

H₂-Innovationslabor Heilbronn-Franken

Abschlussbericht



H₂-INNOVATIONSLABOR HEILBRONN-FRANKEN

Abschlussbericht

Im März 2021

Felix Zimmermann
Janika Kutz
Dr. Bernd Bienzeisler

Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und
Organisation IAO

Steuerkreis (Board)

Dr. Florian Herrmann
Prof. Dr. Oliver Riedel

**Prof. Dr. Tobias
Bernecker**
Alexandra Wolf

Hochschule Heilbronn

Prof. Dr. Raoul Zöllner

Dr. Daniel Werth
Prof. Dr. Günter Haag

Ferdinand-Steinbeis-
Institut

Prof. Dr. Heiner Lasi
Prof. Dr. Herbert Kohler

**Alejandro Arreola
González**
Dr. Markus Böhm

Technische
Universität München

Prof. Dr. Helmut Krcmar

Gefördert durch die Dieter Schwarz Stiftung gemeinnützige GmbH

Inhalt

Management Summary.....	4
1 Einführung und Projektansatz	5
1.1 Strategischer Rahmen	5
1.2 Projekt H ₂ -Innovationslabor Heilbronn-Franken	7
1.3 Abgrenzung der Region HNF als Wasserstoffregion.....	7
2 Ökosystem-Modellierung und Wertschöpfungsnetzwerk	9
2.1 Generische Ökosystem- und Prozessmodellierung	9
2.2 Gesamtökosystem-Modellierung	13
2.2.1 Rollen im Wasserstoffökosystem	13
2.2.2 Generisches Wertschöpfungsnetzwerk des Wasserstoffökosystems.....	15
2.2.3 Gesamtökosystem.....	17
3 Einblicke in die Wasserstoffwirtschaft in der Region Heilbronn-Franken ...	21
3.1 Akteure und Aktivitäten in der Region Heilbronn-Franken.....	21
3.2 Rahmenbedingungen für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft.....	26
3.2.1 Erfolgsfaktoren einer regionalen Wasserstoffwirtschaft.....	26
3.2.2 Kompetenzaufbau und Qualifizierung.....	27
3.2.3 Akzeptanz von Wasserstoff	27
3.2.4 Kommunikation und Netzwerk	28
3.2.5 Wasserstoffbedarf.....	29
4 Benchmark und Wettbewerbsfähigkeit der Region Heilbronn-Franken.....	30
4.1 Akteurs-Netzwerke und Wasserstoff-Benchmark-Analyse.....	30
4.2 Untersuchung bestehender Modellregionen.....	33
5 Implikationen und Thesen.....	36
5.1 SWOT-Analyse	36
5.1.1 Regionale Stärken	36
5.1.2 Regionale Schwächen	38
5.1.3 Regionale Chancen	38
5.1.4 Regionale Risiken	39
5.2 Implikationen für die Region Heilbronn-Franken.....	40
5.2.1 Maßnahmen zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft.....	40
5.2.2 Umsetzungspfad	45
6 Fazit und Ausblick.....	48
6.1 Reflexion des Projekts und erste Erfolge aus den Projektaktivitäten	48
6.2 Ausblick	49
Quellenverzeichnis	51
Anhang	54
Vorstellung Projektkonsortium	58

Management Summary

Der Einsatz von grünem Wasserstoff kann einen wichtigen Beitrag zur Energiewende und zur Erreichung der nationalen und europäischen Klimaschutzziele leisten. Die Bundesregierung steht hinter einer nationalen Wasserstoffstrategie, die eine Förderung von zahlreichen Maßnahmen vorsieht. Unter anderem werden Wasserstoff-Modellregionen zur Etablierung dieses Energieträgers und -speichers in Deutschland gefördert.

Die Region Heilbronn-Franken hat das Potenzial, zu einer Wasserstoffregion zu werden. Die Transformation bestehender Infrastrukturen, Produkte und Technologien für eine flächendeckende Verwendung von Wasserstoff sowie die Entwicklung neuer Produkte, Dienstleistungen und Geschäftsmodelle bieten für die Region Heilbronn-Franken ökologische wie auch wirtschaftliche Chancen.

Um die Region in der Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft zu stärken und Potenziale von H₂ aufzuzeigen, wurde das Projekt H₂-Innovationslabor Heilbronn-Franken initiiert. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Projektes zusammen. Nachfolgend sind einige Kernergebnisse des Projektes aufgeführt:

- Ein Wasserstoff-Wertschöpfungsnetzwerk kann anhand von 20 Rollen beschrieben werden, welche durch verschiedene übergreifende Leistungsverflechtungen voneinander abhängig sein können. Die Akteure in der Region Heilbronn-Franken können 14 dieser Rollen besetzen und somit verschiedene Wertschöpfungsszenarien abdecken.
- Insgesamt 81 regionale Akteure sind bereits in der Wasserstoffwirtschaft aktiv, oder planen zukünftige Aktivitäten. Eine regionale Stärke liegt im Bereich der Entwicklung und Herstellung von Technologien.
- Im Vergleich zu anderen Regionen gibt es in der Region Heilbronn-Franken aktuell wenige öffentlich geförderte H₂-Projekte.
- Bestehende Wasserstoff-Modellregionen haben jeweils ähnliche Partnerstrukturen und adressieren häufig die Bereiche Infrastrukturentwicklung, Mobilität, Nutzerakzeptanz und weitere Themen der Begleitforschung.
- Um den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft in Heilbronn-Franken voranzutreiben, sollten in den kommenden Jahren Maßnahmen zum Aufbau von Infrastruktur & Versorgung, (Real-) Laboraufbau & Erprobung, Anwendung H₂, Qualifizierung und Entwicklung von Produkten & Technologien umgesetzt werden.

Das erste Kapitel beschreibt die Motivation, die Wasserstoffwirtschaft in der Region Heilbronn-Franken zu fördern sowie die Abgrenzung der Analysen. Kapitel zwei präsentiert Ansätze zur Beschreibung der Struktur einer Wasserstoffwirtschaft, die in einer Gesamtsystemmodellierung zusammengeführt werden. Kapitel drei gibt einen Überblick über regionale Akteure, deren Kompetenzen, sowie Einschätzungen über die Potenziale der Wasserstoffwirtschaft in Heilbronn-Franken. Kapitel vier beinhaltet eine Analyse von Akteuren anhand von Benchmarks und Förderungsstrukturen, das ein Europaweites Netzwerk von Wasserstoffprojekten aufzeigt und einen regionalen Vergleich von Fördersummen ermöglicht sowie einen Vergleich mit Wasserstoff-Modellregionen. In Kapitel fünf werden die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der Wasserstoffwirtschaft in Heilbronn-Franken aufgezeigt und Implikationen, Thesen und Handlungsempfehlungen für die Region abgeleitet. Abschließend werden in Kapitel sechs die Ergebnisse des H₂-Innovationslabors reflektiert und ein Ausblick gegeben.

1.1

Strategischer Rahmen

Der **Klimaschutz** zählt zu den zentralen Herausforderungen unserer Zeit. Als Reaktion auf den Klimawandel sind international sowie national klimapolitische Aktivitäten in Vorbereitung und Umsetzung. Neben regelmäßigen Klimaschutztreffen wurden zahlreiche Strategie- und Maßnahmenpakete auf Landes-, Bundes-, und EU-Ebene verabschiedet, die den menschlichen Einfluss auf den Klimawandel reduzieren sollen. Der European Green Deal der Europäischen Kommission gibt als Ziel aus, den Kontinent bis 2050 zur Klimaneutralität zu führen.¹ Die Bundesregierung formuliert im Klimaschutzprogramm 2030 das Ziel, den nationalen Ausstoß von klimaschädlichen Treibhausgasen wie CO₂ um 55% zu senken und hat diese Vorgabe im Bundes-Klimaschutzgesetz festgeschrieben. Mit diesem Beitrag trägt die Bundesrepublik zum europäischen Handlungsbedarf zur Erreichung der Treibhausgasneutralität im Jahr 2050 bei. Um diese Ziele zu erreichen, wird ein Umstieg von fossilen Kraft- und Brennstoffen auf regenerativ erzeugte Energieträger wie bspw. **Wasserstoff (H₂)** hervorgehoben.

Wasserstoff (H₂):

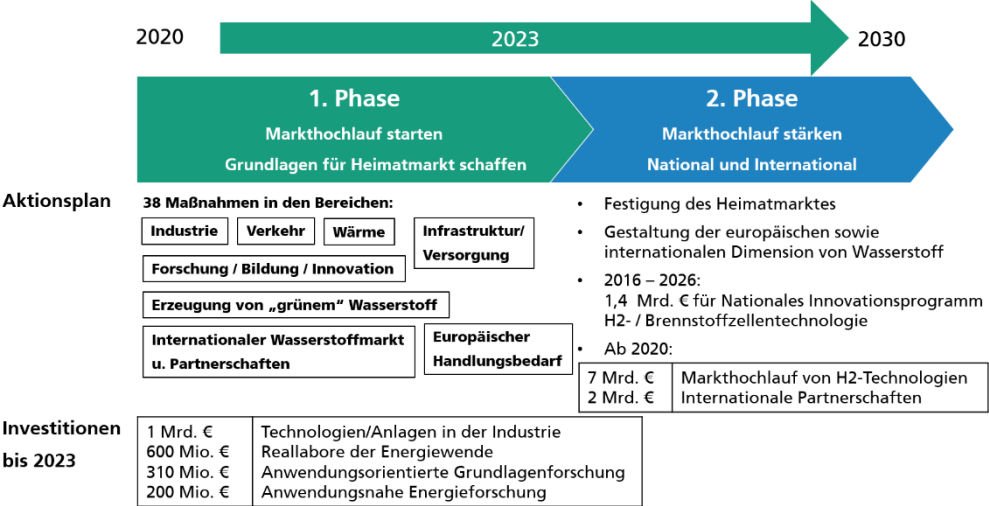
Die Begriffe Wasserstoff und H₂ werden in der vorliegenden Veröffentlichung zusammenfassend für verschiedene mögliche Aggregatzustände, Reinheitsgrade und Drucke von technisch aufbereitetem und kommerziell nutzbarem Wasserstoff verwendet. Im Fokus steht hierbei grüner Wasserstoff, der auf Basis erneuerbarer Energien hergestellt wurde. Dieser wird in der nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung als einzige dauerhaft nachhaltige Alternative für eine Wasserstoffwirtschaft hervorgehoben.² Zur Erzeugung des grünen Wasserstoffs wird aufgrund der vorhandenen Marktreife und Verfügbarkeit der Ressourcen mehrheitlich die Elektrolyse aus grünem Strom und Wasser als Standardverfahren diskutiert.

Im Zuge der Veröffentlichung des European Green Deals wurde im Juli 2020 als wesentlicher Ansatz zur Dekarbonisierung des Energiesystems die **Wasserstoffstrategie der EU** veröffentlicht, in welcher Ansätze für die Nutzung des Potenzials von H₂ durch Investitionen, Regulierung, Schaffung von Märkten sowie Forschung und Innovation beschrieben werden.¹ Auch die Bundesregierung strebt einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende durch die Förderung von H₂ an. Gemäß der im Juni 2020 veröffentlichten **Nationalen Wasserstoffstrategie** wurden Förderschwerpunkte und Maßnahmen im Mobilitäts- und Verkehrssektor sowie in den Sektoren der Industrie, insbesondere der Stahl- und Chemieindustrie, (Fern-) Wärmeversorgung und Transport- und Verteilinfrastruktur gesetzt. Der Aktionsplan der Nationalen Wasserstoffstrategie und finanzielle Kennzahlen werden in der folgenden Abbildung zusammengefasst.

¹ Vgl. Europäische Kommission (2020)

² Eigene Abbildung nach Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020)

Abb. 01 Aktionsplan der Nationalen Wasserstoffstrategie³



Zur Einführung und Erprobung einer Wasserstoffwirtschaft wurden **Modellregionen** ins Leben gerufen, die von der Europäischen Union in Form einer europäischen öffentlich-privaten Partnerschaft Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU) gefördert werden. Auch auf nationaler Ebene ist der Aufbau von Wasserstoff-Modellregionen, die bspw. innerhalb des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NIP) vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur ausgewählt wurden, hervorzuheben.⁴ Auf Landesebene plant das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg ebenfalls die Förderung einer Modellregion, in der H₂ als Energieträger verwendet und technologische, wirtschaftliche, ökologische sowie gesellschaftliche Aspekte untersucht werden sollen.⁵

Die Landesregierung von **Baden-Württemberg** hat im Dezember 2020 eine eigene **Wasserstoff-Roadmap** vorgestellt. Dabei sollen die Wettbewerbsfähigkeit und ökonomische Stärke des Landes erhalten bleiben und gleichzeitig durch bereits bestehende Technologie- und Forschungskompetenzen erweitert werden. So könnten in Baden-Württemberg im Jahr 2030 bis zu 16.000 neue Arbeitsplätze und neun Milliarden Euro Umsatz durch die Wasserstoffwirtschaft entstehen.⁶ In Anlehnung an die Nationale Wasserstoffstrategie sollen insbesondere die Sektor- und Technologiekopplung und die Erzeugung, Speicherung und Verteilung von H₂ vorangetrieben werden. Hauptaugenmerk wird dabei auf die Transformationen in den Branchen Mobilität sowie Maschinen- und Anlagenbau gelegt. Aufgrund der breiten Industrie- und Technologielandschaft des Landes birgt grüner H₂ nicht nur technische und wirtschaftliche Potenziale für das Land Baden-Württemberg, sondern bedarf parallel eines wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Strukturwandels. Dafür müssen die notwendigen Rahmenbedingungen für eine H₂-bezogene Wertschöpfung geschaffen, die Chancen erkannt und die gesellschaftliche Akzeptanz gefördert werden.

³ Eigene Abbildung nach Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020)

⁴ Vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (ohne Datum)

⁵ Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2020a)

⁶ Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2020b)

1.2

Projekt H₂-Innovationslabor Heilbronn-Franken

Die Umsetzung der beschriebenen Strategien und Roadmaps sowie damit verbundener Maßnahmen ist nicht nur auf einer übergeordneten EU-, Bundes- oder Landesebene relevant, sondern muss auf Regionen, Akteursnetzwerke, die gemeinsam in Form von Ökosystemen Wertschöpfung betreiben oder sogar einzelne Akteure heruntergebrochen werden. Die ökologischen und wirtschaftlichen Chancen der Wasserstoffwirtschaft sollen aus individueller bzw. lokaler Perspektive identifiziert und genutzt werden. Für die **Region Heilbronn-Franken**, eine der umsatzstärksten Industrieregionen in Südwestdeutschland⁷, könnte die Wasserstoffwirtschaft zukünftig einerseits einen Baustein zur Sicherung globalen Wettbewerbsfähigkeit darstellen und andererseits wesentlich zur Dekarbonisierung des Energiesystems vor Ort beitragen.

Um die Ausrichtung der Region im Hinblick auf die notwendige Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft zu unterstützen, wurde im Zeitraum von April 2020 bis März 2021 das **Projekt „H₂-Innovationslabor Heilbronn-Franken“** (im Folgenden auch als „das H₂-Innovationslabor“ bezeichnet) initiiert. Durchgeführt wurde das H₂-Innovationslabor durch das Fraunhofer IAO, das Ferdinand-Steinbeis-Institut, die Hochschule Heilbronn und die TU München mit Unterstützung der Dieter Schwarz Stiftung gGmbH.

Ziel des Projektes war es, bestehende **Stakeholder** und **Aktivitäten** im Bereich H₂ zu identifizieren und ein regionales **Ökosystemmodell** für die Wasserstoffwirtschaft zu entwickeln. Mit den Ergebnissen des Projektes wird eine Grundlage geschaffen, um die Region für Förderprogramme, bspw. als Wasserstoff-Modellregion, vorzubereiten. Neben der Unterstützung von Drittmittelanträgen können die erarbeiteten Analysen einen grundsätzlichen Beitrag dazu leisten, die Transparenz über vorhandene Kompetenzen zu erhöhen und so das regionale H₂-Netzwerk im Aufbau zu stärken.

Betrachtet wurden neben den **Stärken** und **Schwächen** der Region Heilbronn-Franken in Bezug auf den Energieträger H₂ insbesondere die **Chancen** und **Risiken** für die Wirtschaft und die Gesellschaft. Für den weiteren Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft wurden **Handlungsempfehlungen** erarbeitet, die sowohl konkrete potenzielle H₂-Anwendungsfälle als auch unterstützende Maßnahmen beinhalten.

1.3

Abgrenzung der Region HNF als Wasserstoffregion

Das H₂-Innovationslabor betrachtet den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in der Region Heilbronn-Franken. Für eine **räumliche Eingrenzung** sind dabei die folgenden drei Perspektiven maßgeblich:

1. **Die Raumordnungs- und Planungsregion Heilbronn-Franken**, diese ist nach § 31 Abs. 1 LPIG eine der zwölf Regionen Baden-Württembergs. Sie liegt im Nordosten des Landes und umfasst das Gebiet des Stadtkreises Heilbronn sowie der Landkreise Heilbronn, Hohenlohekreis, Main-Tauber-Kreis und Schwäbisch Hall.

⁷ Vgl. Industrie- und Handelskammer Heilbronn-Franken (2020)

2. **Wasserstoff-(Modell-)Regionen** im Kontext des NIP in Deutschland, die sowohl durch Städte und Landkreise als auch durch politische Regionen gebildet werden
3. **Industriecluster** – z.B. solche für Energie, aber auch Cluster-Initiativen in den Bereichen Mobilität oder Maschinenbau – bezeichnen sich teilweise als „Regionen“ und verwenden hierfür wiederum einen eigenen, meist selbst definierten Regionsbegriff. Die zusammengefassten Akteure agieren über die geografischen Grenzen einer Region hinweg und finden oft unter dem Aspekt eines gemeinsamen Geschäftsinteresses oder einer gemeinsamen vorwettbewerblichen Forschung zusammen.

Für das H₂-Innovationslabor werden diese drei Perspektiven in einem **funktionalen Raum** kombiniert, der insbesondere auf der im Projekt durchgeführten Ökosystemmodellierung basiert. Daher folgt die Wasserstoffregion Heilbronn-Franken auch nicht der geografischen Abgrenzung der Region Heilbronn-Franken. In Abhängigkeit zur funktionalen Einbindung in eine entstehende Wasserstoffregion können vielmehr zusätzliche Gebiete eingeschlossen und andere Gebiete wiederum ausgeschlossen sein. Dies kann z.B. Akteure betreffen, die außerhalb der Region sitzen und an regionalen Wertschöpfungsnetzwerken mitwirken wie auch regionale Akteure, die Teil von globalen Wertschöpfungsnetzwerken sind. Zukünftig sind auch enge Kooperationen mit umliegenden Regionen wie der Rhein-Neckar-Region oder der Region Stuttgart sowie eine Anbindung an internationale Versorgungsinfrastrukturen denkbar.

Durch eine Ökosystem-Modellierung lässt sich die Struktur einer Wasserstoffwirtschaft in der Gesamtschau transparent darstellen. So lassen sich **Potenziale für neue Nutzenszenarien und Geschäftsmodelle** für den Auf- oder Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft in der Region aufzeigen. In der nachfolgend dargestellten Ökosystem-Modellierung werden alle relevanten Informationen zu Erzeugung, Speicherung, Transport sowie insbesondere der Nutzung, den Nutzungsarten und den einzelnen Akteuren im Bereich H₂ zugeordnet. Die daran anknüpfende Darstellung des Wertschöpfungsnetzwerks zeigt die in einem Wasserstoff-Ökosystem relevanten und perspektivisch auszufüllenden Rollen sowie damit einhergehenden Wertströme auf. Aus der Zusammenführung beider Perspektiven können bestehende Lücken im Gesamtergebnis erkannt und Empfehlungen zur systematischen Reduzierung dieser aufgezeigt werden (Kap. 2.2).

2.1

Generische Ökosystem- und Prozessmodellierung

Aktuell erfolgt die Erzeugung von H₂ im überwiegenden Teil aus fossilen Energieträgern, wobei vor allem die Dampfreformierung aus Erdgas eine Rolle spielt (grauer H₂). Mit Blick auf eine zukünftige Herstellung von H₂ aus erneuerbaren Energien (grüner H₂), nimmt dieser eine Schlüsselrolle als nachhaltiger Energieträger ein. Voraussetzung hierfür ist, dass die erforderlichen Energiebedarfe durch grünen Strom gedeckt werden können. In der nachfolgend dargestellten Ökosystemmodellierung werden die einzelnen **Modellierungsschichten** (Erzeugung, Speicherung, Transport, Nutzung/-arten; Abb. 2) vorab vereinfacht dargestellt, welche die Grundlage für die weiterführende Prozessmodellierung sowie die Gesamtmodellierung darstellt.



Abb. 02 Ökosystem-Modellierung (vereinfachte Darstellung)

In der darauf aufbauenden **Prozessmodellierung** (Abb. 2, Abb. 3) werden die einzelnen Prozessschritte modelliert, sodass das Modell von der H₂-Erzeugung bis hin zur Nutzung gelesen, aber auch in der entgegengesetzten Perspektive von der Akteurs- und Nutzenseite hin zur H₂-Erzeugung verstanden werden kann.

Ein wesentlicher Teil des aktuell verfügbaren Wasserstoffs wird mittels thermischer Konversion und biochemischer Konversion hergestellt, während erst ein kleiner Anteil der H₂-Produktion mittels Elektrolyse erfolgt. Der hierfür genutzte Strom wird aus unterschiedlichen Energiequellen gewonnen und kann als flexibel in allen Anwendungs- und Verbrauchsbereichen eingesetzt werden. Für die Zukunft ist jedoch gerade mit Blick auf eine Zunahme regenerativer Energiequellen davon auszugehen,

dass die Herstellung von H₂ mittels Elektrolyse deutlich zunehmen wird, sofern Strom aus erneuerbaren Energien hierfür zur Verfügung steht.⁸

Darüber hinaus macht H₂ große Energiemengen über sehr große Zeiträume speicherbar (physikalische und stoffliche Speicherung) und ist zugleich flexibel transportierbar (wie konventionelle Gase), was ideale Möglichkeiten zur Lösung zentraler Herausforderungen bei der Umstellung der Energiesysteme auf erneuerbare Energien bietet. Als ein flexibel transportabler Energieträger kann dieser mittels der unterschiedlichsten Transportoptionen (gasförmig, flüssig, gebunden) und Verkehrsträger (Straße, Schiene, Schiff, Leitungsnetz) transportiert werden.

