



beraten.bilden.forschen.

TEXTE



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Wertschöpfung und Beschäftigung in der saarländischen Wasserstoffwirtschaft

Studie durchgeführt durch die
Gesellschaft für Wirtschaftliche
Strukturforschung (GWS)
im Auftrag von TraSaar



SPECIALISTS IN
EMPIRICAL ECONOMIC
RESEARCH

SCHLUSSBERICHT

Wertschöpfung und Beschäftigung in der saarländischen Wasserstoffwirtschaft

Studie im Auftrag des Transformationsnetzwerk Saarland (TraSaar) und unter inhaltlicher u. organisatorischer Begleitung der Arbeitskammer des Saarlandes als TraSaar-Projektpartnerin.

Anke Mönnig

Linus Ronsiek

Frederik Parton

Florian Bernardt

Impressum

AUTOREN

Anke Mönnig: Tel.: +49 (0) 541 40933-210, E-Mail: moennig@gws-os.com

Linus Ronsiek: Tel.: +49 (0) 541 40933-278, E-Mail: ronsiek@gws-os.com

Frederik Parton: Tel.: +49 (0) 541 40933-289, E-Mail: parton@gws-os.com

Florian Bernardt: Tel.: +49 (0) 541 40933-285, E-Mail: bernhardt@gws-os.com

TITEL

Wertschöpfung und Beschäftigung in der saarländischen Wasserstoffwirtschaft.
Schlussbericht. Studie im Auftrag des Transformationsnetzwerk Saarland (TraSaar)
und unter inhaltlicher u. organisatorischer Begleitung der Arbeitskammer des
Saarlandes als TraSaar-Projektpartnerin.

Veröffentlichungsdatum: © GWS mbH Osnabrück, August 2024

FÖRDERHINWEIS

Die Studie wurde aus Mitteln des Projektes Transformationsnetzwerk Saarland (TraSaar) finanziert. Das Transformationsnetzwerk Saarland ist ein vom Bundeswirtschaftsministerium (BMWK) gefördertes Projekt im Rahmen des Programms „Zukunftsfonds Automobilindustrie“ und wird mit Mitteln in Höhe von 7,1 Millionen Euro unterstützt.

HINWEIS

Zur besseren Lesbarkeit wird in diesem Bericht das generische Maskulinum verwendet. Alle in dieser Arbeit verwendeten Personenbezeichnungen beziehen sich – sofern nicht anders kenntlich gemacht – auf alle Geschlechter.

Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung (GWS) mbH

Heinrichstr. 30

49080 Osnabrück

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Zusammenfassung	6
1 Einleitung	9
2 Wege in eine Wasserstoffwirtschaft	11
2.1 Die fünf Wege in eine Wasserstoffwirtschaft	11
2.2 Bewertung der Transformationspfade	15
3 Potenzielle Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte	18
3.1 Effekte einer plausiblen Wasserstofftransformation	18
3.2 Effekte alternativer Transformationspfade	22
3.3 Ein zusammenfassender Blick	25
4 Handlungsoptionen und -empfehlungen	29
4.1 Priorisierung der Transformationspfade	30
4.2 Handlungsfeldmatrix	32
4.3 Handlungsoptionen	36
4.4 Handlungsempfehlungen	50
5 Fazit	55
6 Literatur	57
Anhang 1: Aufbau des Projektes	67
Anhang 2: Methodenmix	68
Desk Research	68
Ökonomisches Rechenmodell	68
Szenariotechnik	71
Workshops	73
Anhang 3: Beschreibung der drei Dimensionen der Handlungsfeldmatrix	74

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1:	Wertschöpfungskette einer grünen Wasserstoffwirtschaft	11
Abbildung 2:	Einordnung der alternativen Zukunftsszenarien zum Referenz-Szenario	12
Abbildung 3:	Nominale Bruttowertschöpfung im Saarland – Differenz zur QuBe-Basisprojektion in Mio. Euro	18
Abbildung 4:	Erwerbstätige im Saarland nach Wirtschaftszweigen im Jahr 2045 – die 20 höchsten Anteile an Abweichung zum QuBe-Basislauf in Prozent	20
Abbildung 5:	Erwerbstätige im Saarland nach Berufshauptgruppen im Jahr 2045 – die 20 höchsten Anteile an Abweichung zum QuBe-Basislauf in Prozent	21
Abbildung 6:	Wirkung der Alternativ-Szenarien auf die Bruttowertschöpfung im Saarland in Relation zum Referenz-Szenario	23
Abbildung 7:	Wirkung der Alternativ-Szenarien auf die Zahl der Erwerbstätigen in Relation zum Referenz-Szenario	24
Abbildung 8:	Schwerpunkte der Transformationspfade	32
Abbildung 9:	Handlungsfeldermatrix	34
Abbildung 10:	Zeitlicher Ablauf und Reihenfolge	50
Abbildung 11:	Die Wasserstoff-Wertschöpfungskette und Handlungsfelder	53
Abbildung 12:	Handlungsschwerpunkte nach Transformationspfaden	54
Abbildung 13:	Zusammenhang der Arbeitspakete und zentrale Ergebnisse	67
Abbildung 14:	QINFORGE im Überblick	70
Abbildung 15:	Anwendung der Szenariotechnik, schematische Darstellung	72

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Ausprägung der fünf Transformationspfade im Saarland	14
Tabelle 2:	Zusammenfassung der qualitativen Bewertung der fünf Transformationspfade	17
Tabelle 3:	Zusammenfassender Überblick über die Effekte des Referenz-Szenarios nach Kenngrößen in Relation zur QuBe-Basisprojektion	21
Tabelle 4:	Zusammenfassender Überblick über die Effekte nach Kenngrößen in Relation zum Referenz-Szenario, 2045	25
Tabelle 5:	Zusammenfassung der Bewertung des Referenz-Szenarios und der Alternativ-Szenarien für das Jahr 2045	26
Tabelle 6:	Priorisierung der Szenarien	31
Tabelle 7:	Handlungsoptionen für den Aus- und Aufbau von Infrastruktur	40
Tabelle 8:	Handlungsoptionen für die Senkung des Relativpreises grüner Wasserstoff zu fossilen Substituten	42
Tabelle 9:	Handlungsoptionen für die Erhöhung des grünen Wasserstoffbedarfes	44
Tabelle 10:	Handlungsoptionen für die Erhöhung der Anzahl qualifizierter Arbeitskräfte	47
Tabelle 11:	Handlungsoptionen für die Erhöhung des Importes von grünem Wasserstoff	48
Tabelle 12:	Handlungsoptionen für die Stärkung von Forschung und Entwicklung	49
Tabelle 13:	Entscheidende und ergänzende Stellgrößen zur Erreichung einer Wasserstoffwirtschaft (Referenz-Szenario)	74
Tabelle 14:	Ordungsrechtliche Hebel	78
Tabelle 15:	Marktwirtschaftliche Hebel	78
Tabelle 16:	Förderhebel	79
Tabelle 17:	Hebel des Marktes	79
Tabelle 18:	Medienhebel	80

ZUSAMMENFASSUNG

In Bezug auf die zukünftige Entwicklung und Struktur einer deutschen respektive saarländischen Wasserstoffwirtschaft bestehen noch Unsicherheiten, wodurch unterschiedliche Konstellationen einer Wasserstoff-Wertschöpfungskette denkbar sind.

Für das Saarland wurden fünf mögliche Szenarien formuliert. Das Referenz-Szenario gilt als das aus heutiger Sicht wahrscheinlichste. Es setzt sich aus Erkenntnissen aktueller Literatur und aktuellen Regierungsbeschlüssen zusammen. Die vier Alternativszenarien bilden einen Korridor um das Referenz-Szenario und stellen Worst- und Best-Case-Varianten einer Wasserstoffwirtschaft dar. Die Ausgestaltung der fünf Transformationspfade bedingt unterschiedliche Investitions-, Preis- und Nachfragepfade, die sich auf Wertschöpfung und Beschäftigung unterschiedlich auswirken.

Die Transformation in eine Wasserstoffwirtschaft kann in zwei Phasen unterteilt werden: Die erste Phase dauert bis 2030/2035 an und ist hauptsächlich durch den Aufbau der notwendigen Infrastruktur und Produktionslinien gekennzeichnet, die für eine Nutzung von grünem Wasserstoff in größerem Umfang notwendig ist. Die Jahre danach prägen die zweite Phase, welche die Verstetigung der Nutzung von grünem Wasserstoff darstellt. Während die erste Phase hauptsächlich aufgrund der hohen Investitionstätigkeit zu einer stärkeren Wirtschaftsentwicklung und einem höheren Bedarf an Arbeitskräften führt, ist die zweite Phase durch unterstellte Preisvorteile des grünen Wasserstoffes gegenüber dem fossilen Substitut und den damit verbundenen Importvorteilen geprägt.

Durch eine grüne Wasserstofftransformation kann mit geringen, aber positiven Wachstums- und Beschäftigungseffekten gerechnet werden. Jeder Transformationspfad ist ökonomisch gesehen vorteilhafter als eine Nicht-Transformation. Im Jahr 2045 könnten bis zu 700 Millionen Euro zusätzlich an Wertschöpfung und 1400 zusätzliche Erwerbstätige erwartet werden. Unter optimalen Bedingungen wären im selben Jahr weitere Wertschöpfungs- und Erwerbstätigen effekte von 240 Millionen Euro und 445 Personen möglich. Bei Nicht-Transformation und Teilabwanderung von Grundstoffindustrien könnten dagegen 2045 Wertschöpfungsverluste von 940 Millionen Euro entstehen und bis zu 1700 Jobs wegfallen.

Für die Realisierung der Transformationspfade müssen allerdings unterschiedliche begleitende Rahmenbedingungen gelten. Je nach Ausgestaltung ist mehr oder weniger Aufwand notwendig.

Die folgenden Punkte werden zusammenfassend als die acht wichtigsten Faktoren für die Erreichung einer saarländischen Wasserstoffwirtschaft angesehen:

1. Infrastruktur aus- und aufbauen

Dies beinhaltet jegliche großvolumigen Infrastrukturprojekte in allen Teilen der Wasserstoff-Wertschöpfungskette. Hier sollten insbesondere Förderungen, Bürokratieabbau und Kommunikation an vorderster Stelle stehen. Diese Infrastrukturprojekte müssen früh angefahren werden und können zum Großteil auch gleichzeitig erfolgen. Es empfiehlt sich, in einen engen und andauernden Dialog der unterschiedlichen Akteure der Wertschöpfungskette zu gehen und somit ein Forum für den Austausch bezüglich Fortschritt, Bedarfe und Kosten zu schaffen.

2. Wasserstoff günstiger machen

Wenn grüner Wasserstoff zu teuer bleibt, wird es keine großflächige Nachfrage geben. Eine dauerhafte Senkung des grünen Wasserstoffpreises befördert den Hochlauf von grünem Wasserstoff und macht die Transformation auch langfristig ökonomisch vorteilhaft. Eine zeitlich begrenzte Subventionierung des Wasserstoffpreises dürfte wirkungsvoll sein und könnte relativ einfach durchgesetzt werden. Ein schrittweiser Abbau fossiler Subventionen dürfte die Kosten in Grenzen halten. Langfristig nachhaltig dürfte die technologische Fortentwicklung der Elektrolysetechnik sowie die breite Verfügbarkeit von grünem Strom einen niedrigen Wasserstoffpreis begünstigen.

3. Absatzmärkte schaffen

Dies beinhaltet sowohl den direkten Wasserstoffbedarf als auch den indirekten Bedarf nach auf Wasserstoffbasis hergestellten Endprodukte. Neben einem günstigen Wasserstoffpreis könnte durch Quoten und Zertifizierung zusätzlich ein Markt für grüne Endprodukte geschaffen werden. Der Staat sollte als Vorbild bei der Beschaffung fungieren.

4. Arbeitskräfte mobilisieren

Für die Umsetzung der Wasserstofftransformation werden zukünftig mehr Arbeitskräfte benötigt. In einem heute engen Arbeitsmarkt kann einerseits durch die Erhöhung der Erwerbsbeteiligung insbesondere bei Ausländern, Frauen oder älteren Personen der zusätzliche Bedarf gedeckt werden. Andererseits kann über Job-to-job-Förderung oder Förderung von Weiterbildung und Beschäftigungsqualifizierung der schnelle und einfache Übergang zwischen Unternehmen in der Transformation ermöglicht werden. Auch kann durch die Verringerung von Ausbildungs- und Studienabbrüchen der zusätzliche Bedarf an Höherqualifizierten gedeckt werden.

5. Qualifizierung starten

Die Struktur für die Qualifizierung und das Training von Arbeitnehmern im Umgang mit Wasserstoff muss in vielen Branchen und Unternehmen noch aufgebaut werden. Die geeignete Qualifikation der Beschäftigten muss allerdings bereits vorhanden sein, wenn es zu einer vermehrten Nutzung von Wasserstoff kommt. Es sind schon heute Anstrengungen notwendig, hier voranzugehen, auch wenn die Anwendung des gelernten Wissens erst in ein paar Jahren stattfindet. Eine bundesweit einheitliche Fortbildungsregelung wird nicht als notwendig erachtet.

6. Importpläne vorantreiben

Für die Abdeckung der Wasserstoffbedarfe kann auf den Import von grünem Wasserstoff nicht verzichtet werden. Die Importmengen müssen hierfür zur Verfügung stehen. Da in den potenziellen Exportländern von grünem Wasserstoff Großteils ebenfalls noch die Wasserstoffinfrastruktur aufgebaut werden muss, sind hier frühzeitig Kontakte zu knüpfen, um Abnahmegarantien zu erhalten oder gegebenenfalls bei der Entwicklung der Infrastruktur zu unterstützen. Für das

Saarland ist der Anschluss an den European Hydrogen Backbone und das Wasserstoffkernnetz wichtig.

7. Forschung und Entwicklung

Forschungs- und Entwicklungstätigkeit begünstigt, beschleunigt oder vereinfacht den Wasserstoffhochlauf. Im Fokus liegt die Skalierbarkeit der Wasserstofftechnologien, so dass die Kosten pro Technologie sinken. Diese Arbeiten können insbesondere durch Forschungsförderung unterstützt werden. Für Unternehmen können auch beschleunigte Abschreibungsmöglichkeiten Vorteile bieten.

8. Zeitliche Koordination

Damit die einzelnen Bausteine der Wertschöpfungskette auch nahtlos ineinandergreifen, empfiehlt es sich, Netzwerke mit den entsprechenden Stakeholdern zu bilden, damit für die Übergänge, Bedarfe und Herausforderungen ein Forum bereitsteht, um diese anzusprechen, zu diskutieren und zu lösen. Die Koordinationsaufgabe sollte vonseiten der Landesregierungen oder -behörden übernommen werden bzw. wird bereits von der saarländischen Wasserstoffagentur übernommen. Mit zunehmender Etablierung der Wasserstoffwirtschaft sollten die einzelnen Instrumente zurückgefahren werden.

Viele der diskutierten Maßnahmen sind auf Bundesebene bereits beschlossen worden und müssen auf regionaler Ebene umgesetzt werden. Hier eröffnet sich auch für die saarländische Politik ein Spielraum. Die Gestaltungsräume bei der Umsetzung sollten genutzt werden und es sollte dynamisch positiv auf die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft hingewirkt werden. Das Commitment kann besonders gut auch über Öffentlichkeitsarbeit gezeigt werden. Auch kann die saarländische Politik ihren Einfluss im Bund nutzen, um verstärkt auf die Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft hinzuwirken. Zudem sollte die Landespolitik wie bspw. bereits mit der saarländischen Wasserstoffagentur aktiv bei der zeitlichen und interdisziplinären Koordination zwischen den Stakeholdern einwirken.

Mit Blick auf die unterschiedlichen Transformationspfade sind mehr oder weniger Anstrengungen zu fahren, um die jeweilige Ausprägung einer Wasserstoffwirtschaft zu erreichen. Um das Referenz-Szenario zu erreichen, werden mit Stand heute in allen Bereichen der Wasserstoff-Wertschöpfungskette unterschiedliche Hebel in unterschiedlichem Ausmaß von unterschiedlichen Akteuren bedient werden müssen, sodass diese aus heutiger Sicht realistische und plausible Welt einer Wasserstoffwirtschaft erreicht werden kann. Für das Erreichen des ambitionierteren Bedarf/Angebot-Szenarios müssen in allen Bereichen der Wasserstoff-Wertschöpfungskette verstärkte Handlungsanstrengungen getätigt werden, wohingegen für das Abgehängt-Szenario insbesondere in den Bereichen Transport und Nutzung Handlung notwendig wäre. Das Inshore/Netz-Szenario setzt voraus, dass besonders viel im Transportbereich geschehen muss.

1 EINLEITUNG

Die Dekarbonisierung ist neben der Digitalisierung und dem demografischer Wandel einer der drei großen Treiber für die Transformation der Wirtschaft. Mit dem Pariser-Klimaabkommen haben sich fast alle Staaten der Erde auf die Begrenzung der globalen Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad geeinigt und dies hat u. a. in Europa und Deutschland zu ambitionierten Reduktionszielen der Netto-Treibhausgasemissionen geführt. Aber auch die immer sichtbarer werdenden Folgen des Klimawandels und die Erkenntnis in Folge des Angriffskrieges Russlands gegen die Ukraine, dass Rohstoffe und dabei vor allem Energierohstoffe zu geopolitischen Instrumenten werden können, hat die Dringlichkeit, sich von fossilen Brennstoffen zu lösen, verstärkt (BMWK 2022a; IEA 2024). Ein notwendiger Pfeiler auf dem Weg zu einer dekarbonisierten Wirtschaft ist neben dem Ausbau der erneuerbaren Energien (EE), der daraus folgenden zunehmenden Verstromung von Prozessen sowie der Erhöhung der Energieeffizienz und -einsparung die Nutzung von grünem Wasserstoff – insbesondere für die mit Hochtemperatur arbeitenden Industrie, aber auch als Speichermedium für EE oder in Form von Antriebsmitteln (Power-to-X) (Runge et al. 2020; Timmerberg & Kaltschmitt 2019; Bründlinger et al. 2018; Agora Energiewende & Wuppertal Institut 2020; IRENA 2020).

Die Politik ist sich der Relevanz und der Potenziale von grünem Wasserstoff bewusst und hat dies mit dem Beschluss der Nationalen Wasserstoffstrategie (NWS) im Juni 2020 anerkannt (BMWi 2020). Im Koalitionsvertrag wurde die NWS mit Hinblick auf das Kapazitätsziel verschärft (SPD et al. 2021) und auch auf Bundesländerebene wurden Wasserstoffstrategien formuliert (dena 2022), die sich alle an den nationalen Plänen orientieren. Die saarländische Wasserstoffstrategie „Saarland 2030“ basiert auf einem Drei-Stufen-Plan, der zwischen kurz- mittel- und langfristigen Zielen unterscheidet (Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr, Saarland 2024).

Mit Stand heute sind in Deutschland 0,06 GW an Elektrolysekapazität in Betrieb genommen worden (IEA 2023) – weniger als ein Hundertstel des bis 2030 anvisierten Zieles von 10 GW installierter Leistung (SPD et al. 2021). Viele Projekte stehen allerdings unter Finanzierungsvorbehalt, wie bspw. der EnergyHub in Wilhelmshaven (Stratmann 2024; IEA 2023). Auch haben wichtige Wasserstoffnutzer wie ThyssenKrupp oder Arcelor-Mittal den Produktionsstart von grünem wasserstoffbasierten Stahl um ein Jahr nach hinten verschoben (Fröndhoff et al. 2024).

Die Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft ist also in Gang. Ihre genaue Ausgestaltung ist allerdings aus heutiger Sicht noch offen. Möglicherweise werden Ziele auf realistisch erreichbare Ziele heruntergefahren. Entscheidend ist jetzt die Praxistauglichkeit. Dies betrifft nahezu alle Ketten der Wasserstoffwertschöpfung – sei es die Produktion von grünem Wasserstoff, dessen Import oder die Anwendung des grünen Gases, sei es der Export von Wasserstofftechnologien oder die Errichtung der Transportinfrastruktur. Einige Weichen sind gelegt und Fördermittel sind bewilligt worden. Viele Projekte starten in ihre Pilotphasen – andere harren jedoch noch der Umsetzung.

Davon abhängig ergeben sich Folgen für die Wirtschaftsentwicklung und den Bedarfen am Arbeitsmarkt (vgl. Steeg et al. 2022). Welche Chancen sich hinsichtlich der Entwicklung von Umsätzen und Wertschöpfung im Kontext der Wasserstoffwirtschaft im

Saarland ergeben können und welche Auswirkungen auf den saarländischen Arbeitsmarkt zu erwarten sind wurden im Rahmen des Projektes „Wertschöpfung und Beschäftigung in der saarländischen Wasserstoffwirtschaft“ während einer Laufzeit von 18 Monaten (März 2023 bis August 2024) untersucht. Das Projekt wurde im Auftrag des Transformationsnetzwerk Saarland (TraSaar) und unter Federführung der Arbeitskammer Saarland von der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) durchgeführt. Gefördert wurde das Vorhaben vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klima (BMWK).

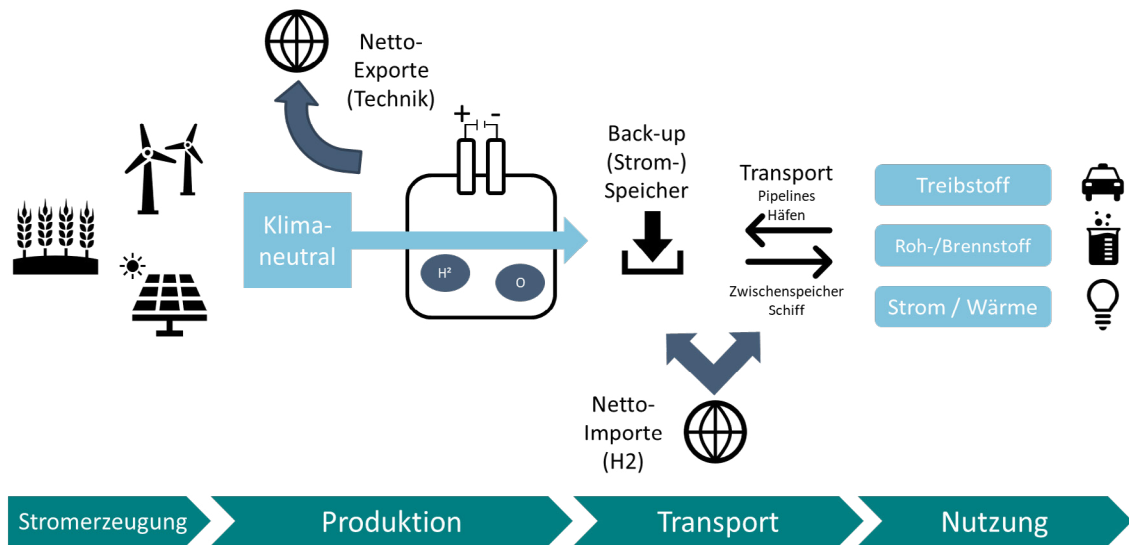
Für die Quantifizierung der Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte wurde auf das QuBe-Modellsystem des QuBe-Projektes zurückgegriffen. Das QuBe-Projekt (www.qube-projekt.de) wird unter der gemeinsamen Leitung des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) und des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) in Zusammenarbeit mit der Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) durchgeführt. Ziel des QuBe-Projektes ist es einen langfristigen Überblick über die voraussichtliche Entwicklung des Arbeitskräftebedarfs und -angebotes nach Qualifikationen und Berufen im Bund und in seinen Regionen zu erhalten. Mittels Szenarientechnik wurden die Effekte einer (unterlassenen) Wasserstofftransformation ermittelt. Neben der modellgestützten Quantifizierung der Effekte einer grünen Wasserstoffwirtschaft wurden im Rahmen zweier Workshops die Transformationspfade sowie die Handlungsoptionen und -empfehlungen mit saarländischen Stakeholdern diskutiert. Die Erkenntnisse aus den Workshops sind in die Szenarienerstellung und in die Entwicklung von Handlungsoptionen und -empfehlungen eingegangen.

