



TRANSFORMATIONS- STRATEGIE FÜR DEZENTRALE WASSERSTOFF- LÖSUNGEN

Region Heilbronn-Franken
November 2024
Kurzfassung



H2 Impuls, eine Initiative von



Finanziert durch



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

aufgetragen durch:

**Regionalverband
Heilbronn-Franken
Körperschaft des öffentlichen Rechts**

Am Wollhaus 17
74072 Heilbronn

Finanziert aus Landesmitteln für Regionale Wasserstoff-Konzepte (RWK), die der Landtag Baden-Württemberg beschlossen hat.

Hinweis:

Bei der vorliegenden Fassung handelt es sich um eine Kurzdarstellung. Weitere Informationen können bei Interesse angefragt werden.

Kontakt:

Bettina Pany
Regionalverband Heilbronn-Franken
Regionalentwicklung
E-Mail: pany@rvhnf.de
Tel. 07131 / 621015

Ausgestellt Februar 2025 durch



GP JOULE Consult GmbH & Co. KG
Maierhof 1
86647 Buttenwiesen

Bearbeitung: Sebastian Hammon*, Alexander Klinge*,
Daniel M. Ostach, Katharina Sailer, Josephine Dracker,
Jan Famulla, Patrick Sadowski

* Korrespondierende Autoren: s.hammon@gp-joule.de,
a.klinge@gp-joule.de

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	5
1.1	Ausgangslage	5
1.2	Zielsetzung	5
2	Synthese Strategieentwicklung	6
2.1	Auswahl zentraler Ergebnisse der Strategieentwicklung	6
2.1.1	Hervorragende Potenziale für erneuerbare Energien	6
2.1.2	Steigender Wasserstoffbedarf	8
2.1.3	Wasserstoffabnahme	9
2.1.4	Versorgungsinfrastruktur	9
2.1.5	Regionaler Elektrolysebedarf	11
2.1.6	Großes Potenzial für regionale Wasserstoffproduktion	11
2.1.7	Geplante Elektrolyse-Projekte	13
2.2	Umsetzungshemmnisse	14
2.2.1	Zeitliche Diskrepanz zwischen Bedarf und Kapazitätsaufbau	14
2.2.2	Marktunsicherheiten und Investitionsrisiken	14
2.2.3	Herausforderungen im ländlichen Raum	14
2.3	Gesamtfazit	15
3	Anhang	16
3.1	Abschätzung der regionalen Wasserstoffproduktion	16
4	Literaturverzeichnis	18



1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage

Die Region Heilbronn-Franken verfügt über sehr gute Voraussetzungen, um sich als bedeutender Knotenpunkt der Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg zu etablieren:

1.

Potenziale für Erneuerbare Energien:

Die Region weist landesweit das größte Windkraft- und Photovoltaikpotenzial auf (s. Stromstudie Baden-Württemberg 2024 [1]). Rund 2 % der regionalen Fläche sind bereits für den Ausbau dieser Energien ausgewiesen (Teilfortschreibungen 2024 [2, 3]). Der Ausbau der erneuerbaren Energien bildet gemäß der EU-Richtlinie RED II die Grundlage, um erneuerbaren Wasserstoff (nicht biogenen Ursprungs) mit Grünstrom zu produzieren.

2.

Stromüberschuss:

Durch den engagierten Ausbau der ausgewiesenen Flächen werden signifikante Stromüberschüsse entstehen, wie in dieser Strategie analysiert wurde. Mittels Power-to-X-Technologien, wie Wasserelektrolyse, können Überschüsse gespeichert und die Netzstabilität sowie Integration erneuerbarer Energien gesteigert werden.

3.

Steigender Wasserstoffbedarf:

Aufgrund der hohen industriellen Konzentration und der umfangreichen Verkehrsinfrastruktur wird ein kontinuierlich wachsender Wasserstoffbedarf erwartet, der laut einer regionalen Hochrechnung ab 2025 kontinuierlich ansteigt (s. Regionale Hochrechnung ZSW 2023 [4]).

4.

Zugang zum Wasserstoffkernnetz:

Ab 2030 soll der Landkreis Heilbronn über eine direkte Anbindung an das deutsche Wasserstoffkernnetz verfügen, was einen Import von Wasserstoff und dessen sukzessive Verfügbarkeit auf Verteilnetzebene in der Region ermöglicht.

1.2 Zielsetzung

Für den erfolgreichen **Wasserstoffhochlauf** ist der zügige Ausbau leistungsfähiger Elektrolysekapazitäten erforderlich. Diese ermöglichen es, erste regionale Bedarfe vor der späteren Anbindung an ein Wasserstoffnetz zu decken und regionale Wertschöpfungsketten frühzeitig zu etablieren. Langfristig soll neben dem leitungsgebundenen Import etwa 30 % bis 50 % des Wasserstoffbedarfs lokal gedeckt werden, wie es auch in der Nationalen Wasserstoffstrategie angestrebt wird. Dies trägt zur Reduzierung internationaler Lieferketten bei und

steigert die regionale Wertschöpfung. Darüber hinaus bleibt die regionale Versorgung in Gebieten ohne Anbindung ans Wasserstoffnetz langfristig von Bedeutung. Dabei kann die heimische Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energien insbesondere im Vergleich zu komplexeren Importmethoden und -routen wirtschaftlich konkurrenzfähig sein (s. Metaanalyse [5]). Neben der direkten Wasserstoffproduktion bietet die Elektrolyse durch die Nutzung der Nebenprodukte Abwärme und Sauerstoff weiteres Potenzial für die Sektorenkopplung und Effizienzsteigerung.

Die Transformationsstrategie für dezentrale Wasserstofflösungen in der Region Heilbronn-Franken fokussiert sich auf die Entwicklung einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft, mit einem besonderen Fokus auf den Industrie- und Verkehrssektor. Die künftige Wasserstoffinfrastruktur der Region soll dazu beitragen, mögliche Diskrepanzen zwischen der hohen Stromerzeugung im ländlichen Raum und der verstärkten Nutzung in urbanen Gebieten zu verringern. Der regionale Ausbau von Wasserstoff-Hubs unterstützt dabei die Speicherung und Verteilung überschüssiger Energie aus erneuerbaren Energien. Auf Basis konkreter Bedarfsprognosen und Erzeugungspotenziale wird eine integrierte Strategie entwickelt, die den Übergang von Erdgas- zu Wasserstoffinfrastrukturen in der Region unterstützen soll.

Schwerpunkte:

- Es wird untersucht, in welchem Umfang die Region Heilbronn-Franken kurz- bis langfristig zur Wasserstoffversorgung durch eine lokale Produktion beitragen kann. Grundlage hierfür ist der Ausbau der ausgewiesenen Wind- und Photovoltaikgebiete (Teilfortschreibungen 2024, s.o.).

- Erfassung und Berücksichtigung aktueller Wasserstoffvorhaben in der Transformationsstrategie.

