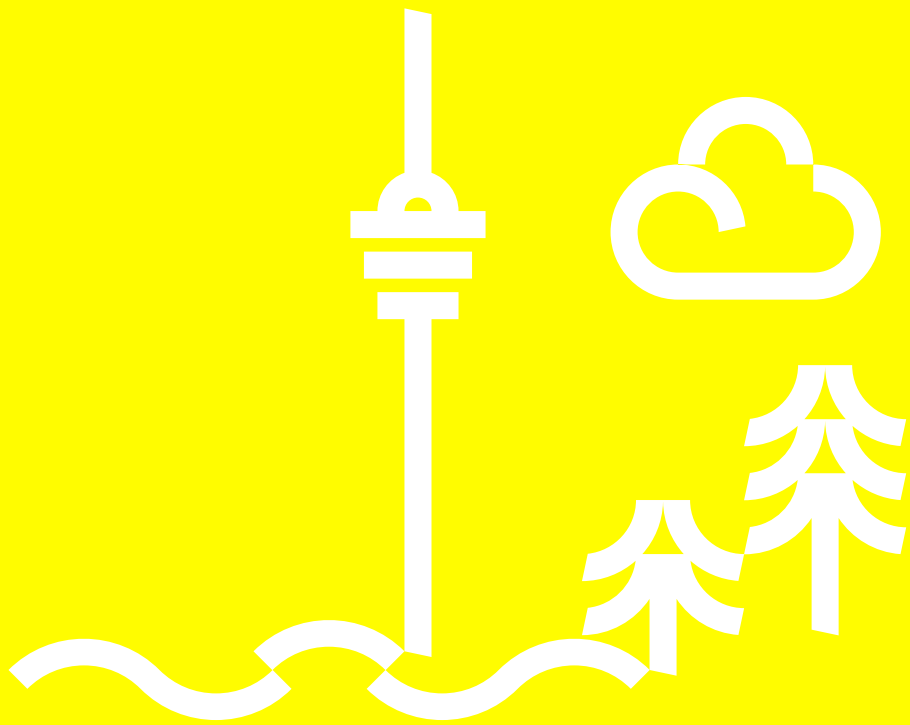
Inhaltsverzeichnis

Management Summary	4
Einleitung	6
1 Rahmenbedingungen für die Wasserstoffversorgung	9
1.1 Aktueller Stand des Wasserstoffhochlaufs	9
1.2 Rahmenbedingungen für die Infrastruktur	10
1.3 Rahmenbedingungen auf Bundesebene	11
1.4 Rahmenbedingungen auf EU-Ebene	11
1.5 Internationale Beziehungen	12
1.6 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	12
2 Wasserstoff-Bedarfe in Baden-Württemberg	13
2.1 Bedarfsabschätzung für Baden-Württemberg	13
2.2 Faktoren für die Nachfrage	14
2.3 Deckung der Wasserstoff-Bedarfe	16
2.4 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	17
3 Wasserstoffinfrastruktur: Kern- und Verteilnetz	18
3.1 Überblick Wasserstoffinfrastruktur	18
3.2 Wasserstoff-Kernnetz	19
3.3 Netzentwicklungsplan	20
3.4 Wasserstoff-Verteilnetz	21
3.5 Wasserstoffspeicher	21
3.6 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	21
4 Lokale Wasserstoff-Erzeugung	23
4.1 Begriff der „Lokalen Erzeugung“	23
4.2 Bedeutung einer lokalen Erzeugung für die Versorgung in Baden-Württemberg	25
4.3 Standortfaktoren für Wasserstoff-Hubs und Elektrolyseure	25
4.4 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	27
5 Internationale Wasserstoff-Versorgungsoptionen für Baden-Württemberg	28
5.1 Internationale Transportoptionen von Wasserstoff und Derivaten	28
5.1.1 Transport via Pipeline: European Hydrogen Backbone	29
5.1.2 Transport via Schiff, Schiene, Trailer	31
5.1.3 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	34

5.2 Internationale Erzeugungsländer und Partnerschaften Baden-Württembergs	34
5.2.1 Internationale Wasserstoff-Partnerschaften	34
5.2.2 Potenzielle Bezugsländer von Wasserstoff	35
5.2.3 Aktivitäten der Landesregierung	37
5.2.4 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen	37
Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	38
Quellenangaben	43
Abbildungsverzeichnis	45
Tabellenverzeichnis	45
Abkürzungsverzeichnis	46
Impressum	47



H₂



Management Summary

Baden-Württemberg soll bis 2040 netto-treibhausgasneutral werden. Um dieses ambitionierte Ziel zu erreichen, ist ein tiefgreifender Umbau unseres Energiesystems und eine weitreichende Umstellung auf innovative und emissionsfreie Technologien in allen Sektoren notwendig. Der Auf- und Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft ist dafür ein entscheidender Baustein. Das Ziel des H₂-Versorgungskonzepts ist es, verschiedene H₂-Versorgungsoptionen und -wege aufzuzeigen und hierdurch den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg nachhaltig zu unterstützen.

Für eine Versorgung Baden-Württembergs mit Wasserstoff müssen die H₂-Nachfrage, basierend auf H₂-Bedarfen, das H₂-Angebot sowie die zum Transport nötige Infrastruktur aufeinander abgestimmt werden. Außerdem benötigt der Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft fördernde Rahmenbedingungen. Das Konzept zeigt Entwicklungspfade auf und beinhaltet Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für alle genannten Bereiche, die den Aufbau einer diversifizierten H₂-Versorgung für Baden-Württemberg unterstützen:

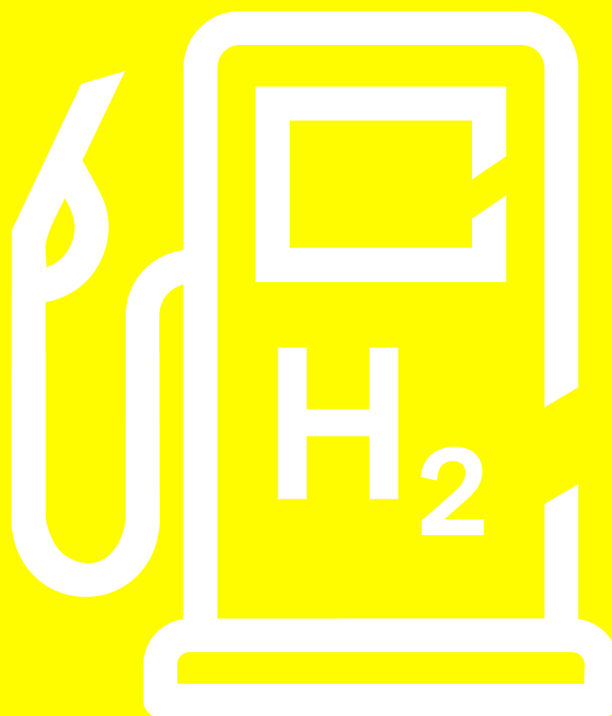
- **Nachfrage:** Eine verlässliche Nachfrage ist eine wichtige Planungskomponente und wirtschaftliche Voraussetzung für den Aufbau einer H₂-Versorgung. Deshalb müssen sich die Preise auf der Nachfrageseite und die Investitionskosten in Erzeugungsanlagen stufenweise annähern. Ermittelte Bedarfe sind erste Indikatoren der Entwicklung zukünftiger H₂-Nachfrage. Die Landesregierung wird im Rahmen von Studien und Erhebungen die Prognosen von H₂-Bedarfen in Baden-Württemberg überprüfen, um eine höhere Planungssicherheit zu gewährleisten. Des Weiteren wird auf Bundesebene eine regelmäßige Überprüfung im Rahmen des Netzentwicklungsplans (NEP) Gas- und Wasserstoff empfohlen.
- **Infrastruktur:** Der zügige Infrastrukturausbau ist eine zentrale Voraussetzung für den H₂-Hochlauf. Ein wesentlicher Faktor dafür ist die Einrichtung eines Transportsystems (Kernnetz, Verteilnetz) einschließlich Speicher für große Mengen an Wasserstoff. Der Aufbau des Kern- und Verteilnetzes kann nur bei unterstützenden Rahmenbedingungen möglich sein. Die Landesregierung empfiehlt dem Bund daher eine Verbesserung der Finanzierungsbedingungen für

Investitionen der Fernleitungsnetzbetreiber (FNB) in das Kernnetz und die Berücksichtigung weiterer Verbindungen im Süden Baden-Württembergs, insbesondere die Verlängerung des Kernnetzes entlang der Rheinschiene. Außerdem legt die Landesregierung eine regulatorische und finanzielle Unterstützung beim Auf- und Ausbau eines H₂-Verteilnetzes nahe, inklusive dessen Berücksichtigung im NEP. Eine Maßnahme von Seiten der Landesregierung wird die Überprüfung von H₂-Speicherkapazitäten sein.

- **Lokale Erzeugung:** Für die dezentrale Wirtschaftsstruktur Baden-Württembergs ist der Aufbau lokaler Erzeugungskapazitäten wichtig, um eine zeitlich vor der Inbetriebnahme oder eine räumlich außerhalb des Einzugsbereichs von H₂-Netzen entstehende Nachfrage decken zu können. Eine lokale H₂-Erzeugung muss so konzipiert werden, dass sie auch mittel- bis langfristig als tragendes Element einer H₂-Versorgung wirtschaftlich betrieben werden kann und regionale Wertschöpfungsketten unterstützt. Die Wirtschaftlichkeit hängt vor allem von den Kapitalkosten, dazugehörigen Infrastrukturen, den Bezugskosten für den erneuerbaren Strom sowie den Betriebsstunden des Elektrolyseurs ab. Die Landesregierung wird sich daher weiterhin für den Aufbau von H₂-Hubs einsetzen. Niedrige Stromkosten beim Betrieb von Elektrolyseuren sind ebenfalls ein Anliegen.
- **Importe:** Internationale Importe werden mittel- und langfristig den Großteil des Wasserstoffangebots in Baden-Württemberg bestimmen. Stabile Lieferbeziehungen und eine Diversifizierung der Importe sind wichtige Ziele. Die Landesregierung unterstützt den Aufbau eines globalen H₂-Marktes. H₂-Partnerschaften des Landes sollen intensiviert und fortgeführt sowie Aktivitäten und H₂-Partnerschaften des Bundes unterstützt werden. Die Unterstützung von Offtake-Initiativen und neuen Garantieinstrumenten spielt hier ebenfalls eine Rolle. Eine Empfehlung ist die Weiterentwicklung von Auktionsmodellen wie H2Global, sodass auch KMU diese nutzen können. Die politische Flankierung von internationalen Aktivitäten baden-württembergischer Unternehmen im Bereich Wasserstoff sowohl zum Wasserstoffbezug als auch zum Technologieexport bleibt eine wichtige Aufgabe. Baden-Württembergs internationale anerkannte Forschungseinrichtungen und innovative Unternehmen können wichtige Beiträge zum Aufbau einer internationalen Wasserstoffwirtschaft leisten.

→ **Internationale Transportwege:** Damit der im Ausland produzierte Wasserstoff nach Baden-Württemberg gelangt, sind diverse Transportwege von Bedeutung. Pipelineverbindungen bieten die kostengünstigste Variante große Mengen an Wasserstoff zu transportieren. Daher setzt sich die Landesregierung intensiv für die Entwicklung der europäischen Pipeline-Korridore ein. Es wird auch die Schaffung eines geeigneten Finanzierungsinstruments für den European Hydrogen Backbone auf EU-Ebene empfohlen. Abseits der Pipelineanbindung werden H₂-Derivate und flüssiger Wasserstoff über Schiff, Schiene und Trailer nach Baden-Württemberg transportiert. Die Landesregierung plant die Beobachtung und Untersuchung maritimer Importpfade sowie der Transportoptionen via Binnenschiff, Güterzug oder LKW im Sinne einer diversifizierten und resilienten H₂-Versorgung. Aufgrund der Dringlichkeit von aussagekräftigen Daten wird parallel zur Veröffentlichung des Versorgungskonzepts eine Studie zu möglichen Kosten- und Preiskorridoren, zeitlichen Verläufen sowie verfügbaren Mengen an Wasserstoff und H₂-Derivaten aus Sicht des Landes Baden-Württemberg erstellt.

Die Landesregierung wird weiterhin an einer stringenten Umsetzung seiner Wasserstoff-Roadmap festhalten. Dieses H₂-Versorgungskonzept ergänzt und erweitert die Roadmap. Es ist ein weiterer Schritt zum Auf- und Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg.



Einleitung

Baden-Württemberg soll gemäß § 10 Klimaschutz- und Klimawandelanpassungsgesetz Baden-Württemberg bis 2040 netto-treibhausgasneutral werden. Um dieses ambitionierte Ziel zu erreichen, ist ein tiefgreifender Umbau unseres Energiesystems und eine weitreichende Umstellung auf innovative und emissionsfreie Technologien in allen Sektoren notwendig. Neben der Elektrifizierung durch erneuerbare Energien (EE) und der Energieeffizienz spielt der Auf- und Ausbau einer erneuerbaren Wasserstoffwirtschaft eine entscheidende Rolle. Erneuerbarer Wasserstoff (H_2) und seine Derivate eignen sich insbesondere zur Kopplung der Sektoren Energie, Verkehr und Industrie. Durch die Sektorkopplung unter dem Einsatz von Wasserstoff (und seiner Derivate wie Ammoniak und Methanol) können EE flexibler genutzt, etwaige Netzengpässe kompensiert und die notwendigen EE-Ausbauziele unterstützt werden. Durch die Umwandlung des erneuerbar erzeugten Stroms durch Elektrolyse in Wasserstoff können EE auch an schwachen elektrischen Netzknoten zugebaut und saisonübergreifend gespeichert werden. Es ist davon auszugehen, dass ein Einsatz in Privathaushalten zum Heizen mittelfristig wahrscheinlich nur in Ausnahmefällen technisch und wirtschaftlich darstellbar ist. Es gilt

das gesamte Energiesystem – Elektronen und Moleküle – zu optimieren und resilienter zu gestalten. Ein vernetztes, diversifiziertes Energiesystem wird mittel- bis langfristig eine entscheidende Bedeutung in der Energiewende und bei der energetischen Versorgungssicherheit spielen. Lokal erzeugter Wasserstoff kann einen Beitrag zur energetischen Resilienz Baden-Württembergs leisten. Darüber hinaus ermöglicht Wasserstoff aufgrund der weltweit verfügbaren Erzeugungspotenziale eine Diversifizierung der Bezugsländer, die zu einer höheren Resilienz führen kann, als es bei fossilen Energieimporten der Fall ist.

Die Landesregierung unterstützt intensiv die Etablierung einer erneuerbaren Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg. In der Übergangsphase kann auch kohlenstoffarmer Wasserstoff einbezogen werden, um den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen.

In 2020 veröffentlichte das Land eine Wasserstoff-Roadmap. Sie baut auf der nationalen sowie der EU-Wasserstoffstrategie auf und legt 29 Maßnahmen angepasst an Baden-Württemberg fest. Hierbei berücksichtigt die Roadmap alle relevanten Dimensionen des Aufbaus einer lokalen Wasserstoffwirtschaft: H_2 -Erzeugung,

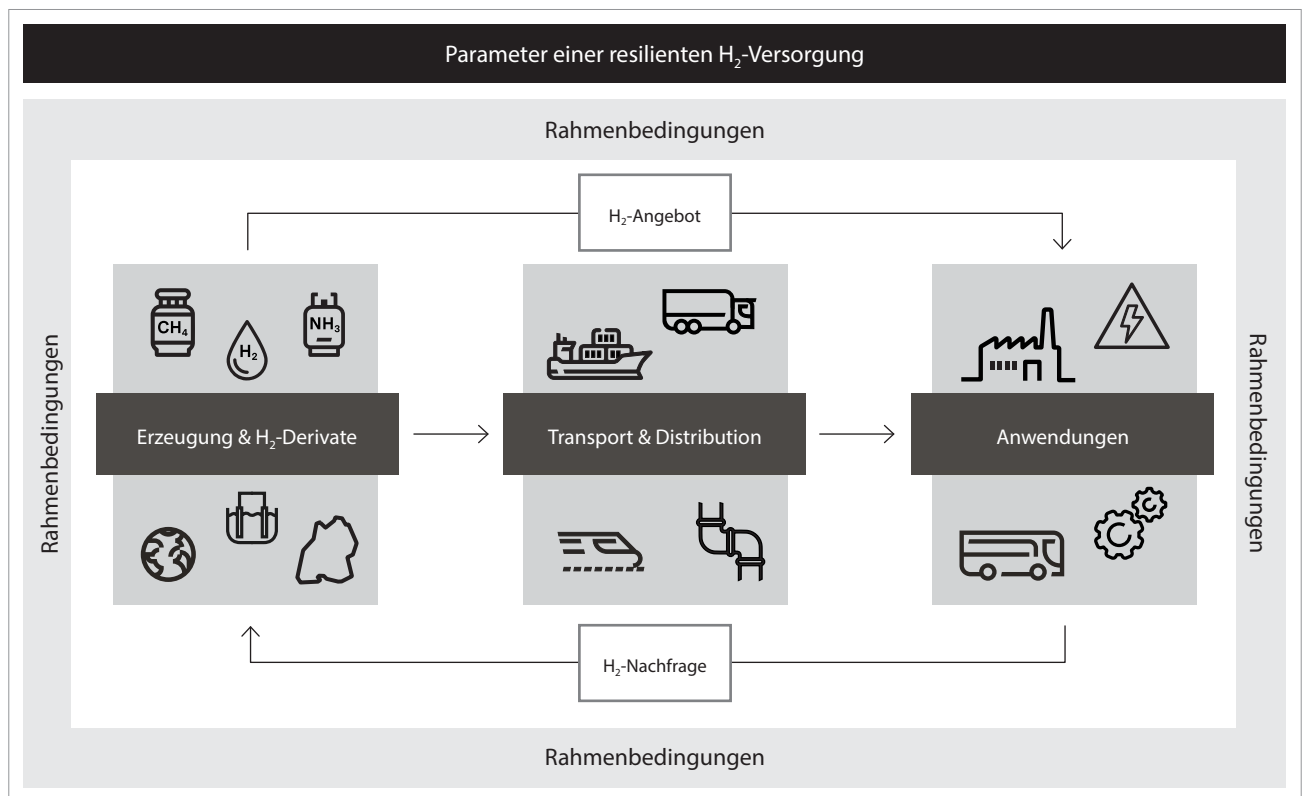
Das Ziel des H₂-Versorgungskonzepts ist es, verschiedene H₂-Versorgungsoptionen und -wege entlang der momentanen Prioritäten der Landesregierung aufzuzeigen. Es enthält zudem mögliche Maßnahmen der Landesregierung, anhand derer die Versorgung Baden-Württembergs mit erneuerbarem Wasserstoff unterstützt werden soll. Des Weiteren beinhaltet das H₂-Versorgungskonzept Handlungsempfehlungen an verschiedene Akteurinnen und Akteure im Bereich Wasserstoff. Maßgeblich sind der Kenntnisstand und die Rahmenbedingungen zur Zeit der Veröffentlichung des Versorgungskonzepts. Die Entwicklungen im Wasserstoffhochlauf sind gerade zu Beginn fluide und dynamisch und auch die langfristige Bedarfsentwicklung ist mit Unsicherheiten behaftet. Daher sind mögliche Anpassungen von Landesprioritäten, Maßnahmen und Handlungsempfehlungen im Laufe der nächsten Jahre durchaus möglich.

Das vorliegende Konzept bildet eine Basis, um das Thema H₂-Versorgung für Baden-Württemberg in seinen verschiedenen Facetten zu beleuchten. Es wird aufgezeigt, welche Interdependenzen und Aspekte relevant sind und welche Handlungsfelder bearbeitet werden. Aufgrund der noch vielfältigen Unsicherheiten am Anfang einer Marktbildung sowie teilweise noch fehlender Datengrundlagen soll das vorliegende H₂-Versorgungskonzept weiterentwickelt werden, etwa in Form ergänzender Studien.

Das H₂-Versorgungskonzept betrachtet verschiedene Parameter einer resilienten H₂-Versorgung:

Das H₂-Versorgungskonzept bietet einen Einblick in den momentanen Stand des H₂-Markthochlaufs und der voraussichtlichen H₂-Bedarfe, des Aufbaus eines H₂-Netzes, der lokalen H₂-Erzeugung sowie der internationalen Erzeugungspotenziale und H₂-Transportoptionen. Die regionale und die internationale H₂-Erzeugung nehmen gleichermaßen einen zentralen Stellenwert ein. Es ist ein Anliegen der Landesregierung, die lokale H₂-Erzeugung zu fördern und gleichzeitig positive Rahmenbedingungen für den Aufbau nationaler und internationaler H₂-Infrastruktur zu schaffen und zu unterstützen. Internationale Partnerschaften mit potenziellen H₂-Erzeugungsländern werden intensiviert.

Bereits seit Jahren fördert das Land Baden-Württemberg den Wasserstoffhochlauf mit umfangreichen Programmen. 2025 kommt ein Förderprogramm mit über 100 Millionen Euro für den Bau von Elektrolyseuren als Teil integrierter lokaler H₂-Hubs hinzu. In mehreren Leuchtturmprojekten und Förderprogrammen unterstützt das Land finanziell unter anderem die Skalierung von H₂-Technologien, die Errichtung von H₂-Modellregionen, den Bau von H₂-Infrastruktur und den Bau von H₂-Tankstellen. Auf politischer Ebene setzt sich die Landesregierung für verbesserte Finanzierungsbedingungen



Quelle: e-mobil BW GmbH GmbH

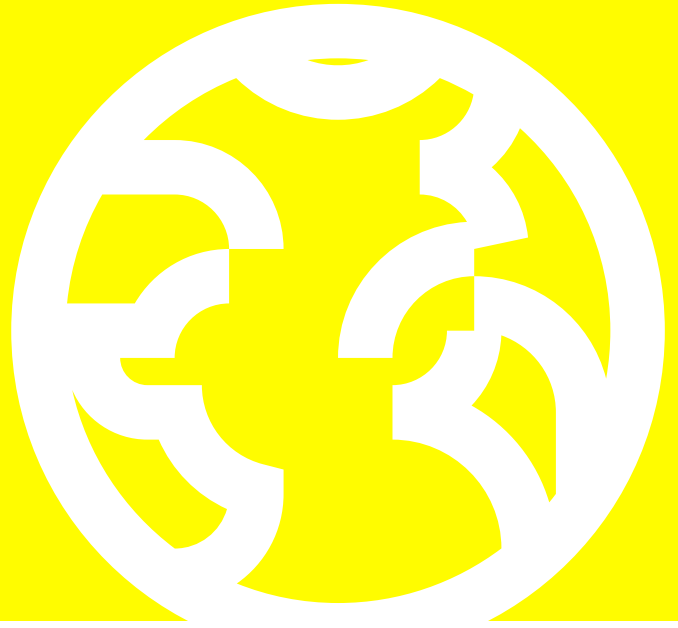
Abbildung 1: Schematische Darstellung der Parameter einer resilienten H₂-Versorgung

bezüglich des H₂-Kernnetzes und pragmatische regulatorische Rahmenbedingungen im Wasserstoffhochlauf ein.

Dieses Engagement soll im Rahmen des H₂-Versorgungskonzepts fortgeführt werden. Eine diversifizierte und zuverlässige sektorenübergreifende Versorgung mit erneuerbarem Wasserstoff wird ein wichtiger Bestandteil zur Erreichung der Klimaneutralitätsziele und zur Standortsicherung des Landes Baden-Württemberg sein.