Für den Einsatz in der Mobilität sind viele Formen denkbar und in der Erprobung. So wird der H₂ an Tankstellen meist gasförmig gespeichert und an wenigen Tankstellen, mit hohem Durchsatz, flüssig. Es wird jedoch auch an einer Betankung durch LOHC, also die chemische Bindung von H₂ in flüssigen organischen Wasserstoffträgern geforscht. Einen innovativen Ansatz bietet auch die Speicherung von H₂ in pastöser Form durch die sogenannte POWERPASTE auf Magnesiumhydridbasis. Durch die Powerpaste benötigt man keine Speicherung unter Niedrig-, Mittel- oder Hochdruck, der H₂ lässt sich bei normalem Umgebungsdruck und Raumtemperatur speichern.⁹

In aktuellen Studien diskutierte, zumindest prototypisch umsetzbare Erzeugungs-, Transport-, Speicher-, und Nutzungsarten bzw. Anwendungsfelder von H₂ sind unabhängig von technischer Reife, Wirkungsgrad und Funktionalität zumindest als potenzielle Bestandteile einer H₂-Wertschöpfung in Betracht zu ziehen. Diese werden in einen Ökosystemkontext eingeordnet und stellen ein wichtiges Selektionskriterium bei der Identifikation potenzieller Stakeholder der Wasserstoffwirtschaft dar. Folgende Anwendungsbereiche von H₂ sind als potenziell relevant für die Region Heilbronn-Franken zu beurteilen:

- **Industrie und Petrochemie** (Direkte energetische Nutzung für Prozesswärme und Strom)
- **Mobilität und Transport** (H₂-Verbrennungsmotoren, Brennstoffzellen (BZ))
- **Gebäudewärme- und Strom** (Lokale wasserstoffbetriebene KWK-BZ-Systeme für BZ-Heizungen und Notstromaggregate, Beimischung zu Erdgas)
- **Stromsektor** (Stromerzeugung durch Brennstoffzellen zur Spitzenlastdeckung und wasserstofffähige Gasturbinen)
- **Portable Anwendungen** (Mikrobrennstoffzellen)
- **Raumfahrt** (Raketenantriebe)
- **Sonstiges** (Schweißen)

⁸ Vgl. Shell Deutschland Oil GmbH (2017)

⁹ Vgl. Fraunhofer IFAM (ohne Datum)

Abb. 03 Prozessmodellierung H₂-Herstellung

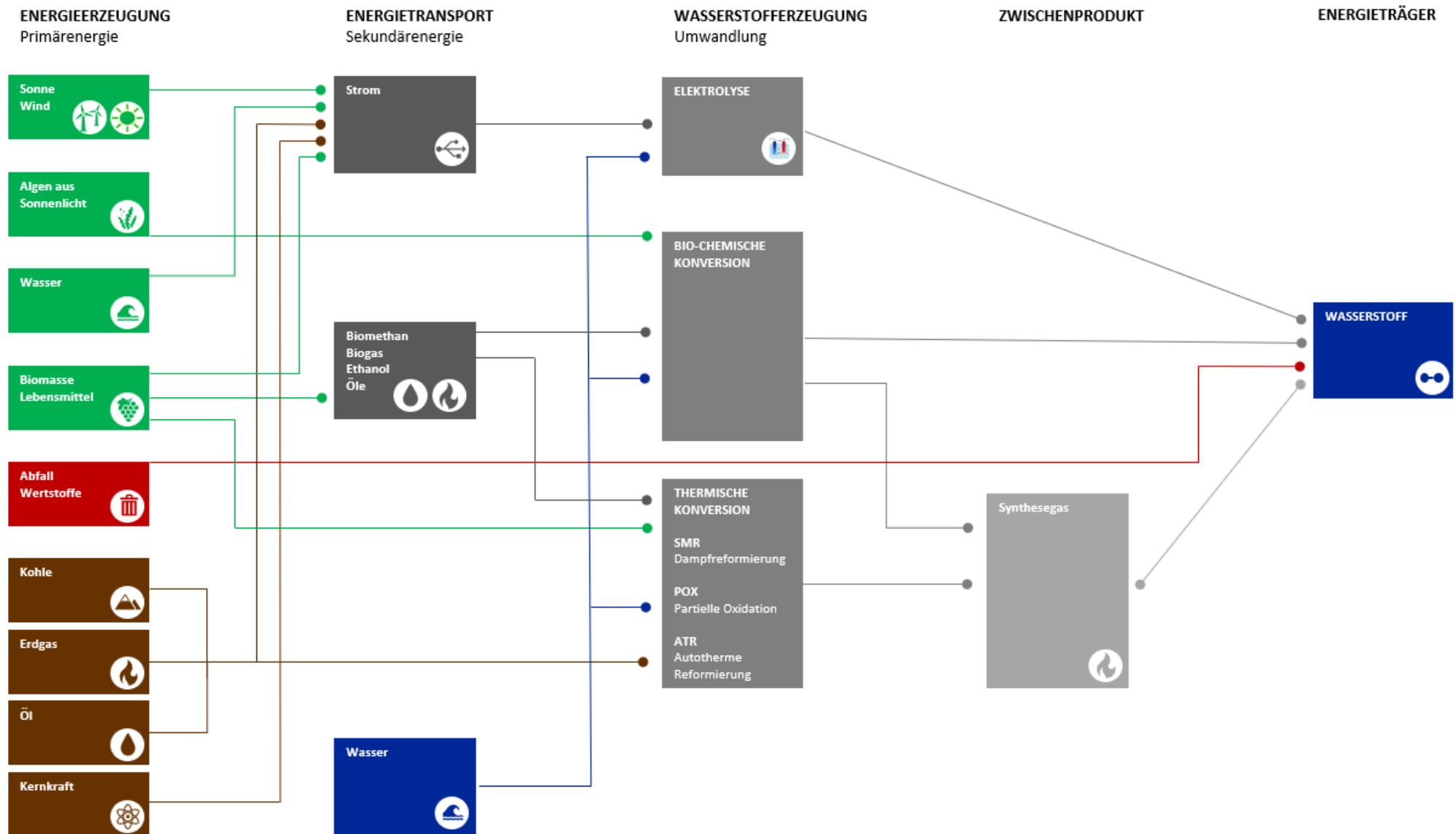
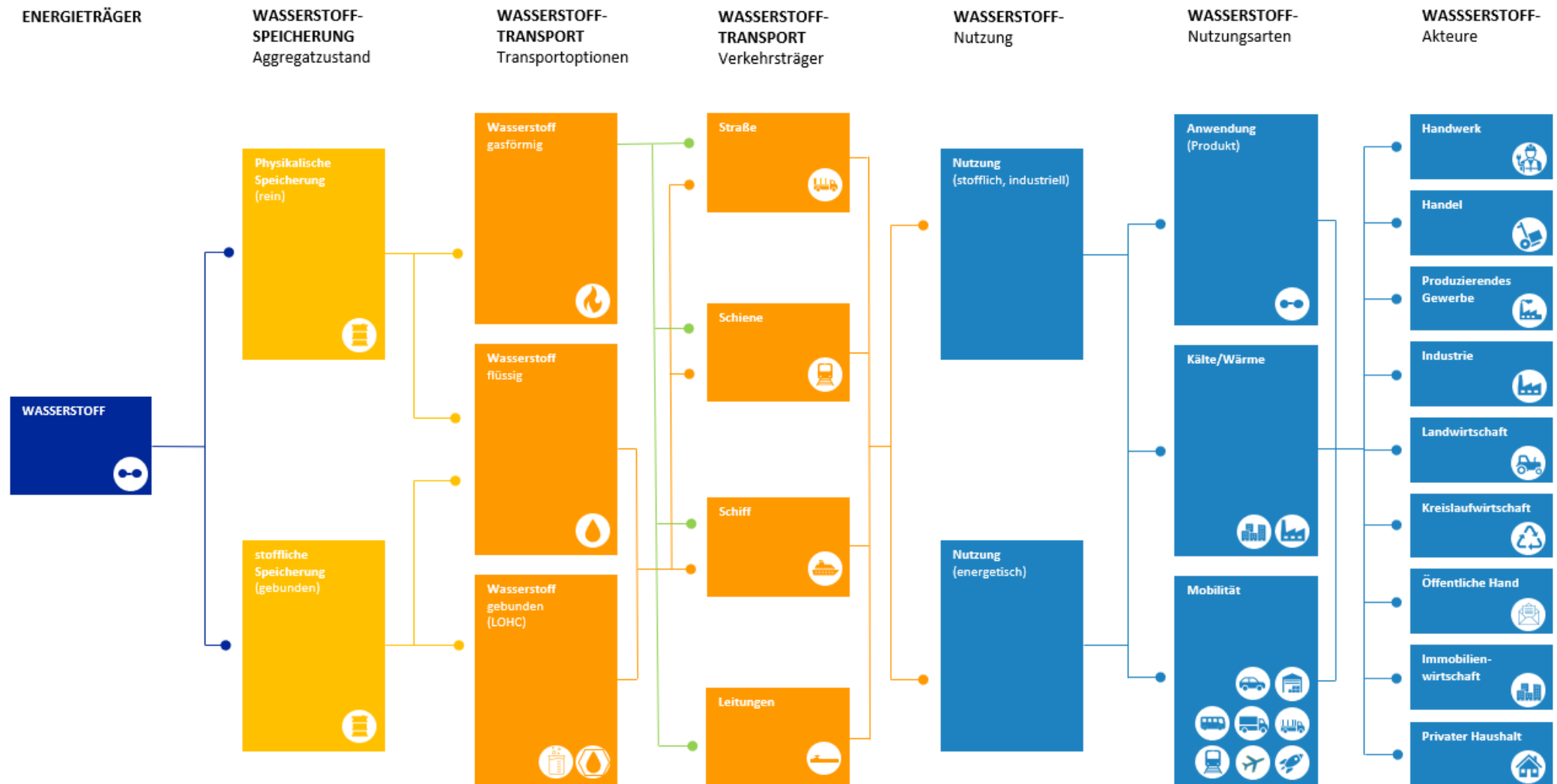


Abb. 04 Prozessmodellierung H₂-Speicherung, -Transport und -Nutzung/-Nutzungsarten/Akteure



Wertschöpfungsnetzwerke stellen Unternehmens- bzw. Akteursnetzwerke dar, in denen übergreifende **Leistungsverflechtungen** aufgezeigt werden. Sie zeichnen sich durch Mehrfachverflechtungen auf horizontaler Ebene zwischen Akteuren innerhalb einer Wertschöpfungsstufe und durch vertikale Beziehungen von Akteuren entlang der Wertschöpfungskette über einzelne Wertschöpfungsstufen hinweg aus.¹⁰

Im Unterschied zu bilateralen Partnerschaften charakterisieren sich Wertschöpfungsnetzwerke dadurch, dass zur Erstellung einer Leistung die **Zusammenarbeit** zwischen mehreren Unternehmen erforderlich ist und in der Regel jedes Unternehmen Leistungen für mehrere Abnehmer erstellt.

Das nachstehend dargestellte generische **Wasserstoffökosystem** wurde nach der Methode von Riasanow¹¹ abgeleitet und mit Hilfe der e3value-Notation¹² visualisiert. Als primäre Datengrundlage zur Ableitung dient die Datenbank Crunchbase, ein sozial kuratiertes Verzeichnis von Organisationen. Dieses Verzeichnis wurde nach Unternehmen des Wasserstoffmarkts gefiltert. Auf Grundlage der Unternehmensbeschreibungen wurden mittels induktiver Kategorienbildung generische Rollen des Wasserstoffökosystems abgeleitet. Eine Rolle beschreibt demnach in abstrahierter Form den gemeinsamen Geschäftszweck der Unternehmen, die unter dieser Rolle subsumiert sind. Durch eine weiterführende Recherche zu den identifizierten Unternehmen (Datentriangulation) wurden Informationen zu Wertströmen zwischen den generischen Rollen abgeleitet. Das hieraus entstandene Wertschöpfungsnetzwerk wurde schließlich iterativ durch semi-strukturierte Experteninterviews evaluiert und verfeinert.

2.2.1 Rollen im Wasserstoffökosystem

In der nachfolgenden Tabelle werden alle identifizierten **generischen Rollen** des Wasserstoffökosystems beschrieben. Dabei ist zu beachten, dass ein Unternehmen, abhängig von seinem Geschäftsmodell auch mehrere Rollen einnehmen kann. Der Wertfluss innerhalb eines Unternehmens würde demzufolge einer internen Leistungsverrechnung entsprechen.

Generische Rolle	Beschreibung der generischen Rolle
Anbieter von Kraft-Wärme-Kopplungssystemen	Anbieter von Kraft-Wärme-Kopplungssystemen bieten auf Brennstoffzellentechnologien basierte Kraft-Wärme-Kopplungssysteme (KWK) an.
Anbieter von Transportdienstleistungen für Wasserstoff	Anbieter von Transportdienstleistungen für H ₂ sind spezialisierte Unternehmen, die die Verfügbarkeit von H ₂ am Ort der Verwendung sicherstellen. Der Transport von H ₂ erfordert spezifische technische Voraussetzungen und Kompetenzen.
Anbieter von Wartungsleistungen für Wasserstoffmobilität	Anbieter von Wartungsleistungen warten Fahrzeuge, die mit H ₂ betrieben werden.

Tab. 01 Generische Rollen
im Wasserstoffökosystem

¹⁰ Vgl. Stengel (1999)

¹¹ Vgl. Riasanow et al. (2020)

¹² Vgl. Gordijn, J., & Akkermans, J. M. (2003)

Berater	Berater erbringen Beratungsdienstleistungen zu erneuerbaren Energien, Wasserstoff und Brennstoffzellen.
Betankungsdienstleister	Betankungsdienstleister sind Dienstleister für H ₂ -Betankung, die gewerbliche Verbraucher und Anbieter von Transportdienstleistungen mit Wasserstoff versorgen.
Energieversorger	Energieversorger sind in der Regel Kommunalversorger, die Energie mit H ₂ erzeugen oder speichern, Netze betreiben und Gebäude wie auch Industriebetriebe mit Strom und Fernwärme versorgen.
Gebäudebetreiber	Gebäudebetreiber besitzen Grundstücke und Gebäude, betreiben Gebäude mit gebäudetechnischen Anlagen oder stellen Arbeitsplätze oder -mittel bereit.
Gewerblicher Verbraucher	Unter Gewerblichen Verbrauchern von H ₂ werden Verbraucher von H ₂ verstanden, z.B. für industrielle Prozesse, Mobilitätsanwendungen, Wärme und Strom.
Hersteller von Brennstoffzellen	Hersteller von Brennstoffzellen entwickeln und verkaufen Wasserstoff-Brennstoffzellen und Brennstoffzellensysteme für unterschiedliche Anwendungen.
Hersteller von Elektrolyseuren	Hersteller von Elektrolyseuren entwickeln und produzieren Elektrolyseure zur Herstellung von Wasserstoff. Neuartige Methoden der Wasserelektrolyse nutzen Plasma-Elektrolyseure, Graphitelektroden oder Meerwasser.
Hersteller von Energiesystemen	Hersteller von Energiesystemen entwickeln ganze Energiesysteme von der Wasserelektrolyse bis hin zur Speicherung in Brennstoffzellen.
Hersteller von Wasserstoff	Hersteller von H ₂ bieten flüssigen oder gasförmigen H ₂ an.
Hersteller von Wasserstoffgeneratoren	Anbieter zur Herstellung von Wasserstoffgeneratoren, die Energie mit H ₂ erzeugen.
Hersteller von Wasserstoffspeichern	Hersteller von Wasserstoffspeichern bieten Wasserstoffspeicherung für Wasserstofftankstellen, Brennstoffzellenmobilität, Gebäude und Industrie an.
Landwirtschaft	Unter Landwirtschaft werden landwirtschaftliche Betriebe verstanden. Die Landwirtschaft verbraucht H ₂ als Brennstoff für landwirtschaftliche Anlagen oder zur Erzeugung von Strom, bspw. mit Wasserstoffgeneratoren.
OEM	Der Erstausrüster (OEM) produziert brennstoffzellenbetriebene und hybride wasserstoff-elektrische Antriebe für PKW, LKW, Schiffe oder Züge. Das Wertangebot der OEMs kann Direktvertrieb, F&E, Fertigung, Kundendienst und Dienstleistungen umfassen.
Technologielieferant für Brennstoffzellenherstellung	Technologielieferanten für Brennstoffzellen entwickeln Technologien für Komponenten von Brennstoffzellen, wie die Polymermembran der Brennstoffzelle oder Wasserstoff-Brennstoff-Prozessoren.
Technologielieferant für Wasserstoffanwendungen	Technologielieferanten für Wasserstoffanwendungen entwickeln und fertigen Prozesstechnologien, um Produkte herzustellen, die H ₂ anwenden.
Tier 1-3 Lieferant	Tier-1-Lieferanten können Produktentwicklung, Design und Technologie anbieten. Zahlreiche Lieferanten sind von Unterlieferanten abhängig, nämlich von Tier-2-Lieferanten. Diese wiederum können von Tier-3-Lieferanten abhängen, die z.B. Press-, Schneide-, Schweiß-, Schmiede- oder Gussarbeiten liefern.

Keine wertschöpfende Rolle	Diese Akteure konnten keiner wertschöpfenden Rolle im generischen Ökosystem zugeordnet werden. Dazu gehören Hochschulen, Forschungsinstitute, Community Builder (wie Kommunen, die IHK, Berufsgenossenschaften oder Verbände) aber auch Akteure, die keine direkte Beziehung zur Wasserstoffwirtschaft haben (wie zivile Sicherheit, Banken und IT-Dienstleister).	Ökosystem-Modellierung und Wertschöpfungsnetzwerk
-----------------------------------	--	---

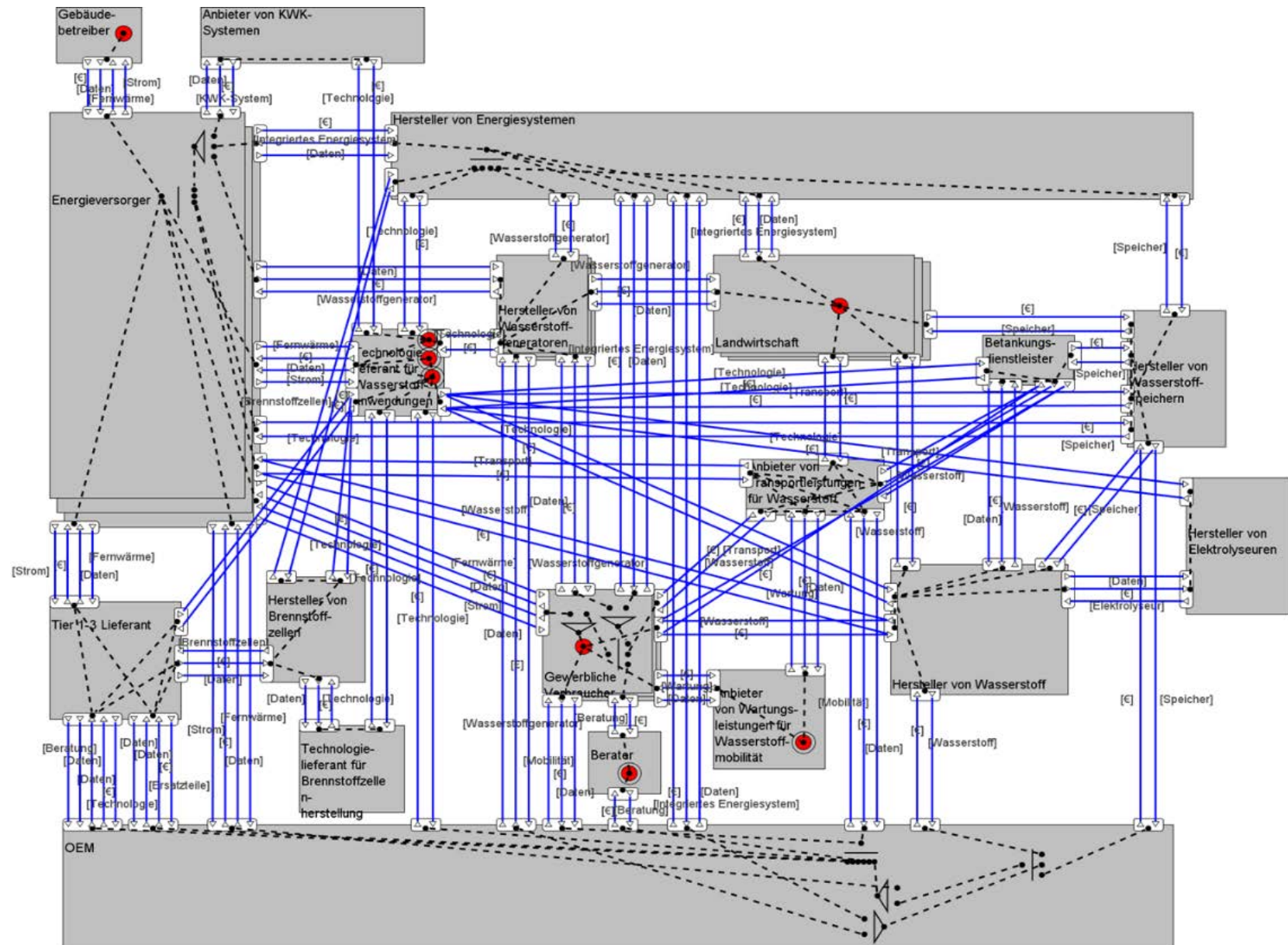
2.2.2 Generisches Wertschöpfungsnetzwerk des Wasserstoffökosystems

Das generische Wasserstoff-Wertschöpfungsnetzwerk zeigt, dass die Wasserstoffwirtschaft als ein **mehrseitiges Wertschöpfungsnetzwerk**, bei dem ein Akteur mit einer Vielzahl anderer Akteure in Wertaustauschbeziehungen steht, dargestellt werden kann und sich somit von traditionellen einseitigen Lieferanten-Käufer-Geschäftsbeziehungen unterscheidet. Es lassen sich darin drei wesentliche Sektoren identifizieren: **produzierendes Gewerbe, Mobilität und Energieversorgung**. Das produzierende Gewerbe ist für die Wasserstoffwirtschaft von zentraler Bedeutung. Kleine und mittelständische Unternehmen, die auch das Rückgrat der Wirtschaft in der Region Heilbronn-Franken sind, z.B. in der Metall- und Elektroindustrie, spielen eine entscheidende Rolle. Diese können sowohl als Technologielieferanten für Wasserstoffanwendungen wie auch als Verbraucher von Strom und Fernwärme agieren und dadurch eine starke Dynamik im Ökosystem auslösen. Auf der anderen Seite sind mehrere Akteure im Sektor Mobilität und dem damit verbundenen produzierenden Gewerbe zu finden. Von der Herstellung von Brennstoffzellentechnologie über OEMs bis hin zu Mobilitätsnutzern, sind einige Akteure von der Nachfrage nach Wasserstoffmobilität getrieben. Darüber hinaus sieht eine Wasserstoffwirtschaft die Erzeugung von Strom und Fernwärme mithilfe von Wasserstoffanwendungen vor. Von Herstellern von Wasserstoffgeneratoren, die wiederum von Technologielieferanten abhängig sind, über integrierte Energiesysteme und den Energieversorgern, die diese letzten Endes einsetzen, sind ein Teil der Akteure dieses Gesamtmodells von der Nachfrage nach Strom und Fernwärme getrieben.¹³

Die Wertschöpfung mit H₂ erfordert die Zusammenarbeit zwischen Akteuren, sowohl innerhalb eines Sektors, aber auch, um Synergien zu nutzen, zwischen Sektoren. Dies wird durch die hochvernetzten Rollen der Technologielieferanten deutlich. Diese, sowie die Rolle Berater fördern somit eine Diffusion von Know-how zwischen Sektoren. So kann bspw. das Know-how der Rolle Berater sowohl im Mobilitätssektor als auch bzgl. Energieanwendungen bei gewerblichen Verbrauchern angewandt wird. Die nachstehende Abbildung des generischen Wertschöpfungsnetzwerks zeigt die rollencharakteristischen Wertaustauschbeziehungen zwischen den identifizierten Rollen.