Identifikation strategisch geeigneter Standorte für Wasserstoff-Hubs zur Wasserstoffproduktion und -verteilung.

- Betrachtung der primären Transportoptionen: Trailer- und leitungsgebundener Wasserstofftransport.

Aus diesen Erkenntnissen werden erste Handlungsempfehlungen für den Regionalverband Heilbronn-Franken, die Wirtschaftsförderung Raum Heilbronn und die Stadtwerke der Region abgeleitet, die eine solide Ausgangslage für die weitere Planung und Umsetzung spezifischer Maßnahmen bietet.

2 SYNTHESE STRATEGIEENTWICKLUNG

Diese Kurzfassung der Transformationsstrategie für dezentrale Wasserstofflösungen in der Region Heilbronn-Franken umfasst ausschließlich die öffentlich zugänglichen Inhalte der Strategie. Akteursbezogene Informationen und Maßnahmen wurden aus Vertraulichkeitsgründen nicht aufgenommen.

2.1 Auswahl zentraler Ergebnisse der Strategieentwicklung

Dieser Abschnitt bietet eine kompakte Synthese wesentlicher Ergebnisse der Strategieentwicklung. Der Schwerpunkt liegt auf den qualitativen Entwicklungstrends und regionalen Potenzialen.

2.1.1 Hervorragende Potenziale für erneuerbare Energien

Die 2024 ausgewiesenen Vorranggebiete für Windkraft und Vorbehaltsgebiete für Photovoltaik (PV) eröffnen erhebliche Potenziale für den Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) in der Region Heilbronn-Franken [2, 3], wie in dieser Transformationsstrategie ermittelt wurde. Der Ausbau der ausgewiesenen Windkraftgebiete (ca. 10.900 Hektar) kann bei optimaler Flächenbelegung eine installierbare Leistung von etwa 3.000 bis 5.000 Gigawatt (GW) und eine jährliche Stromproduktion von etwa 6.000 bis zu etwa 10.000 Gigawattstunden (GWh) je nach Anlagentyp liefern. Für eine konservative Potenzialabschätzung wurden in den Folgebetrachtungen die unteren Werte der installierbaren Leistung und Stromproduktion zugrunde gelegt. Die für PV-Anlagen vorgesehenen 1.165 Hektar können jährlich zusätzlich etwas mehr als 1.000 GWh Strom liefern. Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen die ausgewiesenen Windkraft- und PV-Flächen mit Ertragspotenzialen je Kreis und PLZ-Gebiet.

Die Windkraftflächen sind regional gut verteilt, wobei die Ausbaupotenziale variieren: Der Landkreis Heilbronn hat ein mittleres Potenzial, während der Main-Tauber-Kreis und der Kreis Schwäbisch Hall über hohe Potenziale verfügen. Im Hohenlohekreis ergibt sich durch die Teilfortschreibung Wind II ein geringes bis mittleres Ausbaupotenzial.

Die PV-Flächen sind weniger stark verteilt, da die Teilfortschreibungen den Schwerpunkt auf die Windkraft setzten. Auch die Ausbaupotenziale unterscheiden sich: Während der Landkreis Heilbronn und der Hohenlohekreis ein mittleres Potenzial aufweisen, verfügt der Main-Tauber-Kreis über ein hohes. Im Kreis Schwäbisch Hall ergibt sich durch die Teilfortschreibung Solar ein geringes Ausbaupotenzial.

Die Stromstudie Baden-Württemberg [1] prognostiziert, dass die Region Heilbronn-Franken bei Umsetzung der politischen Ziele jährliche Überschüsse an erneuerbarem Strom verzeichnen wird, insbesondere durch Wind- und Photovoltaikanlagen. Diese Technologien nehmen mit den vorgesehenen 2 % der Regionalfläche einen erheblichen Anteil am geplanten EE-Ausbau in Heilbronn-Franken ein. Die auf regionaler sowie PLZ-Ebene durchgeführten Analysen dieser Strategie, basierend auf stündlichen Stromerzeugungs- und Lastgangdaten, weisen ebenfalls unter konservativen Annahmen auf signifikante Stromüberschüsse hin.

Zudem zeigt die Stromstudie BW [1], dass die technischen Potenziale für Windkraft und Photovoltaik in der Region Heilbronn-Franken die ausgewiesenen Flächen übersteigen. Besonders in den Landkreisen Schwäbisch Hall und Main-Tauber sind die Potenziale landesweit am höchsten – begünstigt durch große verfügbare Flächen und hohe Verfügbarkeit von Wind- und Sonnenenergie. Die technischen Potenziale erfassen Flächen, die nicht grundsätzlich ausgeschlossen sind, berücksichtigen jedoch weder Flächenkonkurrenzen noch wirtschaftliche Aspekte.

Fazit

Die Region Heilbronn-Franken nimmt im landesweiten Vergleich eine Sonderrolle ein, da sie über signifikante Potenziale für bilanzielle Stromüberschüsse durch den gezielten Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung verfügt. Eine rasche Entwicklung der ausgewiesenen Flächen ermöglicht nicht nur eine nachhaltige Stromversorgung, sondern schafft auch die Grundlage für die Speicherung überschüssiger Energie durch Power-to-X-Technologien, insbesondere zur Produktion von erneuerbarem Wasserstoff. Der Aufbau einer lokalen Wasserstoffproduktion ist dabei eng an den gleichzeitigen Ausbau erneuerbarer Energien gekoppelt, um die Elektrolyseure gemäß den Vorgaben der EU-Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) mit 100 % Grünstrom nicht biogenen Ursprungs betreiben zu können.