Das Konzept bezieht Wasserstoff und seine Derivate ein. Es baut auf der Wasserstoff-Roadmap und dem Fortschrittsbericht des Landes auf und passt sich in die Wasserstoffstrategien des Bundes und der EU ein. Weitere wichtige Grundlagen sind auf Landesebene das Energiekonzept für Baden-Württemberg, der Bericht „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ sowie der „Bericht über die Projektionen von Treibhausgasemissionen und deren Auswirkungen auf das Erreichen der Klimaschutzziele für Baden-Württemberg sowie der Sektorziele nach § 16 KlimaG BW“, die Roadmap reFuels für Baden-Württemberg sowie der Aktionsplan reFuels und das Positionspapier der Landesregierung Baden-Württemberg zu Carbon Management.

Der Wasserstoff-Beirat Baden-Württemberg beteiligte sich an der Ausarbeitung des H₂-Versorgungskonzepts.



1. Rahmenbedingungen für die Wasserstoffversorgung

Die Versorgung mit Wasserstoff setzt ausreichende Erzeugungsanlagen, die notwendige Infrastruktur und Abnahme in den verschiedenen Anwendungsfeldern voraus. Dazu braucht es einen schrittweisen, systematischen und bruchlosen Markthochlauf in allen Bereichen.

1.1 Aktueller Stand des Wasserstoffhochlaufs

Baden-Württemberg hat sich mit seiner Wasserstoff-Roadmap frühzeitig auf den Weg gemacht, um einen schnellen Hochlauf des Wasserstoffs im Land zu ermöglichen. Die Landesregierung hat über eine halbe Milliarde Euro in Projekte entlang der gesamten H_2 -Wertschöpfungskette investiert: Von der Erzeugung von Wasserstoff über den Transport bis zur Anwendung, von der Stärkung einer innovativen Forschungslandschaft bis hin zur wichtigen Produktion von Komponenten und Anlagen. Mit Modellregionen und Wasserstoffclustern fördert das Land den Hochlauf von Wasserstoff in der Breite. Mit Projekten wie der Serienfertigung von Brennstoffzellen-Stacks oder einer Brennstoffzellen-Forschungsfabrik (HyFab) leistet die Landesregierung einen wichtigen Beitrag für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg.

Neben dem Kernnetz des Bundes setzt das Land auf regionale Konzepte und wird Elektrolyseure fördern. Für den Aufbau dieser regionalen Elektrolyseure wird die Landesregierung über 100 Millionen Euro in den kommenden fünf Jahren investieren, um die Wirtschaft und Kommunen in Baden-Württemberg bei der Transformation zu unterstützen. Bis die Leitungsinfrastruktur, zum Beispiel mit dem bundesweiten H_2 -Kernnetz, aufgebaut ist, setzt das Land auf eine Erzeugung vor Ort. Damit wird ein Beitrag geleistet, um eine schnelle lokale und regionale Wasserstoffverfügbarkeit zu gewährleisten.

Bei der Innovationsagentur des Landes für neue Mobilitätslösungen und Automotive, der e-mobil BW GmbH, wurde mit der Plattform H2BW ein Kompetenzzentrum und Partnernetzwerk aus Wirtschaft und Forschung geschaffen, welches die Landesregierung bei der erfolgreichen Umsetzung der Wasserstoff-Roadmap unterstützt. Wichtige Vorschläge und Impulse gibt der von der Landesregierung eingesetzte Wasserstoffbeirat.

In bestehenden und neu eingegangenen internationalen Partnerschaften setzt sich Baden-Württemberg intensiv für den Aufbau von Erzeugungs-, Transport-, und Abnah-

mestrukturen für Wasserstoff ein. Die Unterstützung der europäischen Wasserstoffkorridore nimmt einen hohen Stellenwert ein.

Diese Aktivitäten des Landes finden im Kontext der Entwicklung eines globalen Wasserstoffmarktes statt. Nach einer erheblichen Dynamik am Wasserstoffmarkt sind im Jahr 2025 zum Teil abwartende Haltungen bei Marktteilnehmenden und sich verzögernde Investitionsentscheidungen zu beobachten:

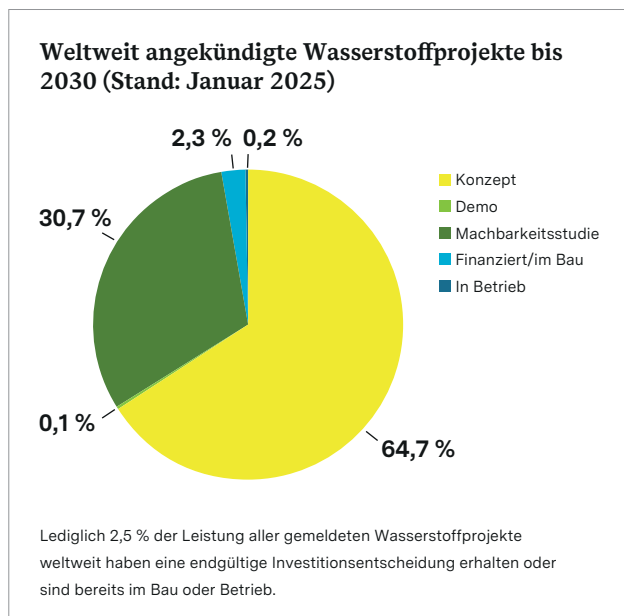


Abbildung 2: Weltweit angekündigte Wasserstoffprojekte bis 2030 (Stand: Januar 2025)

Ziel muss es deshalb sein, die begonnene dynamische Entwicklung auf allen Ebenen weiter zu unterstützen und fortzuführen sowie die dazu notwendige Planungssicherheit zu gewährleisten. Entscheidend ist dabei, Investitionen in den Aufbau von Erzeugungsanlagen und die dafür notwendige Abnahmebereitschaft näher zusammenzubringen. Es kommt darauf an, Hemmnisse abzubauen und Rahmenbedingungen international, aber auch national, für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft zu verbessern. Auch die Europäische Union (EU) spielt aufgrund ihrer legislativen Steuerung eine wichtige Rolle.

1.2 Rahmenbedingungen für die Infrastruktur

Die Genehmigung des deutschen H₂-Kernnetzes mit dem Finanzierungsmodell über ein Amortisationskonto ist ein wichtiger Schritt mit Signalwirkung zum Aufbau der Infrastruktur. Im Hinblick auf die notwendige kapitalmarktfähige Ausgestaltung von Investitionsbedingungen sind Verbesserungen zu prüfen und umzusetzen. An diesen

Meilenstein ist nun mit der weiteren Ausgestaltung des Netzentwicklungsplans Gas und Wasserstoff (nachfolgend NEP) und der gesetzlichen und regulatorischen Rahmensetzung für den Wasserstoff-Verteilnetzausbau anzuschließen.

In Baden-Württemberg werden mit dem Kernnetz zunächst Kraftwerkstandorte und erste wichtige Industrieregionen angebunden. Es fehlen aber noch weitere wichtige Verbindungen in den Süden des Landes, zum Beispiel die Verlängerung des Kernnetzes im Rheintal von Karlsruhe in Richtung der Schweizer Grenze. Um Planungssicherheit für die Unternehmen zu bieten, ist es von großer Bedeutung, dass weitere Transportwege zu wichtigen Verbraucherstandorten im Süden Baden-Württembergs beim integrierten NEP schnellstmöglich berücksichtigt werden. Für Erweiterungen des Kernnetzes wird ein Finanzierungsrahmen benötigt, der bislang aussteht.

H₂-fähige Kraftwerke dienen neben industriellen Anwendungen als zukünftige Ankerkunden für den Aufbau und die Finanzierung einer leistungsfähigen H₂-Transportinfrastruktur. In Baden-Württemberg werden bereits drei Fuel-Switch-Projekte der EnBW in Heilbronn, Stuttgart-Münster und Altbach/Deizisau umgesetzt.

Das zukünftige Kraftwerkssicherheitsgesetz muss zeitnah den passenden Rahmen zum Aufbau weiterer H₂-fähiger Gaskraftwerke und reiner Wasserstoffkraftwerke setzen. Daneben muss die EU AFIR-Verordnung (2023) zum Aufbau einer H₂-Tankstelleninfrastruktur entlang des TEN-V-Kernnetz auf Bundesebene umgesetzt und durch Programme zur Förderung von Nutzfahrzeugen flankiert werden.

Der überwiegende Teil der Industrie- und Gewerbebetriebe in Baden-Württemberg sind derzeit an Gasverteilnetze angeschlossen. Deshalb sind die Leitungen von Gasverteilnetzen im Rahmen des NEP zu berücksichtigen. Die regulatorischen Voraussetzungen (Umsetzung des EU-Gas-/Wasserstoffpakets) und die finanziellen Voraussetzungen für eine Umstellung von Leitungssträngen der bestehenden Gasverteilnetze auf Wasserstoff sind zügig anzupacken, soweit dies im Rahmen der im Vergleich zum heutigen Erdgasbedarf voraussehbar geringeren verfügbaren H₂-Mengen sinnvoll darstellbar ist. Mögliche Einschränkungen im Umfang des künftigen H₂-Verteilnetzes im Vergleich zum bestehenden Gasverteilnetz sind möglichst frühzeitig zu identifizieren, damit potenzielle Abnehmende standortbezogen die künftige H₂-Verfügbarkeit besser abschätzen können. Dazu ist die enge Abstimmung mit den Ländern und Kommunen not-

wendig. Viele Unternehmen heben bereits im Zuge der Energieumstellung notwendige Elektrifizierungspotenziale und Verfahren nach dem Efficiency-First-Grundsatz. Durch den hohen Wirkungsgrad kann der Primärenergieeinsatz minimiert und auch Kostenvorteile realisiert werden.

Auch die Errichtung von Elektrolyseuren muss in Süddeutschland mit seinen industriellen Verbrauchern ermöglicht und gefördert werden. Im Flächenland Baden-Württemberg gibt es viele Unternehmen, die Wasserstoff bereits vor einem Ausbau des H₂-Kernnetzes benötigen oder auch perspektivisch, aufgrund ihrer geografischen Lage, für eine lokale H₂-Versorgung nicht auf eine flächendeckende Gasverteilnetzinfrastruktur angewiesen sind. Das muss einhergehen mit dem weiteren Ausstieg aus fossilen Brennstoffen und besseren Rahmenbedingungen für den Ausbau der EE in Süddeutschland, insbesondere der Windkraft. Eine fossilfreie Stromproduktion ist langfristig Grundvoraussetzung für inländische H₂-Erzeugung. Des Weiteren sind beim Aufbau von H₂-Erzeugungskapazitäten wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Das Ambitionsniveau muss sowohl beim Ausstieg aus fossilen Brennstoffen als auch beim Ausbau der EE konsequent beibehalten werden.

1.3 Rahmenbedingungen auf Bundesebene

Es ist ein wichtiger Schritt, dass die Bundesregierung die nationale Wasserstoffstrategie mit weiteren Teilstrategien wie der Importstrategie (2024) und dem Weißbuch Wasserstoffspeicher (2025) aufgelegt hat und den H₂-Hochlauf unterstützt. Bestehende Hemmnisse und Herausforderungen müssen überwunden und die erforderlichen Rahmenbedingungen so gesetzt werden, dass Bremsen gelöst und Maßnahmen beschleunigt werden können.

Für den H₂-Hochlauf sollten klare Strategielinien – auch im Hinblick auf die Finanzierung beziehungsweise langfristige Planbarkeit von Förderprogrammen – in Abstimmung mit den Bundesländern entwickelt werden, damit sich die Marktakteure entsprechend aufstellen können. Die Schaffung eines Sondervermögens Infrastruktur muss auch für den H₂-Hochlauf genutzt werden. Bestehende Instrumente wie Klimaschutzverträge, Auktionsmodelle und die Bundesförderung Industrie und Klimaschutz (BIK) sind zu vereinfachen und so weiterzuentwickeln, dass sie auch für mittelständische Unternehmen praktisch nutzbar sind. Insgesamt sind finanzielle aber auch informative Förderformate stärker auf die Unter-

stützung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) abzustellen. Anreize für Unternehmen, insbesondere den Mittelstand, müssen auch in Süddeutschland mit seinen besonderen industriellen und technologischen Schwerpunkten greifen. Für das Bestehen im internationalen Wettbewerb ist es hoch relevant, dass Unternehmen im Bereich der H₂-Erzeugung an ihren Standorten Referenzanlagen und erfolgreiche Praxisbeispiele aufbauen und präsentieren können. Wir brauchen eine Verstärkung von Förderprogrammen (auch im Bereich von Forschung und Entwicklung) und verstärkte Maßnahmen zur Förderung der Wasserstoffnachfrage. Dies schließt die Wiederaufnahme der Förderung schwerer Nutzfahrzeuge ein. Ansätze der Kofinanzierung von größeren Projekten durch Bund und Land sollten in vereinfachter Form weiterverfolgt werden („IPCEI light“). Neue Instrumente sollten auf Bundesebene geprüft werden. Wirksame Förderinstrumente sind auch für Vorhaben zur Entwicklung von Wasserstoffspeichern sinnvoll.

Regulierungslücken müssen geschlossen und Unsicherheiten ausgeräumt werden. Es ist ein praxistaugliches und bürokratiearmes nationales System zur Einhaltung der von der EU festgelegten Quoten für erneuerbaren Wasserstoff in der Industrie zu entwickeln. Die Preisentwicklung für CO₂-Zertifikate hat einen erheblichen Einfluss auf den Einsatz von erneuerbarem Wasserstoff und damit auch den H₂-Hochlauf. Das Energiesteuergesetz sollte so überarbeitet werden, dass erneuerbarer Wasserstoff steuerlich begünstigt und somit Kostenvorteile gegenüber fossilen Energieträgern geschaffen werden.

1.4 Rahmenbedingungen auf EU-Ebene

Auf EU-Ebene wurden wichtige strategische Zielsetzungen getroffen, deren Erreichung für 2030 unsicher ist. Aus diesem Grund ist eine Überprüfung auf europäischer Ebene angebracht. Regelungen wie die Anforderungen an den Strombezug aus dem delegierten Rechtsakt im Rahmen der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (RED II) für die Erzeugung von Wasserstoff mittels erneuerbaren Stroms sind zu restriktiv. Insbesondere die Vorgaben zur Zusätzlichkeit führen zu höheren Strombeschaffungskosten und hemmen den Aufbau von Elektrolyseuren. Diese Regelungen sollten entsprechend pragmatischer ausgestaltet werden. Es zeichnet sich auch ab, dass insbesondere in der Hochlaufphase kohlenstoffarmer Wasserstoff (low carbon hydrogen) aufgrund seiner Verfügbarkeit und Kostenvorteile eine wichtige Rolle in Ergänzung zum erneuerbaren Wasserstoff einnehmen kann. Dazu bedarf es pragmatischer Regelungen für kohlenstoffarmen Wasserstoff. Der Einsatz von kohlenstoff-

armem Wasserstoff ist nur in einer Übergangszeit sinnvoll, um Lock-In-Effekte zu vermeiden. Gleichzeitig sollte darauf geachtet werden, dass die Klimaschutzziele durch höhere Emissionen nicht gefährdet werden. Ein unbürokratisches Zertifizierungssystem ist notwendig, damit erforderliche Einfuhren aus Drittstaaten und aus Grenzregionen nicht durch zu strenge Vorgaben gehemmt werden (ohne gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit der lokalen H₂-Erzeugung zu gefährden).

Die von der EU geplanten neuen Regelungen zum Net Zero Industry Act sollten mit Pragmatismus umgesetzt werden und internationale Wettbewerbsfähigkeit ausreichend berücksichtigen.

1.5 Internationale Beziehungen

Beim Abschluss von H₂-Partnerschaften ist eine hohe Diversifizierung hinsichtlich Lieferanten, Routen und Verkehrsmitteln anzustreben, damit eine Versorgungssicherheit mit Wasserstoff auch in Krisenzeiten gewährleistet werden kann. Der Auf- und Ausbau der europäischen Wasserstoffkorridore ist von zentraler Bedeutung für die zukünftige Versorgungsstruktur. Neben den nationalen Akteuren (einschließlich der jeweiligen Bundesländer) kommt dabei der EU eine wichtige unterstützende und fördernde Rolle zu.

1.6 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen

- Baden-Württemberg wird seine Wasserstoff-Roadmap weiter mit aller Kraft umsetzen.
- Das Land wird sich auf Bundesebene wie auf EU-Ebene für eine förderliche Ausgestaltung der Rahmenbedingungen einsetzen. Hierunter fällt eine pragmatische Ausgestaltung von Regelungen, wie den Strombezugskriterien der RED II.
- Die Umsetzung und Erweiterung des Kernnetzes sind ebenso wie der Aufbau lokaler Erzeugungsstrukturen von entscheidender Bedeutung für Baden-Württemberg. Das Land wird sich intensiv dafür einsetzen.
- Baden-Württemberg unterstützt die Aktivitäten und H₂-Partnerschaften des Bundes und setzt sich weiter intensiv für den Aufbau der europäischen H₂-Korridore ein.



2. Wasserstoff-Bedarfe in Baden-Württemberg

Zur Planung einer zukunftsfesten H₂-Versorgung in Baden-Württemberg ist es entscheidend, die Entwicklung der H₂-Bedarfe konsequent zu monitoren. Vorliegende Prognosen und Abfragen deuten auf einen erheblichen Bedarf an Wasserstoff in Baden-Württemberg hin. Der genaue Umfang des künftigen Bedarfes von Wasserstoff ist jedoch aus mehreren Gründen mit Unsicherheiten behaftet. Dieser hängt insbesondere davon ab, in welchem Maß wasserstoffbasierte Anwendungen zur Umsetzung von klimaneutraler Produktion in der Industrie zum Einsatz kommen werden. Die Anwendung beruht wiederum darauf, welche Technologien – strombasiert, wasserstoffbasiert oder biomassebasiert – wann für die jeweiligen Anwendungen wettbewerbsfähig sein werden und in welchem Maße sie jeweils zur Anwendung kommen. Hierbei spielt auch die jeweilige Technologieentwicklung auf der Anwendungsseite eine Rolle sowie die Kosten und Mengen, zu denen Wasserstoff und Derivate künftig zur Verfügung stehen werden. Die Wasserstoffwirtschaft ist hinsichtlich vieler Elemente noch deutlich weniger weit entwickelt als die Versorgung mit erneuerbarem Strom. Der H₂-Hochlauf bedarf zwingend einer Förderung, da er für bestimmte Anwendungsgebiete derzeit die einzige Alternative darstellt. Wasserstoff wird

als Brennstoff für steuerbare Kraftwerke zur Gewährleistung der energetischen Versorgungssicherheit sowie zum stofflichen Einsatz und für Hochtemperaturprozesse in der Industrie benötigt. Daraus ergeben sich Mindestmengen an zukünftigen H₂-Bedarfen. Wegen der genannten Unsicherheit hinsichtlich weiterer umfangreicher Anwendungen ist insbesondere beim Aufbau der H₂-Infrastruktur darauf zu achten, dass ein möglichst breiter Entwicklungskorridor offengehalten wird.

2.1 Bedarfsabschätzung für Baden-Württemberg

Seit Veröffentlichung der Wasserstoff-Roadmap wurden verschiedene Ansätze zur Bedarfsabschätzung von Wasserstoff in Baden-Württemberg gewählt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Studie „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ (2022), die Ergebnisse der landesweit durchgeführten Wasserstoff-Bedarfsermittlung (2023) und die auf Baden-Württemberg bezogenen Ergebnisse der bundesweiten Marktabfrage zur Entwicklung des Szenariorahmens für den ersten NEP (2024) dargestellt.

In dem im Jahr 2022 veröffentlichten Szenario des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ wurde durch einen top-down-Ansatz ein möglicher Weg zur Einhaltung des gesetzten Klimaziels in Baden-Württemberg (Netto-Treibhausgasneutralität bis 2040) aufgezeigt und die mit diesem Weg verbundenen zu erfüllenden Kennzahlen, einschließlich des H₂-Bedarfs, ermittelt. Auf diesem Pfad ergibt sich für das Jahr 2040 ein Bedarf von 30 TWh Wasserstoff und 8 TWh synthetischen Kraftstoffen.

Im Jahr 2023 hat das Land Baden-Württemberg gemeinsam mit der Plattform H2BW, der terranets BW GmbH, dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), dem Baden-Württembergischen Industrie- und Handelskammertag (BWIHK) und zahlreichen Verbänden eine landesweite H₂-Bedarfsermittlung durchgeführt, welche Meldungen aus den Sektoren Strom-, Wärmeversorgung und Industrie einschloss. In Ergänzung wurde der potenzielle Bedarf des Verkehrssektors über eine Metaanalyse der einschlägigen Szenarien abgeschätzt. Ein wichtiger Nebeneffekt der Bedarfsermittlung bestand darin, dass für viele Unternehmen ein Anstoß gegeben wurde, sich mit ihren Alternativen für eine zukünftige treibhausgasneutrale Energieversorgung (Strom oder Wasserstoff) auseinanderzusetzen. Die Bedarfsmeldungen wurden unter der aktuell geltenden Regulatorik und folgenden Prämissen abgegeben:

- Aus Klimaschutzgründen darf ab spätestens 2040 in Baden-Württemberg kein fossiles Erdgas mehr eingesetzt werden.
- H₂ steht zu wettbewerbsfähigen Preisen am jeweiligen Standort zur Verfügung.

Diese Prämissen erleichterten für die Unternehmen die Abschätzung der Bedarfe und gleichzeitig die praktikable Durchführung der Erhebung. Auch wenn Unschärfen und im Einzelfall vorschnelle Meldungen nicht ausgeschlossen werden können, ergibt die Erhebung (die methodisch an die üblichen Marktabfragen der FNBs angelehnt war) einschließlich der wissenschaftlichen Auswertung eine belastbare Trendaussage. Eine exakte Höhe des langfristigen Bedarfs lässt sich hieraus jedoch nicht ableiten.

Die Ergebnisse dieser Bedarfsermittlung wurden in der Studie „SpeedH2“ des ZSW (Schmidt et al., 2023) ausgewertet und veröffentlicht. Es zeigte sich, dass bereits frühzeitig hohe H₂-Bedarfe zu erwarten sein könnten. Für das Jahr 2030 wurde ein H₂-Gesamtbedarf von 22,7

TWh ermittelt. Dieser steigt bis zum Jahr 2040 auf 90,7 TWh an. Ein signifikanter Anstieg der Bedarfe wurde zwischen den Jahren 2031 und 2032 ermittelt, da die Befragten von der Verfügbarkeit von großen Mengen Wasserstoff über das H₂-Kernnetz ab 2032 ausgingen und Großverbrauchende ihre Meldungen hierauf abgestimmt haben.

Im Rahmen der Entwicklung des Szenariorahmens für den ersten NEP wurde im Frühjahr 2024 eine bundesweite Marktabfrage Strom und Wasserstoff der Übertragungsnetzbetreiber und Fernleitungsnetzbetreiber durchgeführt. Darüber hinaus wurde der Kapazitätsbedarf der Verteilnetzbetreiber erhoben. Die Ergebnisse dieser Erhebung des NEP haben die hohe Nachfrage aus der Bedarfserhebung 2023 bestätigt und teilweise übertroffen. In der Marktabfrage im Zuge des NEP sind die H₂-Bedarfe der Industrie sowie der Strom- und Wärmeversorgung eingeflossen. Im Vergleich zur vorherigen H₂-Erhebung 2023 beginnen die in der NEP-Abfrage 2024 gemeldeten Bedarfe erst ab 2027 zu steigen. Sie wachsen ab diesem Zeitpunkt aber nahezu exponentiell und übertreffen ab 2029 die Werte aus der Abfrage 2023. Konkret liegt der prognostizierte H₂-Bedarf bereits 2035 bei rund 90 TWh.

Baden-Württemberg wird somit im Jahr 2035 nach Nordrhein-Westfalen voraussichtlich den zweithöchsten Gesamtbedarf an Wasserstoff aller Bundesländer in Deutschland haben. Auf Baden-Württemberg und Bayern entfallen knapp ein Viertel des Gesamtbedarfs (H₂-Bedarfsmeldungen aus der NEP-Marktabfrage für die Bundesländer 2024, nicht veröffentlicht).