¹³ Vgl. Remane, et al. (2016)

Abb. 05 Generisches
Wertschöpfungsnetzwerk

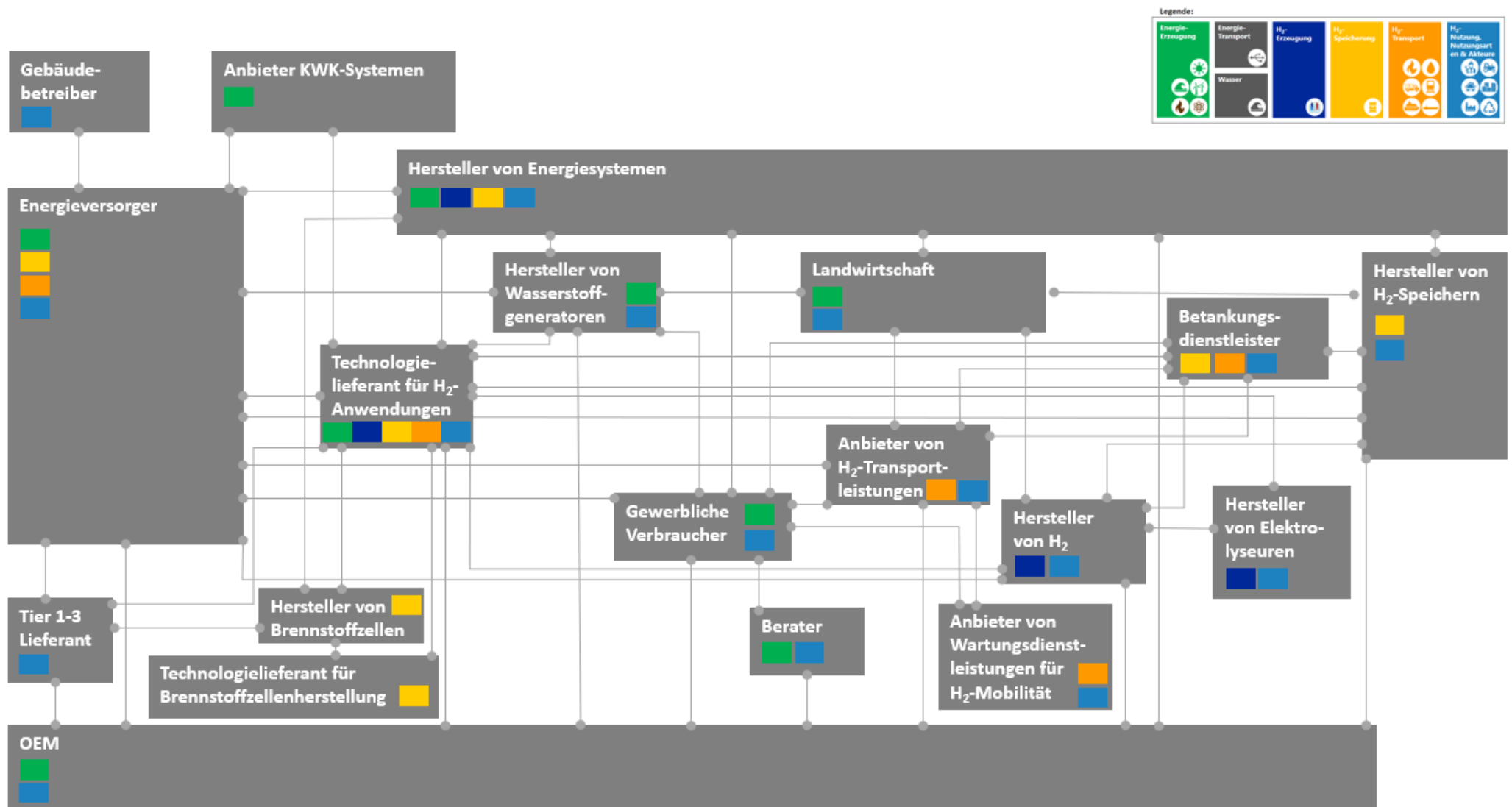


2.2.3 Gesamtökosystem

Die Gesamtökosystem-Modellierung (Zusammenführung der Ökosystem- und der Wertschöpfungs-Modellierung) der regionalen Wasserstoffwirtschaft basiert auf dem **Netzwerk der technologischen und wirtschaftlichen Verflechtungen** identifizierter Akteure. Die Akteure können hierbei unterschiedlichen Branchen angehören, mehrere Rollen gleichzeitig einnehmen (vgl. Abb. 6) und sich dementsprechend bezogen auf das Nutzungspotenzial von H₂ deutlich unterscheiden. Dies zeigt neben den Experteninterviews insbesondere die Analyse von nationalen und internationalen Wasserstoff-Projekten der Region auf Basis des InConnect-Indikators (Kap. 4.1). Den aus dieser Analyse abgeleiteten Forschungsnetzwerken sind Akteure, Verbundpartner, Unternehmen und Administrationen zugeordnet, die in die Durchführung und Umsetzung der durchgeführten Wasserstoff-Projekte integriert sind.

Ein Teil dieser Forschungsnetzwerke bilden Unternehmensnetzwerke oder auch Netzwerke innerhalb von Unternehmen, mit dem Ziel, Wertschöpfung zu generieren. Damit zeigt sich die enge Vernetzung zwischen der Ökosystem- und Wertschöpfungs-Modellierung einerseits und dem Ziel der nutzenstiftenden Umsetzung der branchenspezifischen Potenziale, die die Wasserstoffwirtschaft bietet, in Produkte und Dienstleistungen andererseits. Durch die ergänzende Darstellung der Interdependenzen zwischen Ökosystemmodellierung und den zugehörigen Wertschöpfungsnetzwerken zeigt sich, inwieweit wasserstoffrelevante Branchen und Unternehmen bereits regional vertreten sind oder noch vorhandene Bedarfe ausgefüllt werden können und sollten, um ein ganzheitliches Wasserstoff-Ökosystem, mit entsprechenden regionalen Vorteilen zu erhalten.

Abb. 06 Gesamtsystem-Modellierung



Im Folgenden werden die Leistungsverflechtungen zwischen den Akteuren in den drei identifizierten Sektoren exemplarisch dargestellt. Dabei kommt der Rolle Technologielieferant von Wasserstoffanwendungen eine besondere, sektorenübergreifende Rolle zu. Diese Unternehmen bilden den Kern des Wasserstoffökosystems, weil neben dem produzierenden Gewerbe auch Anlagenhersteller im Energiesektor als auch Akteure im Mobilitätssektor wie Tier 1-3 Hersteller und OEMs mit Komponenten für Brennstoffzellen und die Wasserstoffherstellung, -speicherung und -betankung, versorgt werden. Viele dieser Unternehmen eignen sich darüber hinaus aufgrund ihres hohen Energiebedarfs und ihrer geographischen Verteilung auch als Abnehmer von H₂ aus erneuerbarem Strom und von Fernwärme.

Produzierendes Gewerbe

Verbraucher, die H₂ und Fernwärme in größeren Mengen beziehen, können als gewerbliche Verbraucher eingeordnet werden. Das produzierende Gewerbe spielt vor allem hinsichtlich der kontinuierlichen Abnahme einer großen Menge an H₂ eine wichtige nachfragegetriebene Rolle unter den gewerblichen Verbrauchern. Diese Unternehmen können einerseits eigene Energieanwendung betreiben oder Strom und Fernwärme von einem Energieversorger beziehen. Sofern die Gewerbetreibenden auch wasserstoffbasierte Mobilitätsanwendungen betreiben, entsteht hier zusätzlich der Bedarf für mobilitätsbezogene Wartungsdienstleistungen. Zusätzlich erfüllen die Berater auch in diesem Submodell analog zum Gesamtmodell vor allem für die gewerblichen Verbraucher und die Akteure im Mobilitätssektor eine wichtige Funktion.

Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe können darüber hinaus weitere relevante Rollen einnehmen. So können diese mit entsprechenden Kernkompetenzen als ganzheitliche Hersteller von H₂-Energiesystemen auftreten. Diese H₂-Energiesysteme bündeln sämtliche Prozessschritte zur Gewinnung von H₂ durch Elektrolyse und finden Anwendung z.B. bei Energieerzeugungsunternehmen, anderen gewerblichen Verbrauchern oder großen landwirtschaftlichen Betrieben. Energiesysteme können Wasserstoffgeneratoren, Brennstoffzellen und weitere Technologien von anderen Akteuren integrieren. Hersteller von Energiesystemen können zudem Systemnutzungsdaten erheben, wodurch eine weitere Wertaustauschbeziehung entsteht. Die meisten Unternehmen¹⁴ treten allerdings als Hersteller unterschiedlicher Komponenten wie der Brennstoffzelle, dem Wasserstoffgenerator oder Elektrolyseuren auf. Umgekehrt sind Hersteller von Wasserstoffkomponenten auf Technologielieferanten angewiesen. Potenzielle Hersteller von Wasserstoffspeichern sind regionale Hersteller von Metalllegierungen für die H₂-Speicherung. Andere Unternehmen können Festkörper-Speichertechnologie, bis hin zur Energiespeicherung mithilfe elektromagnetischer Wellen bieten.

Mobilitätssektor

Neben den bereits im Sektor produzierendes Gewerbe erläuterten Rollen, sind im Mobilitätssektor weitere Rollen von wertschöpfender Bedeutung. Hierzu zählen insbesondere Anbieter von Transportdienstleistungen für H₂. Diese bedienen bspw. Energieversorger, gewerbliche Verbraucher und Landwirte. Umgekehrt steht die Rolle der Anbieter von Transportdienstleistungen in Abhängigkeit zu OEMs, Anbietern von Wartungsleistungen für Wasserstoffmobilität und Betankungsdienstleistern. Anbieter von Wartungsleistungen für Wasserstoffmobilität bedienen gewerbliche und private Verbraucher und Anbieter von Transportdienstleistungen für H₂. Betankungsdienstleister benötigen H₂, H₂-Speicher und andere Technologielieferanten. Darüber hinaus agieren Tier 1-3 Lieferanten im wasserstoffbasierten Mobilitätssektor

¹⁴ Stichprobe: Crunchbase Datenbank

als Komponentenlieferanten für Antriebsstränge, Kompressoren, Motorüberwachungslösungen, H₂-Einspritzsysteme und für Technologien zur Umrüstung konventioneller diesel- und gasbetriebener Motoren. Die Tier 1-3 Lieferanten stehen somit in Abhängigkeit zu den OEMs, den Herstellern von Brennstoffzellen und den Technologielieferanten für Wasserstoffanwendungen. Umgekehrt beziehen die Lieferanten u.a. Brennstoffzellen, Technologie, Strom und Fernwärme von anderen Akteuren. Zudem können OEMs als große Abnehmer von Strom und Fernwärme agieren oder sogar selbst mit H₂ elektrische Energie erzeugen, bzw. diesen stofflich in ihren Prozessen verwenden.

Energiesektor

Der Energiesektor hat primär die Erzeugung und den Transport von Strom und Wärme zum Ziel. Mit Hilfe des verfügbaren Stroms aus erneuerbaren Energiequellen kann H₂ durch Elektrolyse aus Wasser und Sauerstoff gewonnen werden. Durch den Umstieg auf erneuerbare Energien, gelten insbesondere die saisonalen Schwankungen bei der Stromverfügbarkeit als Herausforderung für die Energieversorgung. Hier können H₂ und H₂-basierte Speichersysteme dazu beitragen, große Mengen Energie über einen langen Zeitraum zu speichern und bei Bedarf sofort zur Verfügung zu stellen. Dies kann zentral, oder auch dezentral in kleinerem Maßstab erfolgen.

Energieversorger können KWK-Systeme einsetzen, um Verbraucher zu versorgen. Erzeugte Fernwärme kann von Gebäuden oder Prozessen der Chemie-, Metall- und Elektroindustrie genutzt werden. Anbieter von KWK-Systemen benötigen wiederum Technologielieferanten. Der Transport von H₂ erfordert spezifische technische Voraussetzungen und Kompetenzen. So ist bspw. neben dem Transport von H₂ über Pipelines oder mittels Transportfahrzeugen auf Straßen, Schienen und Wasserwegen auch die Nutzung bestehender Gasleistungsinfrastrukturen denkbar. So wird derzeit mit der Möglichkeit der Beimischung von H₂ in das Gasnetz experimentiert. Hierzu müssen technische Voraussetzungen geschaffen werden, um die derzeit erlaubte Beimischquote von maximal 10% zu erhöhen. Energieversorger können Energie mit Wasserstoffgeneratoren erzeugen, oder Energiesysteme einsetzen, die die Erzeugung bis zur Speicherung integrieren, oder KWK- Systeme. Um Energie oder Fernwärme mit diesen Wasserstoffanwendungen zu erzeugen, wird H₂ verbraucht. Energieversorger könnten Verbrauchsdaten erheben. Gebäudebetreiber können als Abnehmer von Strom und Fernwärme auftreten. Gewerbliche Verbraucher können eine Energieanwendung selbst betreiben, oder Strom und Fernwärme von einem Energieversorger abnehmen.

3

Einblicke in die Wasserstoffwirtschaft in der Region Heilbronn-Franken

Einblicke in die
Wasserstoffwirtschaft in der
Region Heilbronn-Franken

3.1

Akteure und Aktivitäten in der Region Heilbronn-Franken

In der Region Heilbronn-Franken gibt es zahlreiche Akteure, für die das Thema H₂ heute oder künftig relevant sein könnte. Das H₂-Innovationslabor hat insgesamt 182 potenzielle Stakeholder aus den Bereichen Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Sonstige untersucht. Tabelle 2 zeigt, wie sich diese Stakeholder auf die generischen Rollen verteilen. Daneben ist in der Tabelle dargestellt, wie viele der Stakeholder jeweils bereits H₂-bezogene Aktivitäten vorbereiten oder durchführen. Als identifizierte Aktivitäten werden sowohl am Markt angebotene Produkte und Leistungen, laufende Projekte und Kooperationen als auch geplante Aktivitäten, die sich derzeit in einem Stadium der Vorbereitung befinden, berücksichtigt. Wie unter Kapitel 1.3 beschrieben wurden hierbei auch Akteure außerhalb der Region in Betracht gezogen, sofern diese funktional einer regionalen Wasserstoffwirtschaft zugeordnet werden können oder mit der Region verflochten sind. Dabei wurden auch einige wenige Unternehmen aufgenommen, die einen Sitz in der Region haben bzw. innerhalb der Region tätig sind, deren H₂-bezogene Aktivitäten aktuell an einem Standort außerhalb der Region umgesetzt werden. Insgesamt können 14 der 20 beschriebenen Rollen durch die identifizierten Stakeholder besetzt werden. 13 dieser Rollen können dabei von 81 Stakeholdern eingenommen werden, die bereits H₂-bezogene Aktivitäten vorbereiten oder durchführen.

Generische Rolle	Anzahl identifizierter Stakeholder		
	Aktivitäten identifiziert	Keine Aktivitäten identifiziert	Gesamt
Gewerblicher Verbraucher	8	53	61
Energieversorger	6	21	27
Keine wertschöpfende Rolle	12	14	26
Technologielieferant für Wasserstoffanwendungen	22	0	22
Tier 1-3 Lieferant	16	5	21
Berater	6	5	11
Hersteller von Wasserstoff	5	0	5
Anbieter von Transportdienstleistungen für Wasserstoff	3	1	4
Betankungsdienstleister	2	0	2
OEM	1	1	2
Anbieter von Kraft-Wärme-Kopplung-Systemen	1	0	1
Technologielieferant für Brennstoffzellenherstellung	1	0	1
Hersteller von Wasserstoffspeichern	1	0	1

Tab. 02 Anzahl identifizierter regionaler Stakeholder (absteigend sortiert nach Gesamtanzahl)

Gebäudebetreiber	0	1	1
Anbieter von Wartungsleistungen für Wasserstoffmobilität	0	0	0
Hersteller von Elektrolyseuren	0	0	0
Hersteller von Energiesystemen	0	0	0
Hersteller von Wasserstoffgeneratoren	0	0	0
Landwirtschaft	0	0	0
Hersteller von Brennstoffzellen	0	0	0

Um die Akteurslandschaft nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ einordnen zu können, wurde eine Reifegradbewertung der Stakeholder in Bezug auf die identifizierten Aktivitäten vorgenommen. Dabei wurden folgende Kriterien bewertet:

- Umsetzungsstand der identifizierten H₂-Aktivitäten (0-3 Punkte),
- identifizierte Austauschaktivitäten mit anderen Stakeholdern im Kontext von H₂ (0-1 Punkte),
- identifizierte Kooperationsaktivitäten mit anderen Stakeholdern im Kontext von H₂ (0-1 Punkte).

Maximal konnten fünf Punkte erreicht werden. Nicht aktive Stakeholder wurden von der Betrachtung ausgeschlossen. Basierend auf der Bewertung wurde der Reifegrad pro Rolle anhand des arithmetischen Mittels der Punktzahl aller zugeordneten Stakeholder bestimmt.

Abb. 07 Reifegradbewertung „aktiver“ Stakeholder



Feld 1 - Hohe Anzahl von aktiven Stakeholdern bei hohem Reifegrad:

Tier 1-3 Lieferanten sowie Technologielieferanten für Wasserstoffanwendungen sind in relativ hoher Anzahl bei gleichzeitig relativ hohem Reifegrad in der Region Heilbronn-Franken vertreten. Die aktiven **Tier 1-3 Lieferanten** sind in Bereichen wie der Entwicklung und Integration von Brennstoffzellensystemen sowie Komponenten für

Brennstoffzellen, der Entwicklung von Komponenten für Antriebssysteme und der Entwicklung von Druckbehältern, Apparaten und Komponenten für die Wasserstofftechnik aktiv. Einige Unternehmen konnten identifiziert werden, die als **Technologielieferant für Wasserstoffanwendungen** breit gefächerte Technologien für unterschiedliche Bereiche der Wasserstoffwirtschaft herstellen oder in Zukunft einen Markteintritt planen. Ein Schwerpunkt hierbei liegt in der Herstellung von Technologien und Produkten, die für die Handhabung und Nutzung von Gasen benötigt werden. Hierzu zählen die Bereiche Lüftungstechnik und Ventilatoren, Kompressoren, Armaturen, Ventile, Mess- und Regeltechnik, Niederdruckspeicher oder Temperiergeräte. Auch das Thema Sicherheit und Explosionsschutz wird durch regionale Anbieter vertreten. Daneben konnten Unternehmen identifiziert werden, die besonders auf die Herstellung von Komponenten mit behandelten Oberflächen, bspw. Bipolarplatten, Pumpen oder Filter spezialisiert sind. Weitere Bereiche sind Metallbau, Umform- und Montagetechnik und Maschinenbau für verschiedene Wasserstoffanwendungen.

Feld 2 - Geringe Anzahl von aktiven Stakeholdern bei hohem Reifegrad:

In Feld 2 sind Rollen dargestellt, die bisher von einigen wenigen aktiven Stakeholdern ausgefüllt werden können. Die Aktivitäten dieser Stakeholder weisen jedoch einen verhältnismäßig hohen Reifegrad auf, sodass diese innerhalb der Region eine Pionierrolle einnehmen.

Die im Kontext der Wasserstoffwirtschaft aktiven **Energieversorger** erzeugen grünen Strom, der für die Herstellung von Wasserstoff verwendet werden kann. Dies wird bspw. im Rahmen des Projektes H₂ORIZON im Harthäuser Wald umgesetzt, dort befindet sich der leistungstärkste Windpark Baden-Württembergs.¹⁵ Der grün erzeugte Strom in der Region wird jedoch primär zur Deckung des direkten Strombedarfs benötigt. Auch die Wärmeversorgung bzw. der Betrieb von Erdgasnetzen ist ein wichtiges Feld der Energieversorger im Kontext der Wasserstoffwirtschaft. Die Beimischung von Wasserstoff in das Erdgasnetz wird durch das Projekt „Wasserstoff-Insel“ Öhringen erprobt.¹⁶ Darüber hinaus konnten bei Energieversorgern auch Beratungsangebote für die Nutzung von Brennstoffzellenheizungen identifiziert werden.