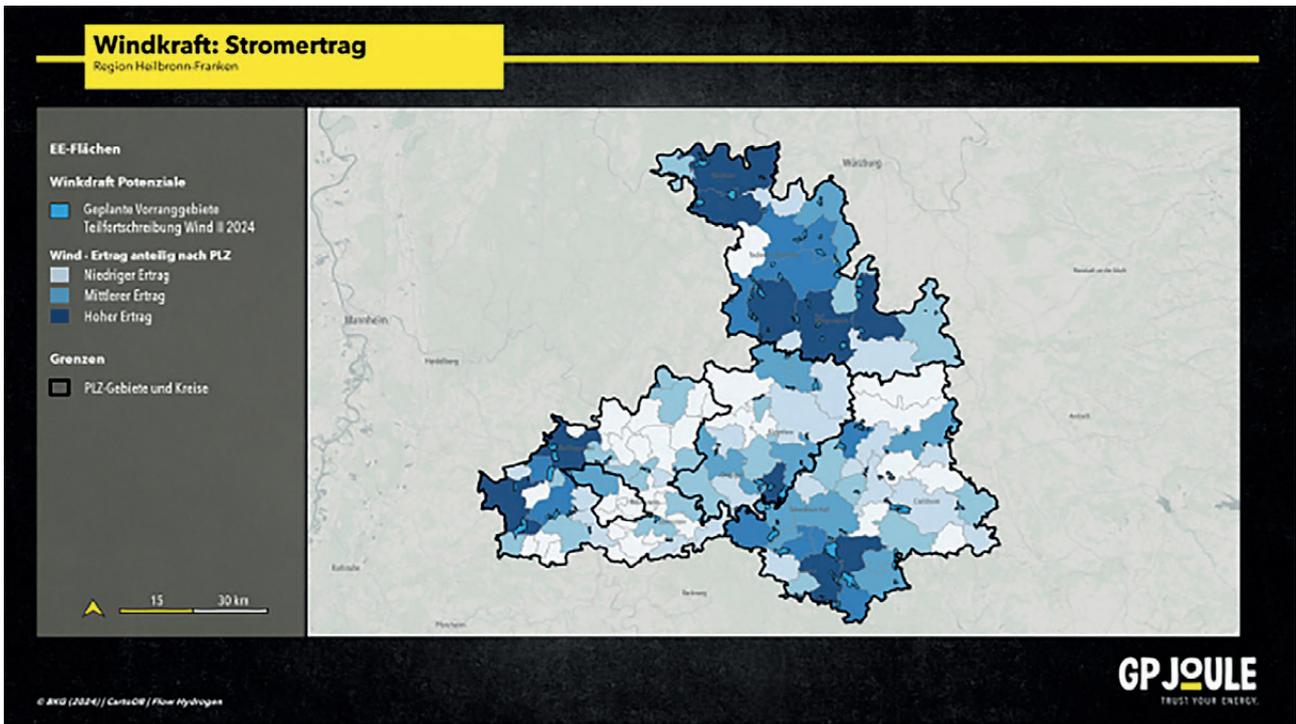


Abbildung 1: Hellblaue Polygone: Geplante Wind-Vorranggebiete der Teilfortschreibung Wind II (2024) und deren Ertragspotenziale (niedrig bis hoch) anteilig nach PLZ-Gebiet. Für Details siehe Text.

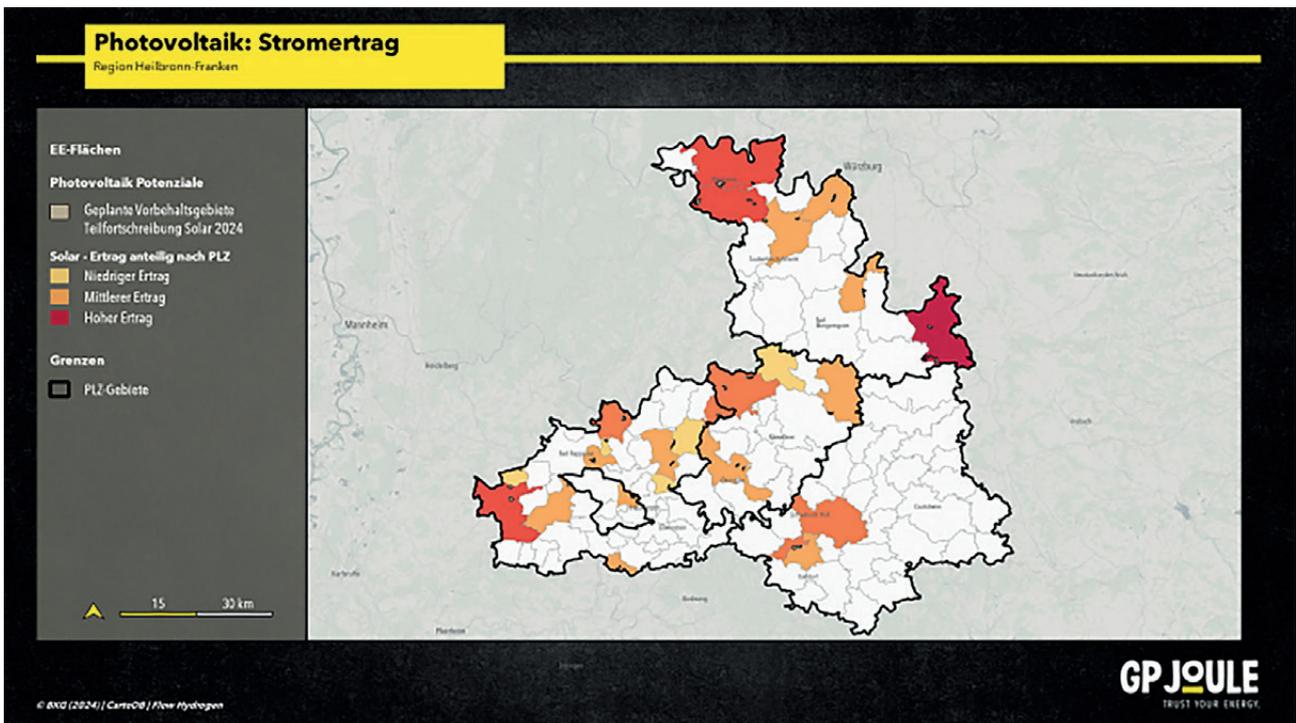


Abbildung 2: Beige Polygone: Geplante PV-Vorbehaltsgebiete der Teilfortschreibung Solar (2024) und deren Ertragspotenziale (niedrig bis hoch) anteilig nach PLZ-Gebiet. Für Details siehe Text.

2.1.2 Steigender Wasserstoffbedarf

Aktuelle Hochrechnungen zum Wasserstoffbedarf der Region Heilbronn-Franken (ZSW 2023 [4]), zeigen, dass bis 2030 ein jährlicher Wasserstoffbedarf von rund 1.500 GWh (46.000 Tonnen) allein für Industrie und Verkehr entstehen kann. Bis 2040 könnte dieser Bedarf auf über 3.000 GWh steigen (92.000 t), wie Abbildung 3 zeigt.

In der Region Heilbronn-Franken avanciert der Landkreis Heilbronn voraussichtlich zum größten Wasserstoffverbraucher durch seine hohe industrielle Dichte. Gleichzeitig gewinnt der Verkehrssektor zunehmend an Bedeutung - insbesondere durch das hohe Verkehrsaufkommen und die zentrale Lage wichtiger Verkehrsachsen wie der A6 und A81.



Abbildung 3: Hochrechnung der Wasserstoffbedarfe der Region Heilbronn-Franken in den Sektoren Industrie und Verkehr bis 2040. Abbildung basierend auf Daten von Referenz [4], verwendet mit freundlicher Genehmigung.

Fazit

Die Region Heilbronn-Franken plant nach aktuellen Bedarfshochrechnungen, erneuerbaren Wasserstoff als einen zentralen Baustein für die Dekarbonisierung der energieintensiven Sektoren Industrie und Verkehr ab 2025 einzusetzen. Dabei wird ein zügiger und gezielter Ausbau der Elektrolysekapazitäten als erforderlich erachtet, um erste Bedarfe bereits vor der

Anbindung an das deutsche Wasserstoff-Kernnetz (2030) und dem darauffolgenden Ausbau der Verteilnetze decken zu können. Die regionale Wasserstoffproduktion wird in den Abschnitten 2.1.5 bis 2.1.7 genauer behandelt.