In der Auswertung des ZSW wurden zudem die regionalen Bedarfe der Industrie innerhalb Baden-Württembergs untersucht, um eine präzisere räumliche Verteilung der H₂-Bedarfe zu ermöglichen. Die NEP-Abfrage weist für 2035 ein ähnliches Muster wie die Erhebung von 2023 auf. Bereits 2030 zeichnen sich in ganz Baden-Württemberg Regionen mit hohem Nachfragepotenzial ab, insbesondere in den städtischen Ballungsräumen. Zusätzlich entstehen in den Grenzregionen im Süden, Osten und Westen höhere Bedarfe. Bis 2040 werden diese Bedarfszentren weiter wachsen.

2.2 Faktoren für die Nachfrage

Die weitere Entwicklung der Gesamtnachfrage Deutschlands und Baden-Württembergs nach Wasserstoff und H₂-Derivaten wird stark von der Preis- und Marktentwicklung von Wasserstoff abhängen.

Ab 2027 wird der nationale Brennstoffemissionshandel in Deutschland durch das neue europäische Emissionshandelssystem für Verkehr und Wärme (ETS-2) abgelöst. Wie die konkrete Umsetzung in Deutschland aussehen wird und wie sich die Preise von CO₂ für beispielsweise die Gaslieferanten exakt entwickeln werden, ist bisher noch nicht bekannt. Wie hoch der Preis der CO₂-Zertifikate ausfallen wird, ist aber entscheidend für die Entwicklung der Erdgaspreise und damit wie attraktiv Wasserstoff durch die Preisannäherung seitens des Erdgases als Alternative wird. Auf der anderen Seite werden sinkende Technologiekosten und Steigerungen des Wirkungsgrades der Produktionsanlagen zur Herstellung von Wasserstoff erwartet. Diese dürften zu einer Kostenreduktion und damit zu möglichen weiteren Preisannäherungen seitens des Wasserstoffs und zu höherer Nachfrage nach Wasserstoff führen.

2023 hat die Europäische Kommission zwei delegierte Rechtsakte im Rahmen der Erneuerbaren-Energien-Richtlinie (RED II) erlassen, die die Kriterien für die Erzeugung erneuerbarer Kraftstoffe nicht biogenen Ursprungs, wie beispielsweise Wasserstoff, festlegen. Nach diesen Vorgaben gilt Wasserstoff nur dann als erneuerbar, wenn der zur Erzeugung verwendete Strom als vollständig erneuerbar angerechnet werden kann. Dafür müssen drei Kriterien erfüllt sein: Zusätzlichkeit der erneuerbaren Energieerzeugung, Gleichzeitigkeit und räumlicher Zusammenhang zwischen dem Strombezug des Elektrolyseurs und der erneuerbaren Stromerzeugung. Die Nutzung von Netzstrom ist erst ab einem mittleren jährlichen EE-Anteil von 90 % am Strommix möglich.

Laut Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) soll in Deutschland im Jahr 2030 erst 80 % an erneuerbarer Energie im Netz vorhanden sein. Diese engen Rahmenbedingungen werden den Markthochlauf für erneuerbaren Wasserstoff durch höhere inländische Produktionskosten belasten. Laut einer Modellierung der Leibniz Universität Hannover (Brandt et al., 2024) würde ein unbeschränkter Strombezug die Produktionskosten für erneuerbaren Wasserstoff erheblich senken. Der Grund ist ein ohnehin bestehender wirtschaftlicher Anreiz des Strombezugs von vergleichsweise günstigem erneuerbarem Strom durch Photovoltaik- und Windkraftanlagen in den meisten europäischen Regionen.

Eine hohe Auslastung des zukünftigen H₂-Kernnetzes führt dazu, dass sich die H₂-Kosten durch geringere Netzentgelte verringern. Dabei spielen große Erstabnehmende, zum Beispiel in Form von Reservekraftwerken, eine entscheidende Rolle. Trotz der Tatsache, dass diese H₂-Reservekraftwerke nur eine geringe Anzahl von

Betriebsstunden im Jahr aufweisen werden, ist deren H₂-Abnahmemenge von großer Bedeutung.

Dies ist zurückzuführen auf die hohe Leistungsdichte und den damit verbundenen hohen Verbrauch an Wasserstoff während des tatsächlichen Betriebs. Der Bau moderner Gaskraftwerke, die auf Wasserstoff umgestellt werden können („H₂-ready“) sowie H₂-ready-Modernisierungen bestehender Gaskraftwerke, sollten in der von der Bundesregierung geplanten Kraftwerksstrategie innerhalb des Kraftwerkssicherheitsgesetzes verankert und gefördert werden. Der Schwerpunkt soll dabei im „netztechnischen Süden“ Deutschlands liegen, mit dem Ziel, das Übertragungsnetz zu entlasten und Redispatch-Kosten zu senken. Außerdem sorgen diese Kraftwerke für Versorgungssicherheit in Dunkelflauten. Das geplante Kraftwerkssicherheitsgesetz ist bisher aber noch nicht in Kraft getreten, obgleich die Absicherung der fluktuierenden EE angesichts des Kohleausstiegs 2030 in Baden-Württemberg immer wichtiger wird. Weitere Verzögerungen beim Bau von H₂-ready-Kraftwerken führen dazu, dass große Erstabnehmende in Deutschland fehlen. Dies kann den Netzausbau beziehungsweise die Netzumstellung auf Wasserstoff verzögern und zu höheren Netzentgelten führen.

Nimmt man an, dass Industrieprozesse, die heute durch fossile Energieträger betrieben werden, durch Wasserstoff ersetzt werden, ergibt sich eine hohe Nachfrage. Allerdings stellt die Elektrifizierung von Industrieprozessen und die Elektrifizierung im Mobilitäts- und Wärmebereich eine oftmals effizientere Alternative für die Defossilisierung der Industrie dar. Weitere Technologieentwicklungen hin zur Elektrifizierung könnten dazu führen, dass die H₂-Bedarfe niedriger ausfallen als erwartet. Dies gilt insbesondere bei Entwicklungen in der Energiespeicherung gekoppelt mit einer kontinuierlichen Steigerung der Energieeffizienz.

Auf der anderen Seite kann die Einführung von gestaffelten CO₂-Flottengrenzwerten der EU im Bereich Schwerlastverkehr je nach weiterer Entwicklung der jeweiligen Technologien (Elektrifizierung oder Nutzung von Wasserstoff) für eine höhere Nachfrage nach emissionsfreien H₂-Fahrzeugen und somit einer erhöhten H₂-Nachfrage sorgen. Auch im Schiffsverkehr und Flugverkehr, in denen keine vollständige Elektrifizierung möglich ist, wurden mit der FuelEU Maritime Verordnung und der ReFuelEU Aviation Verordnung von der EU Anreize für die Verwendung von Wasserstoff und damit einer erhöhten H₂-Nachfrage geschaffen. Dabei wurden im Schiffsverkehr verpflichtende Grenzwerte für die Treibhausgasintensität der an Bord verwendeten Energie festgelegt,

wobei emissionsarme Kraftstoffe wie Wasserstoff oder H₂-basierte E-Fuels zu den höchsten Einsparungen führen. Im Flugverkehr wurden Beimischungsquoten für nachhaltige Flugkraftstoffe (Sustainable Aviation Fuels, SAF) und darunter ein Mindestanteil von synthetischen Flugkraftstoffen festgelegt.

2.3 Deckung der Wasserstoff-Bedarfe

Die Deckung der H₂-Bedarfe ist ein wichtiger Aspekt auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene. Die EU hat sich das Ziel gesetzt, die Hälfte des erneuerbaren Wasserstoffs selbst herzustellen, wie im REPowerEU-Plan von 2022 dargelegt. Dieser Plan sieht vor, bis 2030 10 Millionen Tonnen Wasserstoff zu produzieren und weitere 10 Millionen Tonnen zu importieren (Europäische Kommission, 2022). Das entspricht einem prognostizierten Gesamtbedarf der EU von 20 Millionen Tonnen beziehungsweise 660 TWh an Wasserstoff pro Jahr oder einer installierten Elektrolyseleistung von circa 240 GW (zu je 50 % innerhalb und außerhalb der EU).

Die Bundesregierung geht in der Fortschreibung der nationalen Wasserstoffstrategie in Deutschland für das Jahr 2030 von einem Bedarf an Wasserstoff und seinen Derivaten in Höhe von 95 bis 130 TWh aus (BMWK, 2023). Um diesen Bedarf zu decken, plant Deutschland den Aufbau von 10 GW Elektrolysekapazität und Importe in Höhe von 45 bis 90 TWh (rund 50 % bis 70 % des Gesamtbedarfs) (BMWK, 2024). Die Bundesregierung geht zudem davon aus, dass der Importanteil auf dem Weg hin zu Klimaneutralität nach 2030 weiter steigt und sich die Bedarfe bis zum Jahr 2045 auf 360 bis 500 TWh an Wasserstoff sowie auf etwa 200 TWh an H₂-Derivaten erhöhen werden.

Um die Ausbau- und Importziele zu erreichen, muss der H₂-Hochlauf allerdings deutlich stärker vorangetrieben werden. Zwar gibt es derzeit eine große Zahl von Projektankündigungen, dagegen aber relativ wenige finale Investitionsentscheidungen (Odenweller und Ueckerdt, 2025). Gründe für die momentane Zurückhaltung sind unter anderem die zuvor erwähnte strenge Regulatorik der Strombezugsquelle zur Herstellung von erneuerbarem Wasserstoff in der EU im Rahmen der RED II und eine fehlende Planungssicherheit aufgrund von Unsicherheiten bezüglich möglicher Bundesförderungen. Ähnlich wie auf Seiten des Bundes (Importstrategie, 2024) wird erwartet, dass in Baden-Württemberg ebenfalls 50-70 % der Bedarfe über Importe gedeckt werden müssen. Tendenziell liegt der erwartete Wert sogar bei mehr als 70 %.

Für eine ganzheitliche Versorgung mit Wasserstoff ist neben den Importen von Wasserstoff auch der lokale Ausbau von Elektrolysekapazitäten in Baden-Württemberg wichtig.

Die gemeinsame Studie H2OptimiSt des ZSW und Fraunhofer ICT zeigt, dass eine effiziente Versorgung mit Wasserstoff kurze Wege zwischen Erzeugung und Abnahme erfordert, um die Kosten zu senken sowie den Energieaufwand für den Transport zu minimieren (Schmidt et al., 2025). Um den bereits vor dem Anschluss an das H₂-Kernnetz erwarteten hohen Bedarf in Baden-Württemberg decken zu können und später eine resiliente H₂-Versorgung zu sichern, sollte auch eine lokale Erzeugung von Wasserstoff aufgebaut werden. Eine Möglichkeit wäre neben der Nutzung von EE aus Netzstrom auch eine Direktnutzung des Stroms aus lokalen EE-Anlagen in Elektrolyseuren, bei welcher die baden-württembergischen Stromnetzkapazitäten nicht weiter belastet werden würden. Rechnerisch wäre laut der Studie bis 2040 eine Eigenversorgung mit erneuerbarem Wasserstoff in Baden-Württemberg von mehr als 60 % möglich und wirtschaftlich. Dies bedeutet, dass die lokale Erzeugung von Wasserstoff grundsätzlich wettbewerbsfähig gegenüber dem per Pipeline nach Baden-Württemberg transportierten Wasserstoff wäre. Allerdings handelt es sich hier um ein theoretisches Potenzial, das in dieser Höhe nicht realisiert werden dürfte. Dennoch bietet die Studie wichtige Anhaltspunkte für eine lokale Erzeugung.

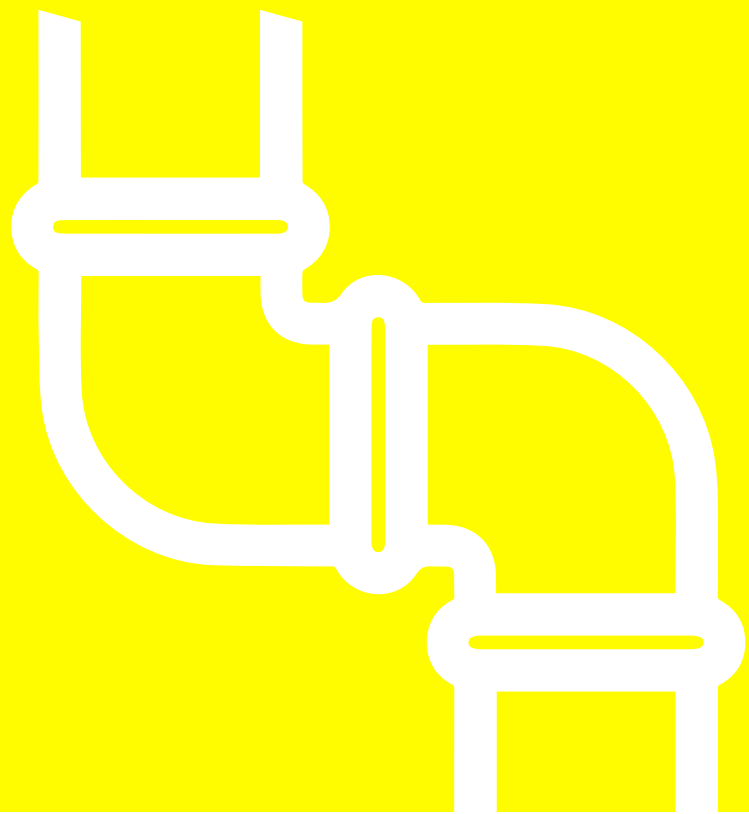
Darüber hinaus müssen jedoch weitere H₂-Mengen über die sogenannten H₂-Korridore importiert werden, insbesondere aus den wind- und wasserreichen nördlichen Ländern oder dem sonnenreichen globalen Süden. Die H2BW-Studie des Fraunhofer ISE analysierte dazu verschiedene Versorgungsoptionen Baden-Württembergs über den Import per Pipeline und Wasserweg (Holst et al., 2025). Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass der Transport per Pipeline im Vergleich zum Schiffsweg langfristig den kostengünstigeren Importweg darstellt, insbesondere aus anderen europäischen Ländern. Als kostengünstigste Importoption nach Baden-Württemberg gilt laut Studie allerdings meist der Bezug von Wasserstoff via Pipeline von Standorten innerhalb Deutschlands. Daher sollte überall in Baden-Württemberg eine H₂-Versorgung per Pipeline sichergestellt werden, wo diese wirtschaftlich ist. In den Regionen in Baden-Württemberg ohne perspektivischen Anschluss an das H₂-Netz beziehungsweise übergangsweise in der Zeit bis zum Anschluss (frühestens 2032) sind dezentrale Lösungen in Form von H₂-Hubs sinnvoll. Hierbei stellt die Studie

fest, dass die Erzeugungskosten von Wasserstoff in Baden-Württemberg durchaus wettbewerbsfähig sind, die zur Verfügung stehende Menge an erneuerbarem Strom aber vermutlich beschränkt bleibt.

In den folgenden Kapiteln werden die lokale Produktion und der Import von Wasserstoff detaillierter ausgeführt.

2.4 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen

- Baden-Württemberg strebt eine regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung der H₂-Bedarfe im Land an (Monitoring). Grund dafür ist die (wie im Kapitel dargelegt) durch vielfältige Faktoren dynamische Nachfrage nach Wasserstoff. Diese Aktualisierung kann unter anderem auf Basis der Abfragen im Rahmen des NEP erfolgen.
- Das Land visiert branchenbezogene Untersuchungen und Auswertungen in Bezug auf die H₂-Bedarfe sowie die Diskussion und Bewertung technischer und praktischer Umsetzungsmöglichkeiten an.
- Die Landesregierung regt an, die 2030er Ziele der EU und des Bundes für die H₂-Erzeugung und den H₂-Import zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen.



3. Wasserstoffinfrastruktur: Kern- und Verteilnetz

Die H₂-Bedarfe in Baden-Württemberg erfordern den Ausbau einer möglichst umfassenden Wasserstoffinfrastruktur. Diese ist sowohl auf lokaler und regionaler, als auch auf nationaler und internationaler Ebene zentral für eine Versorgung mit erneuerbarem Wasserstoff. Innerhalb Deutschlands und Baden-Württembergs nehmen das H₂-Fernleitungsnetz und das daran anknüpfende H₂-Verteilnetz eine hervorgehobene Rolle als Transportoption ein.

3.1 Überblick Wasserstoffinfrastruktur

Der zügige Infrastrukturausbau ist eine zentrale Voraussetzung für den H₂-Hochlauf. Um eine H₂-Infrastruktur aufbauen zu können, sind die drei folgenden Säulen einer H₂-Versorgung erforderlich:

- Aufbau von Produktionskapazitäten durch Erzeugung vor Ort (siehe Kapitel 4) oder Import aus anderen Erzeugungsregionen (siehe Kapitel 5).
- Einrichtung eines Transportsystems (Kernnetz, Verteilnetz) einschließlich Speicher.

→ Lokalisierung von Abnehmern großer H₂-Mengen und Hochlauf der H₂-Anwendung (siehe Kapitel 3).

Nur wenn alle drei Elemente erfolgreich umgesetzt werden und ineinandergreifen, kann eine weitestgehend flächendeckende Versorgung mit Wasserstoff zu marktfähigen Preisen erfolgen. Wird eine dieser Säulen nicht installiert, wird der Aufbau einer H₂-Wirtschaft deutlich gehemmt. Ein wichtiger Teil dieser H₂-Kette ist der Transport und hier insbesondere der Transport über Pipelines.

Ohne ein funktionierendes H₂-Netz können keine großen Mengen an Wasserstoff verteilt werden. Die Transportkapazitäten für Wasserstoff auf der Straße, mit dem Zug oder per Binnenschiff können geeignete Zwischenlösungen sein, sind aber für eine Versorgung von Kraftwerken oder Großabnehmenden aus der Industrie nicht ausreichend. Wasserstoff muss deshalb an Orten mit viel Wind und/oder Sonne, vorzugsweise in Europa, in großen Mengen produziert und für den Export nach Deutschland und Baden-Württemberg zur Verfügung gestellt werden. Eine leitungsgebundene Versorgung wird auch bei erfolgreichem Ausbau des H₂-Kernnetzes und des H₂-Verteilnetzes nicht komplett flächendeckend zur

Verfügung stehen. Dies ist auch nicht beim bereits seit Jahrzehnten etablierten Erdgasnetz der Fall. Das Transportnetz muss aber im ausgebauten Status die wesentlichen Verbrauchenden mit genügend Wasserstoff versorgen können. Dazu ist ein noch weiter auszubauendes Kernnetz ebenso wichtig wie ein Verteilnetz, das bis zu den einzelnen Verbrauchenden in Industrie und Gewerbe reicht. Auch ausreichende Speichermöglichkeiten sind erforderlich.

Mit Blick auf das H₂-Kernnetz wird eine Erweiterung des H₂-Kernnetzes entlang des Rheins von Karlsruhe bis zur Grenze in Richtung Schweiz gefordert. In diesem Kontext ist darauf hinzuweisen, dass Voraussetzung für die Erweiterung des H₂-Kernnetzes eine verlässliche und zielführende Flankierung des Wasserstoffhochlaufs in Deutschland sowie verbesserte, finanzielle Rahmenbedingungen sind. Vor dem Hintergrund der schwer vorhersehbaren Bedarfsentwicklung ist grundsätzlich ein schrittweiser, bedarfsorientierter Aufbau des H₂-Kernnetzes – wie im Prozess des NEP vorgesehen – sachgerecht. Die bestehenden Unsicherheiten (zum Beispiel Verschiebung der geplanten Kraftwerksausschreibungen sowie zu erwartende, restriktive EU-Kriterien für kohlenstoffarmen Wasserstoff) lassen aus Investorensicht zum derzeitigen Zeitpunkt keine Entscheidung über den Bau weiterer Kernnetz-Abschnitte sowie eine Erweiterung des H₂-Kernnetzes zu. Um jenseits des Kernnetzes zusätzliche Leitungen zur Erweiterung des Wasserstoffnetzes zu ermöglichen, muss ein neuer Finanzierungsmechanismus geschaffen werden. Dieser muss für privatwirtschaftliche Investitionen attraktive Rahmenbedingungen setzen.

3.2 Wasserstoff-Kernnetz

Mit der Novellierung des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) wurden die wesentlichen Grundlagen zur Entwicklung eines ausbaufähigen Wasserstoffleitungsnetzes, des H₂-Kernnetzes, mit dem Zieljahr 2032 gelegt. Für einzelne Projekte ist eine Inbetriebnahme bis 2037 möglich. Der Antrag der FNB für ein H₂-Kernnetz gemäß § 28q Abs. 2 EnWG wurde am 22. Oktober 2024 durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) mit allen für Baden-Württemberg beantragten Leitungen genehmigt. Es soll als „Startnetz“ große Abnehmer, hier insbesondere auch H₂-Kraftwerke, sowie Speicherorte und Importkorridore miteinander verbinden. Mit dem Startnetz wurde ein Kompromiss zwischen einem in der Startphase wichtigen Ausbau und vertretbaren Kosten angestrebt. Eine in der Fläche breite und möglichst weitgehende Abdeckung bleibt weiteren Schritten, insbesondere des integrierten NEP sowie dem Auf- und Ausbau des H₂-Verteilnetzes, vorbehalten.

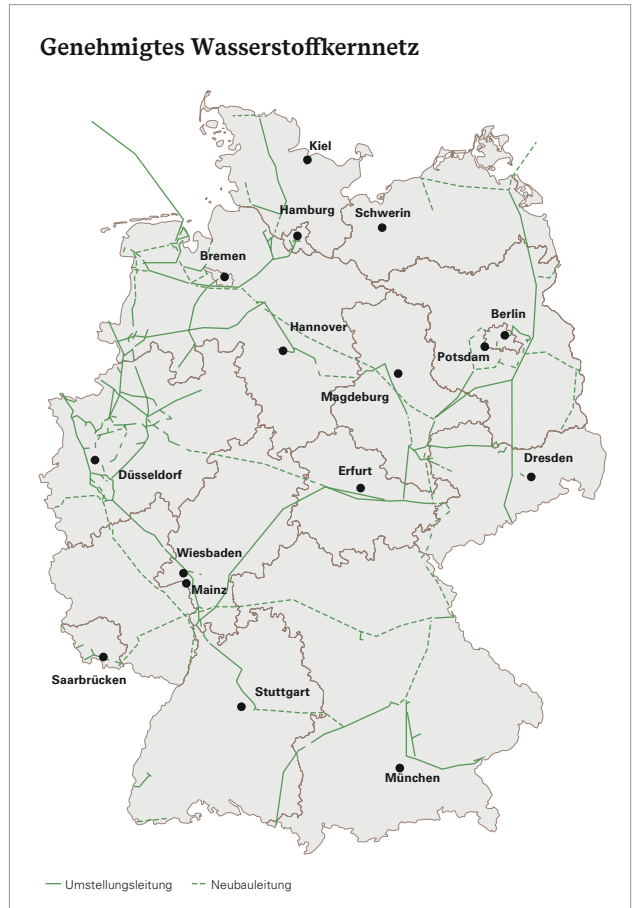


Abbildung 3: H₂-Kernnetz (gem. Genehmigung Oktober 2024)

Die FNB gehen mit dem Kernnetz in eine wichtige Vorleistung, um einen H₂-Markt in Deutschland einführen zu können. Die Planungen der FNB werden mit einer staatlichen Risikoabsicherung über ein Amortisationskonto unterstützt. Mit dem Amortisationskonto wurde ein Finanzierungskonzept entwickelt, das privatwirtschaftliche Investitionen anreizt und langfristig die vollständige Finanzierung des H₂-Kernnetzes über Netzentgelte ermöglicht. Mit der Einrichtung dieses Kontos ist im (unwahrscheinlichen) Falle eines Scheiterns des Kernnetzes ein Eigenbehalt der FNB in Höhe von 24 % vorgesehen. Die Höhe des Eigenbehalts und die Höhe der Verzinsung des Eigenkapitals (derzeit 6,69 %) werden von Marktakteuren als hemmende Faktoren angesehen. Auf Initiative Baden-Württembergs verabschiedete der Bundesrat im Dezember 2023 mehrheitlich den Antrag, unter anderem diese Punkte auf Bundesebene zu verbessern. Die Landesregierung hat sich darüber hinaus intensiv in die Diskussion um das H₂-Kernnetz (und die Einbeziehung weiterer Abschnitte) eingebracht.