Erste Kapazitäten in der Erzeugung von grünem Wasserstoff durch **Hersteller von Wasserstoff** wurden durch das Projekt H₂ORIZON geschaffen.¹⁷ Der im Windpark Harthäuser Wald erzeugte Strom wird vor Ort für die Wasserstofferzeugung eingesetzt. Nach aktueller Planung soll die vorhandene Erzeugungskapazität hier von bis zu 100t pro Jahr auf bis zu 280t Wasserstoff jährlich erhöht werden.¹⁸ Der erzeugte Wasserstoff dient jedoch bisher primär zur Deckung des Bedarfs für Forschungsaktivitäten. Grundsätzlich kann Wasserstoff für die Region bisher hauptsächlich von überregionalen Gashändlern bezogen werden. Daneben wurde ein Unternehmen identifiziert, das Wasserstoff als Nebenprodukt der Fluor Elektrolyse erzeugt und diesen anschließend selbst für die Energieerzeugung im Werk verbraucht.¹⁹

Betankungsdienstleister sind innerhalb der Region noch wenig vertreten, so konnte nur eine stationäre H₂-Tankstelle identifiziert werden. Diese ist in Bad Rappenau und ist

¹⁵ Vgl. ZEAG Energie AG (ohne Datum)

¹⁶ Vgl. Netze BW GmbH (ohne Datum)

¹⁷ Vgl. ZEAG Energie AG (ohne Datum)

¹⁸ Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) (2020)

¹⁹ Vgl. Solvay Fluor GmbH (2017)

bisher ausschließlich für die Betankung von PKW ausgelegt. Ein zukünftiger Einstieg regionaler Tankstellenbetreiber ist in Diskussion und eine wichtige Grundlage für Anwendungsfälle in der Mobilität. Als Hindernis für den Aufbau von H₂-Tankstellen wurde in einem Experteninterview eine Mindestabgabemenge von jährlich 25t genannt. Ergänzend ist zu erwähnen, dass der Einsatz von mobilen H₂-Tankstellen in beschränktem Umfang eine Alternative zu stationären Tankstellen darstellen kann. In diesem Feld sind Beratungs- und Entwicklungskompetenzen in der Region vorhanden.

Ein **OEM** betreibt in Neckarsulm einen großen Produktions- und Entwicklungsstandort, der Kompetenzen in der Entwicklung von Brennstoffzellenfahrzeugen bündelt. Das Werk wurde in Expertengesprächen als einer der größten Energieverbraucher der Region beschrieben. Die Reduzierung des CO₂-Ausstoßes hat hier nicht nur im Rahmen von grünem Strom einen hohen Stellenwert, auch die Nutzung von grünem Wasserstoff als Energieträger wird für diverse zukünftige Anwendungsfälle im Wärme-, Strom- und Mobilitätsbereich vor Ort diskutiert.

Ein **Anbieter von Kraft-Wärme-Kopplung-Systemen** betreibt in Langenburg einen Standort zum Vertrieb von Brennstoffzellenheizungen für Privathaushalte. Auch ein **Technologielieferant für Brennstoffzellenherstellung** mit Sitz in Weinheim ist mit der Region verbunden.

Einige Unternehmen in der Region weisen Expertise im Bereich der Speicherung von Gasen auf, sowohl im Hoch- als auch im Niederdruckbereich, bspw. für die Herstellung von Kompressoren oder zum Einsatz als Regelelemente. Diese wurden jedoch aufgrund der jeweiligen Spezifika den Rollen Tier 1-3 Lieferant und Technologielieferant für Wasserstoffanwendungen zugeordnet. Somit ist ein aktives Unternehmen mit Sitz in Schwaigern als **Hersteller von Wasserstoffspeichern** eingeordnet.

Insgesamt wurden sechs aktive Akteure identifiziert, die der Rolle **Berater** zugeordnet werden konnten. Die angebotenen Leistungen dieser Anbieter decken dabei Schulungsangebote, Dienstleistungen zur Erprobung von H₂-Technologien, Entwicklungsdienstleistungen bspw. für mobile Tankstellen und kleine Druckspeicher, sowie Beratungsleistungen für den Einsatz von Brennstoffzellenflurförderzeugen, Brennstoffzellenheizungen, die technische Gebäudeausrüstung und für energiewirtschaftliche Fragestellungen an.

Akteure, die als potenzielle Stakeholder der Wasserstoffwirtschaft identifiziert wurden, jedoch **keine wertschöpfende Rolle** einnehmen, erfüllen dennoch wichtige Funktionen. Zwölf der insgesamt 26 identifizierten regionalen Akteure sind im Kontext von H₂ aktiv. Darunter sind beispielsweise regionale Intermediäre, welche den Netzwerkaufbau vorantreiben und Veranstaltungen, wie Workshops oder den jährlichen Wasserstofftag durchführen. Die politische Förderung von Wasserstoffaktivitäten wird sowohl auf Landesebene als auch auf Landkreisebene unterstützt. Forschungsaktivitäten werden bereits seit einigen Jahren im Bereich von variablen H₂-Verbrennungsmotoren sowie im Bereich von Sicherheitsaspekten bei Elektrofahrzeugen durchgeführt, dabei werden auch Schulungen für Feuerwehren angeboten. Daneben wurde die regionale Forschungslandschaft auch durch das Konsortium des vorliegenden Projekts ergänzt.

Feld 3 - Geringe Anzahl von aktiven Stakeholdern bei geringem Reifegrad:

In Feld 3 sind Rollen dargestellt, die bisher von einigen wenigen aktiven Stakeholdern ausgefüllt werden können und einen durchschnittlich eher niedrigen Reifegrad haben. Dies begründet sich dadurch, dass die Aktivitäten sich meist in Vorbereitung befinden. Insgesamt sind in der Region 61 Unternehmen der Rolle **Gewerblicher Verbraucher** zugeordnet. Jedoch sind bisher erst acht dieser zugeordneten Unternehmen im H₂-Bereich aktiv oder treffen hierfür Vorbereitungen. Die Nutzung von Wasserstoff wird bspw. bei Mobilitätsanwendungen, wie dem Einsatz von mit wasserstoffbetriebenen Gabelstaplern, dem Betrieb von (Shuttle-)Bussen und LKW sowie für die Energieversorgung von Gebäuden bei regionalen Akteuren diskutiert.

In der Region gibt es einige wenige Logistikunternehmen, die sich als **Anbieter von Transportdienstleistungen** bereits mit dem Thema H₂ beschäftigen und zukünftig eine Rolle in der Versorgung einnehmen könnten.

Einblicke in die
Wasserstoffwirtschaft in der
Region Heilbronn-Franken

Feld 4 - Hohe Anzahl von aktiven Stakeholdern bei geringem Reifegrad:

In der Region Heilbronn-Franken gibt es keine generische Rolle, welche durch viele Stakeholder bei gleichzeitig durchschnittlich geringem Reifegrad besetzt ist. Hieraus kann geschlossen werden, dass das Thema H₂ für zahlreiche Akteure noch nicht als relevant angesehen wird, oder diese zum aktuellen Zeitpunkt ausschließlich interne Aktivitäten aufbauen, die durch die durchgeführten Erhebungen nicht identifiziert werden konnten.

Nicht vertretene Rollen im Ökosystem:

In der Region Heilbronn-Franken können sieben der 20 generischen Rollen bisher nicht durch aktive Stakeholder abgedeckt werden. Es konnte ein regionaler Gebäudebetreiber identifiziert werden, welcher künftig als Anwender für Wasserstoff in Frage kommt, jedoch bisher nicht in diesem Bereich aktiv ist. Durch keinen regionalen Stakeholder besetzt sind folgende sechs Rollen im Ökosystem:

- Anbieter von Wartungsleistungen für Wasserstoffmobilität
- Hersteller von Brennstoffzellen
- Hersteller von Elektrolyseuren
- Hersteller von Energiesystemen
- Hersteller von Wasserstoffgeneratoren
- Landwirtschaft

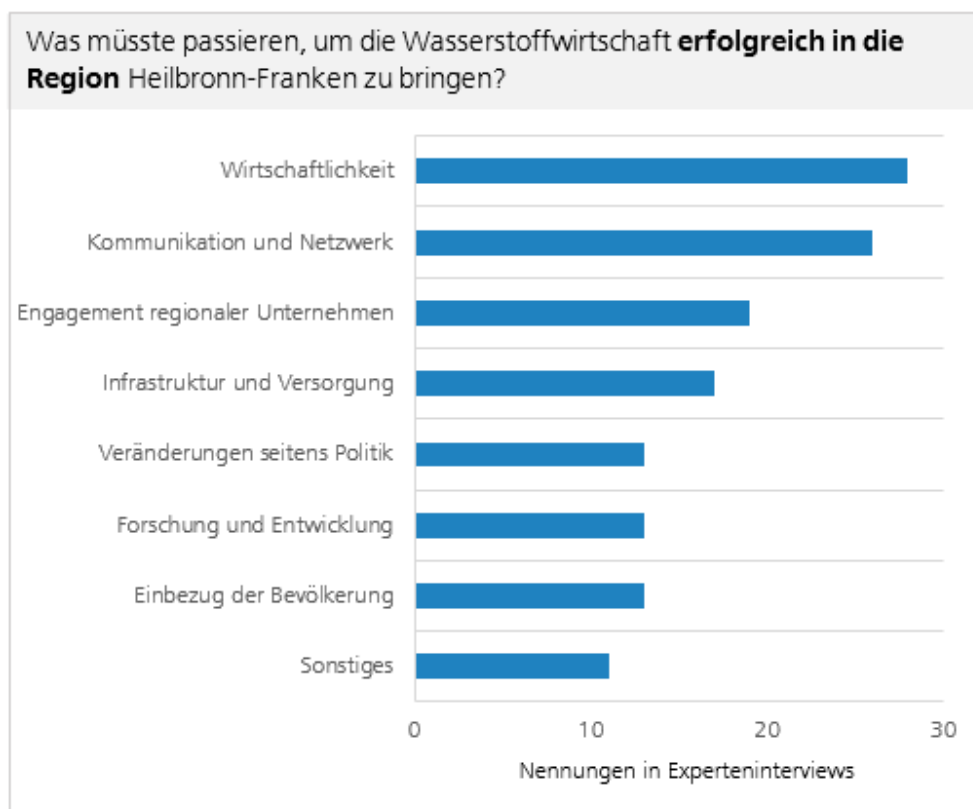
Überregionale Kooperationen können dabei helfen, mögliche Lücken im Wertschöpfungsnetzwerk zu schließen. Ebenso sind eine Intensivierung sowie der Ausbau regionaler Aktivitäten wichtig, um ein funktionierendes Ökosystem aufzubauen.

3.2 Rahmenbedingungen für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft

3.2.1 Erfolgsfaktoren einer regionalen Wasserstoffwirtschaft

Der Erfolg des Aufbaus einer regionalen Wasserstoffwirtschaft ist von verschiedenen Faktoren abhängig. In den Experteninterviews wurde deutlich, welche dies sind und an welchen Stellen Veränderungen notwendig sind.

Abb. 08 Faktoren für den
Erfolg einer regionalen
Wasserstoffwirtschaft laut
Interviewpartner



Am häufigsten genannt wurde die Notwendigkeit der **Wirtschaftlichkeit**, insbesondere wurde in diesem Zusammenhang auf eine notwendige Synchronisierung von Angebot und Nachfrage hingewiesen sowie auf den Bedarf an Fördermitteln. Als besonders hinderlich angesehen werden die hohen Investitionskosten und das damit verbundene wirtschaftliche Risiko für Unternehmen. Die Stärkung von **Kommunikation und Netzwerk** wird ebenfalls als entscheidender Erfolgsfaktor gesehen, allen voran wird hier der Bedarf regionaler Kooperationen sowie eine gemeinsame Stärkung des Themas aufgeführt. Dem **Engagement regionaler Unternehmen** wird eine besondere Bedeutung zugesprochen. Laut der Interviewpartner braucht es Unternehmen, die in Vorleistung gehen sowie die Mitarbeit von Akteuren mit überregionaler Strahlkraft, um Aufmerksamkeit zu erzeugen. Eine weitere häufig genannte Voraussetzung ist der **Infrastrukturaufbau**. Hingewiesen wird dabei u.a. auf den Ausbau eines Tankstellennetzes, die Sicherstellung der Energieversorgung sowie den Bedarf an Speicherkapazitäten. Ein in diesem Zusammenhang häufig genanntes Hindernis sind die bestehenden Schwierigkeiten beim Transport von H₂. Auch notwendige **Veränderungen seitens der Politik** wurden mehrfach genannt, besonders häufig wurde der Bedarf einer klaren politischen Positionierung sowie verlässlicher Rahmenbedingungen genannt. Im Bereich **Forschung und Entwicklung** gibt es verschiedene Themen, die in den Gesprächen

adressiert wurden, die Initiierung von Pilotprojekten sowie die Bereitstellung von Möglichkeiten zur Technologieerprobung wurden häufiger genannt. Für den regionalen Erfolg einer Wasserstoffwirtschaft sollte auch die **Bevölkerung** mit einbezogen werden, hierfür sollten H₂-Anwendungen und Use-Cases geschaffen werden, die im Alltag sichtbar sind. Fehlende Akzeptanz sowie Bedenken bei der Sicherheit im Umgang mit H₂ seien Hindernisse im Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft laut der Experten. Hervorgehoben wurde zudem mehrfach, dass eine erfolgreiche Entwicklung nicht rein regional stattfinden kann, die Region darf nicht isoliert betrachtet werden, sondern es sollten die Vorteile verschiedener Regionen vereint werden. Das zukünftige Engagement im Bereich der Wasserstoffwirtschaft hängt bei den Unternehmen insbesondere von Kunden bzw. Abnehmer für H₂-Produkte bzw. H₂ selbst, der Wirtschaftlichkeit sowie Fördermöglichkeiten ab.

3.2.2 Kompetenzaufbau und Qualifizierung

Für eine erfolgreiche Wasserstoffwirtschaft und einen sicheren Umgang mit H₂ müssen neue Kompetenzen aufgebaut und entsprechende Qualifizierungsangebote geschaffen werden. Wasserstoff wird als ein **Querschnittsthema** angesehen, welches **auf allen Ebenen der Bildung**, angefangen im Kindesalter, platziert werden sollte. Diese Angebote müssen von **Aufklärungsarbeit bis hin zu spezifischen Schulungen** reichen. Die Region Heilbronn-Franken verfügt über Bildungseinrichtungen auf allen Ebenen des Bildungssystems und hat entsprechend vielseitige Möglichkeiten für Qualifizierungsangebote.

In einem Expertengespräch wurde deutlich, dass für das Handwerk, das in der Region Heilbronn Franken mit über 12.500 Betrieben vertreten ist²⁰, insbesondere fertige und anwendbare Produkte relevant sind. Sobald Produkte am Markt verfügbar sind, ist der Wandel für Fachkräfte greifbar und es bestünde die Möglichkeit an konkreten Anwendungen neue Kompetenzen aufzubauen. Künftig bedarf es Schulungs- und Weiterbildungsangebote für Handwerkerinnen und Handwerker in jeglichen Bereichen, in denen Wasserstofftechnologien zum Einsatz kommen und kommen sollen. Zu nennen sind hier insbesondere Mechatronikerinnen und Mechatroniker für verschiedene Fahrzeugtypen sowie Fachkräfte der Sanitär-, Heizung- und Klimabranche. Über die Gespräche hinweg werden insbesondere gezielte Weiterbildungsangebote, eine Erweiterung von Ausbildungs- und Studieninhalten als zielführend angesehen. Der Bedarf neuer Ausbildungs- und Studiengänge wird derzeit weniger gesehen. In einem Gespräch wurde besonders auf den Bedarf an Schulungen im Bereich Sicherheitstechnik hingewiesen. Adressiert werden hier zum einen Fachkräfte, die künftig mit H₂ umgehen müssen und (freiwillige) Feuerwehren sowie weitere Sicherheitskräfte, die sich neue Kompetenzen aneignen müssen, um weiterhin in Notsituationen souverän handeln zu können. Die Sicherheit muss im Umgang mit H₂-Technologien gewährleistet werden und ist eine wichtige Komponente, um die Akzeptanz für den Energieträger weiter zu stärken.

3.2.3 Akzeptanz von Wasserstoff

Die gesellschaftliche Akzeptanz ist eine Grundlage für den nachhaltigen Erfolg neuer Technologieansätze.²¹ Auch regionale Akteure erkennen diese Relevanz in Bezug auf H₂ und sehen ein **prospektives Akzeptanzmanagement** als notwendig an. Dabei muss Akzeptanz auf verschiedenen Ebenen geschaffen werden. In der Literatur wird dabei zwischen sozialpolitischer Akzeptanz, Marktakzeptanz und lokaler Akzeptanz

²⁰ Vgl. Handwerkskammer Heilbronn-Franken (2021)

²¹ Vgl. Häußermann und Renno (2020)

unterschieden.²² Ebenso ist zwischen verschiedenen Zielgruppen zu unterscheiden, wie der (lokalen) Bevölkerung, Unternehmen, dem Handwerker und Endnutzern. Eine zielgruppengerechte Gestaltung und Umsetzung der Ansätze zur Schaffung von Akzeptanz sind entscheidend für deren Erfolg. Allgemein gelten Vertrauen, Kommunikation und Gerechtigkeit als wichtige Akzeptanzfaktoren.²¹ Im Projektverlauf wurden bereits erste Ideen gesammelt, wie Akzeptanz geschaffen werden kann:

- **Einbezug aller Akteure und Betroffenen** in den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft. Die Intensität der Partizipation kann in Abhängigkeit der Betroffenheit von reiner Information bis hin zu Kooperation variieren. Wichtig sind vor allem Transparenz und Gerechtigkeit in diesem Prozess.
- Einbindung von **KMU** in konkrete Projekte, denn eine **aktive Mitgestaltung** des Aufbaus einer Wasserstoffwirtschaft fördert die Akzeptanz.
- **Sichtbarkeit von Wasserstoffanwendungen** im Alltag sowie Wissensvermittlung durch persönliche Erfahrungen (z.B. H₂-Fahrzeuge im ÖPNV oder kommunale Nutzung). Dies führt zu nachhaltigen Lernerfahrungen, fördert das Vertrauen in die neue Technologie und kann Bedenken gegenüber möglichen Sicherheitsrisiken reduzieren.²³
- **Transparente Kommunikation** von Inhalten und Projektideen.
- **Zielgruppenspezifische Informationsformate und Aufklärungsarbeit**, um Chancen, Möglichkeiten und Mehrwerte von H₂ aufzuzeigen.

Diese und weitere Maßnahmen sollten frühzeitig gefördert werden, um die Risiken bei der Markteinführung zu minimieren.²³

3.2.4 Kommunikation und Netzwerk

In den Experteninterviews, beim H₂NF-Netzwerktreffen, einer ersten Veranstaltung im Rahmen des Projektes im September 2020 sowie der durchgeführten Unternehmensbefragung wurde deutlich, dass neben der Wirtschaftlichkeit die Kommunikation und das Netzwerk eine zentrale Rolle in der Entwicklung einnehmen. Der **Austausch und Wissenstransfer** zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik ist seit einiger Zeit sehr aktiv und die Bereitschaft das Thema H₂ gemeinsam voranzubringen ist gegeben. Im Projekt wurde dennoch deutlich, dass das bestehende Netzwerk gefestigt und weiter ausgebaut werden muss. Mehrheitlich wurden der Wunsch und Bedarf nach **verstärkten regionalen Kooperationen** geäußert. Dies könnte z.B. durch eine zentrale Anlaufstelle oder Organisation, die eine Vernetzung zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik vorantreibt, unterstützt werden. Beim H₂NF-Netzwerktreffen wurden Ziele einer intensiveren Zusammenarbeit gesammelt:

- Akteure zusammenführen
- Akzeptanz schaffen
- Ganzheitliche Betrachtung und Lösungen fokussieren
- Gemeinsame Sprache der verschiedenen Akteursgruppen finden
- Synergien schaffen
- Systemischen Ansatz entwickeln

Die Ergebnisse der Unternehmensbefragung zeigen, dass das Interesse an allgemeinen Informations- und Netzwerkveranstaltungen am größten ist. Themenspezifisch sind insbesondere die Bereiche Mobilität, Verkehr und Logistik, Technologieentwicklung

²² Vgl. Wüstenhagen et al. (2007)

²³ Vgl. Kaiser und Häußermann (2020)

sowie Strom- und Wärmeversorgung von Interesse. Eine gestärkte Kommunikation sollte alle Akteure des Ökosystems sowie die lokale Bevölkerung mit einbeziehen.

3.2.5 Wasserstoffbedarf

Wasserstoffbedarfe in unterschiedlichen Anwendungsfeldern sind einerseits davon abhängig, inwiefern Anwendungsfälle vor Ort existieren, andererseits jedoch von zahlreichen weiteren Einflussfaktoren, die bspw. durch technologische Entwicklungen, Trends in der Bevölkerung oder politische Vorgaben geprägt werden. Insgesamt wurde ein aktueller regionaler H₂-Verbrauch von ca. 400-500t pro Jahr identifiziert, der jedoch zu mehr als drei Vierteln für Forschungszwecke anfällt. Mit dem Aufbau neuer Anwendungsfelder könnte der regionale Wasserstoffbedarf zukünftig ansteigen.