2.1.3 Wasserstoffabnahme

Ein erfolgreicher Wasserstoffhochlauf erfordert gesicherte Abnahmemengen. Hauptabnehmer sind voraussichtlich die Industrie, der Schwerlastverkehr und Logistikunternehmen. Besonders relevant sind „no-regret“-Anwendungen, bei denen Wasserstoff alternativlos ist, etwa zur Substitution von grauem Wasserstoff, zur Dekarbonisierung energieintensiver Prozesse und in den künftig nach RED-III quotenverpflichteten Sektoren.

Die Region Heilbronn-Franken bietet eine gute Diversität an potenziellen Wasserstoffanwendungen: Bereits 2021 identifizierte die Studie „H2-Innovationslabor“ 81 regionale Akteure der Wasserstoffwirtschaft [6]. Im Rahmen der Transformationsstrategie wurden potenzielle Abnehmer in Industrie, Verkehr und Energieversorgung ermittelt. Insbesondere in den stark industrialisierten Gebieten rund um Heilbronn besteht Interesse an Wasserstoff als Energieträger. Unternehmen aus der Metallverarbeitung, Prozesswärme-intensiven Industrien und der Logistikbranche zählen zu den potenziellen Großverbrauchern.

Fortgeschritten geplante Elektrolyseprojekte verfügen bereits über strategische Partnerschaften (Abschnitt 2.1.7), was zur schrittweisen Etablierung eines regionalen Wasserstoffmarktes beiträgt. Gleichzeitig erproben Pilotprojekte wie die Wasserstoffinsel Öhringen und Testzentren wie Hydrogenium (DLR) weitere Einsatzmöglichkeiten und stärken die Marktentwicklung in der Region.

Fazit

Die Region Heilbronn-Franken verfügt über vielfältige potenzielle Wasserstoffanwendungen mit einer starken industriellen Basis. Bestehende Initiativen und erste Projekte zeigen, dass der Wasserstoffhochlauf hier gute Voraussetzungen hat, sofern eine wirtschaftliche und regulatorische Absicherung der Nachfrage gelingt.

2.1.4 Versorgungsinfrastruktur

Die künftige Wasserstoffinfrastruktur der Region soll dazu beitragen, mögliche Diskrepanzen zwischen der hohen Stromerzeugung im ländlichen Raum und der verstärkten Nutzung in urbanen Gebieten zu verringern. Der regionale Ausbau von Wasserstoff-Hubs unterstützt dabei die Speicherung und Verteilung überschüssiger Energie aus erneuerbaren Energien.

Die regionale Wasserstoffstrategie orientiert sich langfristig an den Zielsetzungen der Nationalen Wasserstoffstrategie, indem der höhere Anteil der Wasserstoffbedarfe durch netzgebundene Importe, aber auch ein signifikanter Anteil durch lokale Produktion gedeckt werden soll (ca. 30 % bis 50 %). Letzteres reduziert generell die Abhängigkeiten von internationalen Lieferketten und fördert regionale Wertschöpfungsketten.

Grundsätzlich stellt für kleinere Gewerbebetriebe mit moderatem Energiebedarf der Lkw-Transport eine kosteneffizientere Lösung im Vergleich zum leitungsgebundenen Transport dar. In industriellen Ballungszentren wird der Aufbau eines Pipelinesystems, insbesondere durch die Umwidmung des bestehenden Gasnetzes, als wirtschaftlichere Option gesehen.

Die schrittweise Transformation der bestehenden Erdgasinfrastruktur ist für die Infrastrukturstrategie ein zentraler Baustein. Durch die Umstellung der Süddeutschen Erdgasleitung (SEL) im Landkreis Heilbronn soll die Region ab 2030 direkt an das nationale Wasserstoffkernnetz angeschlossen werden. Hierbei übernimmt terranets bw die zentrale Rolle, um die Umwidmung und Anbindung zu gewährleisten. Diese Umstellung wird durch die Integration wasserstofffähiger Gasnetze auf Verteilnetzebene weitergeführt, um eine leitungsgebundene Versorgung der Landkreise zu ermöglichen. Im Zuge dieser Arbeit wurde ein Strategiepapier mit ersten „Handlungsempfehlungen für die Energieumstellung von Stadtwerken“ mit einem Schwerpunkt auf der Gasnetztransformation erarbeitet.

Ausblick

Der Gasnetzgebietstransformationsplan 2024 (GTP) gibt einen Überblick über den aktuellen Planungsstand zur Umstellung der Gasverteilnetze auf Wasserstoff und andere erneuerbare Gase unter Berücksichtigung des nationalen Kernnetzes [7]. Für die Region Heilbronn-Franken sieht der Plan eine schrittweise Transformation vor. Die Erste Einspeisung von Wasserstoff in einzelnen Umstellzonen erfolgt laut aktuellen Planungen wie folgt (Abbildung 4):

- Ab 2030 beginnt die Umstellung erster Teile von Umstellzonen im Landkreis Heilbronn und im Main-Tauber-Kreis auf 100 % Wasserstoff.
- Bis 2035 folgen Schwäbisch Hall, der Hohenlohekreis und die Stadt Heilbronn mit einer teilweisen Umstellung auf Wasserstoff.

Gasverteilnetze: Erster Wasserstoff-Einsatz

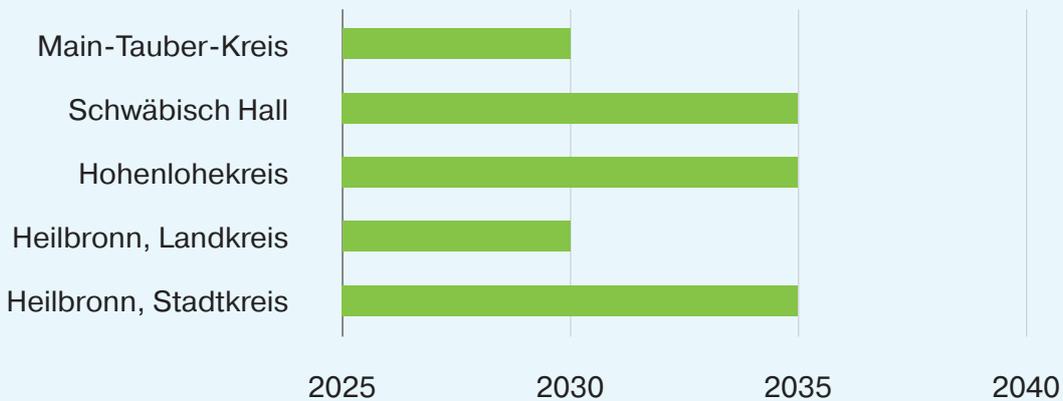


Abbildung 4: Erste Einspeisung von Wasserstoff in einzelnen Umstellzonen auf Gasverteilnetzebene (Quelle: GTP 2024 [7]).