Der Aufbau des Projektes ist in Anhang 1 näher erläutert. Anhang 2 stellt den gewählten Methodenmix im Detail vor.

2 WEGE IN EINE WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

Da die zukünftige Entwicklung und Struktur einer deutschen respektive saarländischen Wasserstoffwirtschaft noch unsicher ist, sind unterschiedliche Konstellationen einer Wasserstoff-Wertschöpfungskette denkbar. Diese unterscheiden sich in der Ausprägung der einzelnen Elemente der Wertschöpfungskette Wasserstoff, die sich von der Erzeugung von grünem Strom über die Produktion von grünem Wasserstoff bis zum Transport und Speicherung sowie der Nutzung des grünen Gases reicht. Je nach Gegebenheiten sind Technologieexporte oder Wasserstoffimporte möglich bzw. nötig. Abbildung 1 gibt die Wertschöpfungskette einer grünen Wasserstoffwirtschaft wider.

Abbildung 1: Wertschöpfungskette einer grünen Wasserstoffwirtschaft



Quelle: eigene Darstellung

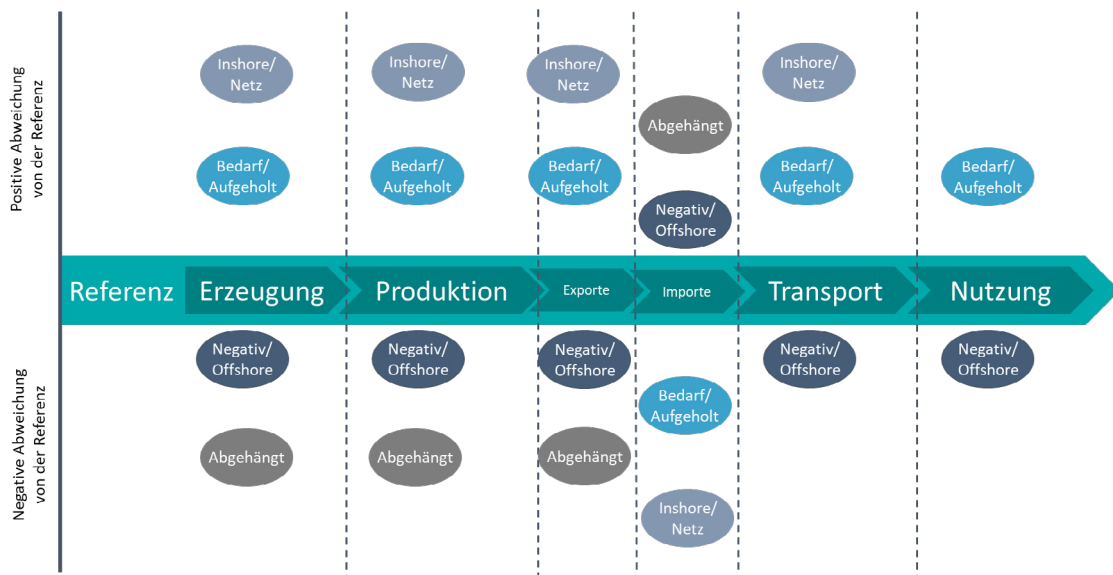
Die Implikationen, die sich aus den einzelnen Wertschöpfungsketten für die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt ergeben, sind vielfältig. Zum einen ergeben sich Investitions- und Exportpotenziale, die für mehr Wachstum und Beschäftigung sorgen können. Gleichzeitig ist mit höheren Preisen zu rechnen, die die inländische Kaufkraft und die internationale Wettbewerbsfähigkeit schmälern lassen können. Zum anderen wirken sich neue Vorleistungsbedarfe nach Weiterbildung oder Materialien aus, indem sich einerseits die Kosten für die Unternehmen erhöhen und andererseits zusätzliche Nachfrage bei heimischen oder ausländischen Lieferanten entsteht. Aufgrund der unterschiedlichen Einflüsse ist a priori nicht zu sagen, ob der Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft positiv, negativ oder neutral auf Wachstum und Beschäftigung wirkt. Entscheidend sind dabei die Wirkungskanäle und die Ausprägung der unterschiedlichen Kettenelemente.

2.1 DIE FÜNF WEGE IN EINE WASSERSTOFFWIRTSCHAFT

Für das Saarland wurden fünf mögliche Szenarien formuliert. Das Referenz-Szenario gilt dabei als das aus heutiger Sicht wahrscheinlichste. Es setzt sich aus Erkenntnissen aktueller Literatur und aktuellen Regierungsbeschlüssen zum Thema grüner

Wasserstoff zusammen. Die Alternativszenarien sollen einen Korridor um das Referenz-Szenario bilden und möglichst Worst- und Best-Case-Variationen einer Wasserstoffwirtschaft sein. Abbildung 2 zeigt eine schematische Einordnung der Abweichungen der alternativen Zukunftsszenarien zum Referenz-Szenario in den einzelnen Stufen der Wertschöpfungskette Wasserstoff. Während das Negativ/Offshore-Szenario und das Abgehängt-Szenario relativ zum Referenz-Szenario schwächere Annahmen zum Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft widerspiegeln, sind das Inshore/Netz-Szenario und das Bedarf/Aufgeholt-Szenario mit optimistischeren Annahmen bzgl. der Umsetzung des Wasserstoffhochlaufs versehen.

Abbildung 2: Einordnung der alternativen Zukunftsszenarien zum Referenz-Szenario



Quelle: eigene Darstellung

Das **Referenz-Szenario** spiegelt die Realisierung der nationalen Wasserstoffstrategie auf Bundesebene wieder – mit einer geringen Eigenproduktion im Saarland. Der Großteil des grünen Wasserstoffes wird dabei importiert. Grüner Wasserstoff substituiert mengenmäßig fossile Energieträger. Die Herstellung von Wasserstoff im Inland ist ab 2040 günstiger als fossile Energieträger, was zu echten Preisvorteilen führt. Die ausländische Wasserstoffproduktion bleibt trotz leichter Angleichungstendenzen auch langfristig günstiger als die inländische Wasserstoffproduktion. Es wird von keiner Abwanderung energieintensiver Industrien ausgegangen. Allerdings sind Umrüstungsinvestitionen von Produktionsprozessen v. a. bei Stahl, Chemie und Energieversorger berücksichtigt. Unterstellt wird, dass grüner Wasserstoff über den gesamten Prognosehorizont derart knapp bleibt, dass Wasserstoff vorrangig für die Dekarbonisierung der Industrieprozesse und in Teilen für den Verkehr genutzt wird. Grüner Wasserstoff wird begrenzt eingesetzt, Power-to-X-Technologien (PtX) komplett importiert und nur für den Schiff- und Luftverkehr eingesetzt und die Speicherkapazitäten sowie das Wasserstoff-Kernnetz werden auf- und ausgebaut. Der Import von Wasserstoff findet bis 2030 hauptsächlich über Häfen und den Schifffahrtstransport statt – erst später sind Importe über das Pipelinenetz verfügbar. Es können Exportpotenziale von Wasserstofftechnologien gehoben werden. Etwaige überschüssige Transportkapazitäten werden nicht für den Export oder den Transit

von Wasserstoff angewendet. Grüner Strom für die H₂-Produktion kommt aus inländischem Ausbau EE. Das Saarland muss dabei bis zu 50 % seines Strombedarfes für die Wasserstoffelektrolyse aus anderen Bundesländern importieren. Außerdem herrscht ein zusätzlicher Weiterbildungsbedarf. Der Branchen-Berufe-Mix bleibt unverändert.

Das **Negativ/Offshore-Szenario** beschreibt eine Welt, in der zum einen keine Transformation in eine grüne Wasserstoffwirtschaft stattfindet und in der zum anderen die Teilabwanderung von energieintensiven Industrien in das energiepreisgünstigere Ausland Realität ist.

Das **Bedarf/Aufgeholt-Szenario** sieht eine starke Durchdringung der Wirtschaft bei der Erzeugung und bei der Nutzung von grünem Wasserstoff. Zum einen wird eine höhere inländische Wasserstoffproduktion erreicht, indem neben einer höheren Volllaststundenzahl und einem höheren Wirkungsgrad auch ein deutlicher Kapazitätsausbau an Elektrolyseleistung unterstellt ist. Zum anderen wird grüner Wasserstoff mehr und breiter genutzt: Wasserstoff wird zusätzlich neben dem Schwerlasttransport auch im Individualverkehr als Treibstoff für Brennstoffzellenautos genutzt und zudem zur Wärmeerzeugung in Gebäuden eingesetzt. PtX-Derivate werden weiterhin nur in der Schiff- und Luftfahrt eingesetzt, allerdings zu einem großen Teil auch im Inland hergestellt, was zusätzlichen Wasserstoffbedarf impliziert. Im Saldo steigt die Produktion stärker als der Bedarf, wodurch die Importbedarfe nach grünem Wasserstoff geringer ausfallen dürften als im Referenz-Szenario. Die hohe Eigenproduktion impliziert einen deutlich gestiegenen Strombedarf, der nun nicht mehr nur aus anderen Bundesländern, sondern auch aus dem Ausland importiert werden muss. Aufgrund des höheren Bedarfes müssen die Transportkapazitäten vor allem bis 2030 erweitert werden. Die zusätzlichen Transportkapazitäten werden über Schiene und Straße zur Verfügung gestellt. Die Brennstoffzellentechnologie und E-Fuel-Produktion wird im Inland aufgebaut. Gleichzeitig erhöhen sich die Exportpotenziale von Wasserstofftechnologien und der Export von Wasserstoff wird berücksichtigt. In die Fort- und Weiterbildung muss aufgrund dieser Technologiestrategie zusätzlich investiert werden.

Das **Abgehängt-Szenario** unterstellt, dass das Saarland zwar den Übergang zur Wasserstoffwirtschaft vollzieht, dabei aber technologisch abgehängt wird. Der Ausbau der installierten Elektrolysekapazität erfolgt nur langsam, wodurch die Möglichkeiten des Technologieexportes deutlich reduziert sind. Da das geplante Kapazitätsniveau verfehlt wird, steigt der Bedarf an importiertem Wasserstoff, um die inländischen Wasserstoffbedarfe zu decken. Durch das geringere Produktionspotenzial werden im Gegensatz zum Referenz-Szenario keine Stromimporte aus anderen Bundesländern mehr benötigt.

Das **Inshore/Netz-Szenario** ist sehr ähnlich zum Bedarf/Aufgeholt-Szenario, allerdings bleibt der Wasserstoffbedarf unverändert zum Referenz-Szenario, wodurch weniger grüne Wasserstoffimporte anfallen. Auch wird eine Erweiterung der Transportkapazitäten unterstellt. Zum einen wird zusätzlich der Transport über Schiene und Straße ermöglicht und zum anderen findet ein früherer und umfangreicherer Ausbau des Pipelinenetzes im Saarland statt. Wasserstoff als Exportgut wird zusätzlich möglich. Die Weiterbildungsbedarfe erweitern sich.

Tabelle 1 fasst die unterschiedlichen Ausprägungen der fünf Transformationspfade in den wichtigsten Bereichen innerhalb der Wasserstoff-Wertschöpfungskette inklusive

dem Bereich Arbeitsmarkt zusammen. Für das Referenz-Szenario sind die einzelnen Annahmen (oder Stellgrößen) für das Jahr 2045 quantifiziert. Für die vier anderen potenziellen Transformationspfade wird mit den Pfeilen angedeutet, ob die Annahme im Vergleich zum Referenz-Szenario in dem jeweiligen Szenario unverändert (→), stärker (↑) oder schwächer (↓) dargestellt ist.

Tabelle 1: Ausprägung der fünf Transformationspfade im Saarland

		Referenz	Negativ/Offshore	Bedarf/Aufgeholt	Abgehängt	Inshore/Netz
Stromerzeugung	Ausbau EE [TWh, 2045]	2,5	↓	↑	↓	↑
	Stromimport aus Ausland/andere Bundesländer [Anteil in %]	50	↓	↑	↓	→
Wasserstoffproduktion	Installierte Elektrolyseleistung SL [GW, 2045]	0,5	↓	↑	↓	↑
	Wirkungsgradverbesserung [% , 2045]	73	↓	↑	↓	→
	Volllaststunden [Stunden]	5000	↓	↑	↓	→
	Investitionskosten im Inland (OPEX) [€/kW, 2045]	100	↓	↓	→	→
	Wasserstoffpreis im Inland (CAPEX) [ct/kWh, 2045]	7,6	↓	↓	→	→
	Umrüstungsinvestitionen von Produktionsprozessen [Mrd. €, 2045 kumuliert]	3,3	↓	→	→	→
Import	Wasserstoffpreis im Ausland [ct/kWh, 2045]	5,6	↓	→	→	→
	Preis fossiler Energieträger [ct/kWh, 2045]	12,6	↓	→	→	→
	Verlagerung von Grundstoffindustrie	-	↑	→	→	→
Export	Exportanteil am Weltmarkt [%]	10	↓	↑	↓	→
	Export von Wasserstoff	-	→	↑	→	↑
Transportnetz	Leitungskapazität im SL [TWh, 2045]	47	↓	↑	→	↑
	Investitionskosten Pipeline [Mio. €/km]	2,7	↓	→	→	→
	Betriebskosten Pipeline [€/km neugebaute Pipeline]	38	↓	→	→	→
	Transport über Schiene	-	→	↑	→	↑
	Transport über Straße	-	→	↑	→	↑
	Speicherkapazität [TWh, 2045]	2,5	↓	↑	→	↑
	Investitionskosten Speicher [Mio. €/TWh]	269	↓	→	→	→

	Betriebskosten Speicher [Mio. €/TWh]	5	↓	→	→	→
Bedarf	Wasserstoffbedarf im SL [TWh, 2045]	16,2	↓	↑	→	→
	Wasserstoffbedarf im Ausland [TWh, 2045]	5981	↓	→	→	→
Arbeitsmarkt	Schulungskosten [€/Mitarbeiter]	1236	↓	→	→	→
	Lehrinhalte	-	→	→	→	→
	Anzahl qualifizierter Personen	↑	↓	↑	↓	↑

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

2.2 BEWERTUNG DER TRANSFORMATIONSPFADE

Referenz-Szenario: Aus heutiger Sicht plausibel und wahrscheinlich.

Negativ-Offshore-Szenario: Dieses Szenario wird als weniger wahrscheinlich insbesondere bzgl. der Nicht-Transformation in eine Wasserstoffwirtschaft angesehen, aber auch in Bezug auf die Standortverlagerung von energieintensiven Industrien. Werden das Ziel der CO₂-Neutralität im Jahr 2045 und die in Paris beschlossenen Klimaziele ernst genommen, gibt es unter Beibehaltung der industriellen Basis in Deutschland keinen Weg ohne grünen Wasserstoff. Dies ist weitestgehend Konsens über alle wissenschaftlichen Disziplinen. Neben der Speichermöglichkeit ist grüner Wasserstoff als energetischer und stofflicher Rohstoff für viele Produktionsprozesse insbesondere in der Chemie- und Stahlindustrie notwendig. Der Strukturwandel – d. h. der Wandel von einer Industrie- zu einer Dienstleistungsgesellschaft – vollzieht sich in Deutschland schon seit vielen Jahren, was an der Entwicklung der Beschäftigten- und Wertschöpfungsanteile zu beobachten ist. Dass es zu einer neuen Welle der Deindustrialisierung aufgrund von Energiepreisdifferenzen kommt, ist zwar durchaus möglich (Samadi et al. 2021; Falck & Pfaffl 2022), dennoch entscheiden Energiepreise nicht alleinig über Produktionsstandorte. Andere Faktoren wie Fachkräfte, Infrastruktur, Bürokratie, Absatzmärkte, staatliche Förderungen oder Rohstoffverfügbarkeit sind ebenso relevant. Zudem lassen sich komplexe oder groß angelegte Produktionsstätten nicht von heute auf morgen ab- oder andernorts wieder aufbauen. Ob sich höhere Energiepreise auch negativ auf den Gewinn der Unternehmen auswirken, ist auch eine Frage des Wettbewerbs: Können die höheren Preise an die Kundschaft weitergereicht werden und ist die internationale Wettbewerbsfähigkeit weiter gegeben? Andererseits zeigen sich in der jüngsten Vergangenheit Beispiele für die Reduktion von Produktionsprozessen: BASF hat eine seiner Ammoniakproduktionsstätten heruntergefahren und ArcelorMittal einen seiner Hochöfen abgestellt. Die Alternative: Import von Ammoniak und Stahl.

Bedarf/Aufgeholt-Szenario: Dieses Szenario ist weniger wahrscheinlich. Zum einen kann die inländische Produktion von E-Fuels und dessen Anwendung im Straßenverkehr als unrealistisch bewertet werden und zum anderen würde der hohe, zusätzliche grüne Strombedarf aufgrund sonstiger Elektrifizierung (Wärmepumpen, Elektroautos etc.) nicht im ausreichenden Maße zur Verfügung stehen bzw. die Stromleitungstrassen wären auf den Import von sehr viel mehr Strom (insbesondere aus dem Ausland) nicht ausgerichtet. Die E-Fuel-Produktion im Inland wird erschwert bzw. nahezu unmöglich gemacht,

weil es zumindest im Saarland mit Stand heute keine CO₂-Abschöpfung gibt. Die Nutzung von E-Fuels im Straßenverkehr kann aufgrund zu hoher Kosten als unwahrscheinlich eingestuft werden. Da die Diskussion in der Öffentlichkeit hier allerdings durchaus kontrovers ist und zumindest die politischen Rahmenbedingungen dafür gegeben sind, kann dies in Zukunft trotzdem möglich sein. Die Nutzung von Wasserstoff für den Wärmebereich ist ebenfalls stark umstritten und wird in der Literatur als eher nicht wahrscheinlich erachtet, da Wasserstoff in dieser Hinsicht klare Nachteile hinsichtlich Effizienzgesichtspunkten gegenüber beispielsweise Wärmepumpen hat (Merten & Scholz 2023). Die unterstellte gestiegene Wettbewerbsfähigkeit heimischer Technologiehersteller impliziert, dass sich grüne Leitmärkte entwickeln werden und Deutschland seine Technologieführerschaft ausbauen kann – trotz der hohen Subventionen in Klimatechnologien in anderen Ländern wie den USA oder China. Zumindest dies erscheint nicht unbedingt unwahrscheinlich, da die Nachfrage nach Wasserstofftechnologien aus eben jenen Ländern in den nächsten Jahren stark steigen könnte, da auch die Produktion von emissionsarmem Wasserstoff beispielsweise durch den Inflation Reduction Act gefördert wird. Daraus könnte allerdings auch die Problematik entstehen, dass Produktionskapazitäten deutscher Hersteller künftig gebunden sind und der heimische Markt das Nachsehen hat, weshalb eine höhere inländische Wasserstoffproduktion weniger realistisch wäre (Küper 2023). Die Einstellungen des Szenarios berücksichtigen zwar die zusätzlich notwendigen Investitionen in den Ausbau von Brennstoffzellentechnologie oder in den Ausbau von Energietechnologien, grundsätzlich ist dieses Szenario aber nur möglich, wenn die entsprechenden politischen Rahmenbedingungen schnell gesetzt und umgesetzt werden, bürokratische Hemmnisse abgebaut werden und Normen und Standards feststehen, sodass der Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft gelingen kann. Aktuell ist dies allerdings nicht abzusehen. So wird beispielsweise die Herkunft des grünen Stroms zur Wasserstoffproduktion durch den im Jahr 2023 adaptierten delegierten Rechtsakt der EU stärker reguliert (European Commission 2023a).

Abgehängt-Szenario: Dieses Szenario wird neben dem Referenz-Szenario als ein realistisches eingeschätzt. Denn gleichwohl Wasserstoff nachfrageseitig für die Erreichung der Klimaziele ein relevanter Faktor bleibt, hemmen unterschiedliche Faktoren den Ausbau der inländischen Elektrolysekapazität, wodurch Deutschland relativ zum Referenz-Szenario stärker von Energieimporten abhängig bleibt. Ein zu langsamer Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland verhindert den Ausbau der inländischen Wasserstoffproduktion. Bürokratische Hemmnisse, wie durch den delegierten Rechtsakt (European Commission 2023a) und zu langsame Genehmigungsverfahren wie auch fehlende Normen und Standards erschweren die Skalierung der Technologie. Flath et al. (2023) sehen hier auch die föderalen Strukturen in Deutschland als ein potenzielles Hindernis. In einer Analyse der verschiedenen Wasserstoffstrategien der Bundesländer und Regionen fanden sie unterschiedliche strategische bzw. unkoordinierte Schwerpunkte, was perspektivisch für einen Markthochlauf hinderlich sein kann. Die zunehmende Konkurrenz aus China – welche deutlich günstiger produzieren kann – und die hohen Investitionsanreize in den USA durch den Inflation Reduction Act sind ebenfalls plausible Gründe für niedrige Technologieexportmöglichkeiten Deutschlands und des Saarlandes. Grundsätzlich muss auch beachtet werden, dass die Stromkosten in Deutschland im internationalen Vergleich und insbesondere im Vergleich zu potenziellen

Wasserstofflieferländern eher hoch sind. Perspektivisch wird sich das aller Wahrscheinlichkeit nach auch nicht ändern (Matthes et al. 2021). Da der Strompreis die zentrale Determinante für den Wasserstoffpreis ist, kann ein Import von grünem Wasserstoff wirtschaftlich vorteilhafter sein.