Sehr wichtig für einen erfolgreichen Ausbau des Kernnetzes sind der bereits begonnene Bau der – auf Wasserstoff umstellbaren – Süddeutschen Erdgasleitung (SEL) vom südhessischen Knotenpunkt Lampertheim bis in den mittleren Neckarraum (unter anderem zur Versorgung zukünftiger H₂-Kraftwerke) und die Verlängerung der SEL bis nach Bayern. Mit der Verlängerung ist einerseits eine Versorgung Ostwürttembergs möglich. Auf der anderen Seite speist diese Leitung auch in einer Versorgungsleitung auf bayerischer Seite ein, die wiederum die südlichen Leitungen Richtung Bodensee (Lindau) bedient.

Entlang der versorgungstechnisch und strategisch wichtigen Nord-Süd-Achse im Rheintal ist im Kernnetz bislang ein Leitungsabschnitt vom Knotenpunkt Lampertheim bis nach Karlsruhe berücksichtigt. Lampertheim ist ein wichtiger Zielpunkt sowohl des Projektes H2ercules von der Nordsee über Nordrhein-Westfalen als auch des Projektes Flow von der Ostsee durch Ostdeutschland und Hessen bis nach Baden-Württemberg.

Im Raum Freiburg gibt es das grenzüberschreitende Projekt RHYn Interco, das perspektivisch erweitert werden kann. Mit RHYn Interco besteht die Chance einer Versorgung mit Wasserstoff aus Frankreich. Darüber hinaus ist die durchgehende Verlängerung des Kernnetzes entlang des Rheins von Karlsruhe bis zur Grenze mit der Schweiz sowie von dort entlang des Hochrheins bis zum Bodensee erforderlich, um die Industrie im südwestlichen Landesteil Baden-Württembergs gut versorgen zu können. Für eine entsprechende Erweiterung des Kernnetzes setzt sich die Landesregierung intensiv ein. Sie begrüßt, dass in einem ersten Schritt die Trans Europa Naturgas Pipeline (TENP) von der deutsch-belgischen und deutsch-niederländischen bis zur Schweizer Grenze in den vergangenen drei Jahren auf drei Abschnitten durch neue und vollständig wasserstofffähige Leitungsabschnitte ersetzt wurde.

In der Genehmigung des H₂-Kernnetzes ist auch eine 58-km-lange H₂-Pipeline (H2@Hochrhein) entlang des Hochrheins enthalten, die perspektivisch eine Verbindung vom Oberrhein entlang des Hochrheins bis in die Bodenseeregion ermöglicht. Eine Teilstrecke am Hochrhein (Projekt H2DNA) wird vom Land im Rahmen des Förderprogramms Klimaschutz und Wertschöpfung durch Wasserstoff (KWH2) mit rund 3,8 Mio. Euro gefördert.

Ein weiterer Beitrag (außerhalb des Kernnetzes) ist der Bau einer H₂-Leitung im Rahmen der Modellregion H₂ GeNeSiS zwischen Stuttgart und Esslingen. Auch hier soll eine lokale Infrastruktur mit H₂-Erzeugung und Verbrauch errichtet werden.

3.3 Netzentwicklungsplan

Der weitere Ausbau des H₂-Netzes erfolgt szenario- und bedarfsorientiert durch den integrierten NEP für Gas und Wasserstoff 2025-2037, der alle zwei Jahre erneuert wird. Um die notwendige Flexibilität zur Anpassung der Planung sicherzustellen, sieht § 28q Abs. 8 EnWG eine Überprüfung aller Maßnahmen des H₂-Kernnetzes im Rahmen des NEP vor – ausgenommen von der Überprüfung sind Maßnahmen, die bis Ende 2025 begonnen und bis Ende 2027 planerisch in Betrieb genommen werden sollen. Die Konsultation und Bestätigung des NEP erfolgt bis Mitte 2026. Damit wird eine kontinuierliche und koordinierte Weiterentwicklung des H₂-Netzes ermöglicht. Im NEP sind alle Maßnahmen enthalten, die in den nächsten 10 bis 15 Jahren für eine sichere Versorgung in Deutschland erforderlich sind. Der NEP wird von den Netzbetreibern planerisch aufgestellt und von der BNetzA genehmigt. Die Landesregierung bringt ihre Position im Rahmen der vorgesehenen Konsultationen ein. Wie bereits im Kapitel zu den H₂-Bedarfen erwähnt, bestätigt die im Rahmen der Aufstellung des NEP durchgeführte bundesweite Marktabfrage 2024 die Ergebnisse der landesweiten Erhebung 2023. Weitere Bedarfserhebungen sind als wesentliche Planungsgrundlagen wichtig.

Ein positives Gesamtbild der Rahmenbedingungen bleibt für die Realisierung zusätzlicher Pipelineabschnitte und Erweiterungsmaßnahmen (aber auch für die zeitnahe und vollständige Umsetzung des genehmigten Kernnetzes) weiter von entscheidender Bedeutung. Dazu gehören die rechtzeitige Ausschreibung von H₂-ready- beziehungsweise Wasserstoffkraftwerken, die positive Entwicklung der Bedarfsnachfrage insgesamt (gekoppelt an Preisangebote), fördernde EU-Regularien und – neben einem investitionsfördernden Finanzierungsmodell für das Kernnetz – ein neuer Finanzierungsmechanismus, der die notwendigen zusätzlichen Investitionsentscheidungen ermöglicht. Daneben kommt den Unternehmen im Bereich Infrastruktur eine wichtige vorausschauende und aktiv gestaltende Rolle zu, um den rechtzeitigen Aufbau der zukünftigen Wasserstoffinfrastruktur zu ermöglichen.

3.4 Wasserstoff-Verteilnetz

Im EnWG wird das H₂-Verteilnetz als Element der NEP ausdrücklich erwähnt. Dies wird ausdrücklich begrüßt, da in Baden-Württemberg der überwiegende Teil der Industrie und Gewerbebetriebe an Gasverteilnetze angeschlossen sind. Es fehlt jedoch noch ein Finanzierungsmodell (vergleichbar dem Amortisationskonto beim Kernnetz). Die Entwicklung bei den H₂-Verteilnetzen ist noch offen. Es gibt hier unterschiedliche Interessen und unterschiedliche Ansätze. Die Planung der H₂-Infrastruktur muss Teil eines ganzheitlichen Konzepts zur Energieversorgung mit dem Ziel der Klimaneutralität sein. Hierzu bedarf es neben dem Kernnetz als H₂-Fernleitungsnetz einer weitergehenden Verteilung über die Verteilnetze. Die Landesregierung setzt sich dafür ein, dass schnellstmöglich geeignete Rahmenbedingungen geschaffen werden, um den Infrastrukturausbau für H₂ in Baden-Württemberg weiter zu beschleunigen. Das Land verfolgt die bundesweite Initiative H2vorOrt, die einen Transformationspfad für das Gasnetz entwickelt.

3.5 Wasserstoffspeicher

H₂-Speicher sind ein zentrales Element für den Hochlauf einer H₂-Wirtschaft, da sie Versorgungssicherheit, Flexibilität und Sektorenkopplung ermöglichen. H₂-Speicher ermöglichen den Ausgleich kurzfristiger und saisonaler Schwankungen in der Stromerzeugung mit EE und können dazu beitragen, Dunkelflauten zu überbrücken. Sie sind essenziell für die Rückverstromung von H₂ und die kontinuierliche H₂-Versorgung von Industrie und Kraftwerken.

Das Weißbuch Wasserstoffspeicher des Bundeswirtschaftsministeriums vom April 2025 geht von einem stark steigenden Bedarf an Wasserstoffspeichern aus. Bis 2030 wird in Deutschland ein Speicherbedarf von 2 bis 7 TWh erwartet, der bis 2045 auf 76 bis 80 TWh ansteigen könnte. Der Haupttreiber für diesen Anstieg ist der Einsatz von Wasserstoff in der Industrie sowie in Kraftwerken zur Rückverstromung. Europaweit ergeben die Szenarien bis 2050 einen Speicherbedarf von bis zu 161 TWh.

Deutschland hat aufgrund geologischer Gegebenheiten (Salzkavernen) und bestehender Erdgas-Infrastruktur das Potenzial, Europas zentraler Standort für H₂-Speicherung zu werden. Salzkavernen (in Norddeutschland) bieten das größte Potenzial und werden durch obertägige Speicher wie Druck- und Flüssigwasserstoffspeicher für kurzzeitige Speicherung und dezentrale Anwendungen

ergänzt. Die Umwandlung bestehender Erdgas- und Erdölspeicher zu Wasserstoffspeichern könnte nach Angaben im Weißbuch 20 % bis 50 % des deutschen Speicherbedarfs bis 2040 decken.

Derzeit behindern unsichere regulatorische und finanzielle Rahmenbedingungen auf EU- und Bundesebene den Ausbau. Staatliche Förderinstrumente, wie sie im Weißbuch angesprochen werden, sind erforderlich.

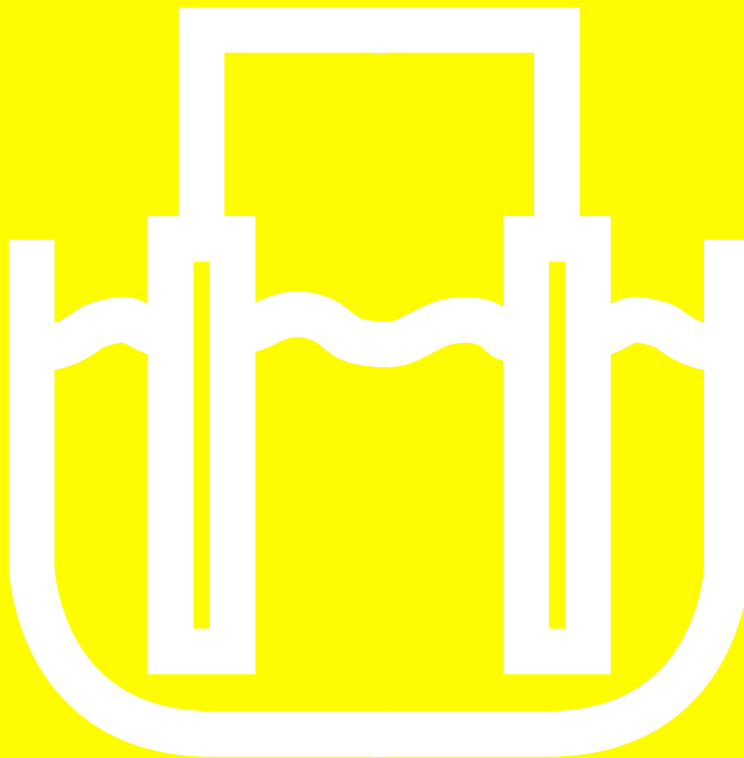
Das Weißbuch beschreibt zutreffend, dass Süddeutschland über große Porenspeicherpotenziale verfügt, die in Bezug auf eine künftige Wasserstoffnutzung jedoch noch weiter erforscht werden müssen. Dies hat eine erhöhte Abhängigkeit von Transportinfrastrukturen (und Speichern außerhalb von Baden-Württemberg) zur Folge. Durch die Entwicklung eines grenzüberschreitenden Wasserstoffnetzwerks, das die süddeutschen Bundesländer mit europäischen Wasserstoffproduzenten verbindet, wird eine kontinuierliche Wasserstoffversorgung sichergestellt. Um kurzfristige Schwankungen auszugleichen und eine Grundversorgung sicherzustellen, gibt es in Süddeutschland auch den Bedarf für kurzfristige Speicherlösungen wie Druckspeicher.

3.6 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen

- Das Land tritt dafür ein, die Finanzierungsbedingungen für die Investitionen der FNB in das Kernnetz zu prüfen und zu verbessern.
- Es sind noch weitere, wichtige Verbindungen in den Süden des Landes erforderlich, insbesondere eine Verlängerung des Kernnetzes im Rheintal von Karlsruhe in Richtung der Schweizer Grenze und in Richtung Bodensee. Dies muss über den integrierten NEP schnellstmöglich berücksichtigt werden. Der für eine Erweiterung des Kernnetzes erforderliche Finanzierungsrahmen auf Bundesebene ist (analog zum Amortisationskonto) zu schaffen. Für die Umsetzung dieser Punkte setzt sich die Landesregierung weiter intensiv ein.
- Die Landesregierung unterstützt den Ansatz, den erforderlichen Um- und Ausbau der Gasverteilnetze im Rahmen des NEP zu berücksichtigen. Die erforderlichen regulatorischen Voraussetzungen (Umsetzung des EU-Gas-/Wasserstoffpakets) und finanziellen Voraussetzungen für eine Umstellung von Gasverteilnetzen auf H₂ – dort, wo erforderlich – sind zu schaffen. Dazu ist die enge Abstimmung mit den Ländern und Kommunen notwendig.

- Ein positives Gesamtbild der Rahmenbedingungen bleibt für die Realisierung zusätzlicher Pipelineabschnitte und Erweiterungsmaßnahmen (aber auch für die zeitnahe und vollständige Umsetzung des genehmigten Kernnetzes) weiter von entscheidender Bedeutung. Hierfür wird sich die Landesregierung intensiv einsetzen. Daneben kommt den Unternehmen im Bereich Infrastruktur eine wichtige vorausschauende und aktiv gestaltende Rolle zu. Auf Basis des Weißbuchs Wasserstoffspeicher des Bundes entwickelt das Land landesbezogene Vorschläge und Maßnahmen. Dazu soll im ersten Schritt eine wissenschaftliche Studie erstellt werden.

- Der „Fachdialog H₂-Infrastruktur“ wurde im Jahr 2023 vom UM und der Plattform H2BW gestartet und wird 2025 und 2026 fortgeführt. Vorausgegangen waren konkrete Empfehlungen des Wasserstoff-Beirats Baden-Württemberg und die Ergebnisse des ersten Spitzengesprächs H₂-Infrastruktur im Dezember 2022.



4. Lokale Wasserstoff-Erzeugung

Neben dem Aufbau wichtiger H₂-Infrastruktur unterstützt die Landesregierung den Aufbau lokaler Erzeugungskapazitäten in Baden-Württemberg. In der dezentralen Wirtschaftsstruktur Baden-Württembergs spielt der Aufbau von sogenannten „H₂-Hubs“, vereinfacht dargestellt als lokale H₂-Ökosysteme, und Eigenversorgungssysteme eine entscheidende Rolle. Sie dienen dem Erhalt lokaler Wertschöpfung in einem zukünftig klimaneutralen Wirtschaftssystem und dem Aufbau energetischer Resilienz. Die Landesregierung fokussiert sich daher in besonderem Maße auf die Förderung einer lokalen Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff in Baden-Württemberg.

4.1 Begriff der „Lokalen Erzeugung“

Eine zeitlich vor der Inbetriebnahme oder räumlich außerhalb des Einzugsbereichs von H₂-Netzen entstehende Nachfrage kann nur über die lokale H₂-Erzeugung in räumlicher Nähe zum Verbrauchenden gedeckt werden. In diesem Zusammenhang spricht man häufig von sogenannten „H₂-Hubs“. Diese bestehen in der Regel aus mindestens einer oder mehreren H₂-Produktionseinheiten, einer oder mehreren H₂-Speichereinheiten, einer Belieferungsinfrastruktur und eines oder mehreren

H₂-Abnehmenden. Auch Anlagen, die ausschließlich zur Eigenversorgung eines Unternehmens dienen, können die Energie- und/oder Rohstoffversorgung eines Unternehmens sicherstellen (vergleiche Kraftwerke zur Eigenstromerzeugung in der Industrie) und sind lokale Erzeugungseinheiten, fallen jedoch nicht unter die Definition eines H₂-Hubs.

Neben der frühzeitigen Verfügbarkeit von Wasserstoff in Baden-Württemberg weist die lokale Erzeugung etliche weitere Vorteile auf. Kurze Transportwege beziehungsweise die Direktverteilung von Wasserstoff (leitungsgebunden oder per Trailer) reduzieren die Komplexität der Lieferkette, basieren auf technisch ausgereiften und erprobten Komponenten und reduzieren damit letztlich auch Kosten. Eine Vor-Ort-Versorgung verringert nicht nur Lieferabhängigkeiten, sondern kann bei geschickter Standortwahl und netzdienlicher Fahrweise des Elektrolyseurs das Stromsystem durch die Aufnahme von Stromüberschüssen entlasten, Systemdienstleistungen erbringen und darüber hinaus durch die Nutzung der anfallenden Abwärme (zum Beispiel in einem Wärmenetz) die Defossilisierung des Wärmesektors in Baden-Württemberg unterstützen. Im Erzeugungsverfahren der

Wasser-Elektrolyse entsteht neben Wasserstoff auch Sauerstoff. Dieser kann zum Beispiel in Kläranlagen weiter genutzt werden.

Die Vor-Ort-Erzeugung durch Wasser-Elektrolyse kann auch Vorteile hinsichtlich des Reinigungsaufwands des Wasserstoffs für bestimmte Anwendungen bieten. Gerade Brennstoffzellen stellen sehr hohe Anforderungen an die H₂-Reinheit. Wasserstoff aus Transportleitungen oder aus Derivaten gewonnener Wasserstoff muss hingegen vor dem Einsatz in Brennstoffzellen gereinigt werden. Bei direkter Nutzung von H₂ aus der Elektrolyse ist dies nicht erforderlich. Dies spart Aufwand, Energie und Kosten.

Die H₂-Erzeugungskosten werden maßgeblich durch drei Faktoren beeinflusst: Die Kapitalkosten für die Investition in die Elektrolyse und die zugehörigen Infrastrukturen, die Bezugskosten für den erneuerbaren Strom (diese betragen über 50 % der Lebenszykluskosten aus CAPEX und OPEX) sowie die Auslastung des Elektrolyseurs (Volllaststunden der H₂-Produktion). Die erforderliche Investition ist aktuell noch vergleichsweise hoch, weil die Technologieentwicklung noch am Beginn der Industrialisierung und der damit verbundenen Realisierung von Skaleneffekten steht. Dies gilt insbesondere für Vor-Ort-Erzeugungsanlagen, die aufgrund der Nachfragesituation in Baden-Württemberg eher im niedrigen ein- bis zweistelligen Megawatt-Bereich geplant werden und somit spezifisch höhere Kosten aufweisen als Großanlagen. Hinzu kommt die Notwendigkeit von ausreichend lokalen Speicherkapazitäten – sei es in der Nähe der Erzeugungseinheit, bei Kundinnen und Kunden oder an beiden Standorten – um eine jederzeit zuverlässige Versorgung mit Wasserstoff zu gewährleisten.

Für das Land bietet sich die Möglichkeit, über Zuschüsse (wo möglich, auch mit Förderung des Bundes) die Investitionskosten zu senken und damit auch mittelfristig die Wettbewerbsfähigkeit der Erzeugung zu gewährleisten. Die erneuerbare Stromversorgung muss über den Auf- und Ausbau erneuerbarer Erzeugungskapazitäten (Wind, Photovoltaik) und über Stromnetzkapazitäten gewährleistet werden. Gleichzeitig sind Stromversorgungsmodelle erforderlich, die auch mit den baden-württembergischen Standortbedingungen (Erzeugungskosten und Volllaststunden) für die erneuerbare Stromerzeugung eine wettbewerbsfähige H₂-Produktion ermöglichen. Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang, dass der Wasserstoff bei eindeutigen EE-Strombezug zweifelsfrei nachweisbar erneuerbar ist.

Eine lokale H₂-Produktion muss so konzipiert werden, dass sie auch mittel- bis langfristig als tragendes Element einer H₂-Versorgung wirtschaftlich betrieben werden kann. Der Ausbau der lokalen Erzeugung und der Fernleitungsinfrastruktur sollten sich gegenseitig ergänzen und zu einem resilienten Versorgungssystem zusammenwachsen. Gerade für größere H₂-Hubs eröffnet ein Anschluss an ein H₂-Netz potenziell zusätzliche Absatzwege. Gleichzeitig erhöht sich die Versorgungssicherheit für Kundinnen und Kunden eines solchen H₂-Hubs.

Neben der Wasser-Elektrolyse gibt es noch weitere Verfahren zur treibhausgasneutralen H₂-Erzeugung, die sich nicht nur durch ihren Aufbau und ihre Ausgangsstoffe, sondern auch den jeweiligen technologischen Reifegrad (Technological Readiness Level, TRL) unterscheiden. Dazu gehören biogene Verfahren wie die mikrobielle Fermentation, die Reformierung von biogenen Kohlenwasserstoffen, die Vergasung oder Pyrolyse von Biomasse sowie die Plasmalyse.

Biogener Wasserstoff bietet eine Vielzahl von Vorteilen. Zu diesen gehören die Möglichkeit, zuvor aus der Atmosphäre gebundenes biogenes CO₂ abzuscheiden, wodurch ein positiver Beitrag zum Klimaschutz geleistet wird. Durch die Nutzung von biogenen Ressourcen als Ausgangsmaterial kann biogener Wasserstoff dezentral produziert werden. Dies stärkt die regionale Wirtschaft. Darüber hinaus kann das abgeschiedene biogene CO₂ für industrielle Zwecke genutzt werden, was wiederum die Abhängigkeit von Rohstoffimporten reduziert.

Da die Wasser-Elektrolyse je nach Elektrolyse-Technik (AEL, PEMEL, SOEL, AEMEL) die höchsten TRL aufweist, entsprechende Anlagen kommerziell verfügbar sind und die serielle industrielle Fertigung weltweit aufgebaut wird, ist davon auszugehen, dass die Produktion von treibhausgasneutralem Wasserstoff im Wesentlichen auf der Elektrolyse beruhen wird. Auch heute weniger technisch ausgereifte Erzeugungsverfahren wie biogene Verfahren könnten perspektivisch einen Beitrag zur lokalen H₂-Erzeugung leisten. Die Landesregierung wird die weiteren technischen Entwicklungen auf dem Gebiet der H₂-Erzeugung unter Einbeziehung biogener Ressourcen verfolgen.

4.2 Bedeutung einer lokalen Erzeugung für die Versorgung in Baden-Württemberg

Die Bedarfsmeldungen zeigen, dass der H₂-Bedarf im Land nicht auf wenige Zentren mit energieintensiver Industrie oder Kraftwerken zur Stromversorgung beschränkt ist. Überall im Land sieht die baden-württembergische Industrie Wasserstoff als Option für die Transformation hin zur treibhausgasneutralen Produktion und möchte diesen nutzen. Mittelständische Strukturen gerade auch im ländlichen Raum bilden das Fundament der erfolgreichen Industrieregion Baden-Württemberg. Sie benötigen zeitnah Zugang zu erneuerbarem Wasserstoff und erneuerbarem Strom, um international wettbewerbsfähig zu bleiben und können nicht auf die Versorgung aus dem H₂-Kernnetz warten. Erneuerbarer Strom aus eigenen Erzeugungsanlagen schützt vor volatilen Entwicklungen am Strommarkt und bietet eine sichere Stromversorgung zu planbaren Kosten. Gleiches gilt für die lokale H₂-Versorgung. Auch hier sind die Kosten planbar, weil die Anfangsinvestitionen bekannt sind und die erneuerbare Stromversorgung über eigene lokale Erzeugungsanlagen oder über Stromlieferverträge, den sogenannten Power-Purchase-Agreements (PPAs), mit langjährigen Laufzeiten abgesichert werden können.