Die schnellste Umstellung vollständiger Umstellzonen auf 100 % Wasserstoff ist im Hohenlohekreis geplant (2030). In den anderen Kreisen dauert dieser Prozess mindestens fünf Jahre länger, teils bis 2045 (Landkreis Heilbronn).

Langfristig setzt die Region bis 2045 und darüber hinaus auch auf den Einsatz von Biomethan. Eine Ausnahme bildet der Landkreis Schwäbisch Hall, der bereits ab 2040 eine vollständige Umstellung der Gasnetze auf Wasserstoff anstrebt. Die Zielzustände sind in Abbildung 5 dargestellt.



Abbildung 5: Zielzustände der Gasverteilnetze in Heilbronn-Franken. Die Abbildung zeigt die Kreise der Region und unterscheidet zwischen reinen Wasserstoff-Umstellzonen (USZ) und Mischgebieten mit Wasserstoff- und Methaneinsatz. (Abbildung: GTP 2024 [7]).

2.1.5 Regionaler Elektrolysebedarf

Der Ausbau der Gasverteilnetze für den Wasserstofftransport beginnt schrittweise ab 2030 und wird voraussichtlich erst ab 2040 in weiten Teilen abgeschlossen sein (s. Abschnitt 2.1.4). Um Versorgungslücken in der Übergangsphase zu vermeiden und auch langfristig nicht angebundene Teilgebiete zu versorgen, ist eine verstärkte lokale Wasserstoffproduktion in der Region Heilbronn-Franken erforderlich.

In Anlehnung an die Nationale Wasserstoffstrategie wird eine anteilige Deckung von 30 % bis 50 % des regionalen Wasserstoffbedarfs durch lokale Elektrolyse angestrebt. Kurzfristig (2030) soll eine höhere Deckung von bis zu 50 % erreicht werden, um Versorgungslücken zu schließen. Mit dem schrittweisen Ausbau der leitungsgebundenen Infrastruktur wird erwartet, dass der lokale Versorgungsanteil relativ zum zunehmenden Import zurückgehen wird (30 % als Zielwert für 2040).

Basierend auf den Hochrechnungen beträgt der prognostizierte regionale Wasserstoffbedarf im Jahr 2030 rund 1.500 GWh pro Jahr (s. Abschnitt 2.1.2). Um bis zu 50 % dieses Bedarfs durch lokale Wasserstoffproduktion zu decken, wäre eine Elektrolysekapazität von etwa 220 MW erforderlich.¹ In den Folgejahren müsste die Kapazität nur noch moderat um 10 % bis 20 % steigen, um bis 2040 eine anteilige Deckung von etwa 30 % zu gewährleisten. Der nächste Abschnitt zeigt, inwiefern der geplante regionale Ausbau erneuerbarer Energien die Grundlage für eine Versorgung der Elektrolyseure mit Grünstrom bilden kann.

Fazit

Die angestrebte anteilige Deckung von 30 % bis 50 % des regionalen Wasserstoffbedarfs durch lokale Produktion erfordert einen zügigen Ausbau der Elektrolysekapazitäten und ist daher von entscheidender Bedeutung. Derzeit verfügt die Region lediglich über eine geringe Elektrolyseleistung von wenigen Megawatt (Stand 2024). Ein Ausbau in der Größenordnung von etwa 200 Megawatt könnte die angestrebte anteilige Deckung (50 %) des prognostizierten Wasserstoffbedarfs ermöglichen und gleichzeitig Wertschöpfungs- und Versorgungsketten etablieren. Die Hochrechnungen legen nahe, dass nach einem engagierten Ausbau der Elektrolysekapazitäten bis 2030, nur noch eine moderate Erweiterung der Elektrolysekapazitäten notwendig wäre, um bis 2040 eine anteilige Deckung von etwa 30 % sicherzustellen.

2.1.6 Großes Potenzial für regionale Wasserstoffproduktion

Wie in Abschnitt 2.1.1 dargelegt, verfügt die Region Heilbronn-Franken durch die ausgewiesenen Flächen für Windkraft und Photovoltaik über signifikante Potenziale für erneuerbare Energien. Bei einem ambitionierten Ausbau dieser Flächen entstehen hohe Stromüberschüsse, von denen ein Teil gezielt für die Wasserstoffproduktion per Elektrolyse genutzt werden kann. In der vorliegenden Transformationsstrategie wurde daher untersucht, wie sich verschiedene Ausbauszenarien für Wind- und PV-Flächen auf die mögliche Wasserstoffproduktion qualitativ auswirken. Im Folgenden basieren die Berechnungen auf den konservativen Angaben für die installierbare Leistung und Stromproduktion, wie in Abschnitt 2.1.1 dargelegt. Das methodische Vorgehen sowie zentrale Annahmen sind im Anhang aufgeführt.

Im „engagierten“ Szenario gehen wir davon aus, dass die für die Wasserstoffproduktion relevanten Windkraft- und PV-Flächen bis 2035 weitgehend ausgebaut sind.² Es ist davon auszugehen, dass ein Teil der ausgewiesenen Flächen nicht realisiert oder nicht für die Wasserstoffproduktion genutzt werden kann. Dies wurde berücksichtigt, indem die Ausbaurate auf maximal 75 % der ausgewiesenen Flächen begrenzt wurde. Bis 2030 sollen dabei etwa 50 % der ausgewiesenen Flächen ausgebaut sein, bis 2035 der restliche Anteil von 25 %. Langsamere Szenarien berücksichtigen eine geringere jährliche Ausbaurate und folglich eine geringere Strommenge für die Elektrolyse.

Im nächsten Schritt wurde angenommen, dass in diesem Ausbauszenario ein bestimmter Prozentsatz der jährlichen Stromerträge der ausgebauten Flächen für die Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse genutzt wird. Dadurch wird die potenzielle Überschussnutzung näherungsweise und vereinfacht betrachtet.³ Ein Überschusspotenzial von bis zu ca. 40 % erscheint auf Basis der in Abschnitt 2.1.1 erwähnten Analysen für das engagierte Ausbauszenario als realistisch. Für die Wasserstoffproduktion wurde ein Elektrolysewirkungsgrad von 63 % angenommen (entspricht Strombedarf von 53 kWh Strom pro kg H₂).

Insgesamt bietet die nachfolgende Analyse eine qualitative Trendabschätzung als Grundlage für eine erste Bewertung der regionalen Versorgungsleistung. In einem nächsten Schritt wären detaillierte dynamische Simulationen des Energiesystems erforderlich, um die Wasserstoffproduktion im Zusammenspiel mit variabler erneuerbarer Erzeugung, Lastprofilen sowie zentralen Faktoren wie Netzrestriktionen und Speicherkapazitäten ganzheitlich zu analysieren.