Inshore/Netz-Szenario: Dieses Szenario wird insgesamt als unrealistisch eingeschätzt. Ähnlich zum Bedarf/Aufgeholt-Szenario sind Stromtrassen der limitierende Faktor für die Möglichkeiten eines vermehrten Stromimportes, insbesondere aus dem Ausland. Auch die Argumente bezüglich regulatorischer Hemmnisse, die die Eigenproduktion betreffen, sollten in diesem Szenario bedacht werden. Darüber hinaus ist der Importbedarf mengenmäßig zwar geringer, jedoch fallen Bedarfe im Inshore/Netz-Szenario bereits früher an. Auch hier liegt ein potenzielles Nadelöhr, da die für den Import benötigte Infrastruktur somit schneller verfügbar sein müsste. Alternativ müsste der Wasserstoff aus anderen Bundesländern importiert werden. Zudem ist es fraglich, ob ein schnellerer Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur realistisch ist. Der Zielwert für das Jahr 2032 wurde im aktuellen Planungsstand des Wasserstoff-Kernnetzes bereits von vormals rund 8 000 auf 11 200 Leitungskilometer erhöht (FNB Gas 2023). Ein Wasserstoffexport wird zudem in keiner bekannten Literaturquelle als mögliche Option genannt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der qualitativen Bewertung der fünf Transformationspfade

Szenario	Qualitative Bewertung
Referenz	Plausibel und wahrscheinlich
Negativ/Offshore	Wenig wahrscheinlich
Bedarf/Aufgeholt	Wenig wahrscheinlich
Abgehängt	Realistisch
Inshore/Netz	Unrealistisch

Quelle: eigene Darstellung; Einschätzung u. a. basierend auf den Diskussionen in Workshop 1

3 POTENZIELLE WERTSCHÖPFUNGS- UND BESCHÄFTIGUNGSEFFEKTE

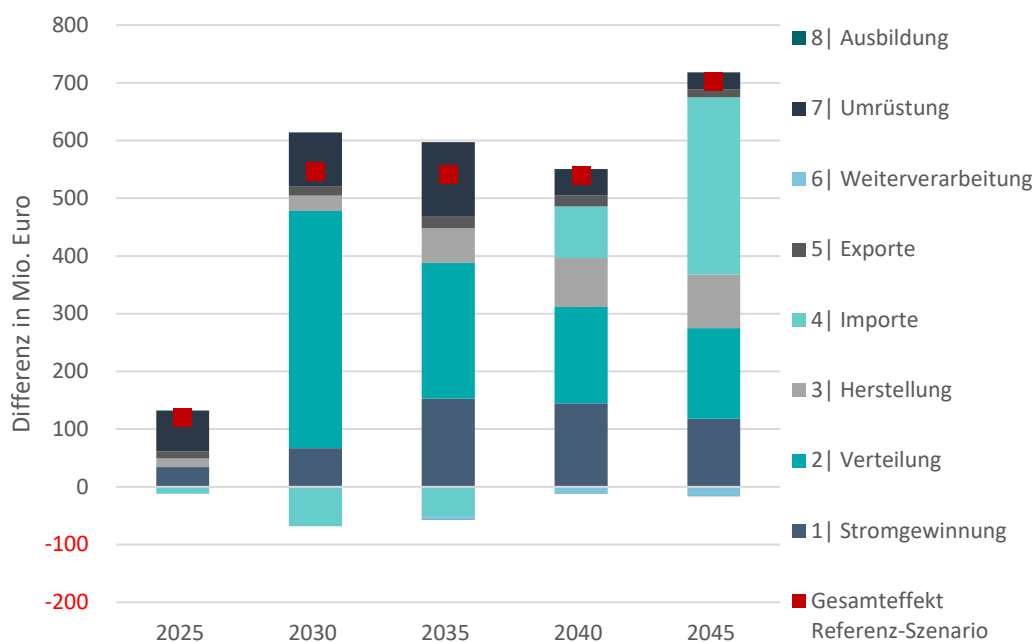
Die Ausgestaltung der fünf Transformationspfade bedingt unterschiedliche Investitions-, Preis- und Nachfragepfade, die sich jeweils verschieden auf Wertschöpfung und Beschäftigung auswirken. In Abbildung 2 wurde bereits verdeutlicht, dass die Transformationspfade entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette unterschiedliche Impulse ausstrahlen. Wie diese aber im Detail ausfallen, ist der Abbildung nicht zu entnehmen: Sind es große Effekte oder eher kleine Effekte? Sind zeitliche Besonderheiten zu entdecken? Welche Branchen sind von der Wasserstofftransformation besonders stark betroffen? Welche Branchen können profitieren?

Inwiefern sich die fünf unterschiedlichen Transformationspfade in eine Wasserstoffwirtschaft im Saarland auf die Infrastruktur, die Produktionsweisen energieintensiver Industrien oder auf die Importbedarfe und die Exportmöglichkeiten auswirken, ist mit Blick auf die potenziellen Wertschöpfungs- und Beschäftigteneffekte quantifiziert worden.

3.1 EFFEKTE EINER PLAUSIBLEN WASSERSTOFFTRANSFORMATION

Die Effekte sind klein, aber positiv – sowohl bei der Wertschöpfung als auch bei den Erwerbstätigen. Die Wertschöpfung (vgl. Abbildung 3) liegt im Jahr 2045 um 702 Millionen Euro und die Zahl der Erwerbstätigen um 1400 Personen höher als in einer Welt ohne Wasserstofftransformation. Höhere Löhne und gute Wachstumsperspektiven erhöhen die Zahl der Erwerbspersonen im Saarland. Die Zahl der Erwerbslosen fällt im Jahr 2045 um 700 Personen niedriger aus.

Abbildung 3: Nominale Bruttowertschöpfung im Saarland – Differenz zur QuBe-Basisprojektion in Mio. Euro



Quelle: eigene Berechnung

Relativ zur bundesweiten Entwicklung verhalten sich die Wertschöpfungseffekte im Saarland zu dem heutigen Wertschöpfungsanteil des Saarlandes am Bund durchschnittlich. Die Erwerbstätigeneffekte fallen im Saarland dagegen überdurchschnittlich aus. Der stärkere Erwerbstätigeneffekt im Saarland als im Bund bei einem ähnlichen Wertschöpfungseffekt ist hauptsächlich auf die stärkeren Bauinvestitionen zurückzuführen, die in Folge des Verteilnetzaufbaus im Saarland entstehen.

Die Effekte der Wasserstoffwirtschaft sind in mittel- und langfristige Effekte aufzuteilen. Während die positiven Wirkungen mittelfristig vornehmlich auf Bau- und Ausrüstungsinvestitionen zurückzuführen sind, sind die positiven Abweichungen ab 2030/2035 auf die preislichen Vorteile beim Import von grünem Wasserstoff versus Erdgas zurückzuführen. Ausschlaggebend für die Entwicklung ist die Preisannahme der Gestehungskosten von importiertem und heimisch produziertem grünem Wasserstoff relativ zum Preis von importiertem Erdgas.

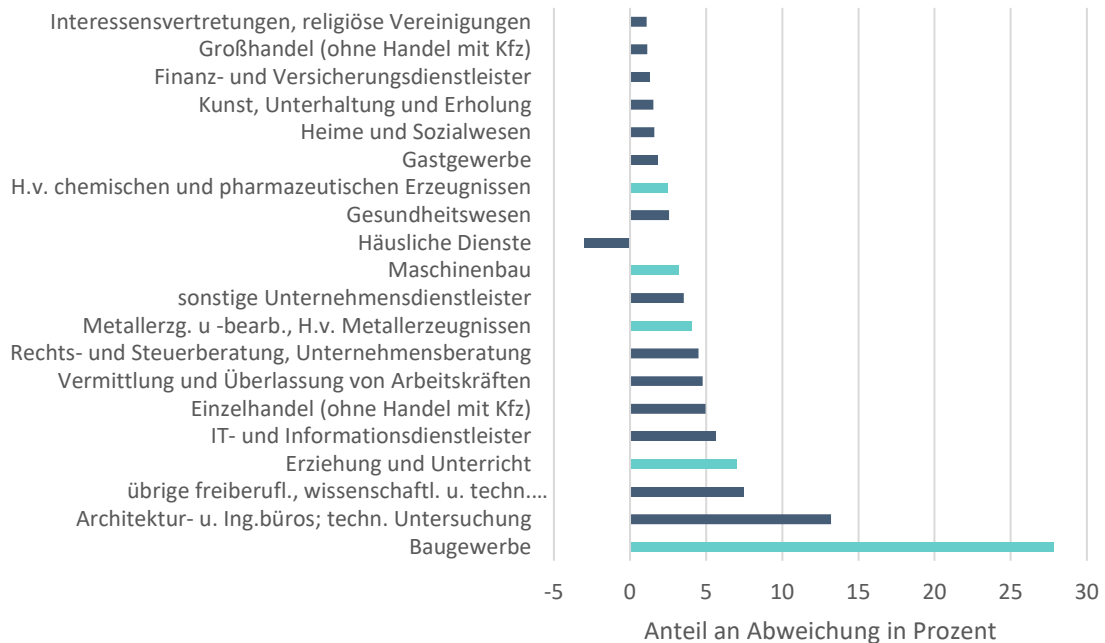
Unter den Investitionen wirken die Bauinvestitionen am stärksten, da sie sowohl für den Ausbau der erneuerbaren Energien als auch für den Ausbau der Infrastruktur (vornehmlich von Pipelinebau und Speicher) angesprochen werden. Der Hochlauf der Bauinvestitionen aus den Infrastrukturprojekten ist 2030 erreicht. Anschließend schwächen die Effekte ab. Die Herstellung und der Betrieb von Elektrolyseuren setzen mit einem steigenden inländischen Kapazitätsausbau langfristig positive Wachstumsimpulse. Der Importbedarf von grünem Wasserstoff ist hoch, was insbesondere an dem hohen Bedarf der Stahlindustrie liegt. Die notwendigen Umrüstungsinvestitionen der Produktionsprozesse insbesondere bei der Stahlindustrie treiben zusätzlich das Wertschöpfungswachstum. Exportpotenziale können gehoben werden, sind aber gering. Aufgrund der günstigen Preisentwicklung von grünem Wasserstoff relativ zu Erdgas ergibt sich wertmäßig in der längeren Frist ein Vorteil durch die Umstellung auf grünen Wasserstoff.

Durch die direkten Effekte durch den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft werden weitere Wirkungen in Gang gesetzt, welche positive, aber auch negative Nebeneffekte mit sich führen. Zum einen werden zusätzliche Einkommen generiert, die durch die zusätzliche Beschäftigung ausgelöst werden. Das Lohnniveau steigt im Durchschnitt an. Aufgrund der niedrigeren Erwerbslosigkeit ergeben sich wiederum entlastende Wirkungen auf die Sozialsysteme. Zusätzliche Investitionen erhöhen andererseits allerdings über Abschreibungen i. d. R. die Produktionspreise und somit auch das durchschnittliche Preisniveau. Aufgrund der Integration in den Welthandel ziehen Investitionen auch immer zusätzliche Importe nach sich. Dies ist insbesondere bei Investitionen der Fall, in denen vor allem elektrische Teile und Ausrüstungen notwendig sind, wie bspw. für den Bau von Photovoltaikanlagen.

Der insgesamt positive Arbeitsmarkteffekt kommt nicht bei allen Branchen gleichermaßen an. Auch ist im Zeitverlauf mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die Branchen zu rechnen – je nachdem, in welcher Phase des Wasserstoffhochlaufes sich das Saarland gerade befindet. Abbildung 4 zeigt, wie sich die 1 400 zusätzlichen Erwerbstätigen im Jahr 2045 auf die Wirtschaftszweige verteilen. Es zeigt sich, dass das Baugewerbe jene Branche mit den konstant stärksten positiven Wachstumseffekten ist und es gibt nur wenige Branchen, die negativ beeinflusst werden. Vor allem in der frühen Phase des Wasserstoffhochlaufes, wenn grüner Wasserstoff noch teurer ist als das fossile

Substitut, wird insbesondere in der Chemieindustrie Arbeitsplätze abgebaut. Die Effekte auf häusliche Dienstleister sind mit der Steigerung des allgemeinen Preisniveaus zu erklären.

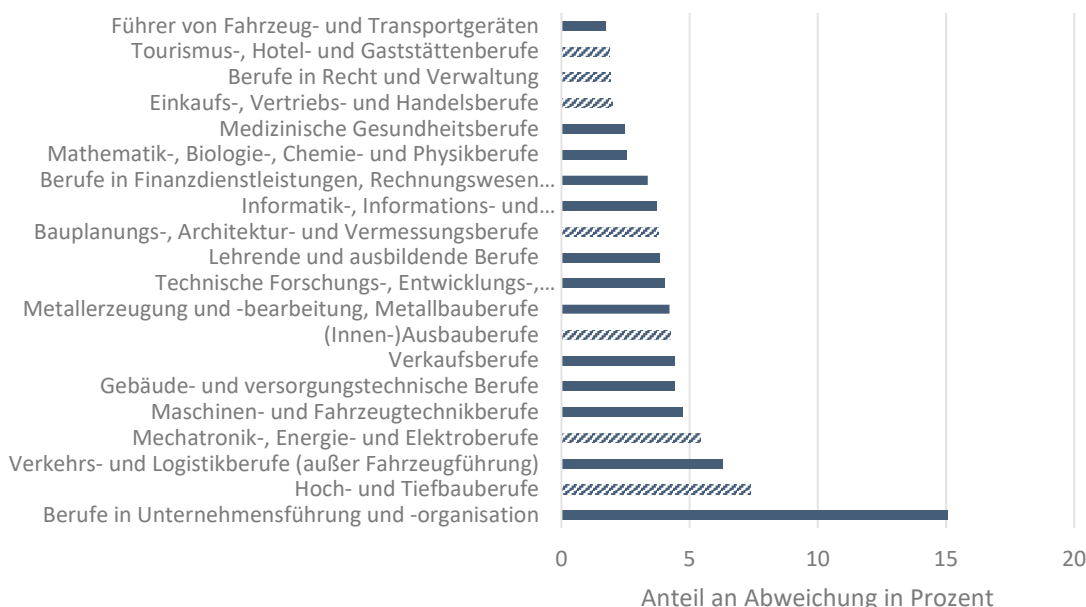
Abbildung 4: Erwerbstätige im Saarland nach Wirtschaftszweigen im Jahr 2045 – die 20 höchsten Anteile an Abweichung zum QuBe-Basislauf in Prozent



Quelle: eigene Berechnung; türkis markierte Balken identifizieren direkt betroffene Wirtschaftszweige

Die Lücke zwischen Erwerbspersonen und Erwerbstätigen wird kleiner, was einerseits bedeutet, dass sich die Zahl der Erwerbslosen verringert. Dies ist aber andererseits auch ein Indiz dafür, dass sich das Arbeitsangebot verengt. Für das Saarland ist die Verknappung des Arbeitsangebotes (noch) nicht kritisch und es herrscht für das Bundesland insgesamt kein Unterangebot. Für einige Berufshauptgruppen dürfte die Nachfragesituation allerdings angespannter werden (vgl. Abbildung 5): Dies gilt insbesondere für baunahe Berufshauptgruppen oder für Mechatronik-, Energie- und Elektroberufe. Viele dieser Berufshauptgruppen sind bereits heute Engpassberufe im Gebiet Rheinland-Pfalz/Saarland (BA 2022).

Abbildung 5: Erwerbstätige im Saarland nach Berufshauptgruppen im Jahr 2045 – die 20 höchsten Anteile an Abweichung zum QuBe-Basislauf in Prozent



Quelle: eigene Berechnung; schraffierte Balken Engpassberuf gem. BA 2022

Der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft im Saarland geht mit einer Tendenz zu höheren Ansprüchen an die ausgeübten Tätigkeiten der Beschäftigten einher, gleichwohl alle Anforderungsniveaus stärker nachgefragt werden.

Tabelle 3 fasst die Effekte des Referenz-Szenarios nach ausgewählten Kenngrößen in Relation zur QuBe-Basisprojektion (Maier et al. 2022) zusammen. Während sich die Wertschöpfung, das Arbeitsangebot und die Zahl der Erwerbstätigen erhöht, gehen die Personen in Erwerbslosigkeit zurück. Für Arbeitgeber erschwert sich entsprechend die Besetzung von Arbeitsplätzen und die Suchdauern für die Neubesetzung einer Stelle verlängern sich – insbesondere auch in Engpassberufen. Der Arbeitsplatzumschwung – also die absolute Zahl der neugeschaffenen und wegfallenden Arbeitsplätze – nimmt ebenfalls zu. Ein Großteil der neuen Arbeitsplätze finden im produzierenden Gewerbe statt. Die meisten neu geschaffenen Arbeitsplätze sind Berufe mit höherqualifiziertem Anforderungsniveau mit Spezialisten- und/oder Expertenwissen. Viel, aber nicht der Großteil der Wertschöpfung entsteht im produzierenden Gewerbe. Die Wertschöpfung pro Erwerbstätigen steigt an.

Tabelle 3: Zusammenfassender Überblick über die Effekte des Referenz-Szenarios nach Kenngrößen in Relation zur QuBe-Basisprojektion

	2045
Bruttowertschöpfung, nominal (Differenz in Mio. €)	702
Erwerbstätige (Differenz in Personen)	1383
Erwerbspersonen (Differenz in Personen)	656

Erwerbslose (Differenz in Personen)	-727
Arbeitsplatzumschwung (Differenz in Personen)	1550
Suchdauern (Differenz in Prozent)	0,2
Erwerbstätige in Engpassberufen (Differenz in Personen)	437
Erwerbstätige im produzierenden Gewerbe	525
Hochqualifizierte Erwerbstätige (Experten/Spezialisten)	517
Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe (Differenz in Mio. €)	314
Wertschöpfung pro Erwerbstätigen (Differenz in Euro)	1111

Quelle: eigene Berechnung

3.2 EFFEKTE ALTERNATIVER TRANSFORMATIONSPFADE

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die Abweichungen der Alternativ-Szenarien relativ zum Referenz-Szenario für die nominale Bruttowertschöpfung und für die Anzahl der Erwerbstätigen im Saarland.

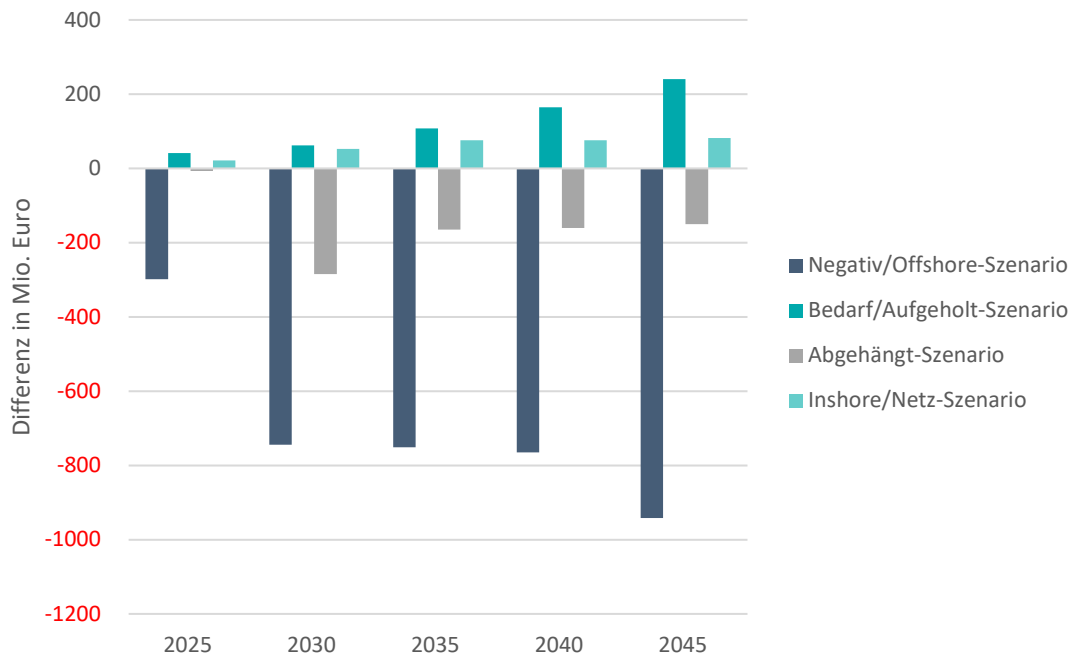
Für die Bruttowertschöpfung zeigt sich, dass sich die Nicht-Transformation und die Gefahr der Abwanderung von Grundstoffindustrien deutlich negativ auf die Wirtschaftsleistung im Saarland auswirkt (Negativ/Offshore-Szenario). Auch bei einer nur leichten Durchdringung und einer halbherzigen Umsetzung eines Wasserstoffhochlaufs wird ein schwächeres Wirtschaftswachstum als im Referenz-Szenario impliziert (Abgehängt-Szenario). Die negative Abweichung des Abgehängt-Szenarios ist allerdings nicht so stark, als dass sich der Weg in die Wasserstofftransformation überhaupt nicht lohnen würde. Andersherum kann eine konsequente Umsetzung des Wasserstoffhochlaufs zusätzliche Wachstumspotenziale schöpfen und das Land auf ein höheres Wachstumsniveau als im Referenz-Szenario heben (Bedarf/Aufgeholt-Szenario). Die Wirkung des Inshore/Netz-Szenarios fällt nur leicht besser aus als das Referenz-Szenario. Ein leicht anderer Weg in die Wasserstoffwirtschaft, der sich durch eine höhere Eigenproduktion von grünem Wasserstoff und durch eine Erweiterung der Transportkapazitäten auszeichnet, kann zu einer ähnlich günstigen ökonomischen Wirkung führen.

Die absoluten Abweichungen sind bei allen Alternativ-Szenarien nicht sehr stark. Prozentual liegt die Wirtschaftsleistung auch unter extrem günstigen Bedingungen wie im Bedarf/Aufgeholt-Szenario nicht mehr als 0,4 % höher als im Referenz-Szenario – was rund 240 Millionen Euro mehr an Bruttowertschöpfung im Jahr 2045 entsprechen würde. Für das Inshore/Netz-Szenario fallen die Zusatzgewinne im Jahr 2045 niedriger aus (82 Millionen Euro respektive +0,14 %). Gleichzeitig gilt aber auch, dass die Verluste an Wertschöpfung bei einer weniger starken Transformation größer ausfallen als die Zugewinne in den beiden positiven Szenarien. Dies trifft insbesondere in dem Negativ/Offshore-Szenario zu, in dem die Wertschöpfungsverluste deutlich sind und auf eine prozentuale Abweichung von bis zu 1,6 % im Jahr 2045 hinauslaufen (entspricht einem Wertschöpfungsverlust von 942 Millionen Euro im Jahr 2045). Bei dem Abgehängt-Szenario

summieren sich die Wertschöpfungsverluste 2045 auf 150 Millionen Euro, was einem prozentualen Verlust in Höhe von -0,26 % entspricht.

In allen Fällen sind die Effekte nicht so stark, als dass das grundsätzliche, langfristige Wachstum der Bruttowertschöpfung im Saarland gewendet wird. Auch das Negativ/Offshore-Szenario enthält nicht so viel Kraft, als dass es zu einem langhaltigen Negativwachstum der Wertschöpfung kommen könnte.