Die europäische Erneuerbaren-Energien-Richtlinie, die Renewable Energy Directive III (Richtlinie EU 2023/2413) (RED III), verpflichtet unter anderem den Industriesektor zu einer teilweisen Nutzung von erneuerbarem Wasserstoff oder erneuerbaren Brenn- und Kraftstoffen. Diese Maßgabe soll dazu beitragen, die gesteckten Klimaschutzziele zu erreichen und die Umstellung der Industrie auf eine klimaneutrale Produktion zu beschleunigen. Gleichzeitig führt sie zu einer gesteigerten Nachfrage nach grünen Energieträgern. So soll beispielsweise der Anteil erneuerbaren Wasserstoffs bei der industriellen Nutzung von Wasserstoff bis zum Jahr 2030 42 % erreichen. Der Großteil des heute für und in der Industrie produzierten Wasserstoff wird durch die Reformierung von Erdgas und die Kohlevergasung erzeugt. Eine weitere Nachfrage und zusätzlichen Bedarf nach erneuerbarem Wasserstoff kann durch die europäischen Vorgaben zur Unternehmens-Nachhaltigkeitsberichterstattung und zur EU-Taxonomie entstehen. Durch sie erlangen Nachhaltigkeitsaspekte Eingang in die Kreditvergabe von Kapitalgebenden, sodass die Verfügbarkeit von erneuerbarem Wasserstoff über den Zugang zu Kapital entscheidet. Wer in den kommenden Jahren auf erneuerbaren Wasserstoff angewiesen ist, wird diesen ohne H₂-Netze nur aus einer lokalen Erzeugung beziehen können.

Die lokale Erzeugung ist einerseits für eine frühzeitige H₂-Versorgung wichtig, um notwendige und zeitkritische Bedarfe decken zu können, bis ergänzend eine überregionale netzgebundene Versorgung über das H₂-Kernnetz und H₂-Verteilnetze vorliegt. Andererseits ist und wird die lokale Erzeugung für die H₂-Versorgung von Gebieten und Verbrauchenden wichtig bleiben, die nicht mit einem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand an ein H₂-Netz angeschlossen und versorgt werden können. Schließlich ist der Aufbau von H₂-Netzen und die Umstellung beziehungsweise Ertüchtigung von bestehenden Erdgasnetzen auf Wasserstoff mit Kosten verbunden, die durch alle Nutzerinnen und Nutzer des Netzes zu tragen sind. Hier gilt es gut abzuwägen, ob ein Anschluss eines einzelnen, fernab gelegenen Letztverbrauchenden wirtschaftlich sinnvoll ist. Eine Versorgung mit erneuerbarem Wasserstoff kann stets auch durch die Errichtung und den Betrieb eines eigenen Elektrolyseurs erreicht werden (Eigenversorgung). Das UM hat im Förderprogramm KWH2 mehrere Demonstrationsprojekte gefördert und damit Beispiele für die Machbarkeit von Eigenversorgungen aufgezeigt. Mit dem aktuellen Förderprogramm für Elektrolyseure „ELY“ investiert die Landesregierung zudem in den weiteren Auf- und Ausbau von Erzeugungskapazitäten durch Wasser-Elektrolyse. Über 100 Millionen Euro stehen für die Neuerrichtung oder eine bedarfsgerechte Erweiterung von Elektrolyseuren zur Verfügung. Im Fokus steht der Aufbau von regionalen H₂-Hubs. Eine Förderung von Elektrolyseuren zur Eigenversorgung von Unternehmen mit erneuerbarem Wasserstoff ist ebenfalls möglich.

Der Aufbau lokaler Erzeugungskapazitäten ist für die sektorübergreifende Versorgung (Energie, Industrie, Verkehr) und die Resilienz der H₂-Versorgung im Land wichtig. Eine landesweit autarke Versorgung durch die Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff in Baden-Württemberg wird realistischweise nicht erreicht werden können. Die lokale Erzeugung trägt aber dazu bei, die Abhängigkeit von H₂-Importen aus anderen Regionen Deutschlands und dem Ausland zu verringern.

4.3 Standortfaktoren für Wasserstoff-Hubs und Elektrolyseure

Das UM hat in dem Forschungsvorhaben „Optimierung der Standortwahl für dezentrale H₂-Hubs als Kernelement der H₂-Infrastrukturentwicklung in Baden-Württemberg (H2OptimiSt)“ (ZSW, 2024) die Gegebenheiten für die Errichtung von H₂-Hubs und Elektrolyseuren im Land untersuchen lassen. Betrachtet wurden insgesamt zehn für die Wasser-Elektrolyse relevante Standortgütek-

toren. Diese sind die Verfügbarkeit von erneuerbarem Strom (Netzknoten, Umspannwerke), das Potenzial für erneuerbaren Strom (Windenergie, Photovoltaik), die H₂-Abnahmestruktur, die Wasserversorgung für die Elektrolyse, das Potenzial für die Nutzung/Bereitstellung der Abwärme des Elektrolyseurs, das Potenzial für die Nutzung des anfallenden Sauerstoffs, der Flächenbedarf und die Flächenverfügbarkeit, die Verkehrsinfrastruktur (Straße, Schiene, Binnenschifffahrt), die Erdgasnetzinfrastruktur sowie das zum Zeitpunkt der Analyse geplante H₂-Kernnetz.

Die Auswertung zeigt, dass es überall im Land potenziell sehr gut geeignete Standorte für Elektrolyseanlagen mit einer elektrischen Nennleistung von 5 MW gibt. Wie die nachstehende Abbildung 4 zeigt, weist jeder Landkreis Regionen mit einer guten bis sehr guten Bewertung auf. Das erneuerbare Stromerzeugungspotenzial und die H₂-Nachfrage sind ausreichend vorhanden und können erschlossen werden. Ein ähnliches Bild ergibt sich für Anlagen mit einer Leistung von 10 MW (Abbildung 5). Allerdings sind hier für das Betrachtungsjahr 2030 noch nicht überall ausreichend H₂-Bedarfe für 10-MW-Anlagen vorhanden. Die Fläche der in den Abbildungen mit grüner Farbgebung guten bis sehr guten Standortbewertungen ist somit kleiner als für 5-MW-Anlagen. Für das Betrachtungsjahr 2040 ähneln sich die Verhältnisse zwischen 10-MW- und 20-MW-Anlagen trotz der dann vorhandenen H₂-Infrastruktur. In allen Regionen lassen sich potenziell gut geeignete Standorte für 10-MW-Anlagen identifizieren (Abbildung 6). Die geringere Anzahl an sehr guten Standorten für 20-MW-Anlagen kann auf die H₂-Nachfrage zurückgeführt werden. Diese ist unabhängig von der Größe der lokalen Erzeugungskapazität und steigt nicht mit zunehmender Größe an. Für die betrachtete 20-MW-Leistungsklasse wird eine Nähe zum H₂-Pipelinesnetz sehr positiv bewertet. Dies spiegelt sich auch in der dazu gehörigen Kartendarstellung (Abbildung 7) wider.

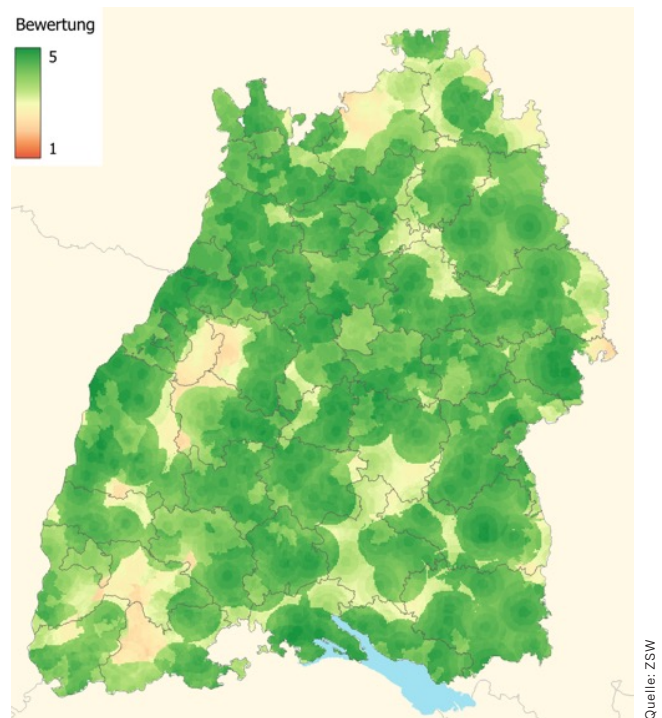


Abbildung 4: Standortanalyse für einen 5 MW Elektrolyseur 2030

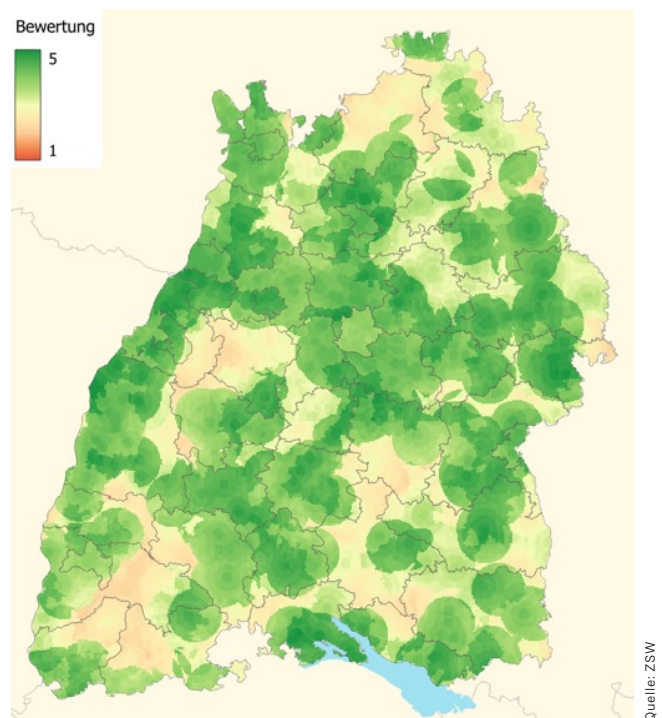


Abbildung 5: Standortanalyse für einen 10 MW Elektrolyseur 2030

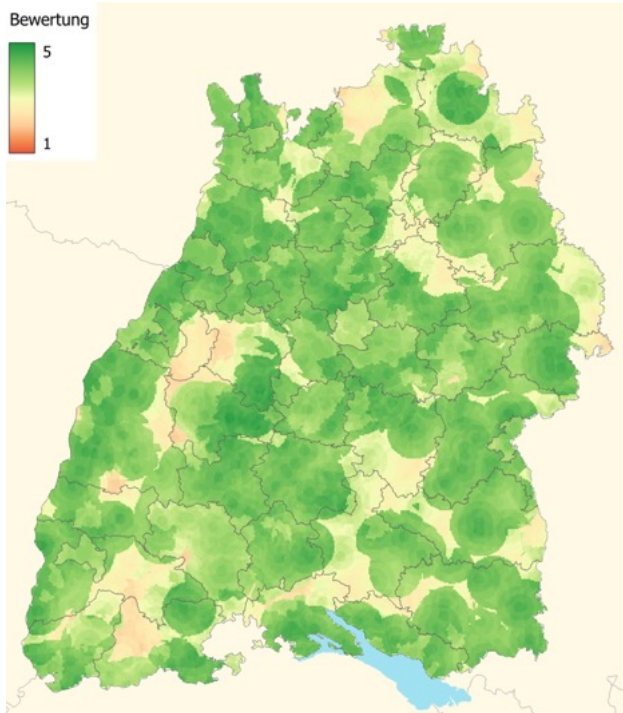


Abbildung 6: Standortanalyse für einen 10 MW Elektrolyseur 2040

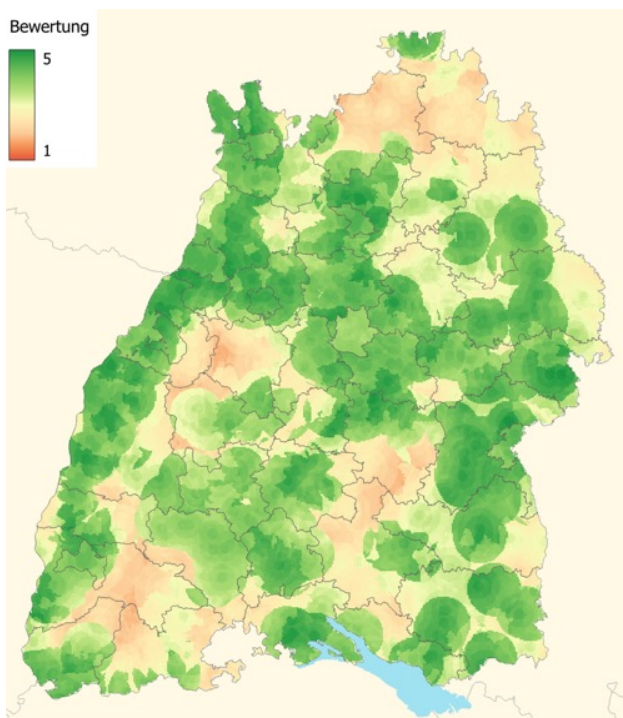


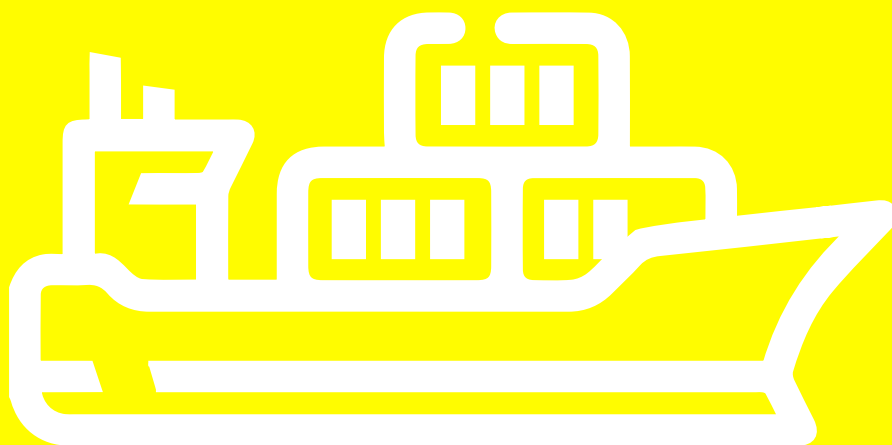
Abbildung 7: Standortanalyse für einen 20 MW Elektrolyseur 2040

Das Projekt „H2OptimiSt“ kommt zu dem Ergebnis, dass sich bei entsprechendem Ausbau der erneuerbaren Energien nicht nur die EE-Potenziale, sondern auch die Elektrolyse-Potenziale in Baden-Württemberg erschließen lassen. Nach Aussage der Projektpartner soll bis zum Jahr 2040 rein rechnerisch eine Eigenversorgung mit erneuerbarem Wasserstoff in Baden-Württemberg zu mehr als 60 % möglich sein. Laut einer Simulation wäre die Eigenversorgung wirtschaftlich wettbewerbsfähig gegenüber Importen per Pipeline. Allerdings dürfte in der Praxis nur ein deutlich geringerer Anteil realisiert werden.

Für den Aufbau von regionalen H₂-Hubs sind detaillierte, lokale Studien, Konzepte und Planungen wichtig. Hierzu hat das UM im Jahr 2024 Regionale Wasserstoffkonzepte (RWK) gefördert. Diese stellen neben den Ergebnissen aus dem Projekt „H2OptimiSt“ eine wichtige Grundlage für die weitere Infrastrukturentwicklung im Bereich H₂ in Baden-Württemberg dar. Weitere wichtige Erkenntnisse und Erfahrungen wie eine lokale Erzeugung und Verteilung von erneuerbarem Wasserstoff in der Praxis aussehen kann, sind aus den beiden H₂-Modellregionen mit den Projektbezeichnungen „H2-GeNeSiS“ und „H2Wandel“ sowie aus dem Leuchtturmprojekt „H2-Rhein-Neckar/H2Rivers“ zu erwarten.

4.4 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen

- Die Landesregierung prüft die Möglichkeiten für lokale H₂-Speicherkapazitäten.
- Die Landesregierung unterstützt auch weiterhin den Aufbau von H₂-Hubs in Baden-Württemberg und fördert – abhängig von der Haushaltslage und den haushälterischen Voraussetzungen – H₂-Infrastrukturprojekte. Daneben setzt sich die Landesregierung weiterhin beim Bund und bei der EU für die Förderung von H₂-Hubs und von Elektrolyseuren ein.
- Die Landesregierung setzt sich im Rahmen der Hochlaufphase für niedrige Stromkosten beim Betrieb von Elektrolyseuren ein.
- Die Landesregierung setzt sich für passende Fördermöglichkeiten, insbesondere für KMU, bei der Transformation zu einer treibhausgasneutralen Produktion ein. Erfahrungen aus vorangegangenen Förderprogrammen werden dabei berücksichtigt.



5. Internationale Wasserstoff-Versorgungsoptionen für Baden-Württemberg

Die lokale H_2 -Erzeugung in Baden-Württemberg ist ein Grundpfeiler für die Versorgung der verschiedenen Sektoren mit erneuerbarem Wasserstoff. Trotz der in dem Projekt H2OptimiSt analysierten großflächigen Potenziale für den Ausbau von Elektrolyseuren, werden die H_2 -Erzeugungskapazitäten in Baden-Württemberg nicht ausreichend sein, um die prognostizierten hohen H_2 -Bedarfe des Landes decken zu können. Importe von Wasserstoff sind daher ein wichtiger zweiter Bestandteil der Versorgung Baden-Württembergs mit erneuerbarem Wasserstoff. Aus diesem Grund unterstützt die Landesregierung auf vielfältige Weise den Ausbau einer europäischen und internationalen H_2 -Infrastruktur und pflegt intensive Kontakte mit potenziellen H_2 -Erzeugungsländern. Das Kapitel zu internationalen H_2 -Versorgungsoptionen behandelt daher sowohl die internationalen Transportoptionen für Wasserstoff und dessen Derivate als auch potenzielle internationale H_2 -Erzeugungsländer.

5.1 Internationale Transportoptionen von Wasserstoff und Derivaten

Der Bund indiziert in seiner H_2 -Importstrategie (2024), dass 2030 bundesweit 50 % – 70 % der H_2 -Bedarfe durch

Importe aus dem Ausland gedeckt werden müssen. Dies entspricht einer Import-Bandbreite von 45 TWh bis 90 TWh bei angenommenen nationalen Bedarfen von 95 TWh bis 130 TWh in 2030. Für Baden-Württemberg bestehen zum jetzigen Zeitpunkt keine studiengestützten Prozentsätze zum Importbedarf. Dennoch ist auf Grundlage der hohen Bedarfe Baden-Württembergs davon auszugehen, dass die Importbedarfe mindestens auf Höhe der bundesweiten Bedarfe von 50 % - 70 % für 2030 liegen. Laut Experteneinschätzungen wird der Anteil perspektivisch eher bei 70 % oder mehr liegen.

Die internationalen Versorgungsoptionen mit Wasserstoff und dessen Derivaten umfasst sowohl gasförmigen als auch flüssigen Wasserstoff sowie Derivate wie beispielsweise Ammoniak und Methanol. Detailliertere Informationen zu Methanol und weiteren kohlenstoffbasierten Derivaten – insbesondere zu deren Anwendung und Herausforderungen im Kraftstoffbereich – finden sich in der „Roadmap reFuels für Baden-Württemberg“ (2022) des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg und im Aktionsplan reFuels (2025). Der Import von Wasserstoff und dessen Derivaten aus dem Ausland erfolgt auf unterschiedlichen Transportwegen (Pipeline, Schiff, Schiene,

Trailer). In diesem Versorgungskonzept wird unterteilt in den Transport via Pipeline für gasförmigen Wasserstoff und den Transport via Schiff, Schiene und Trailer für flüssigen Wasserstoff sowie H₂-Derivate. Im besonderen Fokus steht hier der langfristige Transport von gasförmigem Wasserstoff über das European Hydrogen Backbone (EHB) als grenzüberschreitende Pipelineinfrastruktur. Dennoch haben auch die anderen Transportwege ihre Berechtigung. Die Landesregierung setzt sich aktiv für diversifizierte Importwege, Erzeugungsländer und Energieträger ein.

Der Handel mit Energie im internationalen Umfeld birgt viele Unsicherheiten. Zu große Abhängigkeiten von einzelnen Exporteuren und geopolitische Entwicklungen können die heimische Versorgungssicherheit gefährden, wie am Beispiel der Abhängigkeiten von russischen Gaslieferungen nach Beginn des Ukraine Krieges deutlich wurde. Diversifizierung der Versorgungswege mit erneuerbarem Wasserstoff bedeutet daher nachhaltige energetische Resilienz in einer defossilisierten Wirtschaft.

Für den Aufbau der Versorgungswege bedarf es großer, internationaler Infrastrukturprojekte. Die angestrebten Zieljahre sind ambitioniert und könnten sich aufgrund der komplexen Rahmenbedingungen verzögern.

5.1.1 Transport via Pipeline: European Hydrogen Backbone

Die langfristig kostengünstigste Variante große Mengen an gasförmigen Wasserstoff nach Baden-Württemberg zu transportieren ist via Pipeline (Holst et al., 2025). Im Jahr 2020 entstand die EHB-Initiative. Sie besteht zum jetzigen Zeitpunkt aus dreiunddreißig Infrastrukturbe-

treibern, die sich zum Ziel gesetzt haben, die kritische Rolle von H₂-Infrastruktur zu definieren. Dadurch soll ein paneuropäischer erneuerbarer H₂-Markt entstehen. Die Hauptaufgabe der Infrastrukturbetreiber ist der Neubau von H₂-Pipelines und die Umwidmung bestehender Gaspipelines. Fünf Hauptkorridore sind für den H₂-Transport in Europa und letztlich nach Baden-Württemberg vorgesehen. Baden-Württemberg wäre durch das Kernnetz zukünftig an alle fünf Korridore angeschlossen.

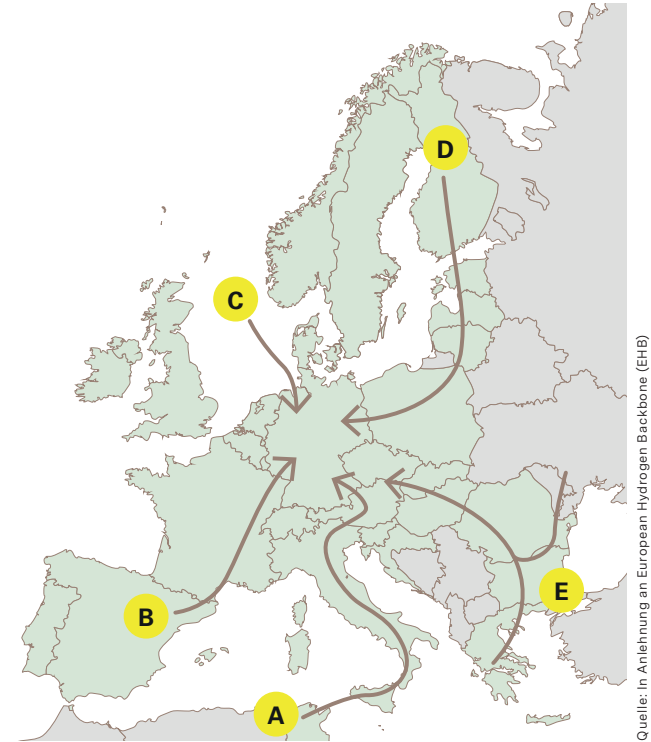


Abbildung 8: H₂-Importkorridore nach Baden-Württemberg

Legende	Name des Korridors	Geplante Inbetriebnahme	Kapazität	Beteiligte Netzbetreiber
A	Adriatischer Korridor	2030	142 GWh/Tag	Snam, TAG, GCA, Bayernets GmbH
B	Iberischer Korridor	2030	192 GWh/Tag	REN, Enagás, Teréga, NaTran (ehem. GRTgaz), OGE
C	Nordsee Korridor	2030	432 GWh/Tag	GASCADE, Fluxys, Gassco, Equinor
D	Nordisch-Baltischer Korridor	2030	144 GWh/Tag	ONTRAS Gastransport GmbH, Amber Grid, Conexus Baltic Grid AS, Elering, Gasgrid Finland oy Finland, GAZ-System
E	Osteuropäischer Korridor	Nicht bekannt	144 GWh/Tag	GTSOUA, eustream, NET4GAS

Tabelle 1: Technische Informationen zu den Import-Korridoren in alphabetischer Reihenfolge (Stand 2025, Daten von OGE)

Die fünf Korridore befinden sich trotz des gemeinsamen Ziels der Inbetriebnahme 2030 in unterschiedlichen Stadien der Planung und Umsetzung.