1 Bei einem Strombedarf von 53 kWh pro kg H₂ und 5500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr.

2 Hintergrund: Zwischen 2030 und 2035 gewinnen leitungsgebundene Wasserstoffimporte zunehmend an Bedeutung (s. Abschnitt 2.1.4). Für neue Wasserstoffanlagen bedeutet dies zunehmenden Wettbewerb, etwa bei der Vergabe langfristiger Abnahmeverträge.

3 Eine alternative Interpretation besteht darin, dass ein fester Anteil der ausgebauten Flächen ausschließlich für die Wasserstoffproduktion vorgesehen wird, was häufig der Praxis entspricht (PPA).

H2-Produktion / H2-Import

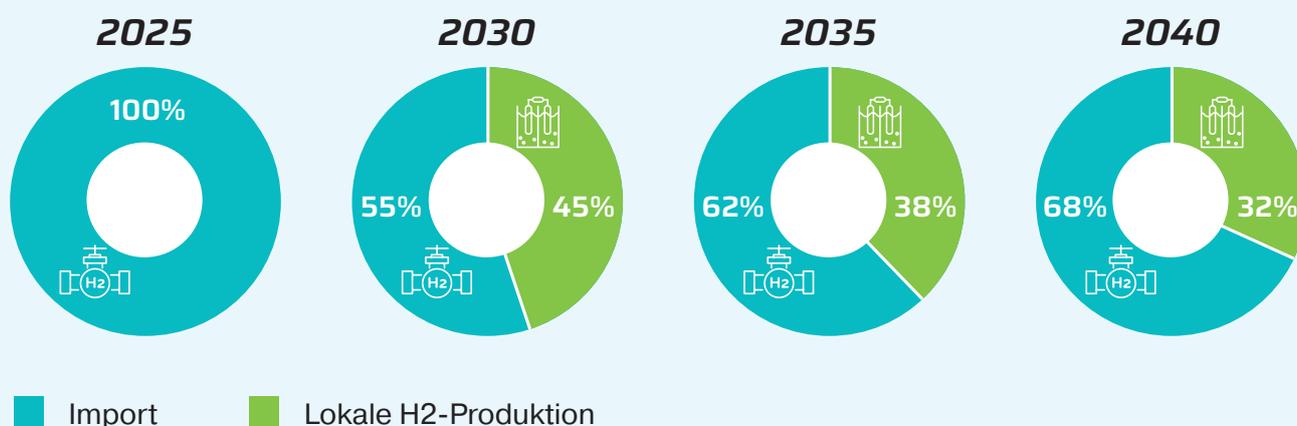


Abbildung 6: Region Heilbronn-Franken: Hochrechnung des prozentualen Verhältnisses der lokalen Wasserstoffproduktion zu Importen (Trailer oder Pipeline) für das „engagierte“ Ausbauszenario. Für Details siehe Text.

Für das engagierte Ausbauszenario mit einem Überschusspotenzial von 30 % zeigt Abbildung 6 die Hochrechnung des prozentualen Verhältnisses der lokalen Wasserstoffproduktion zu Importen.

Im Jahr 2025 ist noch keine signifikante Wasserstoffproduktion zu erwarten, da großtechnische Elektrolyseanlagen voraussichtlich erst ab 2027/28 in Betrieb gehen (Abschnitt 2.1.7). Die wenigen bereits bestehenden Anlagen verfügen über eine Leistung im Megawattbereich und spielen daher für die Deckung des gestiegenen Wasserstoffbedarfs (Abschnitt 2.1.2) keine relevante Rolle. Im Jahr 2030 steht in diesem Modell etwa 1100 GWh pro Jahr für die Wasserstoffproduktion zur Verfügung, woraus eine Wasserstoffproduktion von knapp 700 GWh resultiert. Damit könnten etwa 45 % des regionalen Wasserstoffbedarfs der Hochrechnung gedeckt werden (s. Abschnitt 2.1.2). Bis 2035 steigt die für die Elektrolyse bereitgestellte Strommenge durch den fortschreitenden EE-Ausbau auf etwa 1600 GWh. Der relative Deckungsanteil sinkt auf 38 % (1000 GWh), da die Nachfrage nach Wasserstoff schneller wächst als die lokale Produktion. Ab 2035 bleibt die für die Elektrolyse genutzte Strommenge konstant, da der EE-Ausbau auf den für die Wasserstoffproduktion relevanten Flächen im „engagierten“ Ausbauszenario bereits abgeschlossen ist. Aufgrund weiter steigender Wasserstoffnachfrage sinkt der relative Deckungsanteil bis 2040 auf etwa 32%, obwohl die absolute Produktionsmenge stabil bleibt.

Erfolgt der Ausbau erneuerbarer Energien langsamer als für das engagierte Szenario, reduziert sich entsprechend die für die Elektrolyse verfügbare Strommenge, was zu einem geringeren Deckungsanteil der regionalen Was-

serstoffproduktion führt. Die lokale Versorgungsleistung nimmt dadurch ab, während die Importabhängigkeit steigt. Zudem fällt das verfügbare Überschusspotenzial für die Elektrolyse geringer aus, wodurch sich dieser Effekt weiter verstärkt. So zeigt eine erste Abschätzung dieser Effekte, dass die Versorgungsleistung unter 30% fällt, wenn bis 2030 weniger als 40 % der Flächen realisiert sind. Bis 2040 sollten etwa 70 % der Flächen realisiert werden, um eine Versorgungsleistung von 30% zu gewährleisten.

Fazit

Die Potenzialanalyse zeigt, dass der Ausbau der in den Teilfortschreibungen ausgewiesenen Wind- und PV-Gebiete einen wesentlichen Beitrag zur Versorgung lokaler Elektrolyseure leisten kann. Im „engagierten“ Ausbauszenario wird eine langfristig hohe Versorgungsleistung erreicht, die dem angestrebten Deckungsgrad von 30 % bis 50 % des regionalen Wasserstoffbedarfs entspricht.

Ausblick

Die realisierbare lokale Versorgungsleistung hängt von mehreren Faktoren ab, insbesondere vom EE-Ausbau. Im „engagierten“ Ausbau-szenario müssten umgerechnet rund 15 % der ausgewiesenen Flächen bis 2030 ausschließlich für die Wasserstoffproduktion genutzt werden, bis 2035 etwa 22 %. Ein langsamerer Ausbau reduziert das lokale Stromangebot und Überschusspotenzial. In der Praxis bedeutet dies, dass die Nutzung der ausgebauten EE-Anlagen für die Wasserstoffproduktion in stärkere Konkurrenz mit anderen Anwendungen treten würden. Dies könnte die wirtschaftliche Attraktivität und Skalierungspotenziale der Wasserstoffproduktion einschränken und damit den Importbedarf erhöhen.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist die Entwicklung der Wasserstoffwirtschaft, die von Marktdynamiken, regulatorischen Rahmenbedingungen und technologischen Entwicklungen beeinflusst wird. Die wirtschaftliche Tragfähigkeit entsprechender Geschäftsmodelle wird maßgeblich darüber entscheiden, in welchem Umfang die regionale Wasserstoffproduktion realisiert werden kann.