Abbildung 6: Wirkung der Alternativ-Szenarien auf die Bruttowertschöpfung im Saarland in Relation zum Referenz-Szenario



Quelle: eigene Berechnung

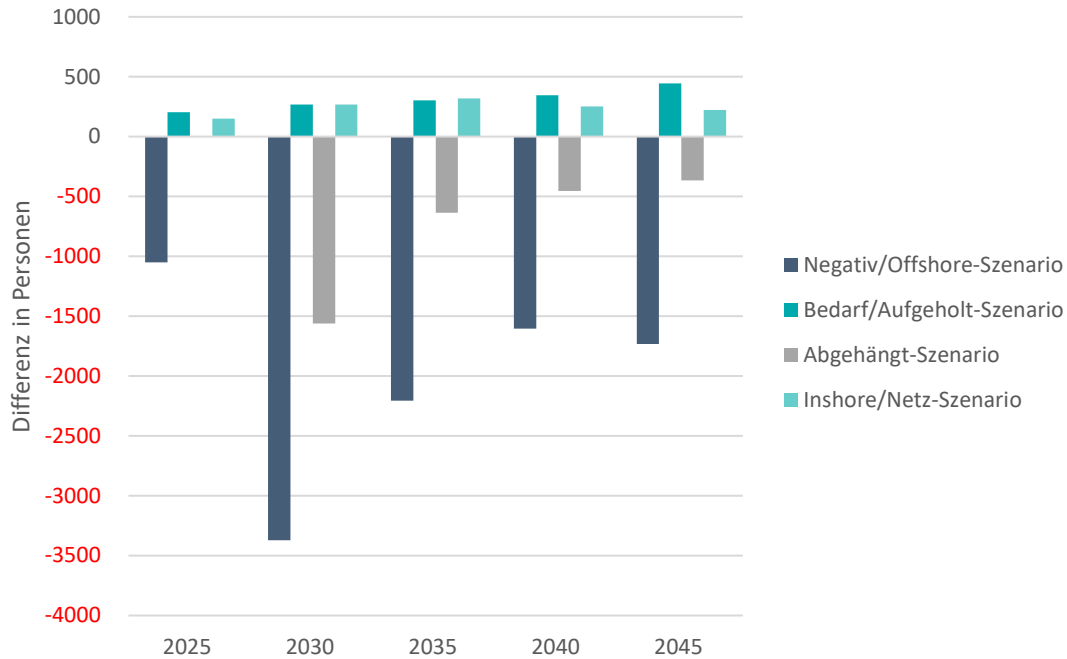
Die Effekte auf die Erwerbstätigkeit sind in prozentualer Abweichung zum Referenz-Szenario kleiner als auf die Wertschöpfung. Im günstigen Fall der Transformation können bis zu 450 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen, im ungünstigen Fall dagegen zeitweise über 3000 Arbeitsplätze abgebaut werden (vgl. Abbildung 7).

Das Jahr mit der größten Differenz bei den Erwerbstätigen ist für das Negativ/Offshore-Szenario wie auch für das Abgehängt-Szenario das Jahr 2030. Beim Negativ/Offshore-Szenario liegt dies vor allem an dem unterlassenen Ausbau der Infrastruktur, welche im Referenz-Szenario insbesondere bis 2030 verstärkt ausgebaut wird. Beim Abgehängt-Szenario liegt es dagegen nicht an dem unterlassenen Ausbau der Infrastruktur – diese wird in diesem Szenario genauso intensiv vorangetrieben wie im Referenz-Szenario. Hier wirkt das Zusammenspiel verschiedener Faktoren wie am geringeren Export, der geringen Elektrolysekapazität und dem deutlich geringeren Ausbau an erneuerbaren Energien.

Auch die Effekte auf die Erwerbstätigen sind insgesamt als gering zu bewerten. Der grundsätzlich rückläufige Verlauf der Erwerbstätigenzahlen im Saarland in der langen Frist kann von keinem der Szenarien gestoppt werden. Auch die langfristig rückläufige

Bevölkerung im Saarland und das dadurch geringer werdende Erwerbspersonenpotenzial kann die Wasserstofftransformation nicht verändern.

Abbildung 7: Wirkung der Alternativ-Szenarien auf die Zahl der Erwerbstätigen in Relation zum Referenz-Szenario



Quelle: eigene Berechnung

Tabelle 4 fasst die Effekte nach ausgewählten Kenngrößen für die vier alternativen Transformationspfade relativ zum Referenz-Szenario zusammen. In fast allen Kenngrößen zeigt sich, dass das Negativ/Offshore-Szenario und das Abgehängt-Szenario negativ vom Referenz-Szenario abweichen und das Bedarf/Aufgeholt und das Inshore/Netz-Szenario wiederum positiv. Es ist aber nur das Negativ/Offshore-Szenario, das die Wirtschaft auf einen ökonomisch schlechteren Weg bringen würde. Auch das Abgehängt-Szenario weist eine höhere Wertschöpfung und Beschäftigtenzahl aus im Vergleich zu einer Welt ohne Wasserstofftransformation.¹

¹ Die positiven Effekte des Referenz-Szenarios im Vergleich zur QuBe-Basisprojektion liegen bei der Wertschöpfung bei 702 Mio. Euro. Relativ zum Referenz-Szenario weist das Abgehängt-Szenario 150 Mio. Euro weniger Wertschöpfung aus. Zur QuBe-Basisprojektion ergibt sich demnach immer noch ein Wertschöpfungsgewinn von 552 Mio. Euro. Lediglich das Negativ/Offshore-Szenario weist auch in Relation zur QuBe-Basisprojektion Wertschöpfungsverluste aus (240 Mio. Euro).

Tabelle 4: Zusammenfassender Überblick über die Effekte nach Kenngrößen in Relation zum Referenz-Szenario, 2045

	Negativ/Offshore	Bedarf/Aufgeholt	Abgehängt	Inshore/Netz
Bruttowertschöpfung, nominal (Differenz in Mio. €)	-942	241	-150	82
Erwerbstätige (Differenz in Personen)	-1732	445	-366	222
Erwerbspersonen (Differenz in Personen)	-904	288	-70	-33
Erwerbslose (Differenz in Personen)	828	-158	296	-255
Arbeitsplatzumschwung (Differenz in Personen)	1944	496	392	261
Suchdauern (Differenz in Prozent)	-0,2	0,03	-0,06	0,04
Erwerbstätige in Engpassberufen (Differenz in Personen)	-515	83	-135	40
Erwerbstätige im produzierenden Gewerbe	-665	114	-181	99
Hochqualifizierte Erwerbstätige (Experten/Spezialisten)	-624	178	-130	89
Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe (Differenz in Mio. €)	-431	88	-77	34
Wertschöpfung pro Erwerbstätigen (Differenz in Euro)	-1521	387	-219	113

Quelle: eigene Berechnung

3.3 EIN ZUSAMMENFASSENDE BLICK

Durch eine grüne Wasserstofftransformation kann mit geringen, aber positiven Wachstums- und Beschäftigteneffekten gerechnet werden. Jeder Transformationspfad (mit Ausnahme des Negativ/Offshore-Szenarios) – unabhängig der näheren Ausgestaltung – ist ökonomisch gesehen vorteilhafter als eine Nicht-Transformation.

Unabhängig von der genauen Ausgestaltung des Wasserstoffhochlaufes kann die Transformation in eine Wasserstoffwirtschaft in zwei Phasen unterteilt werden: Die erste Phase dauert circa bis 2030/2035 an und ist hauptsächlich durch den Aufbau der notwendigen Infrastruktur und Produktionslinien gekennzeichnet, die für eine Nutzung von grünem Wasserstoff in größerem Umfang notwendig ist. Die Jahre danach prägen die zweite Phase, die die Verstetigung der Nutzung von grünem Wasserstoff darstellt. Während die erste Phase hauptsächlich aufgrund der hohen Investitionstätigkeit zu einer stärkeren Wirtschaftsentwicklung und einem höheren Bedarf an Arbeitskräften führt, ist die zweite Wachstumsphase durch unterstellte Preisvorteile des grünen Wasserstoffes gegenüber dem fossilen Substitut und den damit verbundenen Importvorteilen geprägt.

Tabelle 5 fasst die Ergebnisse in einem auf Zahlen basierendem Ampelsystem nach Kenngrößen für das Jahr 2045 zusammen. Rot indiziert einen negativen Einfluss, Grün einen positiven Einfluss und Gelb einen mittleren Einfluss.

Es gibt kein Szenario, das nur positive Einflüsse aufzeigt. Die Transformation in ihren unterschiedlichen Ausprägungen wirkt sich auf die einzelnen Kenngrößen unterschiedlich aus. In einem Fall wird das Wirtschaftswachstum und der Arbeitsmarkt positiv, in einem anderen negativ beeinflusst. Mal verschlimmert sich die Engpasssituation auf dem Arbeitsmarkt, mal nicht. Auch nehmen die Rekrutierungsprobleme für die Arbeitnehmer in einem Szenario zu, in einem anderen betrifft es besonders hochqualifizierte Jobs und in einem dritten hauptsächlich Jobs im produzierenden Gewerbe. Auch zeigt sich oft im Detail, wie stark sich Preisänderungen im Zuge der Transformation förderlich oder hinderlich auf die Entwicklung auswirken.

Je nach Fragestellung ist ein bestimmtes Szenario die zu priorisierende Variante der zukünftigen Wasserstofftransformation. Spielen Wachstums- und Beschäftigungseffekte eine größere Rolle, sind Szenarien besonders erstrebenswert, die diese Kenngrößen stimulieren. Sollte dagegen die Engpass- und Rekrutierungssituation auf dem Arbeitsmarkt im Fokus stehen, können wiederum andere Szenarien von Interesse sein.

Neben den in Tabelle 5 genannten Kenngrößen können zudem noch weitere Faktoren eine entscheidende Rolle bei der Frage nach dem zu priorisierenden Szenario spielen: Zum Beispiel die Wirkung auf die monetäre Sozialleistung des Staates. Werden diese erhöht oder gesenkt? Ein wichtiger Indikator dafür dürfte zumindest indirekt die Entwicklung der Erwerbslosen sein. Eine neue Dimension in der Entscheidung von Entwicklungsrichtungen ist in jüngster Zeit durch die Frage der Finanzierung hinzugekommen. Wie entwickelt sich der Finanzierungssaldo des Staates? Müssen mehr Schulden aufgenommen werden oder sind Steuererhöhungen unerlässlich? Oder generieren sie sich durch zusätzliche Einnahmen aufgrund eines höheren Wirtschaftswachstums? Zu guter Letzt ist auch die Entwicklung der CO₂-Emissionen bedeutsam. Schließlich ist die Reduktion der CO₂-Emissionen der eigentliche Grund für die Entscheidung, eine Wasserstofftransformation anzugehen. All diese genannten Faktoren (monetäre Sozialleistungen, Finanzierungssaldo Staat, CO₂-Emissionen) sind im Folgenden nicht weiter analysiert, sollten aber bei der Bewertung der Szenarien mitgedacht werden.

Tabelle 5: Zusammenfassung der Bewertung des Referenz-Szenarios und der Alternativ-Szenarien für das Jahr 2045

	In Relation zu...				
	QuBe-Basislauf	Referenz-Szenario			
	Referenz-Szenario	Negativ/Offshore-Szenario	Bedarf/Aufgeholt-Szenario	Abgehängt-Szenario	Inshore/Netz-Szenario
Bruttowertschöpfung, nominal	●	●	●	●	●
Erwerbstätige	●	●	●	●	●
Erwerbspersonen	●	●	●	●	●
Erwerbslose	●	●	●	●	●

Arbeitsplatzumschwung	●	●	●	●	●
Suchdauern	●	●	●	●	●
Erwerbstätige in Engpassberufen	●	●	●	●	●
Erwerbstätige im produzierenden Gewerbe	●	●	●	●	●
Hochqualifizierte Erwerbstätige (Experten/Spezialisten)	●	●	●	●	●
Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe	●	●	●	●	●
Wertschöpfung pro Erwerbstätigen	●	●	●	●	●

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Entscheidend für die Priorisierung der Szenarien ist neben den rein ökonomischen Werten auch, ob und wie schnell der Weg in die Wasserstofftransformation gegangen werden kann. Bereits heute ist zu sehen, dass die Wasserstoffwirtschaft nicht „von allein“ entsteht, sondern politisch gewollt und gefördert wird. Die folgenden sieben Faktoren sind wichtige Stellgrößen, die für eine erfolgreiche Realisierung beobachtet werden müssen:

1. Der **Aus- und Aufbau von Infrastrukturen** (Ausbau erneuerbarer Energien, Erhöhung der Elektrolyseleistung, Umrüstungsinvestitionen von Produktionsprozessen, Leitungs- und Speicherausbau für Wasserstofftransport und -speicherung) ist für die erfolgreiche Transformation unabdingbar.
2. Die Entwicklung des **Wasserstoffpreises relativ zu den fossilen Energiepreisen** ist ein wichtiger Faktor, der über die wirtschaftlichen und arbeitsökonomischen Wirkungen entscheidet. Bleibt Wasserstoff langfristig teurer als die fossilen Substitute, fällt der wirtschaftliche Erfolg der Transformation in der langen Frist geringer aus.
3. Es muss der **Bedarf für den Wasserstoff** entstehen, damit investierende Unternehmen oder auch der Staat nicht mit „sunk costs“ dastehen – also mit Investitionskosten, die nicht zurückgewonnen werden können.
4. Es ist notwendig, frühzeitig in die Umschulung von frei werdenden **Arbeitskräften** oder in die Qualifizierung von Arbeitslosen zu investieren, sodass der bereits heute angespannte Arbeitsmarkt mit ausreichend qualifizierten Kräften für die Wasserstofftransformation ausgestattet ist. Die Bestandsqualifizierung der Unternehmensbelegschaften sind frühzeitig einzuplanen.
5. Da Deutschland und das Saarland seinen Wasserstoffbedarf nicht allein durch heimische Produktion decken kann, müssen Möglichkeiten geschaffen werden, in ausreichender Menge und zu erschwinglichen Preisen grünen **Wasserstoff importieren** zu können.
6. **Forschung und Entwicklung** ist notwendig, um die Hochskalierung der Wasserstofftechnologie schnell und kostengünstig realisieren zu können. Die

Investitionskosten sinken nur unter dem Aspekt der günstiger werdenden Technologie. Dann können auch Exportpotenziale gehoben werden.

7. Die **zeitliche Koordination** zwischen Aufbau der Infrastruktur und Qualifizierung von Arbeitskräften und Hochlauf der Nutzung von Wasserstoff ist zu berücksichtigen.

4 HANDLUNGSOPTIONEN UND -EMPFEHLUNGEN

Die Transformation in eine grüne Wasserstoffwirtschaft kann positiv gestaltet werden, wenn die wichtigen Stellgrößen angesprochen werden, weshalb die richtigen Hebel und Instrumente gefunden werden müssen, die diese Entwicklung unterstützen können. Denn eine Grundannahme für die ermittelten Wachstums- und Beschäftigungseffekte besteht darin, dass die getroffenen Annahmen zu Investitions- und Bedarfsentscheidungen von den jeweiligen Akteuren auch getroffen und erfolgreich umgesetzt werden.

Zum heutigen Zeitpunkt kann davon ausgegangen werden, dass das Negativ/Offshore-Szenario nicht realistisch ist. Dafür sind schon zu viele wasserstoffspezifische Maßnahmen und Regelungen getroffen worden – gleichwohl auch das Scheitern der Transformation zum gegenwärtigen Zeitpunkt theoretisch immer noch möglich ist. Wahrscheinlicher ist allerdings, dass der Weg einer Wasserstofftransformation begangen wird. Welches der alternativen Transformationspfade (Referenz-Szenario, Abgehängt-Szenario, Bedarf/Aufgeholt-Szenario oder Inshore/Netz-Szenario) allerdings realisiert wird, ist noch offen und hängt auch von den begleitenden Maßnahmen entlang der Wasserstofftransformation ab.

Die Wasserstoffelektrolyse, auf deren Basis der Übergang in eine grüne Wasserstoffwirtschaft möglich ist, ist keine neue Technologie. Die Invention, also die eigentliche Erfindung einer neuen Technologie, ist geschehen. Damit sich eine Technologie allerdings durchsetzt, bedarf es gemäß Schumpeter (1912) einen „Prozess des technologischen Wandels“ (Jaffe et al. 2003, S. 4). Der Invention muss die Innovation (Weiterentwicklung der Invention zu einem marktfähigen Produkt/Prozess) folgen. Darunter fällt zum Beispiel die Skalierbarkeit der Herstellung des Produktes/Prozesses für bspw. industrielle Anwendungen. Aber selbst wenn dies gelingt, ist der „Prozess des technologischen Wandels“ immer noch nicht abgeschlossen. Die entscheidende Phase für eine erfolgreiche Innovation ist die dritte Phase, die Diffusionsphase. Diese beschreibt die Adaption des Produktes/Prozesses von Unternehmen und Verbrauchern. Erst wenn diese Phase erfolgreich abgeschlossen wurde, kann von einer vollendeten Innovation gesprochen werden. Denn ohne Diffusion wird eine Innovation keine ökonomische Bedeutung erlangen. Eine Transformation muss also alle drei Phasen – Invention, Innovation und Diffusion – durchgehen um erfolgreich zum Abschluss gebracht zu werden.

Welche Handlungsoptionen gibt es und welche Handlungsentscheidungen können getroffen werden, sodass das Projekt „grüne Wasserstofftransformation“ erfolgreich zu Ende gebracht werden kann? Welche Maßnahmen müssen getätigt werden, damit der zu priorisierende Transformationspfad auch umgesetzt werden kann?

Das Gelingen der Transformation in eine Wasserstoffwirtschaft hängt grundsätzlich von zwei Faktoren ab: Steht das notwendige Geld zur Verfügung, damit die Transformation gelingen kann? Und: Stehen genügend Köpfe zur Verfügung, damit die Transformation umgesetzt werden kann?

- Zu den monetären Faktoren zählt die Frage, ob die hohen Investitionen tatsächlich getätigt werden. Gibt es ausreichend finanzielle Mittel, die dafür notwendigen Aufwendungen durchzuführen? Dies gilt sowohl für den Auf- und Ausbau der Infrastruktur – sei es der Ausbau der erneuerbaren Energien oder der Aus- und

Umbau des Transportnetzes, damit Wasserstoff auch an die Endnutzer geliefert werden kann – als auch für die Umstellung der Produktionsprozesse bei den potenziellen Nutzern von grünem Wasserstoff. Alles entscheidend ist die Frage, ob es überhaupt genügend grünen Wasserstoff geben wird, um den gesamten inländischen Wasserstoffbedarf abdecken zu können. Hierfür ist nicht nur der Ausbau der inländischen Erzeugungskapazitäten entscheidend, sondern auch der Import von grünem Wasserstoff aus dem Ausland. Darüber hinaus gibt es technische Faktoren, die es zu berücksichtigen gilt. Viele sind heute noch im Forschungsstadium oder werden nur in einzelnen Pilotprojekten erprobt. Für eine Transformation müssen diese Technologien die Pilotphase verlassen und im industriellen Maßstab erzeugt werden.

- Ein für die monetären Faktoren notwendiger Inputfaktor ist, dass auch die entsprechenden Arbeitskräfte zur Verfügung stehen. Neben dem Kapital muss also auch der Faktor Arbeit für eine erfolgreiche Wasserstofftransformation betrachtet werden. Denn selbst wenn genügend Geld da ist, um die notwendigen Investitionen zu tätigen, müssen auch genügend Arbeitskräfte mit der richtigen Qualifikation und den richtigen Kompetenzen vorhanden sein, damit die Investitionen realisiert werden können. In Zeiten von Fachkräftemangel kommt dem Faktor Arbeit eine besondere Bedeutung zu.

4.1 PRIORISIERUNG DER TRANSFORMATIONSPFADE

Die fünf Wege in eine Wasserstoffwirtschaft haben unterschiedliche Ausrichtungen und erzeugen – bei Realisierung – unterschiedliche ökonomische Effekte. Welcher Transformationspfad verfolgt werden sollte, ergibt sich zum einen durch die Gewichtung der ökonomischen Effekte entlang der identifizierten Kenngrößen und zum anderen durch eine qualitative Plausibilisierung der Szenarien.

Die qualitative Bewertung der fünf Transformationspfade wurde in Kapitel 2.2 bereits vorgenommen und wird in nachfolgender Tabelle 6 aufgegriffen.

Die quantitative Bewertung erfolgt auf Basis der Beobachtung der Abweichungen der elf Kenngrößen (vgl. Tabelle 5) über fünf Beobachtungszeitpunkte². Nähere Zeitpunkte sind sicherer als entfernt liegende und werden stärker gewichtet. Auch wird mehr Gewicht auf die Kenngrößen Wertschöpfung und Erwerbstätige als auf Engpässe und Suchdauern gelegt. Mittels eines Punktesystems kann eine quantitative Bewertung der Transformationspfade vorgenommen werden. Demnach ist das Bedarf/Aufgeholt-Szenario das zu favorisierende Szenario, dem das Inshore/Netz-Szenario und das Referenz-Szenario folgt. Mit etwas Abstand folgt das Abgehängt-Szenario und auf dem letzten Platz liegt das Negativ/Offshore-Szenario.

² Quantitative Effekte der Kenngrößen in den Beobachtungszeitpunkten 2025, 2030, 2035, 2040 und 2045.

Tabelle 6: Priorisierung der Szenarien

Szenario	Qualitative Bewertung	Quantitative Bewertung	Priorisierung der Szenarien
Referenz-Szenario	Plausibel und wahrscheinlich	62	1
Abgehängt-Szenario	Realistisch	47	2
Bedarf/Aufgeholt-Szenario	Wenig wahrscheinlich	69	3
Inshore/Netz-Szenario	Unrealistisch	67	4
Negativ/Offshore-Szenario	Wenig wahrscheinlich	8	5

Quelle: eigene Berechnung und Darstellung

Das Referenz-Szenario wird hauptsächlich aufgrund seiner hohen Wahrscheinlichkeit der Realisierung als der zu priorisierende Transformationspfad gesehen, auch wenn die ökonomische Bewertung schlechter ausfällt als beim Bedarf/Aufgeholt- und beim Inshore/Netz-Szenario.

Das Abgehängt-Szenario erhält aufgrund seiner schwachen, ökonomischen Effekte nur eine geringe quantitative Bewertung. Mit Stand heute ist es aber als realistisches Szenario einzuschätzen, insbesondere dann, wenn nicht mehr für den Abbau von bürokratischen Hemmnissen getan wird oder der Ausbau der erneuerbaren Energien zu langsam voranschreitet, als dass genügend grüne Energie für die Wasserstoffelektrolyse zur Verfügung steht. Dies ist ein Szenario, das ohne größere Handlungserwartungen erreicht werden könnte.

Dagegen erscheint das Bedarf/Aufgeholt-Szenario zwar als das ökonomisch erstrebenswerteste, wird aber qualitativ als sehr ambitioniert bewertet, sodass es ohne weitere Maßnahmen nicht erreicht werden kann. Insbesondere hemmen infrastrukturelle Verzögerungen beim Ausbau der Stromtrassen. Auch erscheint der breite Einsatz von Wasserstoff auch bei der Wärmeerzeugung und im Individualverkehr eher unwahrscheinlich. Die Realisierung dieses Szenarios hängt auch von dem Handeln der übrigen Welt ab, da verstärkte Technologieexporte nur bei entsprechenden Bedarfen möglich sind. Um dieses Szenario erreichen zu können, sind sehr ambitionierte Maßnahmenpakete erforderlich.