Beispielhaft wurden für den Mobilitäts- und Stromsektor Ursache-Wirkungs-Analysen durchgeführt, die die Abhängigkeiten für den H₂-Bedarf in diesen Feldern aufzeigen:

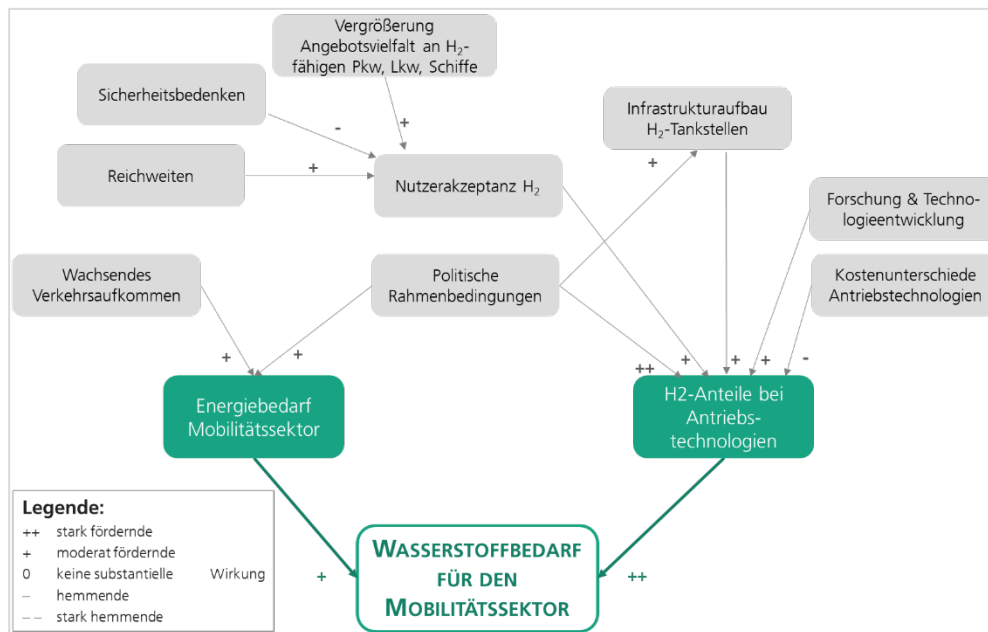


Abb. 09 Ursache-Wirkungs-Diagramm Wasserstoffbedarf für den Mobilitätssektor

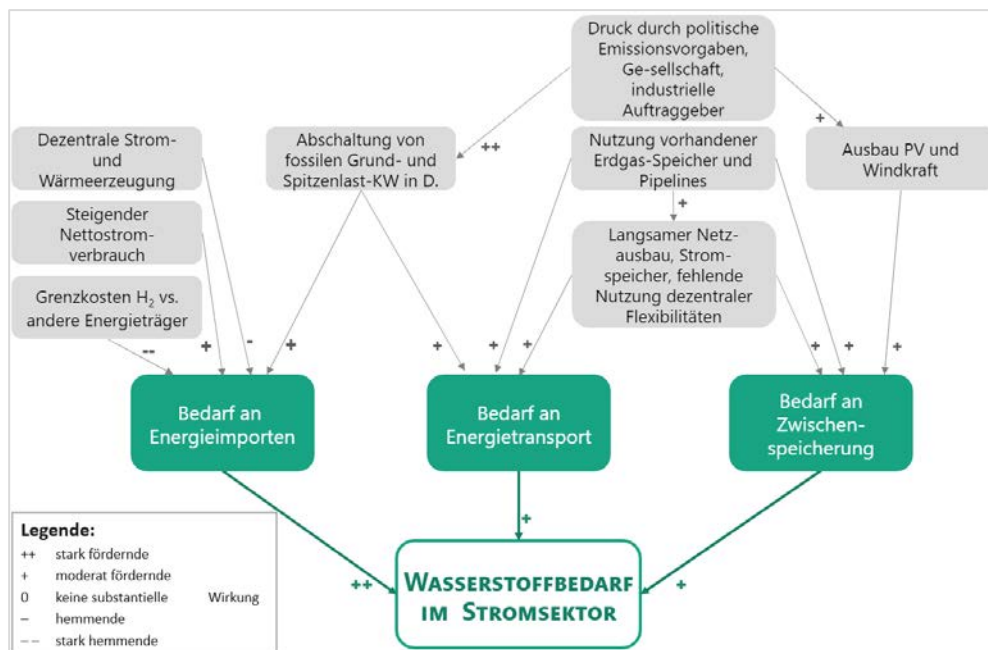


Abb. 10 Ursache-Wirkungs-Diagramm Wasserstoffbedarf für den Stromsektor

4 Benchmark und Wettbewerbsfähigkeit der Region Heilbronn-Franken

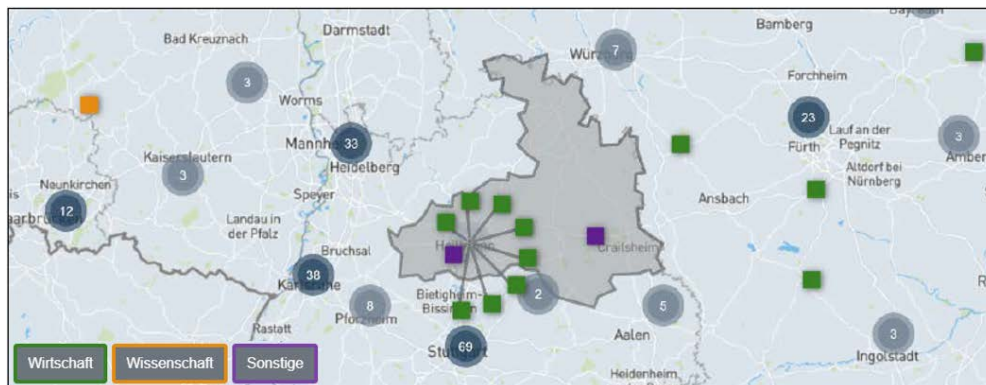
4.1 Akteurs-Netzwerke und Wasserstoff-Benchmark-Analyse

Über eine Modellierung des Wasserstoff-Ökosystems der Raumordnungs- und Planungsregion Heilbronn-Franken wird eine Verbindung zwischen aktuellen sowie potenziellen **Akteuren** und deren **Nutzungsarten** dargestellt, um zukünftige Potenziale der Region in Bezug auf Wasserstoffaktivitäten aufzuzeigen. Für eine entsprechende Bewertung der Erkenntnisse und zum Aufzeigen neuer Nutzenszenarien werden weitere, vergleichbare (Modell-)Regionen miteinander in Bezug gesetzt und hinsichtlich ihrer Forschungs- und Kooperationsaktivitäten in einer Benchmark-Analyse verglichen. Zu diesem Zweck wird ein Referenz-/Vergleichswert (Benchmark) in Form von Kennzahlen für ausgewählte Benchmark-Regionen erstellt. Mit diesen Kennzahlen wird der Vergleich von wasserstoffbezogenen Prozessen, Unternehmen, Produkten und Dienstleistungen in Bezug auf die jeweiligen Potenziale des H₂-Ökosystems möglich.

Der **Kooperationsindex InConnect** stellt Kennzahlen zur Analyse der regionalen Zusammenhänge und Besonderheiten von Forschungsk Kooperationen, aber auch für die im Vergleich der H₂-bezogenen Aktivitäten unterschiedlichen Raum- und Planungsregionen in Deutschland bereit. Auf Basis dessen können Stärken und Schwächen der Region Heilbronn-Franken im Benchmark-Test erkannt und Verbesserungspotenziale der Region für die Wasserstoffwirtschaft sichtbar gemacht werden. Der Index enthält detaillierte Daten zu Forschungsprojekten aus dem Cordis Horizon 2020 Programm und nationalen Programmen (BMBF, BMWi, BMU, BMVI). Somit werden die wesentlichen **kooperationsbasierten Forschungsaktivitäten** auf europäischer Ebene sowie auf nationaler Ebene in Deutschland abgebildet. Insbesondere fließen in den InConnect auf der Mikroebene Daten konkreter Kooperationsnetzwerke, Förderbeträge und Themen der Forschungsprojekte ein, die zu aussagekräftigen Kennzahlen zur regionalen und überregionalen Kooperationsverflechtung zusammengefasst werden.

Die identifizierten Akteure, die an nationalen und internationalen Wasserstoff-Forschungsprojekten partizipieren, werden detailliert analysiert. Ergänzend wird zu jedem Forschungsprojekt eines beteiligten Akteurs dessen Verbundpartner mit ausgewiesen, wie auch die entsprechenden Fördersummen der einzelnen Projekte. Aus den Einzelbeiträgen der Förderungen der Akteure kann in Folge die Gesamtförderung der Wasserstoffwirtschaft in der Region gewonnen und entsprechende Potenziale abgeleitet werden.

Abb. 11 Akteure in der Region Heilbronn-Franken, die in EU Horizon 2020 Projekten oder nationalen Verbund-Forschungsprojekten im Bereich Wasserstoff aktiv sind. Vorliegend am Beispiel von Audi.



Als relevante **Benchmark-Regionen** wurden vorwiegend Regionen ausgewählt, die als Raumordnungs- und Planungsregionen deklariert sind, sowie weitgehend über ähnliche Einwohnerzahlen, ein vergleichbares Bruttoinlandsprodukt (BIP) und eine vergleichbare Wirtschaftsstruktur verfügen wie die Region Heilbronn-Franken. Die so identifizierten Benchmark-Regionen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Neben den Einwohnerzahlen und dem BIP sind dort ergänzend die Anzahl nationaler Verbundprojekte (u.a. BMBF, BMWi, BMU, BMVI) und EU Horizon 2020 Projekte sowie die Verbundfördersummen der Projektpartner in der jeweiligen Region aufgeführt.

Benchmark und
Wettbewerbsfähigkeit der Region
Heilbronn-Franken

Region	Bundesland	Einwohner	Anzahl Projekte	Gesamtsumme Förderprojekte	BIP in Mrd. EUR
Heilbronn-Franken	BaWü	909.220	15	4.523.252 €	41,8 (2017)
Mittlerer Oberrhein	BaWü	1.043.766	83	44.193.472 €	48,7 (2017)
Neckar-Alb	BaWü	705.075	36	45.876.703 €	25,8 (2017)
Donau Iller	BaWü / Bayern	1.001.569	46	37.486.149 €	25,6 (2017)
Rhein-Neckar	BaWü / Hessen / RP	2.350.000	43	22.109.346 €	57,8 (2017)
Augsburg	Bayern	857.984	17	11.810.839 €	35,9 (2018)
Regierungs- bezirk Gießen	Hessen	1.048.646	13	3.370.830 €	33,5 (2016)
Mittel- thüringen	Thüringen	671.949	8	2.015.603 €	20,8 (2017)

**Tab. 03 Vergleich
ausgewählter Raumordnungs-
und Planungsregionen im
Hinblick auf geförderte H₂-
Projekte**

In der durchgeführten Benchmark-Analyse werden aussagekräftige **Einzelindikatoren** und **Kennzahlen** zu **Kooperationen** von Unternehmen, wissenschaftlichen Einrichtungen und Regionen dargestellt und quantifiziert. Über systematische Vergleiche der Kooperationsstärken verschiedener Regionen und Unternehmen werden relevante Erfolgsfaktoren identifiziert und daraus Handlungsempfehlungen abgeleitet. Die zentralen Benchmark-Ergebnisse der Analyse sind im Folgenden zusammengefasst.

Der Kooperationsmix nach Projekten (prozentualer Anteil der EU Horizon 2020 Projekte an allen berücksichtigten Forschungsprojekten in der Region) gibt Aufschluss darüber, ob die Institutionen in der Region im Bereich H₂ eher in nationalen oder internationalen Konsortien forschen. Hier liegt die Region Heilbronn-Franken mit 13,3% Anteil der EU Horizon 2020 Projekte im unteren Mittelfeld des Vergleichs. An erster Stelle liegt die Region Mittlerer Oberrhein mit 38,5%.

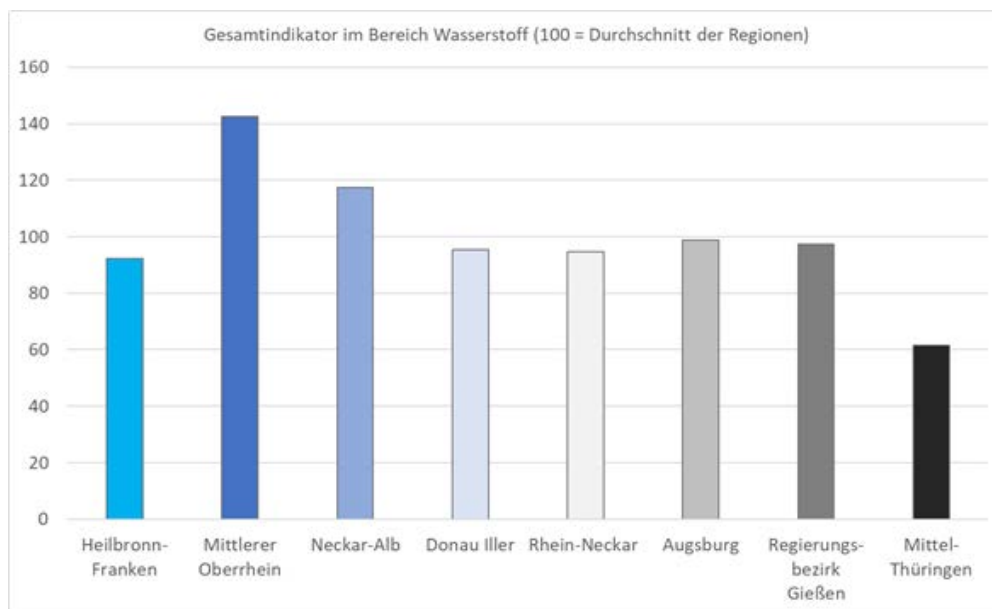
Über den **Kooperationsmix** nach Regionalität bzw. Überregionalität der Kooperationen erfolgt eine detailliertere Analyse des internationalen Charakters der Zusammenarbeit. Auch wenn in der Region Heilbronn-Franken der Anteil der analysierten Projekte vergleichsweise gering ausfällt, haben die Kooperationen der Akteure in der Region Heilbronn-Franken einen überdurchschnittlich starken internationalen Charakter: Gemessen an den Fördersummen finden 57,2% Kooperationen mit Partnern im Ausland statt. Demgegenüber weist die Region Heilbronn-Franken mit nur 12,7% den zweitniedrigsten Anteil an Fördermitteln in der gleichen Region auf, vor dem Regierungsbezirk Gießen mit nur 8,3%. Bezüglich des Anteils der Fördersummen in nationalen Forschungsprojekten im Bereich H₂ ist die Region Heilbronn-Franken im eigenen Bundesland (BaWü) stärker vernetzt als die anderen Regionen des Vergleichs: Mit 39,4% liegt die Region auf dem ersten Platz.

Die Verflechtungsstärke der Benchmark-Regionen mit Forschungspartnern wird über den **Kooperationsverflechtungsindikator** bewertet. Dieser wird über eine Analyse der Kooperationsnetzwerke ermittelt, die sich aus den Akteuren der Region, die an Forschungsprojekten mit Wasserstoffbezug beteiligt sind und den entsprechenden Partnern außerhalb der Region zusammensetzen. Die Region Heilbronn-Franken liegt sowohl hinsichtlich der Kooperationsverflechtungen innerhalb von Forschungsprojekten der Unternehmen im Bereich H₂ als auch der wissenschaftlichen Einrichtungen mit Indikatorwerten²⁴ von rund 76 und 80 deutlich unterdurchschnittlich, im unteren Drittel der Benchmark-Regionen. Deutlich stärker vernetzt sind die Regionen Neckar-Alb (Indikatorwert 187 für Verflechtungen mit Unternehmen bzw. 197 für Verflechtungen mit wiss. Einrichtungen) und Mittlerer Oberrhein (Indikatorwert 123 für Verflechtungen mit Unternehmen bzw. 85 für Verflechtungen mit wiss. Einrichtungen), die diesen Vergleich anführen.

Mittels des Anteils der Fördersummen in H₂-bezogenen Projekten an der Gesamtförderung in der Region erhält man ein Maß für die Relevanz der Forschungsprojekte im Bereich H₂ in der gesamten Forschungslandschaft der jeweiligen Region. In der Region Heilbronn-Franken spielen Forschungsprojekte im Bereich H₂ demnach mit einem Anteil von 2,3% an allen Forschungsprojekten eine noch untergeordnete Rolle, trotz des starken Engagements einzelner Akteure. Am höchsten ist der Anteil der H₂-Forschungsprojekte in den Regionen Donau-Iller (7,0%) und Neckar-Alb (7,3%), mit deutlichem Abstand gefolgt von Augsburg (4,7%) und Mittlerer Oberrhein (3,2%).

Die Kennzahlen und Einzelindikatoren werden zur Gesamteinordnung in der Benchmark-Analyse zu einem Gesamtindikator zusammengefasst, unter Berücksichtigung einer gleichbleibenden Gewichtung. Höhere Werte im Gesamtindikator bedeuten vorliegend eine starke Kooperationsverflechtung und die Aktivitäten in Forschungsprojekten im Bereich H₂, sowie eine starke Internationalisierung dieser Forschungen. Liegt der Wert dabei über 100, sind diese Eigenschaften in der jeweiligen Region überdurchschnittlich stark ausgeprägt. Der Gesamtindikator ist in Abbildung 12 dargestellt.

Abb. 12 Werte des
Gesamtindikators für jede
der Benchmark-Regionen



²⁴ Indikatorwerte > 100 bedeuten überdurchschnittliche Verflechtung, < 100 entsprechen unterdurchschnittlichen Verflechtungen im Vergleich aller Benchmark-Regionen.

Angeführt wird der Benchmark-Vergleich von den Regionen Mittlerer Oberrhein (Gesamtindikator 142) und Neckaralb (Gesamtindikator 117), die Regionen Augsburg (Gesamtindikator 99) und Regierungsbezirk Gießen (Gesamtindikator 97) folgen auf den Rängen drei und vier. Die Region Heilbronn-Franken liegt mit einem Gesamtindikator von 92 knapp hinter den Regionen Donau Iller (Gesamtindikator 96) und Rhein-Neckar (Gesamtindikator 95) auf dem vorletzten Platz, jedoch deutlich vor der Region Mittelthüringen (Gesamtindikator 71). Ausschlaggebend für die Positionierung der Region Heilbronn-Franken im unteren Bereich des Vergleichs sind insbesondere die unterdurchschnittliche Kooperationsverflechtung der in Forschungsprojekten beteiligten Akteure in der Region Heilbronn-Franken mit Partnern in anderen Regionen und der deutlich unterdurchschnittliche Stellenwert, den die Wasserstoff-Forschungsprojekte verglichen mit anderen Forschungsprojekten in der Region bisher spielen. Für eine zukünftige verbesserte Positionierung der Region hinsichtlich Kooperationsverflechtungen der in Forschungsprojekten beteiligten Akteure sowie in vorgelagerten Prozessschritten wird es zukünftig von zunehmender wettbewerbsentscheidender Relevanz für die Region sein, verstärkt Forschung in der Wasserstoffwirtschaft zu betreiben.

Benchmark und
Wettbewerbsfähigkeit der Region
Heilbronn-Franken

Insgesamt ergibt sich, dass die ausgewählten vergleichbaren Regionen in Deutschland überwiegend stärker in ihren Forschungsaktivitäten im Bereich H₂ mit anderen Regionen vernetzt sind als die Region Heilbronn-Franken. Auch sind die Forschungsaktivitäten in der Region vorwiegend national ausgerichtet. Dies zeigt, dass in der Region Heilbronn-Franken starke Einzelplayer im Bereich H₂ forschen. Um den Stellenwert der Wasserstoffforschung in der Region auch in der Breite zu stärken, kann aus den Ergebnissen als eine Handlungsempfehlung die Etablierung weiterer deutschland- und europaweit vernetzter Verbund-Forschungsprojekte mit Partnern in der Region abgeleitet werden. Damit könnten durch den entstehenden Wissenstransfer in solchen Netzwerken auch andere als die derzeit aktiven Institutionen von den Entwicklungen im Bereich H₂ direkt profitieren und so das Wasserstoff-Ökosystem in der Region Heilbronn-Franken diversifiziert und thematisch verbreitert werden. Auch eine stärkere Einbeziehung der in der Region ansässigen wissenschaftlichen Einrichtungen wie Hochschulen und Forschungsinstitute in die Aktivitäten im Bereich der Wasserstoffforschung würde das Wasserstoff-Ökosystem in der Region Heilbronn-Franken deutlich stärken, da hier abgesehen vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Lampoldshausen derzeit vorwiegend nur Unternehmen aus der Region aktiv sind. In der Folge könnte so auch der Stellenwert der Wasserstoffforschung in der Region gegenüber anderen Forschungsbereichen erhöht werden.