2.1.7 Geplante Elektrolyse-Projekte

Aktuelle Planungen zu Wasserstoffprojekten in Heilbronn-Franken zielen auf eine dezentrale Produktion von erneuerbarem Wasserstoff mit effizienter Integration in bestehende Industrie- und Infrastruktursysteme ab.

Im Zuge dieser Transformationsstrategie wurden in der Region zehn Elektrolyseprojekte mit unterschiedlichen Planungsständen identifiziert: Fortgeschrittene Großprojekte (20-50 MW) stehen dabei im Fokus. Kleinere Projekte ergänzen das Portfolio mit individuellen Ansätzen (1-10 MW). Der Ausbau lokaler erneuerbarer Energien sowie Effizienzsteigerungen durch Sektorenkopplung, insbesondere durch die Nutzung von Abwärme und Sauerstoff, sollen in den meisten Projekten wirtschaftliche und ökologische Vorteile maximieren.

Fazit

Die Projekte decken vielfältige Anwendungsbereiche ab, darunter industrielle Prozesswärme, Wärmeversorgung, Tankstellen und Logistik. Die meisten Projekte sollen bis 2027/2028 in Betrieb gehen. Erfolgreich umgesetzt, könnten mit einer Gesamtleistung von 135 bis 200 MW bis 2030 den voraussichtlichen Elektrolysebedarf weitestgehend oder sogar vollständig decken (s. Abschnitt 2.1.5)

Elektrolyse Bedarf / Geplante Projekte

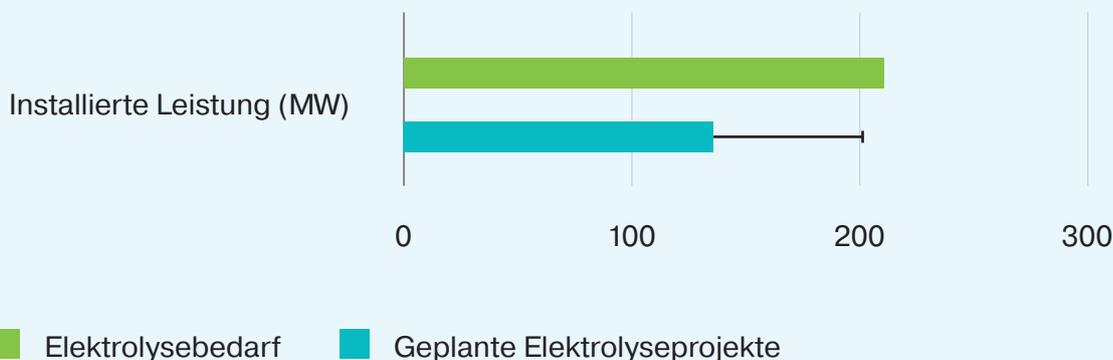


Abbildung 7: Hochrechnung des Elektrolysebedarfs und der Leistung der bisher geplanten Elektrolyseprojekte in Megawatt (MW) für das Jahr 2030.

Ausblick

Die Identifikation zusätzlicher Potenzialflächen ist strategisch bedeutsam und bildet eine wichtige Grundlage für die Entwicklung neuer Wasserstoffprojekte. Standorte in der Nähe von Großverbrauchern sowie an bestehender Energieinfrastruktur bieten strategische Vorteile, da sie Synergien maximieren und Transportaufwände minimieren können. Im Rahmen der Transformationsstrategie wurden in allen Kreisen der Region Heilbronn-Franken potenzielle Industrieflächen identifiziert, die diese Vorteile vereinen.

2.2 Umsetzungshemmnisse

2.2.1 Zeitliche Diskrepanz zwischen Bedarf und Kapazitätsaufbau

Laut aktuellen Hochrechnungen kann der Wasserstoffbedarf bereits ab 2025 signifikant steigen, während die ersten größeren lokalen Elektrolyseanlagen voraussichtlich frühestens ab 2027/2028 in Betrieb gehen. Diese zeitliche Diskrepanz könnte zu einer vorübergehenden Verzögerung des regionalen Wasserstoffhochlaufs führen oder erfordern, dass frühe Bedarfe überregional gedeckt werden.

Eine weitere Herausforderung liegt in der Verfügbarkeit von Grünstrom für die Elektrolyse. Wie in Abschnitt 2.1.5 dargelegt, könnte der Ausbau erneuerbarer Energien möglicherweise nicht mit dem steigenden Bedarf Schritt halten, was die regionale Stromversorgung für Elektrolyseure einschränken würde.

Eine anhaltende Abhängigkeit von externen Lieferanten – sei es durch Wasserstoffimporte oder den Bezug von Grünstrom per PPA – könnte langfristig die regionale Wertschöpfung und Sektorenkopplung beeinträchtigen.

2.2.2 Marktunsicherheiten und Investitionsrisiken

Marktunsicherheiten können dazu führen, dass sich die Umsetzung von Wasserstoffprojekten langsamer entwickelt als erwartet. Investitionen in einer frühen Hochlaufphase eines Wirtschaftszweigs sind mit teilweise erheblichen Risiken verbunden, da Technologien, Marktstrukturen und regulatorische Rahmenbedingungen noch nicht vollständig etabliert sind. Besonders in der Anfangsphase ist die wirtschaftliche Realisierbarkeit häufig stark von staatlichen Förderprogrammen und anderen Anreizen abhängig. Zwar könnte ein späterer

Markteinstieg von sinkenden Technologiekosten und klareren Marktbedingungen profitieren, jedoch könnte ein Zuwarten regionale Akteure schwächen und die Chance auf frühzeitige Marktpositionierung sowie Wertschöpfung in der Region gefährden. Daher sollte die Entscheidung, als Early-Mover zu agieren, sorgfältig abgewogen werden, um wirtschaftliche Risiken zu minimieren und potenzielle Chancen optimal zu nutzen.

2.2.3 Herausforderungen im ländlichen Raum

Die H2-All-Studie (2023) identifiziert zusätzlich folgende Herausforderungen, die insbesondere den ländlichen Raum betreffen können [8]:

- **Politische Hemmnisse und Regelwerke:**
Hoher Genehmigungsaufwand, lange Verfahren und strenge Regularien behindern den Aufbau von Wasserstoffprojekten.
- **Finanzielle Herausforderungen:**
Hohe Kosten und unzureichende Fördermöglichkeiten erschweren den Einstieg für KMUs. Langfristige Finanzierungsmodelle fehlen.
- **Akzeptanzmanagement:**
Geringes Wissen in Bevölkerung und Unternehmen über Wasserstofftechnologien; mangelnde Akzeptanz erschwert die Umsetzung.
- **Infrastrukturprobleme:**
Begrenzte Umstellungsmöglichkeiten des Erdgasnetzes und unzureichende Verteilungsinfrastruktur, insbesondere Schwierigkeiten beim Pipeline-Ausbau im ländlichen Raum.
- **Technologische Einschränkungen:**
Kritik an Sicherheitsaspekten, Energieverlusten und unwirtschaftlichem Transport über große Distanzen.