Das Inshore/Netz-Szenario erhält quantitativ hohe Bewertungspunkte, wird aber qualitativ als unrealistisch eingeschätzt. Da dieses Szenario stark auf Netzausbau und Eigenproduktion ausgelegt ist, sind der limitierende Faktor die Stromtrassen und regulatorische Hemmnisse mit Blick auf den Ausbau erneuerbarer Energien.

In Bezug auf die unterschiedlichen Positionen innerhalb einer Wasserstoff-Wertschöpfungskette können für jedes Szenario Schwerpunkte markiert werden (vgl. Abbildung 8). Um das Referenz-Szenario zu erreichen, sind Handlungsfelder in allen Bereichen der Wertschöpfungskette Wasserstoff auszumachen. Das Negativ/Offshore-Szenario ist ohne Aufwand realisierbar, da in diesem Szenario der Status einer wasserstofffreien Wirtschaft fortgesetzt wird. Das Bedarf/Aufgeholt-Szenario ist mit deutlich mehr Aufwand insbesondere im Bereich der Stromerzeugung, der Wasserstoffproduktion, dem Technologieexport, beim Transportnetz und bei den Wasserstoffbedarfen zu sehen. Das

Abgehängt-Szenario grenzt sich dagegen insbesondere im Bereich der Stromerzeugung und Wasserstoffproduktion sowie bei den Technologieexporten durch weniger Aufwand vom Referenz-Szenario ab. Das Inshore/Netz-Szenario weist dagegen wiederum deutlich mehr Aufwand im Bereich des Transportnetzes auf.

Abbildung 8: Schwerpunkte der Transformationspfade

	Referenz	Negativ/Offshore	Bedarf/Aufgeholt	Abgehängt	Inshore/Netz
Stromerzeugung					
Wasserstoffproduktion					
Wasserstoffimport					
Technologieexport					
Transportnetz					
Wasserstoffbedarf					
Arbeitsmarkt					

Anmerkung: Grau = mit wenig bis keinem Aufwand verbunden; Rot = mit sehr viel Aufwand verbunden; Hellrot = mit mäßig viel Aufwand verbunden

Quelle: eigene Darstellung

Entsprechend dieser Aufteilung können erste Handlungsfelder für die unterschiedlichen Szenarien identifiziert werden. Wie diese angesprochen werden können und in welche Felder besonders viel Engagement und Wert gelegt werden sollte, kann aus der Handlungsfeldmatrix abgeleitet werden.

4.2 HANDLUNGSFELDMATRIX

Die Handlungsfeldmatrix verbindet die einzelnen Stellschrauben aus den Elementen der Wasserstoff-Wertschöpfungskette (rot markierte Führungszeilen) mit potenziellen Hebeln, mit denen diese Stellschrauben bedient werden können (gelb markierte Führungsspalten), sodass die gewünschte Entwicklung gemäß der Beschreibung der Transformationspfade erreicht wird. Jeder Hebel benötigt die Aktion unterschiedlicher Akteure

(Politik, Wirtschaft, Wissenschaft), erzeugt Einnahmen oder Ausgaben im saarländischen Landeshaushalt und impliziert unterschiedliche Akzeptanzeinschätzungen in der Gesellschaft (grün markierte Führungszeilen).

Stellgrößen identifizieren diejenigen Kenngrößen, die das Erreichen der in den Szenarien beschriebenen Wasserstoffwirtschaft beeinflussen. Sie können nach ihrer Positionierung innerhalb der Wasserstoff-Wertschöpfungskette gereiht werden und leiten sich direkt aus den Annahmen in den Szenarien ab (vgl. Tabelle 1).

Unterschiedliche Hebel liegen den Akteuren (Politik, Wirtschaft, Wissenschaft) in unterschiedlichem Ausmaß vor, um die Stellschrauben so zu beeinflussen, dass die Wasserstofftransformation gelingen kann. Die in der Handlungsfeldmatrix aufgeführten Hebel sind Maßnahmen, die grundsätzlich nicht nur auf die Transformation in eine Wasserstoffwirtschaft angewendet werden können, sie können aber derart ausgestaltet werden, dass sie auch für das Gelingen einer Wasserstofftransformation genutzt werden können. Sie sollen die Frage beantworten: "Was kann getan werden, um die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft positiv zu beeinflussen?".

Darüber hinaus wird in der Handlungsfeldmatrix dargestellt, welche saarländischen Akteure – aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft – wie stark auf die Hebel Einfluss nehmen können. Durch das Betätigen der Hebel kann der öffentliche Haushalt entweder belastet oder es können Einnahmen generiert werden. Hierzu wird ebenso eine Einschätzung zur mutmaßlichen Akzeptanz der Hebel in der Gesellschaft vorgenommen.

In Anhang 3 sind die einzelnen Elemente der Handlungsfeldmatrix näher beschrieben.

Abbildung 9: Handlungsfeldermatrix

Stellröhren	Handlungsfeld	Einflussgröße	Hebel										Medien																
			Ordnungsrecht					Marktwirtschaftliche Instrumente					Förderung					Markt											
			Beschleunigt/vereinfachte Genehmigungsverfahren	Quotenregelungen	Gesetzliche Nutzungsverpflichtung	Verbot von Nutzung fossiler Energieträger	Zuwanderung/Zuzug	Ausbildungspläne/-ordnung	Strombezugskostenenkennung für Elektrolyse	Zertifizierung	Abbau klimaschädlicher Subventionen	Subventionierung von grünem H2	Erhöhung des CO2-freies (Steuer, Reform (EU ETS))	Beschleunigte steuerliche Abschreibung/ Investitionsprämie	Förderung im Rahmen von H2Gobal/H2-partnerships	Förderung im Rahmen des Klima- und Transformationsfonds	Förderung über Amortisationskonto	Förderung über saarl. Transformationsfonds	Förderung im Rahmen von EFR/GRW u. a.	Förderung für on-site Erzeugung	Job-to-job Förderung	Aufbau von Netzwerken	Investitionspläne	Öffentliche Beschaffung/ grüne Leitmärkte	Öffentlichkeitsarbeit/ Marketing	Stakeholderprozesse			
		xxx >>> starker, direkter Einfluss	xxx																										
		xx >> mittlerer, direkter Einfluss	x			xx																							
		x >> schwacher, direkter Einfluss	xxx																										
		- >>> kein direkter Einfluss																											
Stellröhren	Stromerzeugung	Ausbau EE ↑	xxx																										
		Stromimport aus dem Ausland	x																										
		Inzillierte Elektrolyseleistung in DE ↑	xxx																										
		Wirkungsgradverbesserung ↑	x																										
		Volllaststunden ↑	x																										
		Investitionskosten im Inland (CAPEX) ↓	xx																										
		Wasserstoffpreis im Inland (OPEX) ↓	xxx																										
		Umrüstungsinvestitionen von Produktionsprozessen ↑	xxx																										
		Wasserstoffpreis im Ausland ↓	xx																										
		Preis fossiler Energieträger ↑	xxx																										
		Exportanteil am Weltmarkt ↑	x																										
		Technologietransport	Wasserstoffimport	Leitungskapazität Pipeline (Neu-/Ausbau) ↑	xxx																								
				Investitionskosten ↓	xx																								
				Betriebskosten ↓	xx																								
		Transportnetz	Wasserstoffbedarf	Speicherkapazität (Neu-/Ausbau) ↑	xxx																								
Investitionskosten für Speicher ↓	xxx																												
Betriebskosten für Speicher ↓	x																												
Wasserstoffbedarf	Arbeitsmarkt	Wasserstoffbedarf im Inland ↑	xxx																										
		Wasserstoffbedarf im Ausland ↑	x																										
		Schulungskosten ↓	x																										
		Lerninhalte	xx																										
		Anzahl qualifizierter Personen ↑	xxx																										

4.3 HANDLUNGSOPTIONEN

Die folgenden Handlungsoptionen stehen für die sieben wichtigsten Faktoren für eine erfolgreiche grüne Wasserstofftransformation zur Verfügung (vgl. Kapitel 3.3). Die Handlungsoptionen ergeben sich aus den Zelleninhalten der Handlungsfeldmatrix (vgl. Abbildung 9).

4.3.1 AUS- UND AUFBAU VON INFRASTRUKTUR

Der **Aus- und Aufbau von Infrastrukturen** (Ausbau erneuerbarer Energien, Erhöhung der Elektrolyseleistung, Umrüstungsinvestitionen von Produktionsprozessen, Leitungs- und Speicherausbau für Wasserstofftransport und -speicherung) können besonders gut über den **Hebel von Förderungen** positiv beeinflusst werden. Das liegt in der Natur des Instrumentes: Zusätzliche Gelder aus z. B. Förderprogrammen oder über Klimaschutzverträge reduzieren den Finanzierungsdruck aufseiten der investierenden Unternehmen und beeinflussen somit positiv die Investitionsentscheidung, welche ansonsten ggf. nicht, erst zeitverzögert oder zu einem geringeren Umfang getätigt worden wäre. Durch die Ausgestaltung der Förderung (z. B. Förderthema, -kriterien, -dauer, -volumen etc.) kann eine genaue Lenkungswirkung erreicht werden. In der Regel gibt es eine Vielzahl an konkreten Förderprogrammen, die sich in ihrer Ausgestaltung unterscheiden.

Der **Klima- und Transformationsfonds (KTF)** der Bundesregierung hat den Zweck, die Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele Deutschlands zu fördern. Ein zentraler Teil des KTF bezieht sich auf den Ausbau der Wasserstoffwirtschaft. Darin enthalten ist die Umstellung von Stahlwerken auf Direktreduktion, die Umsetzung der nationalen Wasserstoffstrategie oder die Wasserstoffstrategie Außenwirtschaft, welche insbesondere internationale Kooperationen fördert (BMWK 2023). Teil des KTF ist das „IPCEI Wasserstoff“, welches als europäisches Projekt die Schaffung eines gemeinsamen europäischen Wasserstoffmarktes vorsieht. In Deutschland wurden 62 Großvorhaben für die IPCEI-Förderung ausgewählt (BMWK 2022b). Die Förderbescheide der Europäischen Kommission gehen in vier Wellen raus: Die IPCEI-Förderungen für Hy2Tech (Wasserstofftechnologie) und Hy2Use (Wasserstoffverwendung) gingen 2022 raus. 2024 wurden die Förderungen für Hy2Infra (Wasserstoffinfrastruktur) bekannt gegeben (European Commission 2024), Unter den 23 deutschen, im Rahmen von Hy2Infra geförderten Projekte sind 2 Projekte im Saarland angesiedelt (BMWK & IPCEI Hydrogen 2024). Hy2Move (Wasserstoffmobilität) als vierte und letzte Förderwelle im Rahmen von IPCEI Wasserstoff ist gegenwärtig noch in der Bearbeitung (IPCEI Hydrogen).

Teil des KTF sind die **Klimaschutzverträge**, mit deren Hilfe die Dekarbonisierung der Industrie unterstützt werden sollen. Sie unterscheiden sich in ihrer Charakteristik allerdings deutlich von IPCEI. Klimaschutzverträge stellen eine neue Form von Förderprogrammen dar. Kernidee der Verträge ist, dass der Staat die Mehrkosten bei der Umstellung auf eine klimaneutrale Produktion bezuschusst. Die Förderung ist langfristig auf 15 Jahre ausgelegt. Auf die Klimaschutzverträge muss sich beworben werden – der erste Förderaufruf fand im März 2024 statt. Weitere Gebotsrunden sind im Verlauf der Jahre 2024 und 2025 geplant (BMWK 2024a). Die Klimaschutzverträge werden mittels eines Gebotsverfahrens vergeben: Die beantragenden Unternehmen müssen angeben,

wie viel Fördermittel sie brauchen, um mit ihrem neuen Technologieverfahren eine Tonne CO₂ zu vermeiden. Dadurch werden nur diejenigen Unternehmen bezuschusst, die besonders günstig kalkulieren. Sobald das neue Technologieverfahren kostengünstiger ist als das alte, wird die Zahlung umgekehrt. Dann überweist das geförderte Unternehmen seine Mehreinnahmen zurück an den Staat. Wenn dies passiert, kann ein Unternehmen den Vertrag zum Ablauf von drei Jahren kündigen (BMWK 2024a). Damit ist das Konzept der Klimaschutzverträge aus staatlicher Sicht durchaus als kostengünstiger anzusehen als Standard-Förderprogramme, da hier zumindest für eine kurze Zeit auch mir Rückflüssen gerechnet werden kann. Die Klimaschutzverträge werden über das Bundeswirtschaftsministerium vergeben. Oft können dabei verschiedene Förderprogramme miteinander gekoppelt werden, die Doppelförderung wird bei Klimaschutzverträgen allerdings ausgeschlossen. Das betrifft insbesondere auch die Förderung über IPCEI-Projekte. Da Klimaschutzverträge in erster Linie Industrieunternehmen unterstützen sollen, kann angenommen werden, dass vor allem die Elektrolyseurherstellung sowie die Umrüstungsinvestitionen energieintensiver Unternehmen unterstützt werden.

Da der KTF und die Klimaschutzverträge Instrumente sind, die auf Bundesebene initiiert wurden, ist die Handlungsmacht der saarländischen Politik begrenzt. Saarländische Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen müssen Förderrichtlinien erfüllen und sich bewerben. Über die Förderung wird allerdings auf Bundes- beziehungsweise EU-Ebene entschieden. Es gibt aber auch regionale Förderungstöpfe, die auf bestimmte Regionen konzentriert sind. Dazu gehört zum einen der **saarländische Transformationsfonds**. Dieser ist das regionale Pendant zum KTF und hat das Ziel, den Weg in eine klimaneutrale Wirtschaft zu unterstützen. Mit seiner Einführung im Jahr 2022 war der Transformationsfonds mit einem Volumen von 3 Milliarden Euro ausgestattet und sollte auf zehn Jahre ausgelegt sein. Aufgrund rechtlicher Unsicherheiten (ein Großteil des Fonds ist schuldenfinanziert) soll 2024 bereits gut die Hälfte des Fonds eingesetzt werden (SR info 2023). Mit den Geldern wird u. a. auch die Umstellung der Produktion von Stahl mit Wasserstoff gefördert. Ende 2023 hat die EU-Kommission die Fördergelder in Höhe von 2,6 Milliarden für den klimafreundlichen Umbau der saarländischen Stahlproduktion der Stahl-Holding-Saar freigegeben (European Commission 2023b; SHS 2023). Die Gelder für das auch Power4Steel (Pure Steel) genannte Projekt werden zu 70 % vom Bund und zu 30 % durch das Saarland finanziert.

Weitere regionale Förderungen im Rahmen von europäischen und deutschlandweiten Programmen stehen ebenfalls zur Verfügung. So kann der **regionale Strukturwandel im Rahmen des europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) oder im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur (GRW) gefördert** werden. Im Rahmen des **EFRE-Programmes** werden auf europäischer Ebene die allgemeinen Ziele und Schwerpunkte vorgegeben – die Auswahl und Abwicklung der EFRE-Projekte erfolgt allerdings direkt vor Ort. In Deutschland sind die jeweiligen Landesregierungen dafür zuständig. Für EFRE-Programme wurden für die Förderperiode 2021–2027 rund 226 Mrd. Euro bereitgestellt (Europäisches Parlament 2024). Dem Saarland stehen davon etwa 135 Millionen Euro zur Verfügung (Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitales und Energie Saarland 2023). Die **Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur (GRW)** wurde Ende 2022 neu aufgestellt. Ein Hauptziel ist die Beschleunigung des Transformationsprozesses zu

einer klimaneutralen und nachhaltigen Wirtschaft. Künftig stellt die GRW auch auf regionale Wertschöpfungsketten und Wirtschaftskreisläufe ab. Im Bereich Förderung wirtschaftsnaher Infrastruktur werden besonders klimafreundliche bzw. nachhaltige Maßnahmen honoriert (z. B. Eigenerzeugung erneuerbarer Energien). Förderungen im Rahmen von EFRE oder GRW müssen zuerst vonseiten der Landesregierungen nachgefragt werden, sodass Gelder für die Förderung von spezifischen Projekten zur Verfügung stehen. Grundsätzlich hat die saarländische Politik deutlich größere Einflussmöglichkeiten auf die Vergabe von EFRE-, GRW- oder Förderungen über den saarländischen Transformationsfonds als bei KTF-Förderungen wie IPCEI oder Klimaschutzverträgen.

Aufgrund der hohen Investitionskosten für den Aufbau des Wasserstofftransportnetzes und aufgrund einer in der Hochlaufphase noch geringen Nutzeranzahl ist mit hohen Netzentgelten zu rechnen. Insbesondere in der frühen Phase einer grünen Wasserstoffwirtschaft könnten die Differenzkosten zwischen hohen Kosten und geringen Einnahmen mittels eines **Amortisationskontos** vom Staat zwischenfinanziert werden. Mit zunehmender Etablierung der Wasserstoffwirtschaft sinken die Differenzkosten. Übersteigen die Einnahmen die Ausgaben, werden die entstandenen Fehlbeträge ausgeglichen. Somit zahlt der Staat zwar zunächst die zusätzlichen Kosten, diese Kosten sollen aber langfristig kompensiert werden, sodass dem Staat über eine zu definierende Zeitspanne keine zusätzlichen Ausgaben entstehen. Das Laufzeitende des Amortisationskontos ist mit 2055 sehr lang. Sollte bis dahin das Konto allerdings nicht ausgeglichen worden sein, wird der verbleibende Fehlbetrag vom Staat und bis zu 24 % von den Betreibern des Wasserstoff-Kernnetzes ausgeglichen (BMWK 2024c).

Förderinstrumente belasten grundsätzlich den öffentlichen Haushalt. Daher sind diesem Hebel in Zeiten von knappen öffentlichen Kassen Grenzen gesetzt. Die Schuldenbremse gilt nicht nur auf Bundes-, sondern auch auf Landesebene. Umso gezielter sollten die unterschiedlichen Förderungstools ausgerichtet werden, sodass knappe Mittel auch effektiv eingesetzt werden. Allen Förderinstrumenten ist gemein, dass sie nachgefragt werden müssen. Fördertöpfe können im ungünstigsten Fall gar nicht nachgefragt werden. Es obliegt hier also der Wirtschaft und/oder der Wissenschaft, sich auf Förderinstrumente zu bewerben. Je nach Programm ist die Antragsphase langwierig und mitunter auch kompliziert. Für die Unternehmen können hier in Bezug auf Zeitaufwand und zusätzlichem Personal für die Antragsstellung zusätzliche Kosten entstehen.

Was die gesellschaftliche Akzeptanz der angesprochenen Fördermaßnahmen angeht, so ist diese als primär positiv einzuschätzen, da zunächst niemand direkt Nachteile erfährt und Infrastrukturprojekte zur Energieversorgung oftmals positive Implikationen für das Allgemeinwohl bedeuten. Allerdings ist Geld immer nur einmal auszugeben. Die Förderkonkurrenz zwischen den Antragsstellern, aber auch zwischen Förderprojekten ist groß und in Zeiten von knappen Haushaltskassen umso größer. Die Akzeptanz von Förderungen kann daher darunter leiden, dass Projekte nicht gefördert werden, die ebenfalls von gesellschaftlicher Relevanz sind.

Förderungen unterstützen in der Regel die Investitionsentscheidung. Damit die straffen Zeitpläne beim Aus- und Aufbau der Infrastruktur auch von Behörden umgesetzt werden können, ist eine Kopplung der Förderung an ein ordnungsrechtliches Instrument, welche eine **Beschleunigung und/oder Vereinfachung von Genehmigungsverfahren** von

Anlagen ermöglicht, sinnvoll – sei es von Anlagen für erneuerbare Energien, für Elektrolyseure oder für den Leitungs- oder Speicherausbau. Beschleunigungen beziehungsweise Vereinfachungen von Genehmigungsverfahren bedürfen häufig Gesetzesänderungen und somit der Abwägung. Ein wichtiges Element hierfür ist das im Mai 2024 auf den Weg gebrachte **Wasserstoffbeschleunigungsgesetz**, das behördliche Entscheidungen für den Ausbau der Infrastruktur für Erzeugung, Speicherung und Import von Wasserstoff beschleunigen soll (BMWK 2024b). Grundsätzlich dürfte die Maßnahme kostenneutral auf den Staatshaushalt wirken, wenn nicht sogar leicht entlastend. Es ist allerdings damit zu rechnen, dass beschleunigte Genehmigungsverfahren nicht nur positive Reaktionen hervorrufen werden. Es wird immer Interessengruppen geben – wie bspw. Umweltverbände, Anwohner usw. – die sich gegen den Wegfall von Prüfungsvorschriften aussprechen. Die Kompetenz, Genehmigungsverfahren zu vereinfachen oder zu beschleunigen, liegt aufgrund der dafür oftmals notwendigen Änderungen von Bundesgesetzen und -richtlinien in erster Linie bei der Bundespolitik. Jedoch hat in einzelnen Fällen, beispielsweise wenn es um Fragen der Raumordnung und Flächenbereitstellung geht, auch die saarländische Politik Entscheidungsgewalt (Leistenschneider 2023).

Netzwerke zwischen Unternehmen können vor allem bei der Umsetzung von größeren Infrastrukturprojekten wie dem Neu- oder Ausbau von Pipelines hilfreich sein, da die hierfür notwendigen Investitionen naturgemäß risikobehaftet sind. Diese Risiken können durch Kooperationen beispielweise zwischen energiewirtschaftlichen Unternehmen und Endnutzern entlang der Lieferkette verteilt werden. Die **saarländische Politik hat mit Gründung der saarländischen Wasserstoffagentur** im Jahr 2023 eine wichtige Koordinationsstelle geschaffen. Sie übernimmt unter anderem auch **koordinative Aufgaben zur Netzwerkbildung** entlang der Wertschöpfungskette Wasserstoff im Saarland.

Die Investitionsprojekte sollten durch **Öffentlichkeitsarbeit, Werbung** oder durch **Stakeholder-Prozesse** begleitet werden. Dieser Hebel wird oft unterschätzt. Wenn nicht eine Unterstützung, so kann hierdurch doch zumindest eine Akzeptanz des Transformationsprozesses erreicht werden und die unterschiedlichen Investitionsprojekte werden wohlwollender von der Gesellschaft aufgenommen. In diesem Bereich ist besonders die Politik gefragt, aber auch die Unternehmen und die Wissenschaft können aktiv unterstützen. Im konkreten Fall des Aufbaus von Wasserstoffinfrastrukturen sind vor allem niedrigschwellige Bereitstellungen von Informationen gefragt. Beispielsweise könnten die wirtschaftlichen Implikationen transparent dargestellt werden. Solche Maßnahmen kosten allerdings in der Regel Geld. Auch hier unterstützt die saarländische Wasserstoffagentur. Zusammen mit der Formulierung einer saarländischen Wasserstoffstrategie sind wichtige Pfeiler zur Unterstützung und Begleitung des Wasserstoffhochlaufs gelegt worden.