4.2

Untersuchung bestehender Modellregionen

H₂-Modellregionen stellen eine wichtige Referenz für die Region Heilbronn-Franken dar. Diese bieten neben den Strategien und Roadmaps auf EU-, Bundes- und Landesebene einen Überblick über wichtige Förderthemen, geben Aufschluss über die Partnerstruktur und weitere Erfolgsfaktoren. Folgende Wasserstoff-Modellregionen wurden untersucht:

Titel	Beschreibung	Anzahl Partner/Akteure
HYLAND - Wasserstoffregionen	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NIP)	25
Reallabore	Förderprogramm des BMWI zur Untersuchung von innovativen Energietechnologien unter realen Bedingungen	20

Tab. 04 Analysierte
Wasserstoff-Modellregionen

Benchmark und Wettbewerbsfähigkeit der Region Heilbronn-Franken	Modellregionen in NRW	Landesspezifische Förderprogramme zur Entwicklung von Feinkonzepten zur Einführung von H ₂ -Technologien	3
	Europäische Wasserstoff-Modellregionen	Sogenannte Hydrogen Valleys, gefördert durch die Europäische öffentlich-private Partnerschaft Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking (FCH JU)	11

Die untersuchten Modellregionen weisen einige Gemeinsamkeiten auf, die in Abbildung 13 zusammengefasst sind:

Abb. 13 Gemeinsamkeiten von Wasserstoff-Modellregionen



Für einen direkten Vergleich wurden drei HYLAND-Wasserstoffregionen betrachtet. Dabei wurde verglichen, welche generischen Rollen in den Regionen besetzt sind. **HyStarter** Regionen bilden vor Ort eine Akteurslandschaft und entwickeln gemeinsam erste Konzeptideen zu den Themen Wasserstoff und Brennstoffzellen. **HyExperts** Regionen haben erste Projekterfahrungen, diese erstellen und berechnen konkrete Projektideen für Wasserstoffkonzepte. **HyPerformer** Regionen werden in der Umsetzung von bereits bestehender regionaler Konzepte in Form von Investitionszuschüssen gefördert.²⁵

Tab. 05 Benchmark Abdeckung der generischen Rollen in Wasserstoffregionen

Rollen	HyStarter: Lausitz	HyExpert: Emsland	HyPerformer: Rhein-Neckar	Heilbronn- Franken
Anbieter von Transportdienstleistungen für Wasserstoff			●	●
Berater	●	●	●	●
Betankungsdienstleister		●	●	●

²⁵ Vgl. NOW GmbH (ohne Datum)

Energieversorger	•	•	•	•	----- Benchmark und Wettbewerbsfähigkeit der Region Heilbronn-Franken -----
Gebäudebetreiber	•			•	
Gewerblicher Verbraucher	•	•	•	•	
Hersteller von Brennstoffzellen	•	•			
Hersteller von Wasserstoff		•	•	•	
Keine Wertschöpfende Rolle	•	•	•	•	
OEM	•	•	•	•	
Technologielieferant für Wasserstoffanwendungen	•	•		•	
Tier 1-3 Lieferant		•	•	•	

Tabelle 5 zeigt auf, dass die Beispielregionen H₂-Modellregionen jeweils eine relativ ähnliche Rollenabdeckung aufweisen und bestimmte Rollen wie Berater, Energieversorger, Gewerbliche Verbraucher, OEM oder Keine Wertschöpfende Rolle in allen Regionen abgedeckt werden. Insgesamt acht generische Rollen werden in keiner der Wasserstoffregionen besetzt:

- Anbieter von Kraft-Wärme-Kopplung-Systemen
- Anbieter von Wartungsleistungen für Wasserstoffmobilität
- Hersteller von Elektrolyseuren
- Hersteller von Energiesystemen
- Hersteller von Wasserstoffgeneratoren
- Hersteller von Wasserstoffspeichern
- Landwirtschaft
- Technologielieferant für Brennstoffzellenherstellung

Hieraus wird deutlich, dass eine vollständige Abdeckung aller generischen Rollen für eine H₂-Modellregion nicht zwangsläufig essenziell ist. Die nicht abgedeckten Rollen sind in vielen Fällen Anbieter von Technologien, die extern beschafft werden können. Anwendungsfälle in der Landwirtschaft konnten in keiner der drei untersuchten Modellregionen identifiziert werden.

5 Implikationen und Thesen

5.1 SWOT-Analyse

Die Detailbetrachtung der bisherigen H₂-Aktivitäten in der Region Heilbronn-Franken hat gezeigt, dass die Region bereits viele Stärken mitbringt und Chancen geboten werden, um dort erfolgreich eine leistungsfähige Wasserstoffwirtschaft aufzubauen. Gleichzeitig gibt es jedoch auch regionale Schwächen und verschiedene von außen wirkenden Risiken, die auf diesem Weg noch reduziert oder ausgeglichen werden müssen.

Die folgende Abbildung 14 gibt einen Überblick der durch Expertengespräche und Recherchen identifizierten Stärken und Schwächen der Region in Bezug auf H₂ sowie der bestehenden Chancen und Risiken.

Abb. 14 SWOT-Analyse

Stärken	▪ Großes Interesse bei den vorhandenen Akteuren am Thema H₂ ▪ Gute Abdeckung der generischen Rollen ▪ Gute Verkehrsinfrastruktur und Verkehrsanbindung bei allen Verkehrsträgern ▪ Technologieregion mit starkem Mittelstand ▪ Umfassende Abdeckung des Bildungssektors ▪ Verschiedene Optionen zur zukünftigen Anbindung an grüne Energieversorgung	• Fehlende Betankungsmöglichkeiten • Nur wenige Erprobungsmöglichkeiten • Kapazitäten zur grünen Energieversorgung • Limitierte Möglichkeiten zum H₂-Transport • Wenig industrielle Großverbraucher von H₂	Schwächen
	• Angebot an Fördermöglichkeiten • Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit • Hoher politischer Stellenwert und Unterstützung • Klimaschutz und Image • Neue Technologien entlang der Wertschöpfungskette • Sektorenkopplung	• Fehlende Akzeptanz und vermeintliche Sicherheitslücken • Fehlende Mittel zur Projektrealisierung • Fehlende Wirtschaftlichkeit • Große Abhängigkeit von extern zugeliefertem H₂ • Möglichkeit eines politischen Strategiewechsels • Stillstand durch wechselseitige Abhängigkeit zwischen dem Aufbau von Angebot und Nachfrage • Unklare Bedingungen bei der Speicherung	
Chancen			Risiken

5.1.1 Regionale Stärken

Die Analyse der regionalen Stakeholderlandschaft hat gezeigt, dass zwei Drittel der generischen Rollen in einem Wasserstoffökosystem durch regionale Stakeholder abgedeckt werden können. Damit ist die Besetzung von Rollen in der Region mit jener in HYLAND Regionen vergleichbar. Geprägt wird die Region durch ihren starken Mittelstand, der insbesondere im produzierenden Gewerbe sehr breit aufgestellt ist. Viele dort vorhandene **technologischen Kompetenzen** können auf Produkte und

Geschäftsfelder im Bereich der Wasserstoffwirtschaft transferiert werden und bieten eine Möglichkeit am globalen H₂-Markt teilhaben zu können. Hierzu zählen z.B. die Bereiche Lüftungstechnik und Ventilatoren, Kompressoren, Armaturen, Ventile, Mess- und Regeltechnik, Niederdruckspeicher, Temperiergeräte oder auch die Themen Sicherheit und Explosionsschutz.

Eine Stärke der Region, welche auch in den Expertengesprächen mehrmals hervorgehoben wurde, sind regional bereits vorhandene Kompetenzen im Bereich der Wasserstoffwirtschaft. Besonders häufig genannt wurden die Aktivitäten des DLR in Lampoldshausen, aufgrund zahlreicher FuE-Aktivitäten, einer der größten Verbraucher von H₂ weltweit. Dieses verfügt über **jahrelange Erfahrungen im Umgang mit H₂** und unterstützt den Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft. Eine besondere Stärke sehen die Experten auch in den regionalen Energieversorgern. Diesen wird von ihren Kunden ein großes Vertrauen entgegengebracht. Dieses Vertrauen ist ein großer Vorteil, denn Vertrauen ist ein entscheidender Faktor, um die Akzeptanz technologischer Neuerungen zu erreichen. Weitere Akteure, die durch die Interviewpartner als regional besonders bedeutsam für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft eingeordnet wurden sind in folgender Tabelle aufgeführt.

Akteure*	Genannter Grund für regionale Bedeutsamkeit
Adolf Würth GmbH & Co. KG	Potenzieller Verbraucher
Audi AG	Strahlkraft / Erfahrung
Bosch Engineering GmbH	Erfahrung
csi Entwicklungstechnik GmbH	Erfahrung
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.	Erfahrung
Heilbronner Versorgungs GmbH	Vertrauen
Hochschule Heilbronn	Erfahrung
Kommunalpolitik	Engagement
Schwarz-Gruppe	Engagement / potenzieller Verbraucher
ZEAG AG	Erfahrung / Vertrauen
Hohe Anzahl von KMU (nicht explizit einzeln benannt)	Technologische Kompetenzen

Tab. 06 Häufig in Interviews genannte Akteure

* Akteure, die in Interviews von mindestens zwei Gesprächspartnern genannt wurden.

Durch die **breite Aufstellung im Bildungssektor** kann zudem der Aufbau weiterer Kompetenzen erfolgreich gelingen. Schon heute werden Wasserstoff und Wasserstofftechnologien in regionalen Bildungsangeboten thematisiert, wie bspw. in Vorlesungen der Hochschule Heilbronn. Neben der Hochschule Heilbronn sind in der Region außerdem die Duale Hochschule Baden-Württemberg sowie die TU München angesiedelt. Mit dem Heilbronner Science-Center experimenta gibt es zudem einen professionellen Anbieter um Themen der Wasserstoffwirtschaft der Bevölkerungen, angefangen im Kindesalter näherzubringen.

Positiv sind außerdem das im Projekt wahrgenommene große Interesse an der Thematik und die Bereitschaft, als Region gemeinsam das Thema H₂ voranzubringen. Regional bieten mehrere **infrastrukturelle Anbindungen**, eine gute Ausgangsbasis für die Wasserstoffwirtschaft. Zu nennen sind hier die Autobahnanschlüsse an die A6

und die A81, der Heilbronner Hafen²⁶, welcher zu den 20 größten Binnenhäfen Deutschlands zählt, sowie ein gut ausgebautes Schienennetz. Bedeutend für den Güterverkehr ist auch die Anbindung an die internationalen Flughäfen Frankfurt und Stuttgart, welche in einem Radius von maximal 150 km zu erreichen sind.

Im Energiesektor wird die Region künftig an die SuedLink-Trasse²⁷ angebunden. SuedLink wird im Norden Deutschlands produzierten grünen Strom in die Verbraucherzentren im Süden transportieren. Dieser Anschluss kann den steigenden Bedarf an grünem Strom decken, denn die regional vorhandenen Kapazitäten zur Produktion von grünem Strom sind beschränkt. Regional produzierter Strom kann teilweise ebenfalls zur Herstellung von H₂ genutzt werden, dieser wird jedoch nur den Bedarf für erste Pilotprojekte und kleine Anwendungsfälle decken können.

5.1.2 Regionale Schwächen

Für den Einsatz von H₂ im Mobilitätssektor braucht es ein ausgebautes **Betankungsnetzwerk**, welches für private und gewerbliche Verbraucher diskriminierungsfrei zugänglich ist. Ein solches fehlt derzeit noch in der Region. Dieser Schwäche muss zeitnah begegnet werden, um den Umstieg auf Wasserstofffahrzeuge für regionale Anwender attraktiv zu machen. Eine weitere Schwäche sind die kaum vorhandenen **Erprobungsmöglichkeiten** für H₂ und Wasserstoffanwendungen in der Region. Über bereits gestellte größere Förderanträge soll diese Schwäche der Region mit Blick auf die Zukunft abgemildert werden.

Die **Kapazitäten zur grünen Energieversorgung** und somit Ressourcen zur Erzeugung von grünem Wasserstoff sind regional begrenzt. Mit steigendem Bedarf an H₂ wird der Import von Wasserstoff oder grünem Strom notwendig. Eine weitere Schwäche in diesem Zusammenhang sind die **limitierten Möglichkeiten zum H₂-Transport**. Gelingt es nicht, die Region an das geplante europäische H₂-Pipelinennetz anzuschließen, muss der H₂-Import mit anderen Verkehrsmitteln erfolgen. Hierfür müssen die erforderlichen Kapazitäten (Infrastruktur und Fahrzeuge) zur Verfügung stehen. Für den Transport von z.B. flüssigem H₂ werden spezielle Trailer benötigt, die nicht uneingeschränkt zur Verfügung stehen. Idealerweise sollte H₂ zudem CO₂-neutral transportiert werden. Speziell im LKW-Bereich auf der letzten und vorletzten Meile fehlt es hierfür derzeit noch an großserienfähigen Angeboten.

Zudem haben sich in der Region nur **wenige potenzielle industrielle H₂-Großverbraucher** angesiedelt, wie die Papier-, Zellstoff- oder Zementherstellung²⁸ mit einem hohem Bedarf an Prozesswärme. Auch direkte Wasserstoffverbraucher wie Unternehmen der Stahlindustrie oder Raffinerien gibt es nur wenige.

5.1.3 Regionale Chancen

Die Verabschiedung der Nationalen Wasserstoffstrategie sowie die Bekanntmachung verschiedener Förderprogramme, zeigt, welch **hohen Stellenwert** der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft aktuell in Deutschland hat. Geschaffene Möglichkeiten zur Förderung von Aktivitäten im Bereich H₂, bieten eine große Chance den Aufbau erfolgreich zu gestalten. Durch Fördergelder kann dem aktuell bestehenden Problem der fehlenden Wirtschaftlichkeit entgegengewirkt werden und ein erfolgreicher Markthochlauf in der Region gelingen. Eine weitere Chance bieten neue Technologien entlang der Wertschöpfungskette. Neue Erzeugungs-, Speicher- oder Transportmöglichkeiten machen den Einsatz von H₂ für neue Anwender attraktiv. Gleichzeitig bieten die Entwicklung sowie Produktion neuer Technologien für regionale

²⁶ Vgl. Stadt Heilbronn (ohne Datum)

²⁷ Vgl. TransnetBW GmbH (ohne Datum)

²⁸ Vgl. Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2020b)

Unternehmen, die Möglichkeit neue Geschäftsfelder zu erschließen. Durch eine regionale Beteiligung am aufkommenden H₂-Markt kann die **wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit** insbesondere der produzierenden Unternehmen erhalten bleiben.

Die **Sektorenkopplung** ist eine wichtige Säule der Energiewende. Ein wesentliches Element der Sektorenkopplung ist die Nutzung von H₂ zur (Zwischen-)Speicherung von Energie (Power-to-X), welche eine Flexibilisierung des Versorgungssystems ermöglicht.²⁹ Durch die Kopplung verschiedener Sektoren, z.B. Strom, Wärme und Verkehr, können **Synergieeffekte** geschaffen werden, welche auch regional ein großes Potenzial für den Aufbau eines H₂-Marktes bieten.

5.1.4 Regionale Risiken

Um Einstieg und Markthochlauf in der Wasserstoffwirtschaft gut zu bewältigen, müssen **parallel Angebot und Nachfrage stimuliert** werden. Gerät dies aus dem Gleichgewicht, besteht die Gefahr eines Stillstandes und der Markthochlauf gerät ins Stocken. Ein besonderes Risiko für den Markthochlauf ist daher ein **Fehlen von Akzeptanz sowie Sicherheitsbedenken** in Gesellschaft, Politik und Wirtschaft. Investitionen werden dann nicht getätigt und H₂ nicht als neuer Energieträger angenommen.

Nicht alle Unternehmen in der Region interessieren sich derzeit für H₂ als Energieträger. Dies kann entweder aufgrund eines nicht identifizierten Bedarfs sein, weil Informationen darüber fehlen, wo H₂ sinnvoll eingesetzt werden kann, oder weil tatsächlich kein Bedarf besteht. Ein anderer wesentlicher Grund ist die **fehlende Wirtschaftlichkeit** bzw. der noch zu hohe Preis von H₂. Derzeit sind nur wenige Elektrolyseverfahren vorhanden, die eine H₂-Erzeugung in kleinem Maßstab von <10 MW zu Kosten von 5-8 €/kg ermöglichen. Für eine großflächige Versorgung sind zukünftig Anlagen >100 MW nötig, mit denen die Kosten auf <3 €/kg gesenkt werden können.³⁰ Auch der Preis für die verfügbaren, marktreifen Wasserstofftechnologien wird noch als zu hoch angesehen.³¹ Die **Investitionskosten** für Projekte im Bereich der Wasserstoffwirtschaft sind aktuell sehr hoch und können meist nicht von den Unternehmen, insbesondere nicht von KMU, getragen werden. Hier braucht es einerseits staatlicher Unterstützung durch **Förderungen**, sowie andererseits Regularien, die eine Nutzung von nicht regenerativen Brennstoffen weniger attraktiv machen. In den Experteninterviews wurde das Ausbleiben von Fördermitteln als eines der größten Hindernisse im Aufbau der Wasserstoffwirtschaft wahrgenommen. Ein weiteres Risiko für Unternehmen ist ein möglicher **Strategiewechsel der Regierung** in Richtung eines anderen Energieträgers. Getätigte Investitionen würden sich nicht auszahlen und stellen somit ein hohes finanzielles Risiko dar. Bei steigendem Wasserstoffbedarf ist die Region **abhängig von extern zugeliefertem H₂ oder extern zugelieferter grüner Energie und Wasser** für die Nutzung von Elektrolyseuren. Anfallende Kosten für Infrastrukturaufbau und Transport bergen unbekannte Preisrisiken. Unabhängig, ob der H₂ letztlich importiert oder dezentral regional erzeugt wird, ist es notwendig den **Wasserstoff speichern** zu können, um z.B. saisonale Schwankungen abzufangen. Hierfür fehlt es derzeit an Zusagen, wo und wie verlässlich leistungsfähige Speichermöglichkeiten und Speicherkapazitäten in der Region geschaffen werden können. Ob Langzeitspeichermöglichkeiten benötigt werden, da z.B. eine Versorgung per Pipeline Just-in-Time nicht garantiert werden kann ist noch nicht erörtert. Laut einer Studie aus dem Jahr 2014 sind die Salzkavernen im Süden Deutschlands nicht für die Speicherung von H₂ geeignet, da diese die

²⁹ Vgl. DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (ohne Datum)

³⁰ Vgl. Hydrogen Council (2020)

³¹ Vgl. Hydrogen Europe (2020)

Mindestmächtigkeit von 200 m nicht erreichen.³² So weisen die Salzkavernen in Heilbronn nur eine Mächtigkeit von bis zu 60 m auf.³³ Selbst bei der Endlagermöglichkeit ist die Mächtigkeit und die Tiefe in den Salzkavernen von Heilbronn nicht gegeben. Bis 2031 sind seitens der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) über- und untertägige Erkundungen geplant, um die Standortregionen der ermittelten Teilgebiete auf ihre Mindestanforderungen zu überprüfen. Auf Grundlage der Erkundungen wird eine Standortentscheidung für eine Endlagerung seitens der Politik getroffen, um den Betrieb bis zum Jahr 2050 aufzunehmen.³⁴

5.2 Implikationen für die Region Heilbronn-Franken

Die nachfolgenden Implikationen der durchgeführten Projektarbeiten wurden aus allen vorangegangenen Analysen und Ökosystemmodellen, Interviews, Befragungen und dem H₂NF-Netzwerktreffen heraus entwickelt. Diese bilden die Ergebnisbausteine. In ihnen ergänzen sich das generische H₂-Wertschöpfungsnetzwerk und das H₂-Ökosystemmodell mit der SWOT-Analyse wechselseitig und mit konkretem regionalem Bezug. Die Benchmarking-Analyse und die Analyse der aktiven Projekte in der Region haben dabei wichtige Faktoren aufgezeigt, die für eine funktionierende Wasserstoffwirtschaft notwendig sind.

5.2.1 Maßnahmen zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft

Aus den Zwischenergebnissen des H₂-Innovationslabors, insbesondere aus der Struktur von H₂-Ökosystemen und deren bisheriger Umsetzung in der Region Heilbronn-Franken wurden in iterativen internen Workshops zehn Thesen zur Weiterentwicklung der H₂-Wirtschaft in der Region Heilbronn-Franken entwickelt. Dabei wurden zentrale Aussagen aus den Experteninterviews themenspezifisch geclustert, mit weiteren Projektergebnissen aus Recherchen und der Ökosystem-Modellierung abgeglichen und diskutiert. Daraus wurden die zehn Thesen abgeleitet und anschließend im Steuerkreis (Board) des Projekts validiert. Diese Thesen bilden die inhaltliche Grundlage konkreter Maßnahmenvorschläge, die sich hieran anschließen bzw. hierauf aufbauen.

Tab. 07 Thesen zur Wasserstoffwirtschaft in Heilbronn-Franken

Nr.	These
1	Regulatorische Rahmenbedingungen sowie eine zuverlässige strategische Ausrichtung der Politik müssen vor allem während des Markthochlaufs wirksam die Mechanismen des freien Marktes ergänzen. Sie garantieren einen frühen wirtschaftlichen Einsatz von H ₂ und geben Planungssicherheit.
2	Die vorhandenen technologischen Fähigkeiten in der Region sind ein guter Ausgangspunkt, für die Region, um an der globalen H ₂ -bezogenen Wertschöpfung zu partizipieren. Diese müssen aber in den nächsten fünf Jahren weiter ausgebaut werden.
3	Eine regionale Mindestnachfrage nach H₂ muss durch große Energieverbraucher, Mobilitätsanbieter und innovationsmutige Unternehmen entstehen, damit eine Auflösung des „Henne-Ei-Problems“ möglich wird.
4	Eine flächendeckende, wirtschaftliche Versorgung mit H ₂ wird über externe Kooperationen und Anbindungen , bspw. über eine Pipeline, die Neckarschifffahrt

³² Vgl. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (2014)
³³ Vgl. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (2016)
³⁴ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2020)

oder das Schienennetz gelingen. Lokale Stromerzeugung und dezentrale H₂-Erzeugung ergänzen diese und können die Grundlage für erste bzw. kleine Anwendungsfälle sein.

Implikationen und Thesen

- 5 Die Potenziale von H₂ müssen zukünftig deutlich besser vermarktet werden. Hierfür sind **zentrale Kommunikationsplattformen, Veranstaltungen und PR-Aktivitäten** zur Steigerung der Akzeptanz nötig.
 - 6 Möglichst viele potenzielle – größere und kleinere – **Stakeholder müssen Teil der Wasserstoffwirtschaft** werden. Sonst wird der Schritt zur H₂-Region nicht gelingen.
 - 7 Die Region muss **Kapazitäten zur Erprobung von H₂-Technologien aufbauen** und H₂-Reallabore aktiv unterstützen, um Erfahrungen in der Handhabung und Nutzung von H₂ zu vertiefen.
 - 8 Die Region bündelt zahlreiche Akteure, die ein weitreichendes **H₂-Know-how** besitzen und dieses weiter ausbauen können. Der Aufbau von Angeboten zur Förderung von **Wissenstransfer** und **Co-Innovation** bietet die Chance auf ein Alleinstellungsmerkmal für die Region.
 - 9 Aufgrund des identifizierten Bedarfs der regionalen Wirtschaft, der guten Verkehrsanbindung sowie der vorhandenen Kompetenzen und Forschungsaktivitäten hat die Region Heilbronn-Franken das Potenzial, zukünftig zu einem **Kompetenzzentrum für H₂-Logistik** zu werden.
 - 10 Es sollte rasch eine **zentrale Anlaufstelle** geschaffen werden, die inhaltlich das Thema Wasserstoff in allen Bereichen der Region koordiniert und vorantreibt und durch entsprechende Vernetzungen alle Akteure in der Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zusammenbringt.
-

Die nachfolgend vorgeschlagenen Maßnahmen sind Beispiele für eine zukünftige Nutzung von H₂ in der Region Heilbronn-Franken, die basierend auf den Projektergebnissen als grundsätzlich geeignet für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft bewertet werden. Sie lassen sich den Feldern „Stärkung der H₂-Öffentlichkeitsarbeit“, „Förderung der regionalen Transformation“, „Aufbau einer H₂-Versorgung“ und „Aufbau anwendungsbezogener H₂-Ökosysteme“ zuordnen. Die Maßnahmen können regional oder überregional sein. Sie sind mögliche Antworten auf die Thesen und können in einem oder in mehreren Anwendungsfällen umgesetzt werden.