2.3 Gesamtfazit

Die Region Heilbronn-Franken verfügt über hervorragende Voraussetzungen für den Aufbau einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft. Die Transformationsstrategie zeigt, dass der gezielte Ausbau erneuerbarer Energien in Kombination mit strategisch platzierten Wasserstoff-Hubs eine effiziente regionale Wasserstoffproduktion ermöglichen kann.

Ein ambitionierter Ausbau der 2024 ausgewiesenen Windkraft- und Photovoltaik-Gebiete, die 2 % der Regionsfläche umfassen, bildet die Grundlage für eine nachhaltige Stromversorgung. Die Szenarioanalyse deutet darauf hin, dass bei einem engagierten Ausbau dieser Flächen bis 2030 erhebliche Stromüberschüsse entstehen, die gezielt für die Wasserstoffproduktion genutzt werden könnten. Um von diesem Potenzial möglichst stark zu profitieren, legt die Analyse nahe, dass mindestens 40 % der ausgewiesenen Flächen bis 2030 und 70 % bis 2040 realisiert werden sollten. In den betrachteten Szenarien konnte mit diesem Ausbau eine regionale Wasserstoffproduktion erreicht werden, die kurz- und langfristig etwa 30 % des regionalen Bedarfs decken könnte.

Für eine wirtschaftliche und stabile Wasserstoffversorgung ist neben der Erzeugung auch der gezielte Infrastrukturausbau entscheidend. Strategisch platzierte Wasserstoff-Hubs in der Nähe industrieller Abnehmer minimieren Transportaufwände und stärken die Wettbewerbsfähigkeit der lokalen Produktion. Die teils stark industrialisierte Struktur und die gute Anbindung an Verkehrswege machen die Region Heilbronn-Franken zu einem ausgezeichneten Standort für Wasserstoff-Hubs. Die schrittweise Umstellung der Gasnetze trägt zusätzlich zur Effizienz und langfristigen Integration in das Energiesystem bei. Im Rahmen der Standortanalyse wurden potenzielle Industrieflächen identifiziert, die wesentliche Voraussetzungen für eine effiziente Wasserstoffproduktion und -verteilung erfüllen.

Mit der Anbindung an das nationale Wasserstoff-Kernnetz und dem sukzessiven Ausbau der Verteilnetze wird der Importanteil ab 2030 voraussichtlich kontinuierlich steigen. Die Szenarioanalyse zeigt, dass die regionale Wasserstoffproduktion dennoch einen langfristigen Versorgungsanteil von rund 30 % erreichen kann, was zur Versorgungssicherheit beiträgt und die regionale Wertschöpfung stärkt.

Mit einer diversifizierten Abnehmerstruktur, fortgeschrittenen Elektrolyseprojekten sowie Pilotvorhaben zur Erprobung neuer Anwendungen sind zentrale Bausteine für einen regionalen Wasserstoffmarkt bereits vorhanden. Entscheidend für eine erfolgreiche Umsetzung bleibt die regulatorische Absicherung der Nachfrage, die wirtschaftliche Tragfähigkeit der Geschäftsmodelle, Förderanreize und die erfolgreiche Realisierung der bereits geplanten Projekte. Die Transformationsstrategie liefert damit eine belastbare Grundlage für die Entwicklung eines wettbewerbsfähigen und zukunftsfähigen Wasserstoffmarktes in Heilbronn-Franken.

3 ANHANG

3.1 Abschätzung der regionalen Wasserstoffproduktion

Im „engagierten“ Ausbauszenario wurden unter anderem folgende Annahmen getroffen: Der vollständige Ausbau aller für die Wasserstoffproduktion relevanten Windkraft- und PV-Flächen soll bis 2035 abgeschlossen sein. Zeitgleich soll der Ausbau der lokalen Wasserstoffproduktion zu diesem Zeitpunkt weitestgehend abgeschlossen sein. Es wird davon ausgegangen, dass großtechnische Elektrolyseanlagen frühestens ab 2027/28 in Betrieb gehen werden (s. Abschnitt 2.1.7). Bestehende Anlagen spielen mit einer Gesamtleistung von wenigen Megawatt für die Bedarfsdeckung eine vernachlässigbare Rolle. Es wurde berücksichtigt, dass ein Teil der ausgewiesenen Flächen nicht realisiert werden kann oder nicht für die Wasserstoffproduktion zur Verfügung steht, weswegen die Ausbaurate nicht 100 % erreicht.

- Windkraft-Ausbau: 50 % der ausgewiesenen Vorranggebiete bis 2030, mit einer Steigerung auf 75 % bis 2035.
- Photovoltaik-Ausbau: 50 % der Vorbehaltsgebiete bis 2030, Anstieg auf 65 % bis 2035 (geringer angenommen, da Flächen weniger privilegiert).

In langsameren Ausbauszenarien wurde die jährliche Ausbaurate entsprechend reduziert, beispielsweise um die Hälfte. Dies führt dazu, dass die für die Wasserstoffproduktion verfügbare Strommenge in den jeweiligen Stützjahren proportional sinkt.

4 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] V. F. et al., „Stromstudie für Baden-Württemberg“, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, 2024.
- [2] E. S. C. L. A. K. S. W. Raphael Kist, „Teilfortschreibung Windenergie des Regionalplans Heilbronn-Franken 2020 im Zuge der Regionalen Planungsoffensive Erneuerbare Energien (Teilfortschreibung Windenergie II) - PA/VV 10/180c“, Regionalverband Heilbronn-Franken, Heilbronn, 2024.
- [3] „Teilfortschreibung Solarenergie des Regionalplans Heilbronn-Franken 2020 im Zuge der Regionalen Planungsoffensive Erneuerbare Energien - PA/VV 10/181c“, Regionalverband Heilbronn-Franken, Heilbronn, 2024.
- [4] P. B. M. K. A. P. P. W. Maik Schmidt, „Regionalisierung des Wasserstoffbedarfs in Baden-Württemberg bis 2040“, Stuttgart, 2023.
- [5] A. S. Frank Merten, „Metaanalyse zu Wasserstoffkosten und -bedarfen für die CO₂-neutrale Transformation“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, 2023.
- [6] F. IAO, „Untersuchung des H₂-Ökosystems der Region Heilbronn-Franken“, 2021. [Online]. Available: <https://www.kodis.iao.fraunhofer.de/de/projekte/h2-innovationslabor.html>.
- [7] energie schwaben GmbH, DVGW e.V., „Gasnetzgebietstransformationsplan“, 2024.
- [8] L. L. S. P. F. Z. T. S. B. W. Jens Hujer, „H₂ALL – Die Ländliche Region als Treiber für die Umsetzung von Wasserstoffanwendungen durch innovative Ansätze in der Logistik“, Institut LOGWERT, Hochschule Heilbronn, Fraunhofer IAO, Heilbronn, 2023.