Perspektivisch wird Baden-Württemberg alle fünf europäischen Korridore des EHB benötigen: Norden, Ostseeraum, Süden (über Österreich/Schweiz, Italien, Nordafrika), Südwesten (Iberische Halbinsel, Frankreich), Südosteuropa/Ukraine. Wasserstoff wird höchstwahrscheinlich zunächst über die nordischen Korridore nach Deutschland importiert werden.

Innerhalb Deutschlands ermöglichen insbesondere die großen Infrastruktur-Projekte H2ercules (OGE, RWE) und Flow (Gascade, Ontras und terranets bw) die Anbindung an die Import-Korridore des EHB und die Weiterleitung Richtung Baden-Württemberg. H2ercules erschließt Importe aus Nordwesten. Das Projekt Flow schafft vorrangig Importkorridore im Nord- und Ostseeraum und dadurch eine strategisch wichtige Nord-Süd-Verbindung von Rostock und Lubmin quer durch Deutschland bis nach Karlsruhe und Stuttgart. Als Teil des innerdeutschen H₂-Kernnetzes werden diese Projekte wesentlich zur Versorgung mit Wasserstoff beitragen.

Adriatischer Korridor

Der geplante adriatische Korridor, auch bekannt als H₂-Südkorridor oder unter dem Projektnamen „SouthH2“, soll in vier Projektabschnitten von Algerien über Tunesien, Italien, Österreich und Bayern bis nach Baden-Württemberg reichen. In 2024 erhielten die vier Projektabschnitte der FNB allesamt den Status „Vorhaben von gemeinsamem Interesse“ (auch: PCI Status) der ersten PCI/PMI Liste der Europäischen Kommission sowie den Global-Gateway Status. Seit 2025 besteht eine trilaterale (Deutschland, Österreich, Italien) und eine pentalaterale (Deutschland, Österreich, Italien, Algerien, Tunesien) gemeinsame politische Absichtserklärung.

Die weitere Option einer zusätzlichen Wasserstoffpipeline von Italien durch die Schweiz kann eine wichtige Süd-Nord-Verbindung bis ins Rheintal mit direkter Versorgung des Südens Baden-Württembergs und Deutschlands ermöglichen (Alpine Hydrogen Corridor). Diese Option wird ausdrücklich von der Landesregierung in enger Kooperation mit der Schweiz unterstützt.

Die Landesregierung hat gemeinsam mit dem Bundeswirtschaftsministerium und Bayern 2024 einen hochrangig besetzten Runden Tisch zum Südkorridor in Brüssel veranstaltet und konnte gemeinsam mit dem Bundes-

wirtschaftsministerium im März 2025 das fünfte trilaterale Arbeitsgruppentreffen des Südkorridors in Stuttgart ausrichten. Baden-Württemberg besitzt wie Bayern und die Schweiz Beobachterstatus in der Arbeitsgruppe. Die feste Struktur der trilateralen Arbeitsgruppe der europäischen Staaten Deutschland, Österreich und Italien ist ein Alleinstellungsmerkmal des Korridors.

Die Landesregierung strebt das Fortführen intensiver Austauschaktivitäten zum adriatischen Korridor an. Ein besonderer Fokus wird hierbei auf die Unterstützung einer Direktleitung durch die Schweiz gelegt (Alpine Hydrogen Corridor). Für die Deckung der hohen Bedarfe werden beide Pipelineverbindungen durch Österreich und durch die Schweiz als sinnvoll und erforderlich angesehen. Die Leitung durch die Schweiz würde eine gute H₂-Anbindung an die Rheinschiene ermöglichen.

Iberischer Korridor

Der iberische Korridor, auch bekannt als Südwestkorridor oder unter dem Projektnamen „H2med“, soll von Spanien über Frankreich bis nach Deutschland reichen (Übertritt bislang im Saarland geplant) und könnte auch Baden-Württemberg mit Wasserstoff vornehmlich aus Spanien versorgen. Eine zukünftige Anbindung von Marokko über die Umrüstung der bereits bestehenden Gaspipeline „Gazoduc Maghreb Europe“ zwischen Marokko und Spanien ist laut Fraunhofer ISE die nächsten Jahre unwahrscheinlich (Holst et al., 2025). Daher wird die Versorgung von Wasserstoff aus Marokko zunächst nicht über das EHB erfolgen.

Ähnlich zu den anderen Pipelineprojekten befindet sich auch der iberische Korridor in der Phase der Machbarkeitsstudien, die 2027 abgeschlossen werden soll. In diesem Rahmen führte H2med eine Interessensbekundung durch, an der fast 170 Unternehmen teilnahmen. Die Ergebnisse wurden am 10. Februar 2025 vorgestellt (H2med, 2025). Gemäß der Auswertung würde die H2med Pipeline ab 2032 volle Kapazität erreichen können. In 2035 deuten gesammelte Daten auf eine Gesamtzeugung von 4,6 Millionen Tonnen Wasserstoff pro Jahr in Spanien hin. Im selben Jahr würde Deutschlands Abnahmevolumen über die Hälfte der Kapazität von H2med betragen. Auf finanzieller Seite erhielt H2med 2025 Zuschüsse durch die Connecting Europe Facility (CEF).

Die Landesregierung Baden-Württemberg setzt sich im Rahmen ihrer Kompetenzen für den Bau der Pipelineverbindung ein. In den nächsten Jahren soll der Austausch

mit relevanten Akteurinnen und Akteuren des Korridors gestärkt werden. Die Landesregierung unterstützt weiterhin den Dialog mit Frankreich.

Nordische Korridore

Die Versorgung mit erneuerbarem und optional kohlenstoffarmem Wasserstoff aus Nordeuropa spielt eine wichtige Rolle beim Import von Wasserstoff nach Baden-Württemberg. Die nordischen Korridore umfassen Pipelineverbindungen von Norwegen, Finnland und Dänemark nach Deutschland. Gerade Norwegen und Finnland gelten als frühzeitige Lieferanten von Wasserstoff, unter Vorbehalt der Verfügbarkeit der Transportinfrastruktur. Für die Pipelines von Norwegen nach Deutschland in der Nordsee unterzeichneten der norwegische staatliche Gaskonzern Gassco AS und der deutsche Netzbetreiber Gascade eine Absichtserklärung im April 2024. Neben Gassco AS plante der norwegische Energiekonzern Equinor Exporte von kohlenstoffarmem Wasserstoff nach Deutschland. Allerdings wurden diese Exportpläne und die Erzeugung von kohlenstoffarmem Wasserstoff im September 2024 durch Equinor beendet. Die Auswirkungen dieser Entscheidung auf den H₂-Handel zwischen Norwegen und Deutschland bleibt abzuwarten.

Ein weiteres Projekt ist der nordisch-baltische H₂-Korridor von Finnland über Estland, Lettland, Litauen und Polen bis nach Deutschland. Im April 2024 erhielt der Korridor einen PCI-Status durch die Europäische Kommission. Ende 2024 begannen die involvierten FNB Machbarkeitsstudien mit detaillierten technischen Analysen in den jeweiligen Ländern (Ontras, 2024). Die Landesregierung erachtet Finnland ebenfalls als wichtigen potenziellen Lieferanten von erneuerbarem Wasserstoff.

Neben Norwegen und Finnland plant Dänemark den Export von Wasserstoff nach Deutschland ab 2030. Zunächst wurde eine Förderung der Erzeugung und der Infrastruktur durch die dänische Regierung ausgeschlossen. Diese änderte jedoch ihre Haltung im März 2025 und plant eine Darlehensförderung von über 900 Millionen Euro. Die Kapazität der geplanten grenzüberschreitenden Pipeline soll 4 GW betragen (Energate, 2025).

Enge Beziehungen zu den nordischen Ländern im Feld Wasserstoff sind essentiell für die Landesregierung. Die hohen H₂-Erzeugungspotenziale, unter anderem durch die weltweit höchsten Ausbauraten von EE, die politische Stabilität und geografische Nähe sind ausschlaggebend für zukünftige Kooperationen. Bereits heute pflegt die Landesregierung einen Austausch mit politischen und

wirtschaftlichen Akteurinnen und Akteuren Norwegens und Finnlands. 2025 fand eine Delegationsreise nach Norwegen und Finnland statt. Die Landesregierung strebt an, die engen Beziehungen in den nächsten Jahren weiterzuführen.

Osteuropäischer Korridor

Der osteuropäische Korridor wird aufgrund von zeitlichen und logistischen Unsicherheiten in diesem Konzept nicht näher beleuchtet.

5.1.2 Transport via Schiff, Schiene, Trailer

Im Gegensatz zum Transport von gasförmigem Wasserstoff via Pipeline ist der Transport per Schiff, Schiene oder Trailer vor allem für H₂-Derivate und Flüssigwasserstoff von Bedeutung. Diese besitzen spezifische Charakteristika und sind folglich für unterschiedliche Anwendungsbereiche relevant. Ammoniak wird beispielsweise häufig in der Düngemittelproduktion, der Kältetechnik und der chemischen Industrie eingesetzt. In Baden-Württemberg hat insbesondere die chemische Industrie großen Bedarf an Ammoniak. Die spezifischen Charakteristika erfordern zudem unterschiedliche Ansprüche an die Transportinfrastruktur. Eine Auswahl an Charakteristika und den Vor- und Nachteilen des Wasserstoffs und dessen Derivaten finden sich in der nachfolgenden Tabelle 2.

H₂-Derivate

Derivate können entweder direkt (stofflich oder energetisch) genutzt oder durch weitere Prozessschritte in Wasserstoff umgewandelt werden. Dies hat Einfluss auf Faktoren wie die erforderliche Infrastruktur, die Kostenbilanz oder den Wirkungsgrad (energetische Effizienz). Von Wasserstoffträgern spricht man, wenn am Ende der Transportkette eine Rückumwandlung in gasförmigen Wasserstoff erfolgt. Laut einer Studie von Agora Industrie und der TU Hamburg (2023) liegt die Gesamtenergieeffizienz bei Wasserstoffträgern, bedingt durch erhebliche Energieverluste bei der Energieumwandlung begonnen mit der H₂-Produktion bis hin zum rückumgewandelten Wasserstoff, nur bei einer Gesamtenergieeffizienz von 36 % bis 52 %. Ein Parameter, der neben dem Nutzungszweck bei der Entscheidung zur direkten Nutzung oder Umwandlung des H₂-Derivats berücksichtigt werden sollte. In Bezug auf die erforderliche Infrastruktur kommt hinzu, dass die meisten Transportoptionen Prozessschritte beinhalten, die momentan großtechnisch noch nicht verfügbar sind (DVGW e.V., 2024).

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über Anwendungsgebiete, Vorteile und Hemmnisse einer Auswahl wichtiger Wasserstoffprodukte. Die Tabelle dient informativen Zwecken und soll keinesfalls als Ausschluss anderer Derivate aus dem Versorgungskonzept interpretiert werden. Sie entstand in Anlehnung an die Tabelle „Rolle und Charakteristika unterschiedlicher Wasserstoffprodukte und Trägermedien“ aus der Importstrategie des Bundes (BMWK, 2024).

Im Vergleich zum Transport via Pipeline bieten Schiffs-transporte den großen Vorteil, dass sie Importe aus weiter entfernten Exportländern mit günstigen Erzeugungsbedingungen ermöglichen. Einzelne Transportoptionen via Schiff sind bereits heute etabliert und Infrastrukturen für Import und Nutzung bereits vorhanden. Dies gilt beispielsweise für den Import von grauem Ammoniak und Methanol. Für einen großvolumigen Import über den Seeweg ist jedoch zunächst die Skalierung von Produk-

tionsanlagen und Transportinfrastrukturen notwendig, die mit großen Investitionen einhergeht. Dies betrifft zum Beispiel Erzeugungsanlagen in den Exportregionen, Transportschiffe und Anlandeterminals sowie gegebenenfalls Anlagen für die Umwandlung in gasförmigen Wasserstoff. Des Weiteren besteht Bedarf an technologischen Entwicklungen (zum Beispiel Direct-Air-Capture-Anlagen, Ammoniak-Cracking) (Sternier, Pinkwart et al., 2024).

Bereitstellungskosten in Relation zu den Importrouten

In seiner Analyse zu Versorgungsoptionen für Baden-Württemberg mit Wasserstoff und Derivaten (2025) hat das Fraunhofer ISE unter anderem die Bereitstellungskosten der unterschiedlichen Derivate und Importpfade bis nach Baden-Württemberg untersucht. Es kommt zu dem Ergebnis, dass die Bereitstellungskosten für Wasserstoff aus Ammoniak und flüssigem Wasserstoff

Wasserstoffprodukt/ Trägermedium	Mögliche Anwendungsbereiche	Vorteile	Hemmnisse
Gasförmiger Wasserstoff	Kraftwerke, Schwerlastverkehr, Prozesswärme, Eisen- und Stahlherstellung	→ Hohe Effizienz bei pipeline-basiertem Transport von gasförmigem Wasserstoff → Langfristig geringere Kosten	→ Finanzierung, Umsetzungszeitraum → Mögliche Akzeptanzprobleme vor allem bei Neubau von Pipelines
Flüssiger Wasserstoff	Schwerlastverkehr, Luft- und Raumfahrt, Halbleiterherstellung, Chemische Industrie, Stahl- und Glasproduktion	→ Hohe Energiedichte und dadurch Transport größerer Energiemengen → Hohe Reinheit	→ Nur eine geringe Anzahl an Schiffen und Verflüssigungsanlagen im Betrieb → Hoher Energiebedarf bei Schiffs-transport im Vergleich zu Pipeline Transport
Ammoniak	Grundstoff- und Petrochemie, Schiffsverkehr, Trägermedium für molekularen Wasserstoff	→ Einfache Extraktion des notwendigen Stickstoffs aus der Luft → Transport großer Energiemengen über weite Entfernungen → Ammoniak-Handel etabliert. Globale Infrastrukturen vorhanden	→ Großskalige Ammoniak-Cracker sind in Planung, aber noch nicht verfügbar → Energiebedarf bei der (Re-) Umwandlung von/in gasförmigen Wasserstoff (wenn nicht stofflich genutzt) → Umweltgefahren durch Stickoxide und Toxizität
Methanol	Grundstoff- und Petrochemie, Schiffsverkehr	→ Bei Normaltemperatur flüssig. Einfacher Transport → Methanol-Handel bereits etabliert. Globale Infrastrukturen vorhanden.	→ Nachhaltiger Kohlenstoff(-kreislauf) notwendig (existiert noch nicht) → Großskalige DAC-Anlage noch nicht verfügbar
LOHC	Trägermedium für molekularen Wasserstoff	→ Chemische Eigenschaften ähnlich zu Diesel. Nutzung heutiger Infrastruktur für flüssige Kraftstoffe möglich. → Wiederverwendbare Trägerflüssigkeit	→ Hohe Temperaturen nötig → Freisetzungsrates von Wasserstoff unbekannt → Hohe Kosten

Tabelle 2: Auswahl an Wasserstoffprodukten und Trägermedien (in Anlehnung an die Importstrategie des Bundes)

via Schiffstransport im Vergleich zu einem Import von gasförmigem Wasserstoff via Pipeline höher ausfallen. Bis zum Jahr 2040 lägen die Kosten für Pipelineimporte von gasförmigem Wasserstoff nach Baden-Württemberg bei 2,4 bis 4,2 Euro/kg. Im Vergleich hierzu indizieren die Berechnungen Kosten von Ammoniak und flüssigem Wasserstoff zwischen 4,5 und 7,8 Euro/kg im Jahr 2040. Ein Vorteil von flüssigem Wasserstoff und Derivaten ist die höhere Flexibilität im Bezug.

Insbesondere in den Anfangsjahren, solange Pipelineverbindungen noch unzureichend ausgebaut sind, können maritime Importe eine der wenigen Möglichkeiten zum Import von erneuerbarem Wasserstoff sein und in mittlerer Zukunft ein zentraler Baustein eines diversifizierten Versorgungskonzepts darstellen (Holst et al., 2025). Die Landesregierung wird die Rolle von H₂-Derivaten und H₂-Trägermedien und die Entwicklung von Importpfaden via Schiff weiterhin beobachten und eruieren.

Dabei gilt es die Entwicklungen auf europäischer Ebene im Blick zu haben. Ausschlaggebend für mögliche Importpfade via Schiff nach Baden-Württemberg ist unter anderem, welche Übersee-Häfen sich als (europäische) Anlandehäfen etablieren und wie sich – davon abhängig – ein Weitertransport nach beziehungsweise innerhalb von Baden-Württemberg entwickelt.

Die Rolle der Überseehäfen

Als zentrale Akteure werden die sogenannten ARA-Häfen (Antwerpen-Brügge, Rotterdam und Amsterdam) gesehen. Die Landesregierung befindet sich im regelmäßigen Austausch mit den drei Häfen. Bereits heute importiert Deutschland einen großen Teil seines fossilen Gases über die ARA-Häfen. Für die Zukunft positionieren die Häfen sich als potenzielle Drehscheibe und Anlandehäfen für Wasserstoff und dessen Derivate, insbesondere Ammoniak. Sowohl in Rotterdam als auch in Antwerpen wird zum momentanen Zeitpunkt die Installation eines Ammoniakcrackers geplant. Sicherheitsprüfungen stehen zum Teil noch aus. Von Rotterdam aus sollen die Derivate beziehungsweise der (flüssige) Wasserstoff via Binnenschiff oder Pipeline (Projekt Delta Rhine Corridor) nach Deutschland exportiert werden. Die Landesregierung setzt sich in den bilateralen Austauschen dafür ein, dass der Wasserstoff und dessen Derivate von den europäischen Anlandehäfen bis nach Baden-Württemberg geliefert werden.

Auch deutsche Häfen wie Hamburg, Wilhelmshaven, Brunsbüttel und Rostock sind wichtig für schiffsbasierte

Importe von Wasserstoff und Derivaten und den Weitertransport bis nach Baden-Württemberg. Sie können mit Terminals für Wasserstoff und Derivate sowie für die kurzfristige Wasserstoffspeicherung und Derivateverarbeitung ausgerüstet werden. So ist die EnBW AG als Konsortialpartner an der Rostock EnergyPort cooperation beteiligt, welche am Hafen Rostock unter anderem einen 100 MW Elektrolyseur für erneuerbaren Wasserstoff errichten möchte. Am selben Hafen prüfen die EnBW, VNG und das japanische Energieunternehmen JERA eine mögliche Demonstrationsanlage eines Ammoniak-Crackers zur Erzeugung von Wasserstoff aus Ammoniak.

Transport von Wasserstoff innerhalb Baden-Württembergs

Der Weitertransport von Wasserstoff und dessen Derivaten nach Baden-Württemberg und innerhalb Baden-Württembergs kann entweder via Wasserstraße (Binnenschiffe), Schiene oder Trailer erfolgen. Mit rund 550 Kilometer nutzbaren Wasserstraßen auf Neckar, Main und Rhein, der zudem eine zentrale Achse zu den Nordseehäfen (insbesondere ARA-Häfen) bildet, ist Baden-Württemberg für die Versorgung von flüssigen Energieträgern via Binnenschifffahrt gut aufgestellt. Im Vergleich zur Schiene oder Straße bietet der Transport über Wasserstraßen Vorteile in Bezug auf Kapazität und Effizienz. Außerdem bestehen noch Kapazitätsreserven, die ausgeschöpft werden könnten. Das Fraunhofer ISE (2025) indiziert in seiner Importstudie, dass ein Binnenschiff ungefähr dieselbe Transportkapazität wie zwei bis drei Güterzüge oder 120 bis 150 LKW besitzt. Dies entspricht erreichbaren Transportkapazitäten von 1.000 bis 3.000 Tonnen an flüssigen Energieträgern. Gleichzeitig kann bei einem Transport via Schiene die generelle Resilienz weiter erhöht werden, sollte ein Schiffstransport, beispielsweise aufgrund von Niedrigwasser, nicht möglich sein.

Grundsätzlich bieten Transporte via Binnenschiff, Güterzug und LKW die Möglichkeit, kleine und mittlere Verbraucher von Wasserstoff und dessen Derivaten zu versorgen, die nicht direkt an das H₂-Kernnetz angeschlossen sind. Dies eignet sich insbesondere auch für Verbraucher von Derivaten. Für eine ausreichende Resilienz und Abdeckung in Baden-Württemberg sind alle drei Transportwege zu betrachten.

In Bezug auf eine kurzfristige Versorgung von Verbrauchern in Baden-Württemberg aus ersten (bundesweiten) Importen können sich diese Transportpfade eignen. Der Transport von gasförmigem und flüssigem Wasserstoff

sowie für Ammoniak und Methanol via LKW ist bereits zum jetzigen Zeitpunkt technisch möglich (Holst et al., 2025). Für den Transport großer Mengen ungeeignet (Kapazität, Kosten) spielt der Transport via LKW eine bedeutende Rolle bei der sogenannten „letzten Meile“, das heißt dem Transport von Binnenhäfen oder Verladebahnhöfen zum Endabnehmer in Baden-Württemberg.

5.1.3 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen

- Für Baden-Württemberg genießt die Pipeline-Infrastruktur als Transportweg mittel- und langfristig Priorität. Aus diesem Grund wird die Landesregierung auch in den kommenden Jahren ihre politische Flankierung in Bezug auf die Entwicklung der Korridore fortsetzen, beispielsweise durch die Organisation von Austauschen relevanter Akteurinnen und Akteure aus Politik, Wirtschaft und Infrastrukturbetreibern.
- Gleichzeitig sollten der Bund und die EU den Ausbau der Korridore weiter unterstützen und vorantreiben. Hierbei spielt auch die Schaffung geeigneter Finanzierungsinstrumente auf europäischer Ebene eine Rolle, durch welche Investitionsrisiken gestreut und minimiert werden können.
- Im Sinne einer diversifizierten und resilienten Versorgung Baden-Württembergs mit H₂ und dessen Derivaten erachtet die Landesregierung die maritimen Importpfade sowie die Transportoptionen via Binnenschiff, Güterzug oder LKW als komplementäre Elemente zum Import via Pipeline.
- Die Landesregierung wird die unterschiedlichen Importpfade in den kommenden Jahren beobachten.

5.2 Internationale Erzeugungsländer und Partnerschaften Baden-Württembergs

Auf internationaler Ebene gibt es eine Vielzahl möglicher H₂-Erzeugungsländer. Anders als bei fossilen Energieträgern, bei denen geologische Gegebenheiten die entscheidende Rolle spielen, ist die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse - sehr vereinfacht betrachtet - generell an allen Orten mit einem Potenzial für die Produktion von erneuerbarem Strom und einer Verfügbarkeit von Wasser möglich.