Tabelle 7: Handlungsoptionen für den Aus- und Aufbau von Infrastruktur

Aus- und Aufbau von Infrastruktur	Förderung, Ordnungsrecht, Markt, Medien
<ul style="list-style-type: none"> • Ausbau erneuerbarer Energien • Erhöhung der Elektrolyseleistung • Umrüstungsinvestitionen von Produktionsprozessen • Leitungs- und Speicherausbau für Wasserstofftransport und -speicherung 	<ul style="list-style-type: none"> • Klima- und Transformationsfonds • Klimaschutzverträge • Saarländischer Transformationsfonds • Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) oder GRW • Amortisationskonto
	<ul style="list-style-type: none"> • Beschleunigung und/oder Vereinfachung von Genehmigungsverfahren
	<ul style="list-style-type: none"> • Netzerkennung
	<ul style="list-style-type: none"> • Öffentlichkeitsarbeit • Stakeholder-Prozesse

Quelle: eigene Darstellung

4.3.2 RELATIVPREIS GRÜNER WASSERSTOFF ZU FOSSILEN SUBSTITUTEN

Allein mit der Unterstützung der Investitionen kann allerdings keine Wasserstoffwirtschaft erschlossen werden. Der Preis für Wasserstoff relativ zu seinem fossilen Substitut spielt eine entscheidende Rolle dabei, ob sich Wasserstoff als Energieträger durchsetzen wird. Wenn grüner Wasserstoff relativ gesehen anhaltend teurer bleibt, könnten Unternehmen vermehrt auf Elektrifizierung setzen (sofern die Möglichkeit besteht) oder die fossile Produktionsstruktur aufrecht erhalten. Es besteht aber auch die Gefahr der Abwanderung von der Industrie in das energie günstigere Ausland oder das Herunterfahren von Produktionskapazitäten.

Der **Relativpreis grüner Wasserstoff zu fossilem Substitut** sinkt, wenn entweder der Wasserstoffpreis im Inland sinkt und/oder der Preis für das fossile Substitut steigt. Je günstiger sich der Relativpreis entwickelt, desto ökonomisch vorteilhafter ist der Übergang in eine Wasserstoffwirtschaft. Gegenwärtig ist der Preis von grünem Wasserstoff noch nicht konkurrenzfähig zu seinen fossilen Substituten. Um die Preise zu beeinflussen, eignen sich insbesondere **marktwirtschaftliche Instrumente** wie Steuern oder Subventionen.

Um den Wasserstoffpreis im Inland zu senken, könnten bspw. die **Strombezugskosten für Elektrolyseure** gesenkt oder der **Preis für grünen Wasserstoff subventioniert** werden. Durch den Wegfall der EEG-Umlage seit Januar 2023 ist bereits eine Senkung der Stromkosten erreicht worden. Darüber hinaus gilt aktuell die Befreiung von der Stromsteuer für Elektrolyseure laut § 9a StromStG für Unternehmen des produzierenden Gewerbes (Allolio et al. 2022). Eine Ausweitung der Regel hätte das Potenzial, Kosten weiter zu senken. Grundsätzlich machen die Stromkosten den größten Kostenpunkt bei der Wasserstoffherstellung aus, weshalb hier auch das größte Potenzial zur Preissenkung bestünde (Nigbur et al. 2023). Zur Schließung der Kostenlücke dürfte dies aber nicht ausreichen. Eine direkte Subventionierung von grünem Wasserstoff in Deutschland findet bisher jenseits von Klimaschutzverträgen nicht statt. Niedrigere Preise für grünen

Wasserstoff sollen primär über die breitere Verfügbarkeit von grünem Strom und effizientere Elektrolyseanlagen erreicht werden.

Andererseits können **Subventionen auf fossile Energieträger zurückgefahren** oder über die **Erhöhung des CO₂-Preises oder der CO₂-Steuer** die fossilen Energiepreise erhöht werden. So könnte die kostenlose Zuteilung von Emissionszertifikaten unter anderem für die Produktion von grauem Wasserstoff in Raffinerien schneller zurückgefahren werden (Matthes et al. 2021).

Der **CO₂-Preis im Rahmen des EU-ETS** kann vonseiten Deutschlands oder gar vonseiten des Saarlandes nur begrenzt oder nur sehr indirekt beeinflusst werden, da dies europäischer Hoheit obliegt. Durch die angestrebten Reformen des EU-ETS (UBA 2023) wird sich allerdings erhofft, dass der CO₂-Preis steigt und der Umstieg auf CO₂-freie Alternativen somit begünstigt wird. Im Rahmen des **nationalen Emissionshandels hat Deutschland auch eine CO₂-Bepreisung** auf die Sektoren Verkehr und Wärme eingeführt. Bis 2026 wird ein Festpreis auf CO₂ verlangt. Gegenwärtig liegt dieser bei 45 Euro pro Tonne CO₂. In den Folgejahren soll sich der Preis in einem Korridor zwischen 55 und 65 Euro pro Tonne CO₂ bewegen (UBA 2024). Die CO₂-Bepreisung im Rahmen des nationalen Emissionshandels ist im Brennstoffemissionshandelsgesetz (BEHG) geregelt. Es obliegt dem Bundesrecht und ist somit nur bedingt von einer Landesregierung beeinflussbar. In einem solchen Fall ließe sich somit lediglich über die Vertretung des Saarlandes im Bundesrat Einfluss nehmen.

Die Senkung des Relativpreises über die Senkung der Strombezugskosten oder der Subvention des Wasserstoffpreises dürfte positiv beziehungsweise weitgehend neutral aufgenommen werden. Allerdings könnte dadurch wieder eine neue Subventionsspirale eröffnet werden, die zudem Geld kostet, da weniger Staatseinnahmen generiert werden. Zudem muss bei späterer Rücknahme der Subvention mit Widerstand gerechnet werden. Hier empfiehlt es sich, vorab eine zeitliche Befristung der Subvention zu beschließen und zu kommunizieren. Stromkostensenkungen oder Preissubventionen sind Instrumente, die auf Bundesebene eingeführt beziehungsweise beschlossen werden, womit den saarländischen Akteuren quasi keine direkte Einflussmöglichkeit zukommt. Allerdings kann natürlich über den Bundesrat oder durch Einfluss der saarländischen Bundestagsabgeordneten auch auf Bundesebene Druck ausgeübt werden.

Die Senkung des Relativpreises über ein Absenken von fossilen Subventionen wäre eine logische Folge der postulierten Klimaziele. Auch würde es Übersubventionierung vermeiden und Geld sparen. Die Nutzung dieses marktwirtschaftlichen Instrumentes hat allerdings das Potenzial für viel gesellschaftliche Sprengkraft. Bestehende Subventionen zurückzufahren stößt wahrscheinlich auf Widerstand bei der subventionierten Gruppe. Dies könnte sich möglicherweise vermeiden lassen, wenn auf eine frühzeitige Kommunikation mit den betroffenen Gruppen gesetzt und diese frühzeitig an der Ausgestaltung der Maßnahme beteiligt werden würden.

Die Senkung des Relativpreises über eine Preiserhöhung der fossilen Energieträger über CO₂-Steuern oder CO₂-Zertifikate bedingt wiederum Widerstand von denjenigen, die diese zahlen müssen. Zudem unterliegt einer solchen allgemeinen Preiserhöhung der Verdacht der sozialen Ungerechtigkeit (Gechert et al. 2019; Holzmann & Wolf 2023).

Tabelle 8: Handlungsoptionen für die Senkung des Relativpreises grüner Wasserstoff zu fossilen Substituten

Relativpreis grüner Wasserstoff zu fossilen Substituten	Marktwirtschaftliche Instrumente
<ul style="list-style-type: none"> • Wasserstoffpreis im Inland senken • Preis fossiler Substitute erhöhen 	<ul style="list-style-type: none"> • Strombezugskosten für Elektrolyseure senken • Subvention von grünem Wasserstoff einführen/erhöhen • Senkung der Subventionen auf fossile Substitute • Erhöhung CO₂-Preis/ CO₂-Steuer

Quelle: eigene Darstellung

4.3.3 WASSERSTOFFBEDARF

Neben den Investitionen in Infrastruktur und Produktionsprozesse und neben den Relativpreisen muss aber auch die Nachfrage nach grünem Wasserstoff gegeben sein. Ohne die Nutzung des grünen Wasserstoffes laufen alle Investitionen und Preisentwicklungen ins Leere.

Ein günstiger Relativpreis grüner Wasserstoff zu fossilem Substitut bewirkt indirekt auch eine Erhöhung des **Wasserstoffbedarfes** und sicherlich ist der Preis eine der entscheidenden Stellgrößen, um die Wasserstoffbedarfe zu erhöhen. Eine Subventionierung des Preises von grünem Wasserstoff würde somit zwar auch die Nachfrage erhöhen, sie ist aber gleichzeitig kostenintensiv und aus Sicht saarländischer Akteure schlecht beeinflussbar.

Daneben können allerdings auch zusätzliche Instrumente aktiviert werden, um den Bedarf nach grünem Wasserstoff direkt oder indirekt über die Nachfrage nach grünen Endprodukten (bspw. grüner Stahl) zu erhöhen. Insbesondere in der Anfangsphase einer Transformation ist die Nachfrage nach grünem Wasserstoff voraussichtlich noch gering.

Nichtsdestotrotz hilft es, die Nachfrage mit Hebeln zu fördern und zu stimulieren, die über die Preiseffekte hinaus funktionieren. Das **Ordnungsrecht** hält hier einige Hebel zur Verfügung, die bewegt werden können, um den Wasserstoffbedarf zu fördern. So könnten **Quotenregelungen** oder **gesetzliche Nutzungsverpflichtungen** formuliert werden. Quotenregelungen könnten direkt auf den Einsatz von grünem Wasserstoff und seinen Derivaten oder aber indirekt auf mit grünem Wasserstoff hergestellte Produkte (z. B. grünen Stahl) bezogen werden (Matthes et al. 2021). Voraussetzungen für Nutzungsverpflichtungen sind zum einen, dass klar erkennbar ist, welchem Anwendungsbereich die Verpflichtung zugeordnet wird und zum anderen, dass Mengen und Verbräuche in den betreffenden Anwendungen bereits ausreichend dokumentiert sind und damit Verpflichtungen klar definiert und durchgesetzt werden können. Ist dies der Fall, wären Nutzungsverpflichtungen ein vor allem auch nachhaltig wirksames Instrument (Matthes et al. 2021). Mit der EU-Richtlinie Renewable Energy Directive (RED III), welche im November 2023 in Kraft trat, ist eine Untergrenze für den Einsatz von erneuerbaren Energien nicht biogenen Ursprungs, zu dem auch grüner Wasserstoff und seine Derivate zählen, festgelegt worden. Für die Industrie soll bis 2030 ein Anteil von 42 % und bis 2035 von 60 % erreicht werden (Nationaler Wasserstoffrat 2024). Noch ist die EU-Richtlinie nicht in nationales Recht umgesetzt worden.

Die extremste Variante ist eine 100%-Beimischquote, die de facto einem **Verbot der Nutzung von fossilen Energieträgern** gleichkommt. Eine solche extreme Form der Quotenregelungen sollte aber angelehnt an die Verfügbarkeit der grünen Derivate abgestimmt sein. So sind die steigenden Beimischquoten laut Cena (2023) für Wasserstoffderivate im Flugverkehr aufgrund von fehlenden Fertigungskapazitäten schon heute kaum zu erreichen.

Allen diesen Maßnahmen ist gemein, dass sie langsam eingeführt werden müssen und mit Vorankündigung, sodass die Unternehmen und Verbraucher sich rechtzeitig darauf einstellen können. Vor allem das extreme Instrument – das Verbot – braucht eine lange Vorlaufzeit und sollte vor allem auch kommunikativ gut begleitet werden. **Öffentlichkeitsarbeit** kann ein wichtiger Hebel sein, um die Akzeptanz bei den Nutzern und die Akzeptanz der Maßnahmen zu bewirken.

Die Einführung von **Quotenregelung für grüne Gase** müsste durch beispielsweise das Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) eingeführt werden, wobei die Handhabung auf Bundesebene liegt. Auch die Einführung eines neuen Gesetzes wäre grundsätzlich möglich. Das Saarland hätte hier die Option, über den Bundesrat und seine Parlamentarier einzuwirken.

Alternativ zum Ordnungsrecht können **marktwirtschaftliche Instrumente** wie bspw. **Zertifikate** eingesetzt werden, um die Nachfrage nach grünem Wasserstoff zu stimulieren. Durch **Labels oder Siegel** für den Nachweis von Produkten, die auf Basis von grünem Wasserstoff hergestellt wurden, kann das „grüne Produkt“ zertifiziert nachgewiesen werden und ist somit vor Plagiaten oder falschen Behauptungen geschützt. Da der künftige Wasserstoffmarkt nicht nur auf grünen Wasserstoff beschränkt ist, sondern auch Derivate sowie unterschiedliche „Wasserstoff-Farben“ umfasst, müsste ein Zertifizierungssystem breit angelegt sein und eine gewisse Flexibilität mit sich bringen, um unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. Darüber hinaus wäre eine Zertifizierung, auch wenn hier auch saarländische Akteure Einflussspielräume hätten, umso vorteilhafter, wenn sie zumindest europäische Gültigkeit beziehungsweise Reichweite besäße. Für einen effizienteren Entwicklungsprozess könnten grundsätzlich auch bereits bestehende Zertifizierungssysteme wie RED II ausgebaut werden (Matthes et al. 2021). Für die Förderung des Bedarfes ist dies allerdings ein schwaches Instrument und hilft hauptsächlich den Unternehmen im Marketing seiner grünen Produkte.

Allein mit Zertifikaten wird kein **Markt** für grünen Wasserstoff geschaffen. Dieser könnte insbesondere durch die Schaffung von **grünen Leitmärkten** erreicht werden. Diese können wiederum mit den bereits diskutierten ordnungspolitischen Instrumente via Quotenregelung oder Nutzungsverpflichtungen erreicht werden oder indem der Staat seine **öffentliche Beschaffung** auf grüne Produkte ausrichtet (BMWK 2022d). Zum Beispiel könnte die Verwendung von „grünem Stahl“ bei Neubau oder Sanierung von (saarländischen) Brücken vorgeschrieben werden.

Insbesondere in der frühen Phase des Hochlaufs, in der noch keine flächendeckend ausreichende Infrastruktur zur Verteilung des Wasserstoffs bereitsteht, können auch **Förderungen** für den **Aufbau von eigenen Elektrolyseuren** die Wasserstoffnachfrage erhöhen. Dies betrifft vor allem industrielle Großnutzer. Dieses Instrument wäre, obgleich kostenintensiv für den Landeshaushalt, auch auf Ebene der saarländischen Politik

nutzbar und würde voraussichtlich auch gesellschaftlich akzeptiert werden. Die sonstigen diskutierten Instrumente zur Steuerung des Wasserstoffbedarfs wären was den öffentlichen Haushalt angeht mit Ausnahme der Subventionierung größtenteils kostenneutral.

Tabelle 9: Handlungsoptionen für die Erhöhung des grünen Wasserstoffbedarfes

Wasserstoffbedarf	Ordnungsrecht, Medien, marktwirtschaftliche Instrumente, Markt, Förderung
<ul style="list-style-type: none"> Erhöhung des Wasserstoffbedarfes 	<ul style="list-style-type: none"> Quotenregelung Gesetzliche Nutzungsverpflichtung Verbot von Nutzung fossiler Energieträger
	<ul style="list-style-type: none"> Öffentlichkeitsarbeit
	<ul style="list-style-type: none"> Zertifikate, Labels, Siegel
	<ul style="list-style-type: none"> Öffentliche Beschaffung
	<ul style="list-style-type: none"> Grüne Leitmärkte
	<ul style="list-style-type: none"> Förderung von On-site-Erzeugung

Quelle: eigene Darstellung

4.3.4 ARBEITSKRÄFTE

Wenn alle Investitionen getätigt werden können, die Relativpreise sich günstig entwickeln und wenn auch die Nachfrage da ist, kann das Projekt Wasserstoffhochlauf dennoch scheitern, wenn nicht ausreichend Arbeitskräfte vorhanden sind, die all die notwendigen Arbeiten und Tätigkeiten, die für die Transformation notwendig sind, durchführen können. Insbesondere durch die baunahen Investitionen in die Infrastruktur werden zukünftig mehr Arbeitskräfte benötigt – vor allem in der Aufbauphase, die ungefähr bis 2030/2035 andauert. Wegfallende Bedarfe in dieser Periode – wie bspw. bei der Chemieindustrie – sind nur sehr gering.

Die zusätzlich benötigten Jobs können in einem heute bereits engen Arbeitsmarkt zu einer Wachstumsbremse werden und zu einer Verzögerung, wenn nicht sogar zu einem Ausbleiben der gesamten Wasserstofftransformation führen. Zudem müssen bestehende Mitarbeiter befähigt werden, mit einem neuen „Arbeitsmaterial“ – dem Gefahrgut Wasserstoff – umzugehen. Dies betrifft insbesondere solche Branchen, die bislang noch keinen oder kaum Kontakt zu Wasserstoff hatten.

Gegen eine absolute Knappheit von Arbeitsplätzen kann nur die **Ausweitung des Arbeitskräftepotenzials** helfen. Dies kann im Rahmen des **Ordnungsrechtes** entweder – bezogen auf die Region Saarland – durch den **Zuzug von Arbeitnehmern** aus anderen Bundesländern, aus Anrainerländern wie Frankreich und Luxemburg oder aus Drittstaaten innerhalb oder außerhalb Europas gelingen oder durch die **Erhöhung der Erwerbsbeteiligung** im Saarland.

Der **Zuzug von Arbeitnehmern** aus Deutschland oder den EU-Schengen-Staaten kann durch gezielte Werbung beispielsweise attraktiv gemacht werden. Hier würden **Öffentlichkeitsarbeit, Kampagnen** etc. helfen, die auch über die Landesgrenzen hinauswirken sollten. Insbesondere die Nähe nach Frankreich und Luxemburg verschafft dem

Saarland einen Vorteil gegenüber anderen Binnen-Bundesländern, die nicht wie das Saarland auch auf Grenzpendler zurückgreifen können. Der Erfolg dieser Maßnahme hängt allerdings davon ab, wie die Arbeitsmarktsituation in den anderen Ländern und Regionen ist. Ist sie im Vergleich zum Saarland gut, wird es für Arbeitnehmer wahrscheinlich nur wenig Anreize geben, ihren Job zu wechseln. Andere Faktoren wie Verdienstaussichten und die Qualität der Arbeit könnten hierfür ausschlaggebend sein. Ist sie im Vergleich zum Saarland schlecht, könnte die Rekrutierung aus anderen Regionen gut verlaufen und auch relativ zügig Früchte tragen. Hier wie auch dort dürfte das Angebot von qualifiziertem Personal allerdings vor allem in Jobs, in denen Wasserstoffqualifikation nachgewiesen werden muss, nur begrenzt sein, da die Wasserstoff-Qualifizierung noch am Anfang steht. Eine breite Kampagne für die Anwerbung von Fachkräften dürfte momentan noch nicht erfolgsversprechend sein. Auch bundesweit dürfte der Bedarf an zusätzlichen Arbeitskräften entlang der Wertschöpfungskette für grünen Wasserstoff steigen (Ronsiek et al. 2024), weshalb das Saarland auf einem knappen Arbeitsmarkt auch in Konkurrenz zu anderen Bundesländern steht.

Die **Erhöhung der Erwerbsbeteiligung** hat vor allem Potenzial bei Frauen, Ausländern und älteren Personen (Zika et al. 2024). Insbesondere um das **Potenzial von ausländischen Bürgern** zu nutzen, können einige ordnungspolitische Instrumente herangezogen werden, sodass ihr Einstieg in den Arbeitsmarkt erleichtert und beschleunigt wird. So hat die OECD (2024) festgestellt, dass der Einstieg in den Arbeitsmarkt von Immigranten, die ihre Qualifikation im Ausland erworben haben, vor allem in Deutschland durch die starke Ausrichtung auf formale Qualifikation erschwert ist (OECD 2024, S. 11). Hohe Restriktionen bei der **Anerkennung von formalen Qualifikationen** führen dazu, dass viele Ausländer in für sie unterqualifizierten Berufen arbeiten. Da deutsche Sprachkenntnisse den Einstieg in den Arbeitsmarkt erleichtern (OECD 2024, S. 12), müssten die **Sprachkurse** hierfür **intensiviert werden**. Personalisierte Integrationswege, wie sie in den skandinavischen Ländern begangen werden, könnten zu mehr Sprachkompetenz und erhöhter Erwerbsbeteiligung führen (OECD 2024, S. 14).

Die OECD (2024: 16) sieht insbesondere bei ausländischen Frauen das höchste Potenzial, da sie leicht bessere Bildungsergebnisse aufweisen und über höhere Sprachkompetenzen verfügen als ausländische Männer. Würde der Gender-Gap ausländischer Frauen auf das Niveau deutscher Frauen gehoben werden, könnten fast eine halbe Million zusätzliche Erwerbstätige auf dem deutschen Arbeitsmarkt aktiv sein (OECD 2024, S. 16). Hierfür bedarf es aber vor allem **Investitionen in die Infrastruktur zur Kinderbetreuung oder für die Pflegearbeit**. Auch eine **kostenfreie Bereitstellung von Kinderbetreuung** würde das Heben der Potenziale erleichtern. Dies sind auch gewichtige Punkte, um eine höhere Erwerbsbeteiligung deutscher Frauen zu erreichen. Um diese Nebenbedingungen zu justieren, bedarf es allerdings längerer Planung und finanzieller Ressourcen. **Gleichzeitig ist festzuhalten, dass zusätzliche Erwerbstätige insbesondere in solchen Berufshauptgruppen gesucht werden, die stark männerdominiert sind. Die Erhöhung der Frauenerwerbsbeteiligung würde die zusätzlichen Bedarfe unter Status-quo-Bedingungen nicht decken können.**

Um die zusätzlichen Bedarfe in Berufen mit höheren Anforderungsniveaus besetzen zu können, könnte über alle Geschlechter und Nationalitäten hinweg mehr Anstrengung in die Ausschöpfung von Fachkräftepotenzialen gelegt werden. Die **Verringerung von**

Ausbildungs- und Studienabbrüchen wäre hierfür ein erster wichtiger Schritt (Maier et al. 2024). Dies könnte gem. Maier et al. (2024, S. 16) bspw. über die Erweiterung von Teilqualifizierung stattfinden. Auch wird empfohlen, mehr Wert auf Pädagogik bei den Ausbildern zu legen. Um Fehlallokationen bei der Berufswahl zu vermeiden, könnte auch eine Stärkung der Berufsorientierung hilfreich sein.