Tab. 08 Vorgeschlagene Maßnahmen und Handlungsempfehlungen für die Region Heilbronn-Franken

Stärkung der H ₂ -Öffentlichkeitsarbeit				
Nr.	Titel	Beschreibung und Mehrwert	Umsetzung	Komplexität
1	H ₂ -PR-Kampagne	Kampagne, die verschiedene Aktivitäten bündelt, um Akzeptanz von H₂ in der Bevölkerung zu stärken	< 2 Jahre	gering
2	Digitale H ₂ -Plattform (Maßnahme der H ₂ -Organisationseinheit)	- Unterstützung der Vernetzung der regionalen H₂-Akteure - Zentralisierung von verschiedenen regionalen Themen zu H₂ - Beispiele: Newsfeed mit Pressemitteilungen über H₂-Aktivitäten aller Akteure in der Region, Veranstaltungen, Förderausschreibungen, Angebote	< 2 Jahre	gering
Förderung der regionalen Transformation				
Nr.	Titel	Beschreibung und Mehrwert	Umsetzung	Komplexität
3	H ₂ -Organisationseinheit	- Eine zentrale Stelle, die alle Wasserstoffaktivitäten in der Region koordiniert - Bündelung aller regionaler Interessen zum Thema H₂ - Professionalisierung des Themas durch einen zentralen Ansprechpartner	< 2 Jahre	gering
4	H ₂ -Schulungszentrum (physisch/ virtuell)	- Errichtung eines virtuellen oder physischen Schulungszentrums zur Bündelung und Vermittlung von H₂-bezogenem Praxiswissen - Unterstützt die professionelle Qualifizierung im H₂-Bereich	2 – 5 Jahre	mittel
5	H ₂ im Handwerk	- Zusammenführung regionaler Akteure und deren Interessen für konkrete Transferbeispiele im Handwerk - Transparenz und Vernetzung werden gefördert	2 – 5 Jahre	mittel
Aufbau einer H ₂ -Versorgung				
Nr.	Titel	Beschreibung und Mehrwert	Umsetzung	Komplexität
6	Energieerzeugung und grüner H ₂	- Förderung von CO₂-neutraler Energieerzeugung und grünem H₂ - Erörterung von Importmöglichkeiten von H₂ und Aufbau von Partnerschaften	< 2 Jahre	mittel
7	H ₂ -Erzeugung in Großgartach/ Kupferzell	Nutzung eines Teils des grünen Stroms durch die SuedLink-Verbindung für die Erzeugung von H₂ per Elektrolyse	> 5 Jahre	sehr hoch

8	Betankungsnetzwerk	- Aufbau mindestens einer zweiten zentralen H₂-Tankstelle in der Region für PKW sowie Nutzfahrzeuge - Dies könnte auch eine mobile Tankstelle sein oder eine Tankstelle in Verbindung mit einem Anwendungsfall der Wasserstoffherzeugung	2 – 5 Jahre	hoch
9	Anschluss an H ₂ -Pipelinennetz	Anschluss der Region an ein H₂-Pipelinennetz (z.B. der „EU-H₂-Backbone“-Initiative), um die Versorgung mit H₂ zu sichern (direkter Anschluss an Pipeline oder Last-Mile-Versorgung vom nächstgelegenen Anschluss aus)	> 5 Jahre	sehr hoch

Aufbau anwendungsbezogener H₂-Ökosysteme

Nr.	Titel	Beschreibung und Mehrwert	Umsetzung	Komplexität
10	H ₂ -Hafen	- Aufbau eines Nukleus für ein H₂-Ökosystem durch Erzeugung, Speicherung, Umschlag und Verteilung von H₂ - Verknüpfung der Transportwege Wasser, Schiene und Straße	> 5 Jahre	sehr hoch
11	H ₂ -Logistikkompetenzzentrum	- Alleinstellungsmerkmal der Region - Erweiterung der Logistikkompetenz auf den Transport und Umschlag von H₂ - Showcase H₂-Flurförderfahrzeuge - Erstellung von Logistik- und Mobilitätskonzepten zu H₂ sowie deren Umsetzung	2 – 5 Jahre	mittel
12	H ₂ am Campus	- Aufbau verschiedener Anwendungsfälle an einem Campus, beispielsweise dem Bildungscampus in Heilbronn, ähnlich zur H₂-Quartiersversorgung (CO₂-Neutralität des Campus) - Möglichkeiten zur Erprobung von Wasserstoffanwendungen für einen Studiengang/ Forschungsbereich schaffen	2 – 5 Jahre	hoch
13	H ₂ -Quartier	Aufbau von Wärme- und/ oder Stromversorgung durch H₂ in einem geschlossenen Kreislauf eines Quartiers	> 5 Jahre	sehr hoch
14	H ₂ -Gewerbegebäude	- Versorgung von Gewerbegebäuden durch lokale Wärme- und Stromerzeugung mit H₂ - Beispiele: Einzelhandelsfilialen, große Logistikzentren inkl. H₂-Tankstelle	2 – 5 Jahre	hoch
15	H ₂ -Notstromversorgung	Nutzung von Brennstoffzellen-Notstromaggregaten bei großen Rechenzentren oder in Krankenhäusern etc.	2 – 5 Jahre	mittel
16	Mobilität ÖPNV	Einsatz von wasserstoffbetriebenen Bussen im ÖPNV besonders bei Strecken, bei denen sich rein elektrisch betriebene Fahrzeuge nicht eignen	2 – 5 Jahre	hoch

17	Mobilität Schwerlastverkehr	• Anschaffung und Betreibung einer LKW-Flotte für bestimmte ermittelte Routen • Beispiel: Einzelhandelsunternehmen mit Logistikdienstleister	2 – 5 Jahre	hoch
18	Produktions-/ Fabrikstraßen mit H ₂	• Realisation von Energie- und Prozesswärmeversorgung von Produktionsstraßen durch H ₂ für das produzierende Gewerbe, um CO ₂ -Neutralität in der Produktion zu erreichen	> 5 Jahre	sehr hoch

Projekte, die im Rahmen des landesweiten Wettbewerbs RegioWIN durch regionale Konsortien eingereicht wurden, sind im Folgenden separat aufgelistet. Diese sind bereits in einem fortgeschrittenen Stadium der Konzipierung und nicht direkte Vorschläge aus dem H₂-Innovationslabor:

Tab. 09 RegioWIN Projekte

Projekttitel	Zuordnung zu Handlungsempfehlung
Hydrogen Hub (RegioWIN), Leuchtturmprojekt	Förderung der regionalen Transformation
HyFirst (RegioWIN)	Aufbau anwendungsbezogener H ₂ -Ökosysteme
SATURN (RegioWIN)	Aufbau anwendungsbezogener H ₂ -Ökosysteme
H ₂ -Fast Lane (RegioWIN)	Aufbau anwendungsbezogener H ₂ -Ökosysteme

5.2.2 Umsetzungspfad

Für den Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft bzw. einer Wasserstoff-(Modell-)Region sind verschiedene Ansätze und Kombinationen aus den vorgeschlagenen Maßnahmen und Anwendungsfällen denkbar. Hierbei gibt es jedoch Abhängigkeiten, die bei der Beurteilung der Machbarkeit einer Umsetzung zu berücksichtigen sind. Insbesondere muss bei der Realisierung von Anwendungsfällen die Versorgung mit einer ausreichenden Menge an H_2 sichergestellt werden. Weiterhin kann es sinnvoll sein, verschiedene Anwendungsfälle zur Nutzung von Synergieeffekten miteinander zu verknüpfen.

Der nachfolgend skizzierte **Umsetzungspfad** baut auf der Verfügbarkeit von Fördergeldern und Förderprogrammen für den Aufbau einer regionalen Wasserstoffwirtschaft auf. Es wird also davon ausgegangen, dass die Region Heilbronn-Franken entsprechende Fördermittel für alle berücksichtigten H_2 -Projekte erhält. Anpassungen der zentralen Rahmenbedingungen für die Herstellung und Nutzung von H_2 , bspw. eine Reformierung der EEG-Umlage begünstigen die Umsetzung zusätzlich. Die Fehlbedarfsfinanzierung von frühen Wasserstoffanwendungen kann so einen Pfad begründen, welcher für Wirtschaft, Wissenschaft und Politik gangbar wird. Dabei ist es wichtig, dass alle drei Gruppen von Akteuren – möglichst im Verbund – adressiert werden: An fast allen H_2 -Anwendungsfällen bzw. auf den meisten Handlungsfeldern beim Aufbau einer H_2 -Wirtschaft sind alle drei Akteure beteiligt und ergänzen sich.

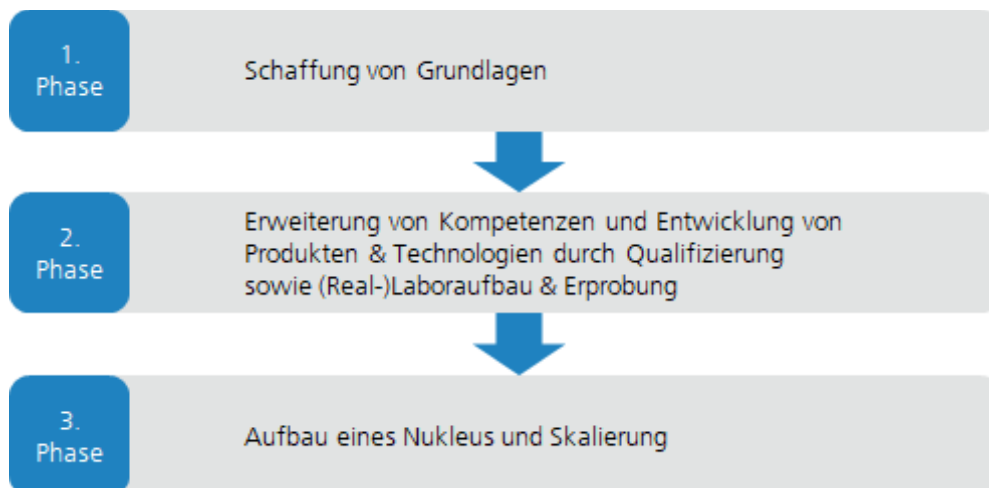


Abb. 15 Phasen des Aufbaus einer Wasserstoffwirtschaft mit Fördermitteln

Phase 1: In der ersten Phase ist die Schaffung verschiedener Grundlagen für eine regionale Wasserstoffwirtschaft wesentlich. Es geht darum detaillierte Konzepte zur Versorgung mit H_2 und zur Nutzung von H_2 in Pilotbereichen zu erstellen. Das Angebot und die Nachfrage müssen dabei möglichst parallel geschaffen werden. Gleichzeitig sind Kommunikation und Vernetzung rund um H_2 weiter auszubauen. Dies kann durch eine H_2 -Organisationseinheit erfolgen, die von Beginn an verschiedene Angebote zur Verfügung stellt. Diese Angebote können von einer Vernetzungsplattform über Schulungsangebote bis hin zu virtuellen und physischen Events und Workshops reichen. Unbedingt sollte aber eine H_2 -PR-Kampagne Teil der Aktivitäten sein, um die Visibilität von H_2 in der Gesellschaft zu erhöhen und hierdurch eine gewisse Grundakzeptanz zu schaffen. Folgende Maßnahmen bzw. Maßnahmenbestandteile werden folglich in den nächsten zwei Jahren zur Umsetzung empfohlen:

- Aufbau einer H_2 -Organisationseinheit
- Schaffung digitaler Schulungsangebote
- Umsetzung erster Maßnahmen einer H_2 -PR-Kampagne
- Aufbau einer H_2 -Tankstelle für Nutzfahrzeuge
- Aufbau eines Elektrolyseurs

Als räumlicher Startpunkt für die konkreten Anwendungen und für die Versorgung eignet sich ein gefördertes Verbundprojekt an einem zentralen, logistisch gut gelegenen Ausgangspunkt wie z.B. dem Heilbronner Hafen. Er kann zur Grundlage für ein H₂-Ökosystem werden. Dort bietet es sich an Kapazitäten zur Erzeugung und Versorgung mit grünem Strom zu schaffen, indem ein Elektrolyseur installiert wird und die Möglichkeiten zum Empfang von H₂ (z.B. per Schiffsumschlag) geschaffen werden. Eine Tankstelle für Nutzfahrzeuge wie z.B. LKW und Busse vor Ort könnte gleichzeitig zur Grundlage für potenzielle H₂-Anwendungsfälle im Bereich der Mobilität werden. Um den Verbrauch von H₂ anzukurbeln, sollte parallel ein erster Schritt in Richtung Reallabora- und Erprobung, Entwicklung von Produkten und Technologien sowie Qualifizierungsmaßnahmen erfolgen.

Phase 2: Die ersten H₂-Angebote in der Region sind dann in der zweiten Phase durch Erweiterung von Kompetenzen und die Entwicklung von Produkten und Technologien durch Qualifizierung und Reallaborbetrieb und Erprobung auszubauen. Im Zuge des Wettbewerbs RegioWIN wurden z.B. bereits einige Projekte konzipiert, die sich eignen, die Nachfrage nach H₂ zu erhöhen. Dabei sollen beispielsweise ein Forschungs- und Erprobungszentrum ermöglicht und ein H₂-Ökosystem rund um das Werksgelände eines produzierenden Unternehmens aufgebaut werden. Insgesamt eignen sich folgende Anwendungsfälle und Maßnahmen, um entweder aufgrund einer beherrschbaren Komplexität oder eines bereits weit fortgeschrittenen Planungsstands in den nächsten 2-5 Jahren zur Umsetzung zu gelangen:

- H₂-Logistikkompetenzzentrum HNF
- H₂-Schulungszentrum physisch oder virtuell
- H₂ im Handwerk
- H₂-Notstromversorgung
- RegioWIN Projekte: Hydrogen Hub, HyFirst, SATURN, und H₂-Fast Lane

Die folgenden Maßnahmen und Anwendungsfälle weisen eine eher hohe Komplexität und sind bisher nicht im Rahmen von Projektideen in Konzeption. Dennoch werden auch diese im Rahmen einer umfangreichen Förderung grundsätzlich als umsetzbar in den nächsten 2-5 Jahren eingeschätzt:

- Schaffung von Anwendungsfällen im Bereich ÖPNV (z.B. Projekt SATURN)
- Schaffung von Anwendungsfällen im Bereich Schwerlastverkehr
- Entwicklung eines H₂-Gewerbegebäudes
- Aufbau eines Betankungsnetzwerks
- Entwicklung von Anwendungsfällen mit H₂ am Campus

Alle genannten Projekte können mit kleineren Flotten bzw. Anwendungen oder Tankstellen begonnen werden, welche dann sukzessive ausgebaut werden.

Phase 3: In der dritten Phase, der Skalierung, liegen die Projekte mit der höchsten Komplexität und längsten Umsetzungszeit. Außerdem wird hier auch verstärkt auf den H₂-Import bzw. die Anbindung an überregionale Erzeugungsmöglichkeiten geachtet, da die zur Durchführung der Anwendungsfälle benötigten notwendigen Mengen an H₂ sprunghaft ansteigen werden, und voraussichtlich nicht mehr vollumfänglich dezentral in der Region erzeugt werden können. Die dritte Phase beinhaltet folgende Anwendungsfälle und Maßnahmen:

- Aufbau einer leistungsfähigen dezentralen H₂-Erzeugung in der Region, z.B. in der Nähe regenerativer Energiequellen
- Anschluss der Region an ein geplantes H₂-Pipelinennetz
- Ausbau des H₂-Hafens Heilbronn
- Aufbau eines H₂-Quartiers
- Aufbau von H₂-Produktions-/ Fabrikstraßen

Sowohl auf EU-Ebene, sowie auch national und auf Landesebene wurden Wasserstoffstrategien und Roadmaps erstellt, die mit zahlreichen Förderprogrammen

direkt oder indirekt verknüpft sind. Die in diesem Bericht entwickelten Maßnahmen sollen in der Region Heilbronn-Franken umgesetzt und als Beitrag zur Erreichung der Klimaziele genutzt werden. Durch die Investition in H₂ neben anderen Technologien garantiert sich die Region Technologieoffenheit und sie verpasst nicht den Anschluss an den Energieträger H₂.

6

Fazit und Ausblick

6.1

Reflexion des Projekts und erste Erfolge aus den Projektaktivitäten

Das zentrale Ziel des Projektes war es, eine Grundlage für zukünftige Aktivitäten und Bewerbungen auf Förderausschreibungen im Bereich H₂ zu schaffen und somit die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft in der Region Heilbronn-Franken aktiv zu unterstützen. Die durchgeführten Erhebungen und Analysen, sowie die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen zeigen hierfür konkrete Potenziale und Ansätze auf. Sie können und sollten nach Projektabschluss weiter vertieft und umgesetzt werden. Aus Sicht des Projektkonsortiums konnten dabei bereits im Zuge der Projektdurchführung erste Beiträge geleistet werden, die den Aufbau regionaler H₂-Aktivitäten begünstigen:

1. Unterstützung des regionalen Netzwerkaufbaus sowie Vermittlung und Kommunikation regionaler Kompetenzen und Potenziale

Ein wesentlicher Anteil der Projektaktivitäten basierte methodisch auf Austausch und Vernetzung mit regionalen sowie überregionalen Stakeholdern. Dabei wurden folgende Aktivitäten durchgeführt:

- Veranstaltung H₂NF-Netzwerktreffen am Bildungscampus mit 40 regionalen Stakeholdern gemeinsam mit der WFG Raum Heilbronn
- Positionierung der regionalen Akteure für die Erstellung der Wasserstoff-Roadmap Baden-Württemberg
- Stakeholderinterviews mit 30 Akteuren vor Ort und Projektvorstellung vor zahlreichen regionalen Unternehmen
- Projektvorstellung für regionale Unternehmen gemeinsam mit Intermediären
- Unterstützung der themenspezifischen Vernetzung regionaler Stakeholder

2. Ergänzung der regionalen Stakeholderlandschaft durch das Konsortium als Partner für Begleitforschung sowie Beteiligung an ersten Förderanträgen:

Die Begleitforschung nimmt eine wichtige Rolle im Aufbau der Wasserstoffwirtschaft ein. Sie ist auch ein wesentlicher Bestandteil bestehender Wasserstoff-Modellregionen (vgl. Kapitel 4.2). Die Forschungslandschaft in der Region Heilbronn-Franken weist insbesondere mit dem DLR aber auch der Hochschule Heilbronn bereits zwei erfolgreiche Akteure in der Wasserstoffforschung auf. Das H₂-Innovationslabor konnte die Bandbreite der H₂-bezogenen Forschungsthemen nun erweitern. Erste Anschlussaktivitäten wurden bereits initiiert:

- Beteiligung am Projektantrag für das RegioWIN Leuchtturmprojekt Hydrogen Hub sowie an insgesamt vier angeschlossenen Schlüsselprojekten
- Geplante Beteiligung am Antrag als Modellregion Grüner Wasserstoff Baden-Württemberg

3. Erste Diskussion potenzieller zukünftiger H₂-Anwendungsfälle mit Stakeholdern:

Erste Austauschaktivitäten mit regionalen Akteuren zur Diskussion von Anwendungsfällen, bspw. zum Thema Brennstoffzellen-Notstromaggregate wurden durchgeführt.

Im Folgenden gilt es aus Sicht des Projektkonsortiums nun, die erarbeiteten Ergebnisse zu nutzen und gemeinsam mit dem weitreichenden Netzwerk aus Stakeholdern die

Entwicklung der Region durch Folgeaktivitäten weiter zu unterstützen. Dabei dienen die im H₂-Innovationdlabor entwickelten Handlungsfelder als Leitlinie. Sie strukturieren die denkbaren Maßnahmen und geben Auskunft darüber, wie durch die zunehmende Besetzung strategisch wichtiger Rollen im H₂-Ökosystem der Region Heilbronn-Franken die Leistungsfähigkeit der Region als Wasserstoffregion möglichst rasch gesteigert werden kann.

6.2 Ausblick

Der Einsatz von **grünem Wasserstoff** gilt als wichtiger Baustein für die Erreichung der **Klimaziele**. Insgesamt steht die Wasserstoffwirtschaft allerdings noch am Anfang und hat trotz erster bereits mehrere Jahrzehnte alter Anwendungsfälle noch erhebliches Entwicklungspotenzial. Neue Technologien, bspw. für eine effizientere Erzeugung, Speicherung und Verteilung von H₂ sowie neue Nutzungsmöglichkeiten können den Einsatz für Unternehmen zukünftig attraktiv gestalten. Ein besonderer technologischer Forschungsschwerpunkt liegt auch auf den Speichermöglichkeiten in verschiedenen Aggregatzuständen von H₂.

Neben **technologischen Fragestellungen** wird weiterer **Forschungsbedarf** bspw. in Hinblick auf den Aufbau von H₂-Ökosystemen, Ansätze zur Versorgung, Akzeptanz, Qualifizierung oder neue Geschäftsmodelle gesehen. Daneben muss weiter untersucht werden, wie eine Veränderung der regulatorischen Rahmenbedingungen den Markthochlauf weiter begünstigen kann.

Für den **Markthochlauf** gilt es, die Nachfrage- und Angebotsseite harmonisch aufzubauen. Eine Studie der Fernleitungsnetzbetreiber von 2019 prognostiziert z.B. für die Bereiche Verkehr und Industrie im Jahr 2030 in Deutschland einen Wasserstoffbedarf von 94,4 TWh, der sich bis 2050 verdoppeln könnte.³⁵ Dieser Wert kann dabei für die Angebots- und die Nachfrageseite gleichermaßen eine Richtschnur sein. Wichtige Nachfragetreiber sind hier insbesondere industrielle Verbraucher wie die Stahlindustrie, die zukünftig große Mengen an H₂ einsetzen könnten. Solche Verbraucher fehlen in der Region. Für die Region Heilbronn-Franken werden daher eher geringe Verbrauchsmengen von insgesamt bis zu 0,5 TWh im Jahr 2030 bis zu 0,9 TWh im Jahr 2050 prognostiziert. Dennoch kann H₂ auch im Energiesystem in der Region Heilbronn-Franken eine wichtige Rolle einnehmen.