5.2.1 Internationale Wasserstoff-Partnerschaften

Die Landesregierung baute in den vergangenen Jahren ressortübergreifend internationale Partnerschaften und enge Beziehungen mit Ländern und Regionen im Bereich Wasserstoff auf. Neben bestehenden Partnerschaften und Netzwerken wurden Vereinbarungen mit Schottland (2022), Andalusien in Spanien (2023), Dänemark (2023), den Vereinigten Arabischen Emiraten (2024) und Flandern in Belgien (2024) geschlossen. Mit den Niederlanden besteht ein Nachtrag (Addendum) zur Gemeinsamen Agenda des Wirtschaftsressorts (2023). Im Forschungsfeld entstanden wissenschaftliche Kooperationen zu Wasserstoff mit Namibia (2022), Kanada (2022-2025), Südafrika (2022-2025) und Katalonien in Spanien (2025). Seit 2025 besteht eine Absichtserklärung zwischen BW-International und dem Projekt Hyphen in Namibia.

Die Partnerschaften und Netzwerke sollen in Zukunft vertieft und weiter ausgebaut werden. Ein möglicher Weg zeigt sich am Beispiel Andalusiens. Im Januar 2025 wurde mit Andalusien ein Aktionsplan unterzeichnet, welcher unter anderem die H₂-Kooperation in den nächsten Jahren spezifiziert und in die praktische Umsetzung führt. Hierunter fallen beidseitige technische Assistenzen, gemeinsame Veranstaltungen, die Einbindung in regionale Allianzen und Analysen von Angebot und Nachfrage in beiden Regionen. Des Weiteren fanden im Laufe der letzten Jahre politisch begleitete Delegationsreisen statt, so zuletzt 2025 in die Vereinigten Arabischen Emirate und den Oman sowie nach Finnland und Norwegen.

Weitere Schritte und Maßnahmen werden auch in Zukunft im Rahmen der Partnerschaften angestrebt. Damit werden mögliche Importe nach Baden-Württemberg und Marktoptionen für baden-württembergische Unternehmen in den aufgezeigten Ländern politisch flankiert und unterstützt.

Zusätzlich zu formellen Partnerschaften verfolgt die Landesregierung weitere internationale Kontakte und Kooperationen, die den globalen und lokalen H₂-Hochlauf unterstützen. Der Fokus liegt hier insbesondere auf europäischen Ländern und Anrainerstaaten, die perspektivisch durch eine Pipelineverbindung an Baden-Württemberg angebunden werden, aber auch auf außereuropäischen Ländern mit guten Erzeugungs- und Transportmöglichkeiten für Wasserstoff und Derivate

(insbesondere die MENA-Region, aber auch Nord- und Südamerika, Afrika sowie Australien) sowie auf Ländern und Regionen mit dem Fokus auf Technologiekooperationen. Als Beispiel werden hier die guten Kontakte zu den nordischen Ländern Norwegen und Finnland genannt. Beide Länder besitzen große Potenziale für die Produktion von erneuerbarem und kohlenstoffarmem Wasserstoff durch einen hohen Anteil an EE in der Stromproduktion. Laut der Internationalen Energie Agentur betrug der Anteil in Norwegen 95,6 % im Jahr 2022 (IEA, 2023).

5.2.2 Potenzielle Bezugsländer von Wasserstoff

Das Fraunhofer ISE untersuchte in seiner vom UM geförderten Studie zu Versorgungsoptionen Baden-Württembergs mit erneuerbarem Wasserstoff und Derivaten Erzeugungs- und Transportoptionen für einzelne Länder. Aufgrund begrenzter Zeit- und Arbeitskapazitäten wurden exemplarisch Standorte in Kanada, Marokko, Algerien, Spanien, Schottland, Norwegen, Finnland und den Vereinigten Arabischen Emirate ausgewählt. Daneben indiziert die Studie anhand unterschiedlicher Kriterien, wie beispielsweise Flächenverfügbarkeit, weitere mögliche H₂-Erzeugungsländer.

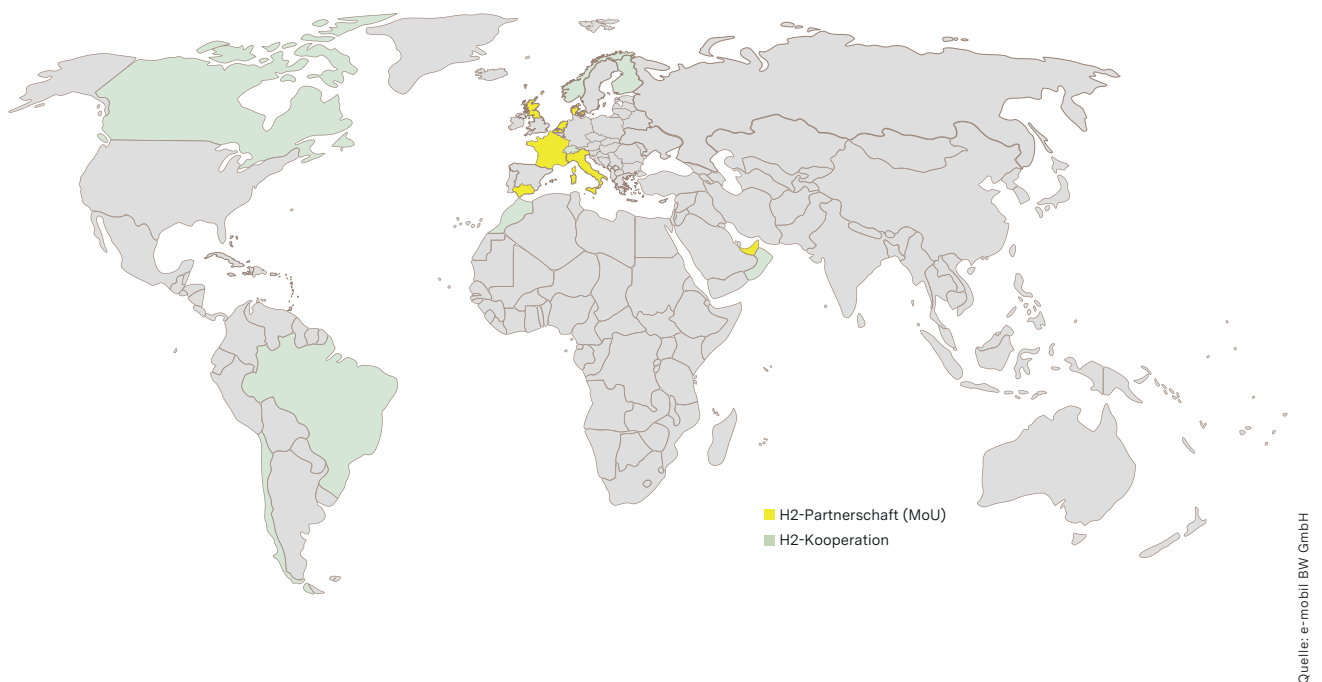


Abbildung 9: Internationale H2-Partnerschaften und Kooperationen von Baden-Württemberg (Stand: September 2025)

Wie bereits im Kapitel zu Internationalen Transportoptionen behandelt, wurden die Kostenstrukturen entlang der gesamten Wertschöpfungskette der H₂-Erzeugung vom Potenzial der Standorte für EE bis zur Ankunft des Wasserstoffs in Baden-Württemberg analysiert. Exkludiert wurde dabei die Analyse eines Weitertransports des Wasserstoffs und dessen Derivaten innerhalb Baden-Württembergs. Die Ergebnisse zeigen, dass auf lange Sicht insbesondere Importe von Wasserstoff aus anderen europäischen Ländern über Pipelineinfrastruktur als kostengünstig angesehen werden. Hierbei lagen Schottland und Spanien mit ermittelten Kosten zwischen 3,7 - 4,8 EUR/kg entlang der Wertschöpfungskette leicht vor Finnland und Norwegen mit Kosten zwischen 4,5 - 5,2 EUR/kg für 2032. Für Schottland und Spanien sinken die Kosten auf 2,7 - 3,4 EUR/kg in 2040, für Finnland und Norwegen auf 3,1 - 3,6 EUR/kg. Aufgrund der höheren Kapitalkosten und der Transportentfernung liegen die Kostenstrukturen der nordafrikanischen Länder Algerien und Tunesien leicht über den europäischen Staaten mit Kosten von 5,5 - 6,0 EUR/kg 2032 und 3,8 - 4,2 EUR/kg 2040.

Parameter der Wasserstoff-Erzeugung

Verschiedene Parameter bestimmen die Wasserstoff-Erzeugung. Hierunter zählen beispielsweise die Flächenverfügbarkeit, die Höhe der zu tätigenden Investitionen in die Anlagen für EE und für Wasserstoff, sowie die Verfügbarkeit von H₂-Infrastruktur (einschließlich Speichersystemen). Die jeweiligen Kapitalkosten in einem Land bestimmen unterdessen die Ausgaben, die zur Beschaffung von Kapital notwendig sind. Ihre Höhe beeinflusst hiermit ebenfalls die Kosten der Erzeugung von Wasserstoff. Ein wichtiger Faktor sind die Stromkosten, die wiederum von anderen Parametern abhängen. Weitere Faktoren, welche für die Kosten und Erzeugungssicherheit eine Rolle spielen, sind politische Instabilitäten, Wasserknappheit und eine geringe Verfügbarkeit qualifizierter Fachkräfte.

Abseits dieser Parameter gilt es beim Import von Wasserstoff zu beachten, dass potenzielle Erzeugungsländer unter Umständen zunächst H₂-Kapazitäten für den Eigenverbrauch sowie für die Unterstützung und den Aufbau der eigenen Industrie einsetzen. Der damit möglicherweise einhergehende zeitliche Verschiebungseffekt ist ein weiterer Grund für den Ausbau von H₂-Erzeugungskapazitäten in Baden-Württemberg und somit für ein funktionales Ineinandergreifen von Importen und lokaler Erzeugung für die Wasserstoffversorgung.

Auktionsmodelle als Förderinstrumente

Ein wichtiges Instrument für den Import sind Auktionsmodelle wie das der 2021 gegründeten H2Global-Stiftung, die als Intermediär zwischen Erzeugung und Abnahme von erneuerbarem Wasserstoff und H₂-Derivaten fungiert. Sie bietet ein Doppelauktionsmodell an. H2Global ist ein Förderinstrument der Bundesregierung, durch welches die Entwicklung eines internationalen Marktes für erneuerbaren Wasserstoff unterstützt werden soll. Durch das Instrument werden Preisdifferenzen zwischen Verkaufs- und Einkaufspreisen ausgeglichen. In der ersten Auktionsrunde von 2022 - 2024 (Erzeugung außerhalb der EU) gewann jedoch nur ein Joint Venture (Fertiglobe) in Ägypten die Auktion.

Auf europäischer Ebene fördert die Europäische Kommission im Rahmen der Europäischen Wasserstoffbank Projekte für die Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff in Europa. Ähnlich zu H2Global wird hierbei die Preisdifferenz zwischen den Erzeugungskosten und dem Marktpreis für Wasserstoff ausgeglichen. In der ersten Auktionsrunde 2024 (Erzeugung innerhalb der europäischen Wirtschaftszone) gewannen sieben Projekte aus Spanien, Portugal, Finnland und Norwegen. In der zweiten Auktionsrunde 2025 wurden 15 Projekte aus 5 EU-Ländern ausgewählt, hierunter zwei deutsche Projekte (KASKADE, H₂-Hub Lubmin). Alle Projekte zusammen erhalten EU-Mittel in Höhe von 992 Millionen Euro. Ende 2025 gab die Europäische Kommission die Details zur dritten Auktionsrunde mit einem Budget von bis zu 1,3 Milliarden Euro bekannt. Im „auction as a service“-Verfahren können Mitgliedstaaten zusätzlich die Europäische Wasserstoffbank mit eigenen Mitteln ausstatten.

Auktionsmodelle sind wichtige Instrumente in der Förderung von Importprojekten und sind geeignet, Preissignale zu setzen. Aufgrund der hohen Volumina und der komplexen Verfahren sind die jetzigen Auktionsmodelle nur sehr bedingt für KMU in Baden-Württemberg geeignet. Daher regt die Landesregierung Vereinfachungen und die Entwicklung zusätzlicher Auktionsmodelle auch für KMU an.

Entscheidender Faktor Offtake

Eine gesicherte Abnahme (Offtake) ist ein entscheidender Faktor für den langfristigen Aufbau von H₂-Erzeugungskapazitäten. Trotz der bestehenden Marktunsicherheiten ist es wichtig, frühzeitig entsprechende Signale zu setzen, die Schritt für Schritt konkretisiert werden können und zu einer Annäherung von Abnahmebereitschaft und Erzeugungspreisen beitragen. Ohne

solche Signale besteht die Gefahr, dass Investitionen in die Wasserstoffherzeugung zeitlich später und/oder zugunsten anderer Abnahmeländer erfolgen.

Die „Midstream“-Marktakteure (Import- und Handelsunternehmen) haben eine zentrale Rolle bei der Bündelung der Abnahme und als Intermediär zwischen Abnahme und Erzeugung. Zur Verringerung der Lücke zwischen Abnahmepreisen und Erzeugungskosten ist der Einsatz zusätzlicher Garantiestrumente erforderlich. Garantiestrumente sollten entwickelt werden, mit denen Risiken und Preisdifferenzen abgedeckt werden können. Dies stärkt die Organisation und das Risikomanagement der Liefer-, Logistik- und Wertschöpfungskette zwischen Erzeugung und Nachfrage.

5.2.3 Aktivitäten der Landesregierung

Die Betrachtung der verschiedenen Standorte, ihrer lokalen Voraussetzungen für die Erzeugung von Wasserstoff und der Transportkosten von erneuerbarem Wasserstoff bestätigt, dass der prinzipielle Fokus der Landesregierung auf europäische Staaten und den Transport via Pipeline sinnvoll ist. Dennoch wird auch deutlich, dass für einen effektiven Aufbau einer H₂-Wirtschaft in Baden-Württemberg auch die Importwege und H₂-Energieträger diversifiziert werden müssen. Dies beinhaltet neben dem Import von gasförmigem Wasserstoff auch den Import von flüssigem Wasserstoff und H₂-Derivaten wie Ammoniak und Methanol aus entfernteren Ländern, beispielsweise aus der MENA-Region. Die bereits bestehenden Partnerschaften und Kooperationen sind eine geeignete Basis für eine solche Diversifizierung bei den Erzeugungsländern und H₂-Trägern. Die Landesregierung wird auch in den kommenden Jahren alle Formen von Wasserstoff und Derivaten sowie die internationalen Marktentwicklungen und weitere Kooperationsmöglichkeiten im Blick behalten.

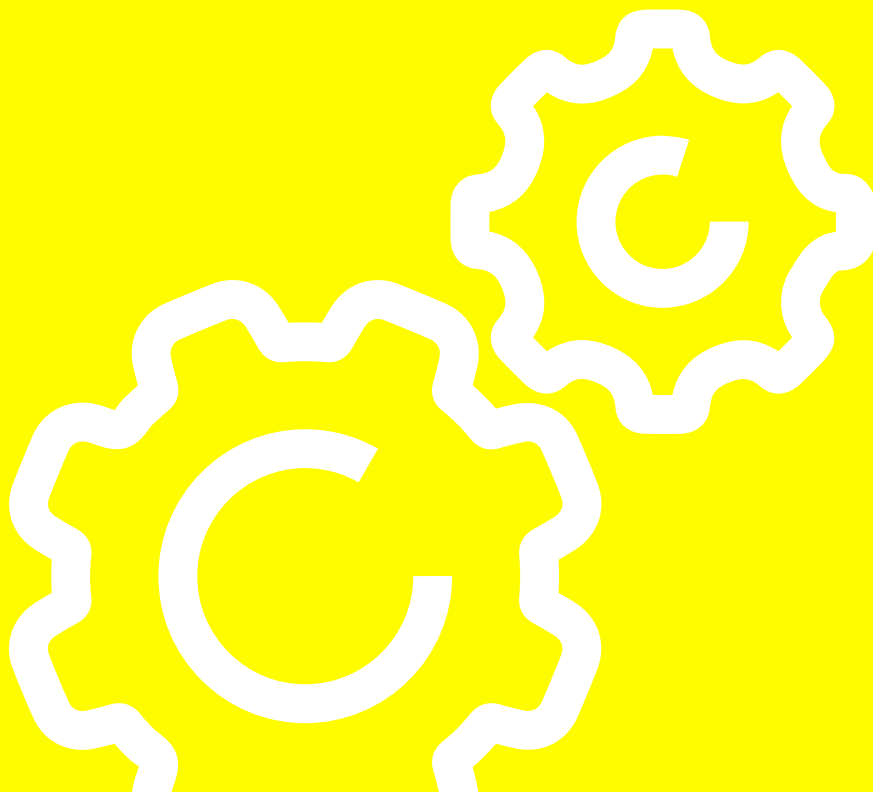
Die Landesregierung wird weiterhin intensiv politische Partnerschaften pflegen und ausweiten sowie Informations- und Vernetzungsmöglichkeiten für baden-württembergische Unternehmen und für die verschiedenen Akteurinnen und Akteure im Feld Erzeugung, Infrastruktur und Abnahme einschließlich Technologien anbieten. Die Unterstützung von Abschlüssen von Lieferverträgen, von Technologieexport und von Investitionsentscheidungen durch Unternehmen ist eine wichtige Aufgabe der Landesregierung. Diese soll durch die Förderung des Austausches zwischen internationalen Erzeugern, Netzbetreibern und lokalen Abnehmern erleichtert werden. Die politischen Handlungsspielräume richten sich dabei

an der Kompetenzverteilung im Föderalstaat und an der Natur politischer Institutionen aus. Am Ende liegt die Abnahme von Wasserstoff durch den Abschluss langfristiger Verträge in der Verantwortung der Unternehmen.

Die Landesregierung strebt an, weiterhin mögliche Bedarfe, Abnahmemengen, Kosten und potenzielle Preise von Wasserstoff mithilfe von Austauschformaten und möglichen Studien zu bewerten. Hierbei ist ein enger Austausch mit Unternehmen und weiteren Akteurinnen und Akteuren notwendig.

5.2.4 Maßnahmen und Handlungsempfehlungen

- In einer Studie sollen mögliche Importpfade (unter Berücksichtigung von Kosten- und Preiskorridoren), zeitliche Verläufe sowie verfügbare Mengen an Wasserstoff und H₂-Derivaten untersucht werden.
- Für eine Versorgung mit Wasserstoff wird sowohl der Import von erneuerbarem Wasserstoff und dessen Derivaten als auch der lokale Ausbau von Elektrolysekapazitäten in Baden-Württemberg benötigt. Die Landesregierung setzt sich daher auch in Zukunft mit Nachdruck parallel für beide Versorgungsoptionen ein.
- Die Landesregierung wird weiterhin die Aktivitäten baden-württembergischer Unternehmen im internationalen Wasserstoffmarkt (sowohl als potenzielle Abnehmer als auch als Technologieanbieter) politisch flankieren, um eine Wasserstoffversorgung in Baden-Württemberg zu gewährleisten. Die Unterstützung der Technologieanbieter bei deren Internationalisierungsbestrebungen erfolgt durch Maßnahmen des Wirtschaftsressorts.
- Die Landesregierung wird bestehende H₂-Partnerschaften, Kooperationen und Netzwerke intensiv pflegen und ausbauen sowie bei Bedarf weitere Kooperationen prüfen.
- Die Landesregierung setzt sich dafür ein, dass Auktionsmodelle als Förderinstrument weiterentwickelt werden, sodass auch KMU an den Auktionen teilnehmen und gewinnen können.
- Die Landesregierung strebt an, Initiativen zum Offtake zu unterstützen. Sie setzt sich zudem für neue Garantiestrumente ein, mit denen insbesondere auf der „Midstream“-Ebene Risiken und Preisdifferenzen abgedeckt werden können.



Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Das Ziel des H₂-Versorgungskonzepts ist es, verschiedene H₂-Versorgungsoptionen und -wege entlang der momentanen Prioritäten der Landesregierung aufzuzeigen. Es enthält zudem mögliche Maßnahmen der Landesregierung, anhand derer die Versorgung Baden-Württembergs mit erneuerbarem Wasserstoff unterstützt werden soll, sowie Handlungsempfehlungen an verschiedene Akteurinnen und Akteure im Bereich Wasserstoff. Eine wichtige Voraussetzung ist, die Nachfrage auf Grundlage der Bedarfe, die Infrastruktur sowie lokale und internationale Wasserstofferzeugung aufeinander abzustimmen.

Eine wichtige Funktion haben die Rahmenbedingungen. Der Bund definiert durch seine nationale Wasserstoffstrategie und angeschlossene Teilstrategien, wie der Importstrategie und dem Weißbuch Wasserstoffspeicher, seine grundlegende politische und wirtschaftliche Ausrichtung im H₂-Markthochlauf. Basierend auf der Strategie unterstützt die Bundesregierung den Aufbau von Wasserstoffkapazitäten durch Instrumente wie

Klimaschutzverträge und Auktionsmodelle. Auf Seiten des Infrastrukturausbaus bildet die Genehmigung des Kernnetzes und das Amortisationskonto eine wichtige Grundlage für den H₂-Markthochlauf. In den nächsten Jahren ist es zentral die Unterstützungsmaßnahmen weiter auszubauen und teilweise zu vereinfachen. Hierunter fällt sowohl eine Erweiterung des Kernnetzes als auch eine Aufnahme möglicher H₂-Verteilnetze in den NEP. Des Weiteren benötigen gerade KMU angemessene Unterstützung, um im globalen Markthochlauf mitwirken zu können. Gerade Auktionsmodelle sind in ihrer momentanen Form für KMU schwer zugänglich.

Auf regulatorischer Seite beeinflussen EU-Regularien in großem Maße den H₂-Markthochlauf. Hierzu zählen das EU Gas- und Wasserstoffpaket, der Net-Zero Industry Act und die Erneuerbare-Energien-Richtlinie II (RED II) und III (RED III). Besondere Probleme für den Aufbau von Erzeugungskapazitäten für erneuerbaren Wasserstoff und dessen Derivaten verursachen die Delegierten Rechtsakte zur RED II, in welchen unter anderem restriktive Anfor-

derungen (Zusätzlichkeit, räumliche und zeitliche Korrelation) an den Strombezug zur Erzeugung erneuerbaren Wasserstoffs (RFNBO-Kriterien) festgelegt wurden. Eine ausführliche Diskussion dieser Herausforderungen findet sich im Aktionsplan reFuels. Auch der Delegierte Rechtsakt zur Berechnung von Treibhausgasemissionen von kohlenstoffarmem Wasserstoff könnte Probleme bereiten. Die Rechtsakte erschweren zum einen die Erzeugung von erneuerbarem Wasserstoff und zum anderen den Import von kohlenstoffarmem Wasserstoff, welcher gerade in der Übergangszeit zum Aufbau eines Wasserstoffsystems eine Rolle in Ergänzung zum erneuerbaren Wasserstoff einnehmen kann. Pragmatische Regelungen sind als Rahmen für einen funktionierenden H₂-Markthochlauf entscheidend.