In allen Transformationspfaden (bis auf das Negativ/Offshore-Szenario) werden Arbeitsplätze nur zu einem geringen Teil wegfallen, aber mehr neue Stellen geschaffen. Die wegfallenden Arbeitsplätze können also nur zu einem geringen Teil in den neu geschaffenen Jobs aufgehen. Da dies insbesondere Jobs in der Chemieindustrie in der Anfangsphase der Transformation betrifft, kann der **Wechsel in andere Branchen**, für die Wasserstoff ein neues Arbeitsmaterial ist (bspw. Metallindustrie), relativ gut gelingen. Der Bedarf an Umschulungsmaßnahmen bleibt für das Saarland aufgrund von wegfallenden Arbeitsplätzen vergleichsweise gering, allerdings kann die Fachkräftelücke gegebenenfalls durch andere, **parallel verlaufende Transformationsprozesse**, in denen Arbeitsplätze mehrheitlich wegfallen werden, geschlossen werden. Durch den Strukturwandel in der Automobilindustrie ist insbesondere das Saarland betroffen und Studien sagen zum Teil hohe Arbeitsplatzverluste voraus (Hagedorn et al. 2020, S. 33; Mönning et al. 2020). Hier könnte die Wasserstofftransformation neue Jobperspektiven schaffen. Um den Übergang zu begleiten und einen Berufe- und Qualifikationsmatch zu erreichen, kann die **Förderung von Weiterbildung und Beschäftigungsqualifizierung** unterstützend einwirken. **Job-to-Job-Förderung** ist ein weiteres Instrument, das einen schnellen Übergang zwischen Unternehmen in der Transformation ermöglicht.

Während die Wasserstofftransformation neue Arbeitnehmer sucht, muss auch einem Großteil des Bestandes an Arbeitnehmern der Umgang mit Wasserstoff beigebracht werden. Es liegt also ein hoher **Schulungsbedarf an bestehendem Personal** vor, das die Unternehmen in der Regel in Eigenregie oder unter Zuhilfenahme von externen Schulungseinrichtungen durchführen. Vorlaufend bedarf es aber auch der Weiterbildung der Ausbilder („train the trainer“). Vor allem die **Lehrinhalte** spielen dabei eine wichtige Rolle. In der Regel sind Ausbildungsberufe bereits mit den notwendigen Kompetenzprofilen für eine Wasserstoffwirtschaft ausgerüstet. Hilfreich ist hier die Verwendung technologieoffener Ankerbegriffe (z. B. „Gasanlagen“) in Ausbildungsordnungen (BIBB 2023a). Zusätzliche Fort- und Weiterbildungen können vor allem bezüglich Sicherheitsaspekten notwendig werden, aber auch, was die Instandhaltung von Anlagen angeht (BIBB 2023a, 2022). Gleichwohl wird kein konkreter Bedarf an bundeseinheitlichen Fortbildungsregelungen gesehen. Vielmehr sollten von allen Akteuren bedarfsorientierte Lösungen angestrebt werden.

Regionale **Fachnetzwerke** können dazu beitragen, Qualifizierungsangebote in Kooperation mit Weiterbildungsanbietern und wissenschaftlichen Einrichtungen auch branchenübergreifend aufzubauen und anzubieten (BIBB 2023b).

Mittels **Öffentlichkeitsarbeit** können zum einen Qualifizierungsfragen in den Vordergrund gerückt und diskutiert werden. Zum anderen kann die Zukunftsrelevanz, die entsprechende Ausbildungsberufe durch Wasserstoff und andere grüne Technologien besitzen, in Berufsorientierungsangeboten hervorgehoben werden.

Tabelle 10: Handlungsoptionen für die Erhöhung der Anzahl qualifizierter Arbeitskräfte

Arbeitsmarkt	Ordnungsrecht, Medien, Förderung, Markt
<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der qualifizierten Personen • Schulungsbedarf an bestehendem Personal • Lehrinhalte 	<ul style="list-style-type: none"> • Zuwanderung/Zuzug • Erhöhung der Erwerbsbeteiligung • Ausbildungspläne/-ordnung
	<ul style="list-style-type: none"> • Öffentlichkeitsarbeit
	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung von Weiterbildung • Job-to-Job-Förderung
	<ul style="list-style-type: none"> • Netzwerke

Quelle: eigene Darstellung

4.3.5 IMPORT VON GRÜNEM WASSERSTOFF

Deutschland wird seinen Wasserstoffbedarf nicht allein durch heimische Produktion decken können – dies wird über alle diskutierten Transformationspfade deutlich. Die Höhe des Wasserstoffpreises im Ausland bestimmt zum großen Teil die anfallenden Importkosten. Auch hier wirken wie beim Wasserstoffbedarf (Kapitel 4.3.3) zu allererst die Preiskonstellation Wasserstoffpreis im Ausland relativ zum Wasserstoffpreis im Inland relativ zum Preis des fossilen Substituts. Der Import erhöht sich entsprechend, wenn es einen preislichen Vorteil gibt.

Allerdings kann nichts importiert werden, wenn nichts da ist, was importiert werden kann. Aus deutscher und saarländischer Sicht ist es daher notwendig, darauf hinzuwirken, dass ausreichend Importquellen zur Verfügung stehen und die dafür notwendige Infrastruktur rechtzeitig funktionsbereit ist. Für das Saarland funktioniert der Import von grünem Wasserstoff über Pipelines. Auch wenn der Großteil der saarländischen Wasserstoffimporte aus anderen Bundesländern kommen sollten, sollte die Anknüpfung an den European Hydrogen Backbone und das Wasserstoffkernnetz vom Saarland angestrebt werden. Dies würde auch Weiterleitungspotenziale heben. In keinem der Transformationspfade wird angenommen, dass saarländische Häfen Wasserstoffimportterminals erhalten.

Ein großer Teil des importierten Wasserstoffs wird voraussichtlich aus Nicht-EU-Staaten kommen (Schur et al. 2023; Ronsiek et al. 2022). Beispielsweise können durch **Wasserstoff-Partnerschaften, Kooperationen oder Allianzen** potenzielle Handelspartnerschaften gefördert werden. Oft werden bereits bestehende Energiepartnerschaften um Wasserstoff ergänzt (Handelsblatt 2024). Einige Partnerschaften sind mit sehr konkreten Plänen bezüglich zukünftiger Liefermengen versehen. Entsprechende Vorhaben für die Produktion von grünem Wasserstoff sind aber in vielen Fällen überschaubar und noch weit von der Umsetzung entfernt. Insbesondere bei Wasserstoffpartnerschaften mit Entwicklungsländern sollte aber auch auf die Risiken der Partnerschaften eingegangen werden, wie bspw. die Auswirkung auf die Ressourcenverfügbarkeit vor Ort (Stichwort Trinkwasser), der Ausbau heimischer Energiewirtschaft, aber auch Themen wie politische Stabilität, Menschenrechte und Demokratie sind Faktoren, die für Wasserstoff-Partnerschaften zählen sollten (TAB 2024). Die saarländische Politik kann für den Auf- und Ausbau solcher Wasserstoff-Partnerschaften unterstützend einwirken, auch wenn

Aktivitäten auf Ebene der Bundespolitik mehr Erfolg versprechen. Insbesondere der enge Kontakt an die Anrainerländer könnte aber erfolgreich genutzt werden. Vor allem sollte sich die Landesregierung aktiv dafür stark machen, dass das Saarland einen Anschluss an den European Hydrogen Backbone und das Wasserstoffkernnetz bekommt. Die Akzeptanz dieser Maßnahmen dürfte hoch sein.

H2Global hat zum Ziel, die Preisdifferenz zwischen hohen Angebotskosten und niedrigen Nachfragepreisen für Wasserstoff mittels eines Doppelauktionsverfahrens zu überbrücken. Der grundlegende Mechanismus ähnelt dem der Klimaschutzverträge. Die erste Versteigerungsrunde hatte ein Volumen von 900 Millionen Euro und wurde vom Bundeswirtschaftsministerium gestellt (H2Global Stiftung). Auch hier dürfte der Einfluss der saarländischen Politik gering sein. Aktivität kann insbesondere vonseiten der Wirtschaft und Wissenschaft erwartet werden, da diese bei dem Auktionsverfahren teilnehmen müssen.

Tabelle 11: Handlungsoptionen für die Erhöhung des Importes von grünem Wasserstoff

Import von grünem Wasserstoff	Förderung
<ul style="list-style-type: none"> Wasserstoffpreis im Ausland Importquellen 	<ul style="list-style-type: none"> H₂-Partnerschaften Förderung im Rahmen von H2Gobal

Quelle: eigene Darstellung

4.3.6 FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

Forschungs- und Entwicklungstätigkeit begünstigt, beschleunigt oder vereinfacht den Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft. Grundlagenforschung ist hierbei nicht mehr notwendig. Die Tätigkeiten umfassen Arbeiten zur Senkung von Infrastrukturkosten und für den Technologiefortschritt. Die Infrastrukturkosten umfassen sowohl Investitionskosten für Elektrolyseure als auch Investitions- und Betriebskosten für Pipelines und Speicher. Durch technologischen Fortschritt können die Wirkungsgrade von Elektrolyseuren verbessert werden, die Anzahl der Volllaststunden erhöht oder auch der Exportanteil am Weltmarkt – steigende Technologieführerschaft deutscher Unternehmen – erhöht werden (BMWK 2022c).

Forschung und Entwicklungstätigkeiten können vor allem über **Förderungen** jeglicher Art stimuliert werden. Der Fokus liegt dabei in der Skalierung der benötigten Anlagen, sodass die Kosten pro Anlage sinken können. Da Forschungserfolge allerdings schlecht planbar sind, ist der Einfluss der Förderungen begrenzt. Neben Förderungen können die Investitionskosten auch mittels **Investitionsprämien** oder **beschleunigter Abschreibungsmöglichkeiten** gesenkt werden.

Die genannten Maßnahmen werden zwar auf gesellschaftliche Akzeptanz stoßen, dafür aber den öffentlichen Haushalt kostenseitig belasten. Die saarländischen Akteure hätten insbesondere bei den regionalen Fördermaßnahmen wie dem saarländischen Transformationsfonds und den Förderungen über EFRE beziehungsweise GRW Einflussmöglichkeiten.

Tabelle 12: Handlungsoptionen für die Stärkung von Forschung und Entwicklung

Forschung und Entwicklung	Förderung, marktwirtschaftliche Instrumente
<ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten für Elektrolyseure • Investitions- und Betriebskosten für Pipelines und Speicher • Wirkungsgrad • Volllaststundenzahl • Exportanteil am Weltmarkt 	<ul style="list-style-type: none"> • Förderprogramme • Beschleunigte steuerliche Abschreibung/Investitionsprämie

Quelle: eigene Darstellung

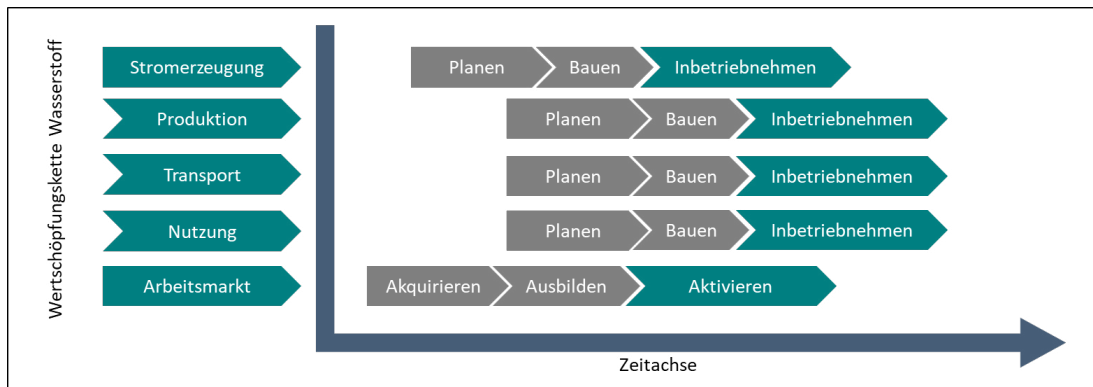
4.3.7 ZEITLICHER ABLAUF

Dem Zeitaspekt kommt eine entscheidende Rolle zu, denn nur wenn die einzelnen Stellgrößen zeitlich ineinandergreifen und aufeinander aufbauen, kann ein bedarfs- und zielgenauer Wasserstoffhochlauf gelingen. Zwar ist der zeitliche Ablauf grundsätzlich in der Wasserstoff-Wertschöpfungskette angelegt, die bei der Erzeugung von grünem Strom beginnt und bei der Nutzung von grünem Wasserstoff in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen endet, allerdings muss in vielen Fällen berücksichtigt werden, dass es notwendig ist, dass die Prozesse gleichzeitig geschehen. Wenn Elektrolysekapazitäten aufgebaut werden, muss sowohl entsprechend qualifiziertes Personal zum Betrieb der Anlagen bereitstehen als auch die notwendige Infrastruktur zur Distribution.

Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass ein zeitlicher Vorlauf gebraucht wird. So müssen erneuerbare Energien aufgestellt, Pipelines gelegt, Elektrolyseure gebaut und Produktionslinien umgerüstet werden, bevor sie benutzt werden können. Planungs-, Genehmigungs- und Bauphasen laufen voraus und können je nach Größe des Projektes mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Dazu kommt die frühzeitige Befähigung der Mitarbeiter mit dem Umgang des neuen Materials oder der Prozesse. Auch hier können schnell einige Jahre vorübergehen, bevor entsprechende Lehrmaterialien, Ausbilder und Prüfungsordnungen vorliegen. Abbildung 10 skizziert die zeitliche Reihenfolge und die notwendigen Vorläufe vor der Inbetriebnahme.

Damit die einzelnen Bausteine der Wertschöpfungskette auch gut ineinandergreifen, empfiehlt es sich, Netzwerke mit den entsprechenden Stakeholdern zu bilden, sodass für die Übergänge, Bedarfe und Herausforderungen auf ein Forum zurückgegriffen werden kann, um Aspekte anzusprechen, zu diskutieren und zu lösen. Die Koordinationsaufgabe könnte vonseiten der Landesregierungen oder -behörden übernommen werden bzw. wird von der saarländischen Wasserstoffagentur bereits übernommen.

Abbildung 10: Zeitlicher Ablauf und Reihenfolge



Quelle: eigene Darstellung

4.4 HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Für die **wichtigen Investitionsentscheidungen für den Aus- und Aufbau von Infrastruktur** (Ausbau EE, Ausbau Elektrolysekapazität, Umrüstungsinvestitionen von Produktionsprozessen der Unternehmen sowie Aus- und Aufbau eines Wasserstofftransportnetzes) sind Förderungen geeignete Mittel, um diese Investitionen zu initiieren. Aufgrund der vielen Fördermöglichkeiten (IPCEI, Klimaschutzverträge, sonstige Förderprogramme) ist darauf zu achten, dass keine Doppelförderungen stattfinden. Die Fördermittel sollten schnell zur Verfügung stehen, sodass die Projekte zügig umgesetzt werden können. Die Antragsstellung sollte möglichst einfach, transparent und zielgenau sein. Um schnell in die Umsetzungsphase einsteigen zu können, sind vereinfachte, aber vor allem beschleunigende Genehmigungsverfahren essenziell. Gekoppelt mit öffentlichkeitswirksamen Informationsveranstaltungen kann darüber hinaus die Akzeptanz für Investitionsprojekte – vor allem für die Projekte, die besonders stark den öffentlichen Raum betreffen (Ausbau EE, Leitungsausbau) – erhöht werden. Insbesondere im Bereich der Förderung ist die Aktion aus Wirtschaft und Wissenschaft notwendig, denn wo keine Fördernachfrage, da keine Förderung. Auch muss bei der Wissenschaft das Forschungsthema grüner Wasserstoff auf der Agenda stehen und bei den Unternehmen der Wille zur Transformation bestehen.

Der Relativpreis grüner Wasserstoff zu fossilem Substitut ist eines der Nadelöhre der Wasserstofftransformation. Wenn grüner Wasserstoff zu teuer bleibt, wird es keine großflächige Nachfrage geben. Eine dauerhafte Senkung des grünen Wasserstoffpreises befördert den Hochlauf von grünem Wasserstoff und macht die Transformation auch langfristig ökonomisch vorteilhaft. Eine zeitlich begrenzte Subventionierung des Wasserstoffpreises dürfte wirkungsvoll und relativ einfach durchsetzbar sein. Ein schrittweiser Abbau fossiler Subventionen sollte parallel stattfinden, so dass eine Übersubventionierung vermieden wird. Der Abbau fossiler Subventionen ist im Einklang mit den Klimazielen zu sehen. Langfristig nachhaltig dürfte die technologische Fortentwicklung der Elektrolysetechnik sowie die breite Verfügbarkeit von grünem Strom einen niedrigen Wasserstoffpreis begünstigen.

Staatliche Maßnahmen können begleitend hilfreich sein, um den **Bedarf nach grünem Wasserstoff** zu stimulieren – insbesondere wenn anfangs der Preis für grünen

Wasserstoff noch hoch ist und somit nicht ausreichend Anreiz bietet, um die Nachfrage zu verstärken. Hier könnten ordnungspolitische Instrumente mit verpflichtender Abnahme (Quoten) eingesetzt werden. Dabei ist allerdings darauf zu achten, dass die Verpflichtungen nicht überambitioniert hoch sind und mit der Verfügbarkeit der Ressource Wasserstoff im Einklang stehen. Auch sollte Doppelregulierung vermieden werden. Darüber hinaus kann der Staat durch Ausrichtung seiner öffentlichen Beschaffung auf grüne Produkte mit gutem Beispiel vorgehen und somit insbesondere den Absatz von grünen Endprodukten stimulieren, die ansonsten aufgrund ihrer höheren Preise zumindest anfänglich noch eher weniger nachgefragt werden würden.

Die **Erhöhung der Anzahl qualifizierter Arbeitskräfte** in einem bereits heute knappen Arbeitsmarkt ist unter sonst gleichen Bedingungen schwierig. Zuwanderung oder Zuzug dürfte aufgrund der auch anderswo knappen Wasserstoff-Kompetenzen und auch andernorts steigenden Qualifikationsbedarfe schwierig sein. Daher sollte die Erhöhung der Erwerbsbeteiligung und Qualifizierung der bestehenden Bevölkerung im Fokus stehen. Aufgrund der hauptsächlich männerdominierten zusätzlichen Berufsbedarfe könnten Maßnahmen zu Erhöhung der Frauenerwerbsbeteiligung allerdings nur wenige wasserstoffspezifischen Potenziale heben. Andere dagegen dürften erfolgsversprechender sein. Die Ausschöpfung von Fachkräftepotenzialen durch Verringerung von Ausbildungs- und Studienabbrüchen könnte vor allem den Bedarf nach höherqualifizierten Berufshauptgruppen besser decken. Auch dürfte die schnellere Anerkennung von ausländischen formalen Qualifikationen den Einstieg in den Arbeitsmarkt erleichtern. Eventuell entstehen auch Potenziale durch die Strukturverschiebungen im Automobilsektor, in dem voraussichtlich zukünftig Stellen abgebaut werden. Unter Umständen sind die Anforderungsniveaus der wegfallenden und der neu entstehenden Stellen nicht deckungsgleich, weshalb Umschulungsbedarfe entstehen könnten. Job-to-Job-Förderung kann den Übergang für transferwillige Arbeitnehmer in andere Unternehmen erleichtern. Absolut notwendig für die erfolgreiche Transformation ist die Umschulung und Weiterbildung von bestehendem Personal in den Unternehmen. Hier sollten die Unternehmen auch frühzeitig in die Personalplanung einsteigen. Regionale Fachnetzwerke und die Zusammenarbeit mit Weiterbildungseinrichtungen sind dabei hilfreich. Eine bundesweite einheitliche Fortbildungsregelung wird nicht als notwendig erachtet.

Der **Import von grünem Wasserstoff** bleibt notwendig, unabhängig der genauen Ausgestaltung der Wasserstoffwirtschaft. Es ist daher wichtig, frühzeitig in Wasserstoff-Partnerschaften zu etablieren und die für den Import notwendigen Infrastrukturen aufzubauen. Das Saarland wird grünen Wasserstoff über Pipelines importieren. Ein Großteil dürfte aus anderen Bundesländern kommen, die den in den nordischen Importhäfen angelangten grünen Wasserstoff über das Wasserstoffkernnetz weiterleiten. Die Anknüpfung Saarlunds an den European Hydrogen Backbone und das Wasserstoffkernnetz sollte angestrebt werden. Dies würde auch Weiterleitungspotenziale heben.

Auch wenn keine Grundlagenforschung mehr getätigt werden muss, können **Forschungs- und Entwicklungstätigkeit** den Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft begünstigen, beschleunigen oder vereinfachen, denn sie umfassen Arbeiten zur Senkung von Infrastrukturkosten und für Technologiefortschritt. Insbesondere Fördermittel für Forschungszwecke sind hier hilfreiche Instrumente. Förderungen sind für die

öffentlichen Haushalte belastend. Saarländischen Akteure haben die Möglichkeit, insbesondere über regionalen Fördermaßnahmen aktiv zu werden.

Dem **Faktor Zeit** kommt eine entscheidende Rolle zu, um einen bedarfs- und zielgenauen Wasserstoffhochlauf zu erreichen. Dabei empfiehlt es sich, Netzwerke mit den entsprechenden Stakeholdern zu bilden, sodass die Übergänge, Bedarfe und Herausforderungen ein Forum haben, um angesprochen, diskutiert und gelöst zu werden. Die Koordinationsaufgabe sollten vonseiten der Landesregierungen oder -behörden übernommen werden bzw. werden bereits von der saarländischen Wasserstoffagentur übernommen. **Mit zunehmender Etablierung der Wasserstoffwirtschaft sollten die einzelnen Instrumente zurückgefahren, wenn nicht sogar komplett aufgegeben, werden.** Langfristig sollte eine Wasserstoffwirtschaft ohne staatliche Eingriffe funktionieren.

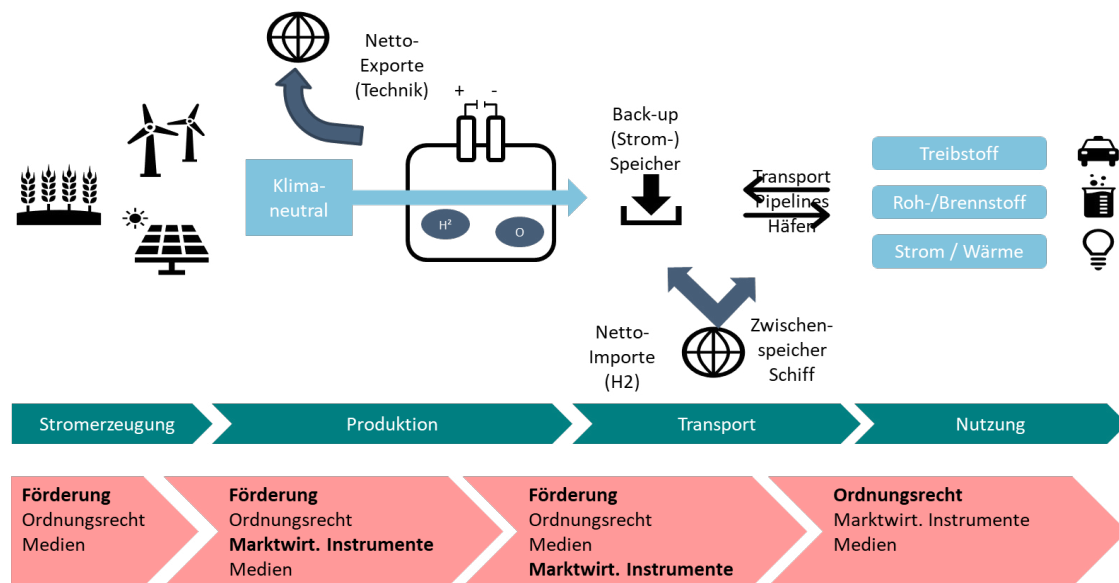
Viele der diskutierten Maßnahmen basieren auf Bundesgesetzen oder gar auf europäischen Gesetzen. Der Einfluss der saarländischen Politik ist daher begrenzt. Gleichwohl gibt es aber auch regional viel Spielraum in der Auslegung und Umsetzung der bundespolitischen Vorgaben (z. B. Flächennutzung, Genehmigungsverfahren). Eine wichtige Aufgabe der Politik ist die Kommunikation. Die Erklärung der Notwendigkeit der Transformation ist ein andauernder Prozess und sollte stetig mit Einbeziehung unterschiedlicher Interessenvertreter durchgeführt werden. Zudem kann die saarländische Politik über den Bundesrat und seinen parlamentarischen Vertreter im Bundestag das Thema grüne Wasserstofftransformation auf die Agenda bringen. Auch hier können Netzwerke mit anderen Parlamentariern oder Vertretern aus anderen Bundesländern dem Thema mehr Relevanz verschaffen. Die saarländische Landespolitik hat mit der Gründung der saarländischen Wasserstoffagentur eine Institution geschaffen, die solche koordinativen Aufgaben zur Netzwerkbildung übernimmt und die unterschiedlichen Stakeholder zusammenbringt.