Abb. 16 Handlungsfelder für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft

³⁵ Vgl. Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V. (2019)

Die vorliegende Studie zeigt auf, in welchen Branchen H₂ eingesetzt werden könnte, welche Bestandteile der Wertschöpfung besonders vielversprechend sind und welche Rollen in einer Wasserstoffwirtschaft zu besetzen sind. Wichtige Potenziale der Region liegen u.a. in den Technologie- und Entwicklungskompetenzen der Unternehmen sowie in der verkehrlichen Anbindung der Region. Für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft sind die folgenden acht zentralen Handlungsfelder in Abbildung 16 besonders herauszuheben.

Die Handlungsempfehlungen aus dem Projekt beinhalten neben langfristig ausgelegten Anwendungsfällen auch „Quick Wins“, die voraussichtlich relativ kurzfristig umgesetzt werden können und die oben dargestellten Handlungsfelder adressieren:

- Aufbau einer H₂-Organisationseinheit und digitalen H₂-Plattform
- Aufbau eines (digitalen) H₂-Schulungszentrums
- Durchführung erster Maßnahmen einer H₂-PR-Kampagne
- Aufbau einer Tankstelle für Nutzfahrzeuge an einem zentralen Punkt
- Aufbau eines Elektrolyseurs zur H₂-Erzeugung an einem zentralen Punkt
- Schaffen von ersten Anwendungsfällen im Logistik- und Verkehrsbereich

Ein wichtiger Schlüssel zum Erfolg ist die enge Zusammenarbeit der regionalen Akteure, aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft untereinander, sowie auch mit überregionalen Partnern. Eine zentrale Organisationseinheit kann hier für eine weitere Professionalisierung sorgen. Für die Zusammenarbeit ist das Engagement regionaler Akteure besonders wichtig, um die Grundlage für Investitionen in den Aufbau einer gemeinsamen H₂-Infrastruktur voranzutreiben. Hierbei entstehen Kooperationen, die den Wissensaustausch und damit den Aufbau von Expertise und die Förderung von Akzeptanz forcieren können.

Somit kann durch Zusammenarbeit, Förderung, den Ausbau regionaler Stärken und die Nutzung von Chancen der schrittweise Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in der Region Heilbronn-Franken gelingen.

Quellenverzeichnis

- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR): „Salze in Deutschland“, 10.03.21, [online] https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Downloads/studie_salz_2016.pdf?__blob=publicationFile&v=10 [Juni 2016]
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Deutschland wird Wasserstoff-Land, in: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, ohne Datum, [online] <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/deutschland-wird-wasserstoffland.html> [18.01.2021]
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi): Die Nationale Wasserstoffstrategie, in: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 10.06.2020, [online] https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf?__blob=publicationFile&v=16 [27.11.2020]
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit: „Hintergrundpapier: Veröffentlichung des Zwischenberichts Teilgebiete der Bundesgesellschaft für Endlagerung (BGE) zur Endlagersuche für hochradioaktiven Abfall“, 10.03.21 [online] https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Endlagerprojekte/zwischenbericht_bge_teilgebiete_bf.pdf [28.09.2020]
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) et al.: „Studie über die Planung einer Demonstrationsanlage zur Wasserstoff-Kraftstoffgewinnung durch Elektrolyse mit Zwischenspeicherung in Salzkavernen unter Druck“, 10.03.21, [online] https://elib.dlr.de/94979/1/2014_DLR_ISE_KBB_LBST_PlanDelyKaD.pdf [28.11.2014]
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR): Startschuss für das Projekt „Zero Emission – Wasserstoffstandort Lampoldshausen“, in: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), 09.07.2020, [online] https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/03/20200709_startschuss-zero-emission-wasserstoffstandort-lampoldshausen.html [19.11.2010]
- DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.: Wasserstoff und Energiewende, in: DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., ohne Datum, [online] <https://www.dvgw.de/themen/energiewende/wasserstoff-und-energiewende/> [11.03.2021]
- Europäische Kommission: Green Deal: Kommission legt Strategien für das Energiesystem der Zukunft und sauberen Wasserstoff vor, in: ec.europa.eu, 08.07.2020, [online] https://ec.europa.eu/germany/news/20200708-wasserstoffstrategie_de [27.11.2020]
- Fernleitungsnetzbetreiber Gas e.V.: Netzentwicklungsplan Gas 2020-2030 im Auftrag der deutschen Fernleitungsnetzbetreiber, 16.08.2019, [online] https://www.fnb-gas.de/media/2019_08_16_nep-gas-2020-2030_szenariorahmen_final.pdf [03.03.2021]
- Fraunhofer IFAM: Energy Storage Solution, in: Fraunhofer IFAM, ohne Datum, [online]: https://www.ifam.fraunhofer.de/content/dam/ifam/de/documents/dd/Infoblätter/POWERPASTE_energy_storage_solution_fraunhofer_ifam_dresden.pdf, [17.03.2021]
- Häußermann, Johann Jakob & Renno, Juliane: Prospektives Akzeptanzmanagement bei H2-Projekten, 2020. 20200713_HYPOS-Leitfaden_FLP.pdf (fraunhofer.de) [11.03.2021]

- Hydrogen Council: Path to hydrogen competitiveness: A cost perspective, 2020, https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness_Full-Study-1.pdf [12.03.2021]
- Hydrogen Europe: Clean Hydrogen - Strategic Research and Innovation Agenda,, 2020, <https://hydrogeneurope.eu/sites/default/files/20200703%20Final%20Draft%20updated%20SRIA%20HE-HER.pdf> [12.03.2021]
- Handwerkskammer Heilbronn-Franken: Betriebe, in: Handwerkskammer Heilbronn-Franken, 04.02.2021, [online], <https://www.hwk-heilbronn.de/artikel/betriebe-62,889,5657.html> [17.03.2021]
- Industrie- und Handelskammer Heilbronn-Franken: DIE REGION HEILBRONN-FRANKEN IN ZAHLEN - Ausgabe 2020, in: Industrie- und Handelskammer Heilbronn-Franken, 15.12.2020, [online] <https://heilbronn.ihk.de/blueprint/servlet/resource/blob/4984864/23b25de8d8f366c388101589cd8b9966/ihk-broschuere-die-region-heilbronn-franken-in-zahlen-ausgabe-2020-komplett--data.pdf> [18.01.2021]
- Kaiser, Simone & Häußermann, Johann Jakob: Akzeptanz von grünem Wasserstoff in Deutschland. Ergebnisse und Empfehlungen auf Basis einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage, 2020.
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Potenziale der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Industrie in Baden-Württemberg, 19.11.2020, [online] https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/6_Wirtschaft/Ressourceneffizienz_und_Umwelttechnik/Wasserstoff/200724-Potentialstudie-H2-Baden-Wuerttemberg-bf.pdf [19.11.2020]
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Förderprogramm „Modellregion Grüner Wasserstoff“, in: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, zuletzt geändert am 03.12.2020 (2020a), [online] <https://um.baden-wuerttemberg.de/en/wirtschaft/ressourceneffizienz-und-umwelttechnik/wasserstoffwirtschaft/foerderprogramm/> [18.01.2021]
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Wasserstoff-Roadmap Baden-Württemberg, in: Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 18.12.2020 (2020b), [online] https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Wirtschaft/Wasserstoff-Roadmap-Baden-Wuerttemberg-bf.pdf [18.01.2021]
- NOW GmbH: Sektorenkopplung mit Wasserstoff (ohne Datum) in: NOW GmbH Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, online unter: <https://www.now-gmbh.de/sektoren-themen/sektorenkopplung/> (04.03.2021)
- Remane, G., B. Hildebrandt, A. Hanelt and L. M. Kolbe, 2016. "Discovering New Digital Business Model Types - A Study of Technology Startups from the Mobility Sector". Proceedings of the 20th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS), Chiayi, Taiwan.
- Riasanow, T., Jäntgen, L., Hermes, S., Böhm, M., & Krcmar, H. (2020). Core, intertwined, and ecosystem-specific clusters in platform ecosystems: analyzing similarities in the digital transformation of the automotive, blockchain, financial, insurance and IIoT industry. Electronic Markets (EM). doi:<https://doi.org/10.1007/s12525-020-00407-6>
- Solvay Fluor GmbH: Nutzung von Nebenprodukt spart fünf Gigawattstunden, 16.06.2017, (<https://www.solvay.de/presseinformationen/nutzung-von-nebenprodukt-spart-fuenf-gigawattstunden>), [24.02.2021]

Stadt Heilbronn: Hafen Heilbronn, in: Stadt Heilbronn, ohne Datum, [online]
<https://www.heilbronn.de/wirtschaft/hafen.html> [11.03.2021]

Quellenverzeichnis

Stengel, Rüdiger von: Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken, Wiesbaden:
Deutscher Universitäts-Verlag, 1999

Shell Deutschland Oil GmbH, Shell Wasserstoff-Studie, 2017, [online]
https://www.shell.de/medien/shell-publikationen/shell-hydrogen-study/_jcr_content/par/toptasks_e705.stream/1497968981764/1086fe80e1b5960848a92310091498ed5c3d8424/shell-wasserstoff-studie-2017.pdf [26.08.2020]

TransnetBW GmbH: Suedlink, in: TransnetBW GmbH, ohne Datum, [online]
<https://www.transnetbw.de/de/netzentwicklung/projekte/suedlink/projektueberblick>
[11.02.2021]

Wüstenhagen, Rolf & Wolsink, Maarten & Burer, Mary Jean: Social Acceptance of
Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept, in Energy Policy, Jg.
35, Nr. 5, 2007, S. 2683 - 2691.

ZEAG Energie AG: H2ORIZON, in: H2ORIZON, kein Datum, [online]
<https://www.H2orizon.de/> [19.11.2020]

Anhang

Tab. 10 Auflistung der Identifizierten und untersuchten potenziellen Stakeholder

Generische Rolle	Identifizierte Akteure	Aktivitäten identifiziert*
Anbieter von Kraft-Wärme-Kopplung-Systemen	SenerTec-Center Hohenlohe GmbH	●
Anbieter von Transportdienstleistungen für Wasserstoff	DB Cargo AG / Deutsche Bahn	●
	Fritz GmbH & Co. KG	
	KARL SCHMIDT SPEDITION GmbH & Co. KG	●
	Rüdinger Spedition GmbH	
Anbieter von Wartungsleistungen für Wasserstoffautos	-	
Berater	ABAG-itm GmbH	
	BERTRANDT Ingenieurbüro GmbH	
	csi Entwicklungstechnik GmbH	●
	Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum e. V.	●
	E3 Energie Effizienz Experten GmbH	
	EnergieSTARTberatung (Landratsamt Heilbronn)	
	Hofmann Fördertechnik GmbH	●
	INP Deutschland GmbH	●
	S+P Ingenieure AG	●
	Venture forum neckar e.V.	
	Walz GmbH	●
Betankungsdienstleister	H ₂ MOBILITY Deutschland GmbH & Co. KG	●
	Hermann Mogler Mineralölgroßhandlung GmbH	●
Energieversorger	Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH	
	EnBW Energie Baden-Württemberg AG	●
	EnerGeno Heilbronn-Franken eG	
	Erdgas Südwest GmbH	●
	HNVG - Heilbronner Versorgungs GmbH	●
	KAWAG Netze GmbH & Co. KG	
	Netze BW	●
	NHF Netzgesellschaft Heilbronn-Franken mbH	
	Söhnergy GmbH & Co. KG	
	Stadtverwaltung Bad Friedrichshall Stadtwerke	
	Stadtwerk Kilsheim GmbH	
	Stadtwerk Tauberfranken GmbH	
	Stadtwerke Backnang	
	Stadtwerke Crailsheim GmbH	
	Stadtwerke Eppingen GmbH & Co. KG	
	Stadtwerke Freudenberg GmbH & Co. KG	
	Stadtwerke Lauffen a. N. GmbH	
	Stadtwerke Neckarsulm	
	Stadtwerke Neuenstadt am Kocher	
	Stadtwerke Schwäbisch Hall	
	Stadtwerke Weinsberg GmbH	
	Stadtwerke Wertheim GmbH	
	Süwag Energie AG	●
	Technische Werke der Stadt Öhringen	
	TransnetBW GmbH	
	Überlandwerk Schäftersheim GmbH & Co. KG	
	ZEAG Energie AG	●
Gebäudebetreiber	Stadtsiedlung Heilbronn GmbH	

Hersteller von Brennstoffzellen	-	
Hersteller von Elektrolyseuren	-	
Hersteller von Energiesystemen	-	
Hersteller von Wasserstoff	Air Liquide S.A. / Air Liquide Deutschland GmbH	●
	Air Products GmbH	●
	Linde AG	●
	Sauerstoffwerk Friedrich Guttroff GmbH	●
	Solvay Fluor GmbH	●
Hersteller von Wasserstoffgeneratoren	-	
Hersteller von Wasserstoffspeichern	Siegfried Kempe GmbH	●
Gewerblicher Verbraucher	Adolf Würth GmbH & Co. KG	
	AKM Anschluss- Kunststoff- u. Montagetechnik GmbH	
	Alfred Kärcher SE & Co. KG	
	Armaturenfabrik Franz Schneider GmbH + Co. KG	
	Arnold Umformtechnik GmbH & Co. KG	
	AWS-Apparatebau Arnold GmbH	
	BARTEC GmbH	
	Bausch + Ströbel Maschinenfabrik Ilshofen GmbH + Co. KG	
	Berner SE	
	BÖLLINGER GROUP Holding GmbH	
	BRAND GMBH + CO KG	
	BTI Befestigungstechnik GmbH & Co. KG	
	Chalupa Solartechnik GmbH & Co. KG	
	CIL - Chemisches Ingenieurbüro Lapp	
	Daikin Manufacturing Germany GmbH	
	DB Cargo AG / Deutsche Bahn	●
	Dieffenbacher GmbH	
	ERSA GmbH	
	Franz Binder GmbH & Co. Elektrische Bauelemente KG	
	Gebauer Elektrotechnik	
	Gerhard Sprügel GmbH	
	Günter Hofstetter Präzisions-Metallbearbeitung GmbH & Co. KG	
	HIRSCH Porozell GmbH	
	Hofmann Natursteinindustrie GmbH & Co. Wasserkraftwerk KG	
	IFEX Ingenieurbüro Franz Hartmann Inhaber Harald Kollas e.K.	
	ILLIG Maschinenbau GmbH & Co. KG	
	IMS-Verbindungstechnik GmbH & Co. KG	
	J.M. Voith SE & Co. KG	●
	KACO new energy GmbH	
	Karl Kurz Wasserkraft GmbH & Co. KG	
	Karl Marbach GmbH & Co. KG	
	Knauf Integral KG	
	Konrad Hornschuch AG	
	KRIWAN Industrie- Elektronik GmbH	
	L. Brüggemann GmbH & Co. KG	
	MAFI Transport-Systeme GmbH	
	mf microfilter gmbh	

Anhang

	Mondi Bad Rappenau GmbH	
	Münzing Chemie GmbH	
	Nicotra Gebhardt GmbH	
	OPTIMA-Maschinenfabrik Dr. Bühler GmbH & Co. KG	
	P + V GmbH Präzisions- und Verbindungstechnik	
	Quintex GmbH	
	RECA NORM GmbH	
	REISSER Schraubentechnik GmbH	
	Rosenberg Ventilatoren GmbH	
	ruck ventilatoren gmbh	
	Schäfer + Peters GmbH	
	Schuller GmbH	
	SCHUNK GmbH & Co. KG	
	Schwarz Gruppe / Lidl Stiftung & Co. KG	●
	SiQS GmbH	
	Solvay Fluor GmbH	●
	Stadtwerke Heilbronn GmbH	●
	Südwestdeutsche Salzwerke AG	
	Südzucker AG (Werk)	●
	UFT Umwelt- und Fluid-Technik Dr. H. Brombach GmbH	
	Vishay Semiconductor GmbH	●
	WITTENSTEIN SE	
	Wolffkran GmbH	
	Würth Strahlmittel	●
	Landwirtschaft	-
	OEM	AUDI AG
		Rettenmaier Group
	Technologielieferant für Brennstoffzellenherstellung	Freudenberg GmbH & Co. KG
Technologielieferant für Wasserstoffanwendungen	AFRISO-EURO-INDEX GmbH	●
	bdg. Gesellschaft für Montage- Prüf- und Fertigungssysteme mit beschränkter Haftung	●
	cx-tec gmbh (müller co-ax ag)	●
	ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG	●
	Eisenbau Heilbronn GmbH	●
	EP Ehrler Prüftechnik Engineering GmbH	●
	F.A.S.T. GmbH	●
	GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG	●
	Heiche Oberflächentechnik GmbH	●
	Interplex NAS Electronics GmbH	●
	J.A. Becker & Söhne GmbH & Co. KG.	●
	LAUDA DR. R. WOBSE GMBH & CO. KG	●
	MRU-Messgeräte für Rauchgase und Umweltschutz GmbH	●
	m-tech gmbh (müller co-ax ag)	●
	müller co-ax ag	●
	R. Stahl AG	●
	Renner GmbH	●
	RSG Regel- und Steuer- Geräte GmbH	●
	Saint Jean Industries Stuttgart GmbH	●
	SCHEUERMANN + HEILIG GmbH	●
	Systemair GmbH	●
Tier 1-3 Lieferant	AVL Deutschland GmbH	●
	Bosch Engineering GmbH	●
	Bürkert GmbH	●
	ElringKlinger AG	●

	Flex-N-Gate Germany GmbH - Filiale Offenau	
	GGB Heilbronn GmbH	●
	Halmosi GmbH	●
	KACO GmbH + Co. KG	●
	Knipping Kunststofftechnik Gessmann GmbH	●
	KS HUAYU AluTech GmbH (Rheinmetall Automotive AG)	
	KW Automotive GmbH	
	Läpple AG	
	Magna PT B.V. & Co. KG	●
	Mahle GmbH	●
	MS Motorservice International GmbH (Rheinmetall Automotive AG)	●
	PSW automotive engineering GmbH	●
	Rheinmetall Automotive AG	●
	thyssenkrupp System Engineering GmbH	
	Valmet Automotive Inc.	●
	Wirthwein AG	●
	Ziehl-Abegg AG	●
Keine wertschöpfende Rolle / Keine direkte Beziehung zur Wasserstoffwirtschaft identifiziert	Assenheimer + Mulfinger GmbH & Co. KG	
	Bausparkasse Schwäbisch Hall	
	Bechtle AG	
	DHBW Mosbach	●
	Dümmler GmbH	
	Elektromobilität Heilbronn Franken e.V.	
	Experimenta Heilbronn	
	Ferdinand-Steinbeis-Institut	●
	Fraunhofer IAO	●
	Handwerkskammer Heilbronn-Franken	●
	Hochschule Heilbronn	●
	HyImpulse Technologies GmbH	●
	IHK Heilbronn-Franken	●
	Landkreis Heilbronn	●
	Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg	●
	Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg	●
	Modell Hohenlohe – Netzwerk für betrieblichen Umweltschutz und nachhaltiges Wirtschaften e. V.	
	PROVITEC GmbH Prozeß- und Visualisierungstechnik	
	Regionalverband Heilbronn-Franken	
	Stadt Heilbronn	
	Susanne Bay, MdL	
	Theo Förch GmbH & Co. KG	
	TU München	●
	Wirtschaftsförderung Raum Heilbronn	●
	Wirtschaftsregion Heilbronn-Franken	
	Zukunftsfonds Heilbronn GmbH & Co. KG	

Anhang

*Produkte und Leistungen, die am Markt angeboten werden / laufende Projekte und Kooperationen / vorhandene Kompetenzen / erste Aktivitäten in Diskussion, Planung oder Vorbereitung (auch in Vergangenheit) mit Relevanz für die Wasserstoffwirtschaft

Vorstellung Projektkonsortium

Das H₂-Innovationslabor verbindet exzellente Kompetenzen vier forschungsstarker, praxisorientierter Akteure der Region Heilbronn-Franken.

- Das **Ferdinand-Steinbeis-Institut** ist Pionier im Bereich der dualen, wissenschaftlichen Forschung. In praxisnahen Projekten erforscht das Institut Veränderungen wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Strukturen, die sich durch die zunehmende Digitalisierung ergeben. Durch die enge Verzahnung von Wissenschaft und Wirtschaft tritt das Ferdinand-Steinbeis-Institut bei Projekten immer als interdisziplinäres Team auf.
- Das **Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO** in Stuttgart ist eine anwendungsorientierte Forschungseinrichtung und renommierter Anbieter von Dienstleistungen. Im Juni 2019 wurde mit einer Außenstelle auf dem Bildungscampus Heilbronn das Forschungs- und Innovationszentrum Kognitive Dienstleistungssysteme (KODIS) eingerichtet.
- Die staatliche **Hochschule Heilbronn** ist mit rund 8.500 Studierenden, 220 Professuren und 500 Mitarbeitenden eine der größten Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Baden-Württemberg. An dem seit 2015 aus einer Kooperation mit dem Fraunhofer IAO heraus eingerichteten Kompetenzzentrum LOGWERT, befassen sich derzeit zehn Forscherinnen und Forscher an der Hochschule Heilbronn mit der Zukunft von Logistik und Mobilität. Angesiedelt ist das Kompetenzzentrum LOGWERT auf dem Heilbronner Bildungscampus.
- Die **Technische Universität München (TUM)** besitzt weitreichende Erfahrung im Umfeld der Business Innovation und digitaler Plattformgeschäftsmodele, wie z.B. Ableitung von Business Model Patterns, Software-gestützten Geschäftsmodellierung, Mining von Innovationen, sowie automatischen Analyse von Wertschöpfungsmodellen. Am Center of Digital Transformation des TUM Campus in Heilbronn werden die Plattform- und Datenökonomie aus betriebswirtschaftlicher Perspektive erforscht.

Gefördert durch