Als zentraler Bestandteil für die Entstehung eines erneuerbaren Wasserstoffmarktes fungieren die heimischen Bedarfe an erneuerbarem Wasserstoff. Sie dienen als wichtige Planungskomponente im Aufbau einer H₂-Versorgung und sind eine erste Indikation der Entwicklung zukünftiger H₂-Nachfrage. In den letzten Jahren gab es verschiedene Bedarfsabschätzungen für Baden-Württemberg (teilweise heruntergebrochen aus Bundeszahlen), die einen hohen Bedarf an Wasserstoff für das Bundesland indizierten. Hierunter zählen das Szenario des Forschungsvorhabens „Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Württemberg 2040“ (2022), eine Bedarfsabfrage für Baden-Württemberg im Rahmen der Studie „Speed H₂“ des ZSW (2023) und ein Szenariorahmen für den ersten bundesweiten NEP Gas und Wasserstoff (2024). Die ermittelten Bedarfe lagen hierbei ähnlich hoch, wobei die Ergebnisse der Bedarfsabfrage des ZSW (2023) von 90,7 TWh für 2040 laut der NEP-Abfrage 2024 bereits 2035 (90 TWh) prognostiziert werden. Allerdings sind die realen künftigen Bedarfszahlen zum jetzigen Zeitpunkt als ungewiss zu sehen. Wichtige Prämissen in Bedarfsabschätzungen ist die Wettbewerbsfähigkeit der Technologien, insbesondere gegenüber strombasierten Lösungen, sowie wettbewerbsfähige Preise und eine ausreichende Mengenverfügbarkeit. Sie werden auch für die zukünftige H₂-Nachfrage zentral sein. Eine regelmäßige Überprüfung der H₂-Bedarfe ist notwendig, um die Versorgung mit Wasserstoff effektiv planen und aufbauen zu können. Zum aktuellen Zeitpunkt ist das Heizen in Wohnhäusern mit Wasserstoff zu wettbewerbsfähigen Bedingungen nicht möglich.

Die Deckung der H₂-Bedarfe benötigt passende H₂-Infrastruktur. Der zügige Infrastrukturausbau ist daher eine zentrale Voraussetzung für den H₂-Hochlauf. Ein wesentlicher Faktor dafür ist die Einrichtung eines Transportsys-

tems (Kernnetz, Verteilnetz) einschließlich Speicher für große Mengen an Wasserstoff. Mit der Novellierung des EnWG wurden die wesentlichen Grundlagen zur Entwicklung eines ausbaufähigen Wasserstoffleitungsnetzes, des H₂-Kernnetzes, mit dem Zieljahr 2032 gelegt. Die FNB gehen mit dem Kernnetz in eine wichtige Vorleistung, um einen H₂-Markt in Deutschland einführen zu können. Ein leitungsgebundenes Transportnetz muss im fertigen Status die Erzeugung, Speicher und die wesentlichen Verbraucher verbinden. Dazu ist ein noch weiter auszubauendes Kernnetz ebenso wichtig wie ein Verteilnetz, das bis zu den einzelnen Verbrauchern in Industrie und Gewerbe reicht. Eine wichtige Unterstützung dabei ist der integrierte NEP für Gas und Wasserstoff 2025-2037, der alle zwei Jahre erneuert wird. Sehr wichtig für einen erfolgreichen Ausbau des Kernnetzes sind der Bau, der auf Wasserstoff umstellbaren, SEL und die Verlängerung der SEL bis nach Bayern. Daneben ist eine Erweiterung des H₂-Kernnetzes entlang des Rheins von Karlsruhe bis zur Grenze in Richtung Schweiz wesentlich.

Um eine Versorgung mit Wasserstoff in Baden-Württemberg sicherzustellen, ist neben der Abnahme und Infrastruktur die lokale und internationale Erzeugung von Wasserstoff entscheidend. Für die dezentrale Wirtschaftsstruktur Baden-Württembergs ist der Aufbau lokaler Erzeugungskapazitäten in lokalen H₂-Ökosystemen, sogenannten „H₂-Hubs“, oder zur betrieblichen Eigenversorgung wichtig, um eine zeitlich vor der Inbetriebnahme oder eine räumlich außerhalb des Einzugsbereichs von H₂-Netzen entstehende Nachfrage decken zu können. Das Konzept zeigt die Vorteile einer lokalen H₂-Erzeugung mittels Wasser-Elektrolyse und behandelt alle hierbei relevanten Aspekte.

Eine lokale H₂-Erzeugung muss so konzipiert werden, dass sie auch mittel- bis langfristig als tragendes Element einer H₂-Versorgung wirtschaftlich betrieben werden kann. Die Wirtschaftlichkeit hängt vor allem von den Kapitalkosten für die Investition in die Elektrolyse und die dazugehörigen Infrastrukturen, die Bezugskosten für den erneuerbaren Strom sowie die Anzahl Stunden ab, in denen der Elektrolyseur in Betrieb ist. Aktuell sind die Investitionen noch vergleichsweise hoch und staatliche Anreize in Form von finanziellen Förderungen notwendig. Das UM hat daher das Förderprogramm für Elektrolyseure „ELY“ aufgelegt, wodurch die Landesregierung über 100 Millionen Euro in den Auf- und Ausbau von Erzeugungskapazitäten durch Wasser-Elektrolyse investiert. Im Fokus steht der Aufbau von regionalen H₂-Hubs. Eine Förderung von Elektrolyseuren zur Eigenversorgung von Unternehmen mit erneuerbarem Wasserstoff ist

ebenfalls möglich. Eine landesweit autarke Versorgung ist nicht das Ziel. Eine solche wird realistischerweise auch nicht erreicht werden können. Die lokale Erzeugung trägt aber dazu bei, die Abhängigkeit von H₂-Importen aus anderen Regionen Deutschlands und dem Ausland zu verringern.

Es steht noch nicht fest, wo die Elektrolyseure und H₂-Hubs errichtet beziehungsweise entstehen werden. Das Forschungsvorhaben „H2OptimiSt“ (ZSW, 2024) hat anhand von insgesamt zehn für die Wasser-Elektrolyse relevante Standortgütefaktoren aufzeigen können, dass es überall im Land potenziell sehr gut geeignete Standorte für Elektrolyseanlagen gibt. Deren Größe (Erzeugungskapazität in elektrischer Nennleistung) hängt maßgeblich von der regionalen H₂-Nachfrage ab. Bei entsprechendem Ausbau der erneuerbaren Energien lassen sich die EE-Potenziale und die Elektrolyse-Potenziale gleichermaßen in Baden-Württemberg erschließen. Hierzu ist ein paralleler Auf- und Ausbau allerdings besonders wichtig.

Lokale Erzeugung allein wird nicht ausreichend sein, um die hohen H₂-Bedarfe Baden-Württembergs decken zu können. Die Importe von international erzeugtem Wasserstoff sind daher ein wichtiger Bestandteil einer H₂-Versorgung Baden-Württembergs. Hierbei ist der Aufbau einer europäischen und internationalen Wasserstoffinfrastruktur notwendig, um Wasserstoff in gasförmiger und flüssiger Form sowie dessen Derivate transportieren zu können. Betrachtet wird in diesem Versorgungskonzept der Transport via Pipeline, Schiff, Schiene und Trailer.

Als Verbindung europäischer Pipelines ist der EHB von großer Bedeutung für Baden-Württemberg. Langfristig werden Pipelineimporte mit rund 2,4 bis 4,2 Euro/kg bis 2040 die kostengünstigste Variante für einen H₂-Transport nach Baden-Württemberg sein. Alle H₂-Korridore sind wichtig für die H₂-Versorgung: Adriatischer Korridor, Iberischer Korridor, Nordsee Korridor, Nordisch-Baltischer Korridor und Osteuropäischer Korridor. Eine zusätzliche Leitung durch die Schweiz im Rahmen des H₂-Südkorridors ist ein Anliegen der Landesregierung, um den Süden Baden-Württembergs ausreichend mit Wasserstoff versorgen zu können. H₂-Derivate und flüssiger Wasserstoff werden über Schiff, Schiene und Trailer nach Baden-Württemberg transportiert. Vorteile des Schiffstransports sind eine höhere Flexibilität und größere Distanzen im Bezug von H₂-Derivaten und flüssigem Wasserstoff. Nach Anlandung in den Überseehäfen können diese per Binnenschiff, Güterzug oder LKW nach

und innerhalb Baden-Württembergs transportiert werden und bieten dadurch die Möglichkeit, kleine und mittlere Verbraucher von Wasserstoff und dessen Derivaten ohne Kernnetzanbindung zu versorgen.

Die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse ist, vereinfacht betrachtet, weltweit an allen Orten mit einem Potenzial für die Produktion von erneuerbarem Strom und einer Verfügbarkeit von Wasser möglich. Parameter wie die Flächenverfügbarkeit oder die örtlichen Kapitalkosten forcieren geeignete Länder. Die Landesregierung schloss mit einigen dieser Erzeugungs- beziehungsweise Transitregionen Vereinbarungen: Schottland, Andalusien, Dänemark, Vereinigte Arabische Emirate, Flandern und Niederlande. Des Weiteren bestehen internationale Kooperationen und Austausche, insbesondere mit europäischen Ländern und den EU-Anrainerstaaten. Durch die Vielzahl der möglichen H₂-Erzeugungsländer spielt die Frage nach der Wirtschaftlichkeit von Importen eine zentrale Rolle. In einer Importstudie ermittelte das Fraunhofer ISE die Kosten für den H₂-Import nach Baden-Württemberg aus ausgewählten Ländern. Als besonders günstig erwiesen sich Pipelineimporte aus europäischen Staaten, vor allem aus Schottland und Spanien (2,7 – 3,4 EUR/kg in 2040). Ein langfristiger Aufbau von H₂-Erzeugungskapazitäten wird allerdings nur unter der Voraussetzung einer gesicherten H₂-Abnahme erfolgen. Auktionsmodelle, wie beispielsweise H2Global, versuchen den Aufbau eines H₂-Marktes zu unterstützen, indem beispielsweise Preisdifferenzen zwischen den Erzeugungskosten und dem Marktpreis für Wasserstoff ausgeglichen werden.

Neben der Elektrolyse gibt es weitere Methoden zur Erzeugung von Wasserstoff, wie zum Beispiel den biogenen Wasserstoff, der durch die Vergasung oder Pyrolyse von Biomasse, die mikrobielle Fermentation oder die Reformierung von biogenen Kohlenwasserstoffen produziert werden kann. Biogener Wasserstoff, insbesondere aus biogenen Rest- und Abfallstoffen, wie Altholz, bietet mehrere Vorteile, wie beispielsweise die Möglichkeit, CO₂ aus der Atmosphäre zu binden, nutzbar zu machen und somit einen positiven Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Durch die Nutzung von Biomasse als Ausgangsmaterial kann biogener Wasserstoff auch dezentral produziert werden, was die Abhängigkeit von H₂-Importen reduziert und die regionale Wirtschaft stärkt.

Die Landesregierung betrachtet biogenen Wasserstoff als einen Bestandteil des Wasserstoffversorgungskonzepts. Um die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Produktion zu verbessern, wird die Unterstützung von

Forschung und Entwicklung im Bereich des biogenen Wasserstoffs angestrebt.

Wie in diesem Versorgungskonzept ersichtlich, beeinflussen viele Parameter den Aufbau einer lokalen und globalen H₂-Wirtschaft und hiermit einer resilienten H₂-Versorgung in Baden-Württemberg. Für die Landesregierung ist erneuerbarer Wasserstoff ein integraler Bestandteil einer zukünftigen, transformierten, baden-württembergischen Wirtschaft. Daher setzt sich die Landesregierung klare Maßnahmen und Ziele, um den Aufbau einer zweckgerichteten Wasserstoffversorgung des Landes in den nächsten Jahren zu unterstützen.

Zukünftige Maßnahmen der Landesregierung:

1. **Stringente Umsetzung der Wasserstoff-Roadmap.**
2. **Einsatz für eine fördernde Ausgestaltung der Rahmenbedingungen** auf Bundesebene wie auf EU-Ebene.
3. **Regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung der Prognose von H₂-Bedarfen in Baden-Württemberg** im Rahmen von Studien und Erhebungen.
4. **Überprüfung der Möglichkeiten lokaler H₂-Speicherkapazitäten.**
5. **Unterstützung des Aufbaus von H₂-Hubs und falls möglich, Förderung von H₂-Infrastrukturprojekten.** Einsatz beim Bund und der EU für die Förderung von H₂-Hubs und Elektrolyseuren.
6. **Einsatz für niedrige Stromkosten beim Betrieb von Elektrolyseuren.**
7. **Einsatz für passende Fördermöglichkeiten,** insbesondere für KMU, bei der Transformation zu einer treibhausgasneutralen Produktion.
8. **Fortsetzen der politischen Flankierung** von internationalen Aktivitäten baden-württembergischer Unternehmen im Bereich Wasserstoff.
9. **Intensiver Einsatz für die Entwicklung der europäischen Pipeline-Korridore.**
10. **Unterstützung der Aktivitäten und H₂-Partnerschaften des Bundes.**
11. **Fortführung von bestehenden H₂-Partnerschaften.**

12. **Beobachten und Untersuchen maritimer Importpfade sowie die Transportoptionen via Binnenschiff, Güterzug oder LKW für H₂ und dessen Derivate** im Sinne einer diversifizierten und resilienten H₂-Versorgung.

13. **Erarbeitung einer Studie** zu möglichen Kosten- und Preiskorridoren, zeitlichen Verläufen sowie verfügbaren Mengen an Wasserstoff und H₂-Derivaten aus Sicht des Landes Baden-Württemberg.

14. **Unterstützung von Offtake-Initiativen und Einsatz für neue Garantieinstrumente.**

15. **Unterstützung der Forschung und Entwicklung** im Bereich **des biogenen Wasserstoffs.**

Im Generellen setzt sich die Landesregierung gleichermaßen für den Aufbau lokaler Erzeugungskapazitäten wie für die Importmöglichkeiten von erneuerbarem Wasserstoff und dessen Derivaten ein. Eine Transformation der heimischen Wirtschaft mit Hilfe von erneuerbarem Wasserstoff kann nur durch einen erfolgreichen Auf- und Ausbau der Versorgungspfade auf beiden Ebenen gelingen.

Neben den Maßnahmen auf Landesebene empfiehlt die Landesregierung dem Bund und der EU mehrere Maßnahmen im Bereich der H₂-Bedarfe, Infrastruktur, Finanzierungsinstrumente und Gesetzgebung.

Handlungsempfehlungen an den Bund und die EU:

1. **Überprüfung und gegebenenfalls Aktualisierung der H₂-Erzeugungs- und Importziele für 2030** aus dem REPowerEU Plan (2022).
2. **Regelmäßige Überprüfung und Aktualisierung der Prognose von H₂-Bedarfen** im Rahmen des NEP.
3. **Verbesserung der Finanzierungsbedingungen** für Investitionen der FNB in das Kernnetz.
4. **Berücksichtigung weiterer Verbindungen im Süden Baden-Württembergs und einer Verlängerung des Kernnetzes** entlang der Rheinschiene.
5. **Unterstützung des Auf- und Ausbaus eines H₂-Verteilnetzes:** Schaffung regulatorischer (Umsetzung EU-Gas/Wasserstoffpaket) und finanzieller Voraussetzungen (Modell in Anlehnung an das Amortisationskonto) für die Umstellung der Gasverteilnetze auf Wasserstoff. Berücksichtigung im NEP.
6. **Weitere Unterstützung des Ausbaus der europäischen Pipeline-Korridore:** unter anderem durch die Schaffung geeigneter Finanzierungsinstrumente auf EU-Ebene.
7. **Überarbeitung der RED II Kriterien und weiterer einschränkender Regularien**, insbesondere in EU Delegierten Rechtsakten, für die Anfangszeit des H₂-Markthochlaufs (längere Übergangsfristen).
8. **Weiterentwicklung von Auktionsmodellen** wie H2Global und der europäischen Wasserstoffbank: Nutzen der Auktionen für KMU.
9. **Weiterführung und Intensivierung der Förderungen** für den H₂-Markthochlauf, beispielsweise durch Förderprogramme wie IPCEI.

Eine resiliente und verlässliche Versorgung Baden-Württembergs mit Wasserstoff benötigt einen erfolgreichen lokalen und internationalen H₂-Markthochlauf inklusive an die Umstände angepasste H₂-Infrastruktur. In Anlehnung an die Wasserstoff-Roadmap und den Fortschrittsbericht unterstützt die Landesregierung Baden-Württemberg zur Erreichung der Netto-Treibhausgasneutralität 2040 auch zukünftig den Aufbau einer nachhaltigen Versorgung mit Wasserstoff in Baden-Württemberg im Rahmen ihrer politischen Kompetenzen.

Quellenangaben

1.

Acatech (2022).

Optionen für den Import grünen Wasserstoff nach Deutschland bis zum Jahr 2030: Transportwege – Länderbewertungen – Realisierungserfordernisse. URL: <https://www.acatech.de/publikation/wasserstoff/>.

2.

Agora Industrie und TU Hamburg (2023).

Wasserstoff-Importoptionen für Deutschland. Analyse mit einer Vertiefung zu Synthetischem Erdgas (SNG) bei nahezu geschlossenem Kohlenstoffkreislauf. Berlin.

3.

Brandt, J., Iversen, T., Eckert, C. et al. (2024).

Cost and competitiveness of green hydrogen and the effects of the European Union regulatory framework. Nat Energy 9, 703–713. <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01511-z>.

4.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2023).

Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie. Berlin: Publikationsdienst Bundesministerium.

5.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (2024). Importstrategie für Wasserstoff und Wasserstoff-Derivate. Berlin: Publikationsdienst Bundesministerium.

6.

Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft (2024). Die Energieversorgung 2024 – Jahresbericht – vom 18. Dezember 2024.

7.

Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln e.V. (2024). Die Bedeutung von Wasserstoff-Speichern. Köln.

8.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2024), Aufbau und Finanzierung von Wasserstoff-Speichern in Deutschland.

9.

DVGW e.V. (2024).

Wasserstoff – woher, wie viel und wie. Bonn.

10.

Europäische Kommission (2022).

Implementing the REPowerEU Plan: Investment needs, hydrogen accelerator and achieving the bio-methane targets. Brüssel: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230>.

11.

Holst, M.; Ranzmeyer, O.; Eißler, T.; Thelen, C., Ruckteschler, T.; Edenhofer, L.; Fluri, V.; Kost, C. (2025).

Analyse verschiedener Versorgungsoptionen Baden-Württembergs mit Wasserstoff und Wasserstoff-Derivaten. Freiburg im Breisgau: Fraunhofer ISE.

12.

Linde Gas GmbH (2022). Rechnen mit Wasserstoff. Die Datentabelle.

13.

Odenweller, A., Ueckerdt, F. (2025).

The green hydrogen ambition and implementation gap. Nat Energy 10, 110–123. <https://doi.org/10.1038/s41560-024-01684-7>.

14.

Schmidt, Maïke; Wolf, Patrick; Bickel, Peter; Klingler, Marcel; Püttner, Andreas (2023).

SpeedH2 - Systematische Potenzialermittlung mit Blick auf den Bedarf an Wasserstoff in Baden-Württemberg. Karlsruhe: Publikationsdienst LUBW.

15.

Schmidt, Maïke; Wolf, Patrick; Klingler, Marcel; Püttner, Andreas; Bickel, Peter; Schäffer, Michael; Lenz, Christian; Fischer, Peter (2025).

H2OptimiSt – Optimierung der Standortwahl für dezentrale Wasserstoff-Hubs. Karlsruhe: Publikationsdienst LUBW.

16.

Sterner, Prof. Michael; Hofrichter, Andreas; Meisinger, Alexander; Schumm, Leon; Bauer, Franz; Pinkwart, Karsten; Meletzko, Annabelle; Dittmar, Felix; Cremers, Dr. Carsten (2024). Vergleich der Importpfade für grünen Wasserstoff und Derivate. Regensburg und Karlsruhe: OTH Regensburg, Fraunhofer ICT, Hochschule Karlsruhe.

17.

Wasserstoff Bedarfsmeldungen aus der NEP-Marktabfrage für die Bundesländer 2024, noch nicht veröffentlicht.

18.

Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung (ZSW), Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT) (2024). Abschlussbericht des Forschungsvorhabens „Optimierung der Standortwahl für dezentrale H₂-Hubs als Kernelement der H₂-Infrastrukturentwicklung in Baden-Württemberg (H2OptimiSt)“. Karlsruhe: Publikationsdienst LUBW.

Gesetzgebung

19.

Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 (RED II) zur Änderung der Richtlinie (EU) 2009/28/EG (RED I).

20.

Richtlinie (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 (RED III) zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001 (RED II).

21.

Richtlinie (EU) 2022/2464 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. Dezember 2022 hinsichtlich der Nachhaltigkeitsberichterstattung von Unternehmen.

22.

Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen (EU-Taxonomie).

Webseiten

23.

Energate (2025). <https://www.energate-messenger.de/news/251019/daenisch-deutsche-H2-Pipeline-kommt-doch> (aufgerufen am 14.03.2025).

24.

European Hydrogen Backbone (n.d.). <https://ehb.eu/> (aufgerufen am 14.03.2025).

25.

Handelsblatt (2024). Gaskonzern exportiert nun doch keinen „blauen“ Wasserstoff nach Deutschland. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/-exportiert-nun-doch-keinen-blauenH2-nach-deutschland-01/100071670.html> (aufgerufen am 14.03.2025).

26.

H2med (2025). Results of the Call for Interest – H2med promoters share insights and outline future steps of the project. <https://H2medproject.com/results-of-the-call-for-interest-H2med-promoters-share-insights-and-outline-future-steps-of-the-project/> (aufgerufen am 14.03.2025).

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Parameter einer resilienten H ₂ -Versorgung	7
Abbildung 2: Weltweit angekündigte Wasserstoffprojekte bis 2030 (Stand: Januar 2025)	10
Abbildung 3: H ₂ -Kernnetz (gem. Genehmigung Oktober 2024)	19
Abbildung 4: Standortanalyse für einen 5 MW Elektrolyseur 2030	26
Abbildung 5: Standortanalyse für einen 10 MW Elektrolyseur 2030	26
Abbildung 6: Standortanalyse für einen 10 MW Elektrolyseur 2040	27
Abbildung 7: Standortanalyse für einen 20 MW Elektrolyseur 2040	27
Abbildung 8: H ₂ -Importkorridore nach Baden-Württemberg	29
Abbildung 9: Internationale H ₂ -Partnerschaften und Kooperationen von Baden-Württemberg (Stand: September 2025)	35

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Technische Informationen zu den Import-Korridoren in alphabetischer Reihenfolge (Stand 2025, Daten von OGE)	29
Tabelle 2: Auswahl an Wasserstoffprodukten und Trägermedien (in Anlehnung an die Importstrategie des Bundes)	32

Abkürzungsverzeichnis

AFIR	EU-Verordnung über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe
BIK	Bundesförderung Industrie und Klimaschutz
BMWE	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BNetzA	Bundesnetzagentur
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CSRD	Europäische Richtlinie zur Unternehmens-Nachhaltigkeitsberichterstattung, kurz CSRD (englisch: Corporate Sustainability Reporting Directive)
EE	Erneuerbare Energie(n)
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EHB	European Hydrogen Backbone
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ETS-2	Europäisches Emissionshandelssystem für Verkehr und Wärme
EU	Europäische Union
FNB	Fernleitungsnetzbetreiber
GTP	Gasnetzgebietstransformationsplan
H ₂	Wasserstoff
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
KWH2	Klimaschutz und Wertschöpfung durch Wasserstoff (Förderprogramm Baden-Württemberg)
MW	Megawatt
NEP	Netzentwicklungsplan
PPA	Power Purchase Agreement
PV	Photovoltaik
RED II	Europäische Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Renewable Energy Directive II – Richtlinie EU 2018/2001)
RED III	Europäische Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Renewable Energy Directive III - Richtlinie EU 2023/2413)
RWK	Regionale Wasserstoffkonzepte (Förderprogramm)
SEL	Süddeutsche Erdgasleitung
LOHC	Liquid-organic hydrogen carrier
TRL	Technologischer Reifegrad
TWh	Terawattstunden
UM	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
VNB	Verteilnetzbetreiber

Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg
Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart

Telefon: +49 711 126-0, Fax: +49 711 126-2881

um.baden-wuerttemberg.de

poststelle@um.bwl.de