Tendenziell belastet die Transformation vor allem den Staatshaushalt, aber auch für Unternehmen können die Maßnahmen zusätzliche Kosten bedeuten. Zum einen wird oft zusätzliches Personal gebraucht, um die Förderformalitäten bearbeiten zu können, andererseits sind die Investitionen – wenn auch zum Teil mit Fördergeldern bezuschusst – aus heutiger Sicht unsicher. So haben Themen wie Kosteneffizienz oder Cybersicherheit die grüne Transformation als Kernthemen aktuell abgelöst. Auch drängen Investoren immer öfter auf höhere Renditen – zulasten der Transformationsgeschwindigkeit (Handelsblatt 2024a).

Viele der empfohlenen Maßnahmen dürften positiv aufgenommen werden. Dennoch ist gerade für die Akzeptanzsicherung und -erweiterung stetiger Kommunikations- und Erklärungsbedarf notwendig. Insbesondere da viele Fördergelder vergeben werden, die wiederum für andere Projekte nicht zur Verfügung stehen und somit möglicherweise für Unmut sorgen könnten.

Abbildung 11 zeigt die Wasserstoff-Wertschöpfungskette mit den verfügbaren und präferierten (fett markiert) Handlungsfeldern.

Abbildung 11: Die Wasserstoff-Wertschöpfungskette und Handlungsfelder



Anmerkung: Präferierte Handlungsfelder sind fett markiert.

Quelle: eigene Darstellung

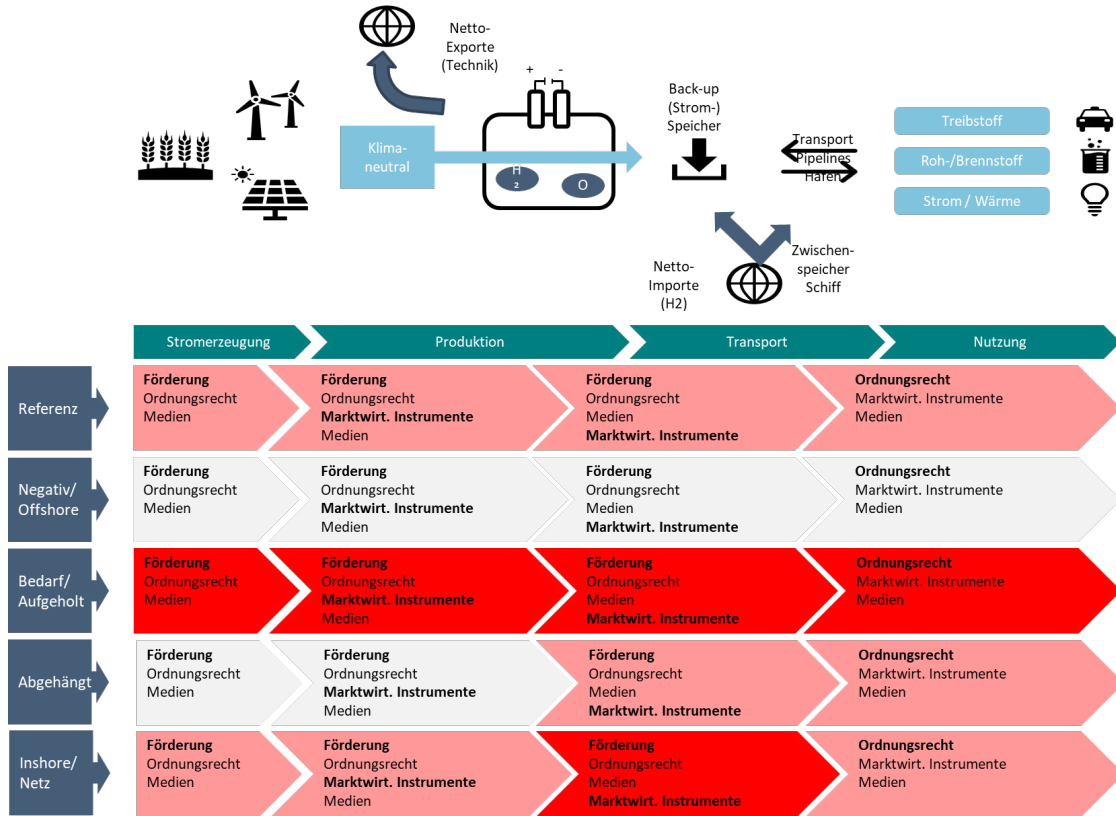
Viele der aufgeführten Punkte werden bereits von der Bundesregierung verfolgt. Allerdings liegt der Fokus primär auf der angebotsseitigen Anschubfinanzierung des Auf- und Ausbaus der Infrastruktur und Wasserstoffproduktionslinien. Der Preis von grünem Wasserstoff wird mit Stand heute nicht subventioniert. Es wird alleinig auf die Verteuerung von fossilen Substituten und auf die technologische Entwicklung (Herstellung von grünem Wasserstoff und Ausbau EE) gesetzt. Zwar wird auch die Bedarfsseite über Vorgaben in Förderrichtlinien und über Quoten adressiert, auch hier könnte aber mit zusätzlichen Instrumenten mehr getan werden.

Mit Blick auf die unterschiedlichen Transformationspfade sind mehr oder weniger Anstrengungen zu fahren, um die jeweilige Ausprägung einer Wasserstoffwirtschaft zu erreichen. Abbildung 12 zeigt farblich markiert, in welchem Szenario in welcher Phase der Wasserstoff-Wertschöpfungskette welche Hebel verstärkt oder nur gemäßigt bis gar nicht eingesetzt werden müssen.

- Um das Referenz-Szenario zu erreichen, werden mit Stand heute in allen Bereichen der Wasserstoff-Wertschöpfungskette unterschiedliche Hebel in unterschiedlichem Ausmaß von unterschiedlichen Akteuren bedient werden müssen, sodass diese aus heutiger Sicht realistische und plausible Welt einer Wasserstoffwirtschaft erreicht werden kann.
- Für die Realisierung des Negativ/Offshore-Szenarios kann auf jegliche Handlung verzichtet werden.
- Für das Erreichen des Bedarf/Angebot-Szenarios müssen in allen Bereichen der Wasserstoff-Wertschöpfungskette verstärkte Handlungsanstrengungen getätigt werden.
- Für das Abgehängt-Szenario ist hauptsächlich im Bereich Transport und bei der Nutzung Handlung notwendig.

- Das Inshore/Netz-Szenario setzt voraus, dass vor allem im Bereich Wasserstofftransport erhöhtes zusätzliches Engagement notwendig sein wird.

Abbildung 12: Handlungsschwerpunkte nach Transformationspfaden



Quelle: eigene Darstellung

5 FAZIT

Mit einem auf die verschiedenen Bereiche einer Wasserstoffwertschöpfungskette ausgerichteten Instrumentenmix können die wichtigsten Stellschrauben für eine erfolgreiche Transformation in eine Wasserstoffwirtschaft adressiert und gelenkt werden. Es sollten Investitionen gefördert, das Preisverhältnis zwischen grünem Wasserstoff und fossilen Substituten mittels marktwirtschaftlicher Instrumente begünstigt und – zumindest in der Anfangsphase – auch die Nachfrage nach grünem Wasserstoff durch ordnungspolitische Instrumente stimuliert werden. Alle diese Prozesse sollten dabei durch Instrumente der Öffentlichkeitsarbeit begleitet werden, da abzusehen ist, dass Übergänge und Veränderungen, die einen grundlegenden Wandel – den Übergang von einer fossilen in eine grüne Wirtschaft – in der Produktion und Wirtschaft bedeuten, besonders gut erklärt werden müssen. Es ist daher von zentraler Bedeutung, bei der Nutzung tiefgreifender Instrumente, insbesondere der Ordnungspolitik, den Rückhalt sowohl in der Wirtschaft als auch in der Bevölkerung nicht zu verlieren.

Die Diskussion hat gezeigt, dass vor allem auf Bundesebene eine Vielzahl an Instrumenten einsetzbar sind, um den Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft positiv zu begleiten. Insbesondere die entscheidenden Stellgrößen – Kapazität der Infrastruktur, Preise, Wasserstoffbedarf und Arbeitskräftepotenzial – können mit den zur Verfügung stehenden Hebeln umfangreich beeinflusst werden.

Der Erfolg der Transformation hängt von der Gleichzeitigkeit der Prozesse und ihrer Stellung in der Wertschöpfungskette ab. Die Infrastruktur für den Transport von Wasserstoff muss zunächst zeitlich vorlaufen, um dann mit dem wachsenden Bedarf nach Wasserstoff stetig weiterzuwachsen. Eine auf Wasserstoff umgestaltete Produktionslinie bspw. in der Stahlindustrie nützt nur wenig, wenn kein Wasserstoff lieferbar ist. Gleichzeitig müssen ausreichend Köpfe mit der geeigneten Qualifizierung zur Verfügung stehen, damit die anstehenden Arbeiten für den Ausbau der Infrastruktur oder für die Umstellung von Produktionsprozessen durchgeführt werden können.

Grundsätzlich sind die Handlungsoptionen zwar groß und vielfältig, eindeutig ist allerdings, dass es nicht die eine entscheidende Maßnahme gibt, die alle Elemente der Wertschöpfungskette einer Wasserstoffwirtschaft positiv anspricht. Notwendig ist ein Instrumentenmix, der mit einem Zusammenspiel unterschiedlicher Hebel die erfolgreiche Realisierung einer Wasserstoffwirtschaft bewirken kann.

Welcher Instrumentenmix das im Einzelnen sein wird, ist letztendlich eine politische Entscheidung: Wird eher auf Ordnungsrecht oder auf marktwirtschaftliche Instrumente gesetzt? Will man Lenkungswirkung durch Verbote und Gebote erzwingen oder durch Anreize erzielen? Wird viel Wert auf Kommunikation, Erklärung und dadurch auf Einsicht gesetzt oder wird es der Markt regeln? Auch ist die politische Durchsetzbarkeit der Maßnahmen zu bedenken – innerhalb der eigenen Koalition oder innerhalb des Parlamentes. Die jüngste Vergangenheit hat auch gezeigt, dass starke Protestbewegungen bei der Umsetzung einzelner Maßnahmen zu erwarten sind und somit die gesellschaftliche Akzeptanz des Handelns eine nicht zu vernachlässigende Größe ist.

Darüber hinaus muss beachtet werden, dass der Handlungsspielraum der saarländischen Akteure aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft zwar in vielen Fällen

eingeschränkt ist – sei es durch fehlende Rechtssetzungskompetenz oder zu geringes wirtschaftliches Gewicht respektive zu geringe wissenschaftliche Ressourcen –, nichtsdestotrotz sollte auch bedacht werden, dass ein Großteil der hier diskutierten Hebel auch in anderen Bundesländern Steuerungsmöglichkeiten der Stellgrößen versprechen. Somit könnten entsprechende Maßnahmen über das Saarland hinaus Fürsprecher finden. Netzwerke und Kooperationen über das Saarland hinweg können für eine erfolgreiche grüne Wasserstofftransformation nützlich sein.

6 LITERATUR

- Agora Energiewende & Wuppertal Institut (Hg.) (2020): Klimaneutrale Industrie: Schlüsseltechnologien und Politikoptionen für Stahl, Chemie und Zement, Berlin. https://static.agora-energiewende.de/fileadmin/Projekte/2018/Dekarbonisierung_Industrie/164_A-EW_Klimaneutrale-Industrie_Studie_WEB.pdf, abgerufen am 19.11.2021.
- Ahlert, G., Distelkamp, M., Lutz, C., Meyer, B., Mönning, A. & Wolter, M. I. (2009): Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. In: Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) (Hg.): Das IAB/INFORGE-Modell. Ein sektorales makroökonomisches Projektions- und Simulationsmodell zur Vorausschätzung des längerfristigen Arbeitskräftebedarfs. IAB-Bibliothek 318, Nürnberg, S. 15–175. DOI: 10.3278/300664w.
- Allolio, F., Ohle, L. & Schäfer, J. (2022): TransHyDE – Studie zum Rechtsrahmen einer zukünftigen Wasserstoffwirtschaft. Hg. v. Fraunhofer Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie, Cottbus. https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/F02FC5953C99412DE0537E695E86264B/live/document/20221219_THY_Regulatorik_Studie_final_mit_Deckblatt.pdf, abgerufen am 05.03.2024.
- Bernardt, F., Helmrich, R., Hummel, M., Parton, F., Schneemann, C., Steeg, S., Ulrich, P. & Zika, G. (2022a): „MoveOn“ IV: Effekte eines veränderten Mobilitätsverhaltens auf die Erwerbstätigkeit aus regionaler Perspektive. IAB-Forschungsbericht 01|2022, Nürnberg. <https://doku.iab.de/forschungsbericht/2022/fb0122.pdf>, abgerufen am 19.01.2023.
- Bründlinger, T., König, J. E., Frank, O., Gründig, D., Jugel, C., Kraft, P., Krieger, O., Mischinger, S., Prein, P., Seidl, H., Siegemund, S., Stolte, C., Teichmann, M., Willke, J. & Wolke, M. (2018): dena-Leitstudie Integrierte Energiewende – Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050. Hg. v. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Pdf/9261_dena-Leitstudie_Integrierte_Energiewende_lang.pdf, abgerufen am 02.02.2022.
- Bundesagentur für Arbeit (BA) (2022): Engpassanalyse 2022. Hg. v. Bundesagentur für Arbeit (BA). https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Fachkraeftebedarf/Engpassanalyse-Nav.html#epa_tab_anchor_englist, abgerufen am 02.08.2024.
- Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (2022): Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende – Forschungsprojekt H2PRO, Bonn. https://www.bibb.de/dokumente/pdf/factsheet_II_wasserstofferzeugung_wasserstoff_zukunft_berufliche_bildung_energiewende_H2PRO.pdf, abgerufen am 06.08.2024.
- Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (Hg.) (2023a): Wasserstoff: Fachkräftequalifizierung für den Schlüsselrohstoff der Zukunft. BIBB-Präsident Esser: „Duale

Berufsbildung gut gerüstet“. Pressemitteilung 07/2023. <https://www.bibb.de/dokumente/pdf/finalpmwasserstoff.pdf>, abgerufen am 06.08.2024.

Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) (Hg.) (2023b): Steigendes Interesse an Wasserstoff-Qualifizierungen und neues Factsheet zur Chemie- und Raffinerieindustrie. <https://www.bibb.de/de/179528.php>, zuletzt aktualisiert am 16.08.2023, abgerufen am 06.08.2024.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (2020): Die Nationale Wasserstoffstrategie. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), abgerufen am 21.04.2023.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (Hg.) (2022a): Fortschrittsbericht Energiesicherheit, Berlin. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/0325_fortschrittsbericht_energiesicherheit.pdf?__blob=publicationFile&v=14, abgerufen am 11.04.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022b): IPCEI Wasserstoff: Gemeinsam einen Europäischen Wasserstoffmarkt schaffen. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/ipcei-wasserstoff.html>, abgerufen am 06.12.2022.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022c): Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Berlin. https://www.bmbf.de/Shared-Docs/Downloads/de/2022/fortschrittsbericht-wasserstoffstrategie-nws.pdf?__blob=publicationFile&v=1, abgerufen am 25.03.2024.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2022d): Transformation zu einer klimaneutralen Industrie: Grüne Leitmärkte und Klimaschutzverträge. Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats beim Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Berlin. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Ministerium/Veroeffentlichung-Wissenschaftlicher-Beirat/transformation-zu-einer-klimaneutralen-industrie.pdf>, abgerufen am 06.08.2024.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2023): Der Klima- und Transformationsfonds 2024: Entlastung schaffen, Zukunftsinvestitionen sichern, Transformation gestalten. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Meldung/2023/20231221-haushalt-einigung-ktf-2024.html>, abgerufen am 02.08.2024.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2024a): Förderprogramm Klimaschutzverträge. Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK), Berlin. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/pressepapierfoerderprogramm-klimaschutzvertraege.pdf?__blob=publicationFile&v=16, abgerufen am 02.08.2024.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2024b): Bundesregierung stellt rechtliche Weichen für den beschleunigten Ausbau der Infrastruktur für Erzeugung, für Speicherung und Import von Wasserstoff – zweiter Teil des

Industriepakets. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2024/05/20240529-bundesregierung-stellt-weichen-fuer-den-beschleunigten-ausbau-von-wasserstoffprojekten.html>, zuletzt aktualisiert am 29.05.2024, abgerufen am 02.08.2024.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) (2024c): FAQ zum Wasserstoff-Kernnetz. Wie funktioniert das Amortisationskonto? Hg. v. Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/FAQ/Wasserstoff-Kernnetz/faq-wasserstoff-kernnetz.html>, abgerufen am 02.08.2024.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) & IPCEI Hydrogen (2024): Übersicht der deutschen IPCEI Hy2Infra-Projekte. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/I/ipcei-deutsche-hy2infra-projekte.pdf?__blob=publication-file&v=7, abgerufen am 07.08.2024.

Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) (Hg.) (2024): Chancen und Risiken von Wasserstoffpartnerschaften und -technologien in Entwicklungsländern, Berlin. https://www.tab-beim-bundestag.de/projekte_chancen-und-risiken-von-wasserstoffpartnerschaften-und-technologien-in-entwicklungslaendern.php, abgerufen am 06.08.2024.

CENA Hessen (2023): CENA SAF-Outlook 2024-2030. Eine Analyse von Mengen, Technologien und Produktionsstandorten für nachhaltige Flugtreibstoffe. Hg. v. CENA Hessen, Frankfurt am Main. https://redaktion.hessen-agentur.de/publication/2024/4240_CENA_SAF_Outlook_2024_2030.pdf, abgerufen am 06.08.2024.

Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2022): Wasserstoffstrategien der Bundesländer – Juli 2022. dena H2-Report, Berlin. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2022/dena-H2_Nr_3.pdf, abgerufen am 09.08.2024.

Europäisches Parlament (2024): Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE). https://www.europarl.europa.eu/erpl-app-public/factsheets/pdf/de/FTU_3.1.2.pdf, abgerufen am 02.08.2024.

European Commission (2023a): Commission delegated Regulation (EU) .../... – of 10.02.2023 – supplementing Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union methodology setting out detailed rules for the production of renewable liquid and gaseous transport fuels of non-biological origin, Brüssel, abgerufen am 02.08.2024.

European Commission (2023b): Commission approves €2.6 billion German State aid measure to support Stahl-Holding-Saar decarbonise its steel production through hydrogen use. Hg. v. European Commission, Brüssel. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/ip_23_6647/IP_23_6647_EN.pdf, abgerufen am 02.08.2024.

European Commission (2024): Commission approves up to €6.9 billion of State aid by seven Member States for the third Important Project of Common European Interest in the hydrogen value chain. Hg. v. European Commission, Brüssel.

https://ipcei-hydrogen.eu/file/download/725a8ab4-4ca7-46c7-a516-1d241ff61b06/2024-02-commission_approves_up_to__6.pdf, abgerufen am 02.08.2024.

Falck, O. & Pfaffl, C. (2022): Die Deindustrialisierung Deutschlands: berechtigte Sorge oder German Angst? *Wirtschaftsdienst* 102 (12), S. 936–940. <https://www.wirtschaftsdienst.eu/inhalt/jahr/2022/heft/12/beitrag/die-deindustrialisierung-deutschlands-berechtigte-sorge-oder-german-angst.html>, abgerufen am 01.08.2024.

Flath, L., Kemmerzell, J. & Knodt, M. (2023): Hydrogen governance in Germany: a challenge for federal coordination. Hg. v. Routledge. *Regional & Federal Studies*, Darmstadt, abgerufen am 02.08.2024. DOI: 10.1080/13597566.2023.2232735.

FNB Gas (2023): Netzentwicklungsplan 2022. Die bisherigen Schritte im Arbeitsprozess. <https://fnb-gas.de/netzentwicklungspl%C3%A4ne/netzentwicklungsplan-2022/>, abgerufen am 02.08.2024.

Fröndhoff, B., Witsch, K., Hubik, F., Wermke, I., Müller, A. & Koenen, J. (2024): Unternehmen kappen ihre Klimaziele. Neue Reporting-Standards setzen Konzerne zunehmend unter Druck. Trotzdem schieben viele ihre Ziele nach hinten oder schwächen sie ab – auch auf Drängen von Investoren. Hg. v. Handelsblatt. 111, Düsseldorf, München, abgerufen am 01.08.2024.

Gechert, S., Rietzler, K., Schreiber, S. & Stein, U. (2019): Wirtschaftliche Instrumente für eine klima- und sozialverträgliche CO₂-Bepreisung. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit. Hg. v. Hans-Böckler-Stiftung. Study 65, Düsseldorf. https://www.boeckler.de/pdf/p_imk_study_65_2019.pdf, abgerufen am 02.08.2024.

H2Global Stiftung (Hg.): Shaping the global energy transition. H2Global's Foundation accelerates the emergence of markets for clean hydrogen and other low-emission fuels worldwide. <https://www.h2-global.de/project/h2g-mechanism>, abgerufen am 06.08.2024.

Hagedorn, M., Hartmann, S., Heilert, D., Harter, C., Olschewski, I., Eckstein, L., Baum, M., Henzelmann, T. & Schlick, T. (2020): Automobile Wertschöpfung 2030/2050. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Hg. v. IPE Institut für Politikevaluation GMBH, FKA GmbH und Roland Berger GmbH, Frankfurt, Aachen, München. https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Studien/automobile-wertschoepfung-2030-2050-kurzfassung.pdf?__blob=publicationFile&v=10, abgerufen am 06.08.2024.

Handelsblatt (2024): Die Wasserstoff-Misere. Mit Wasserstoff sollen Fabriken klimaneutral produzieren. Doch die Pläne verzögern sich – und Deutschland könnte den Anschluss verlieren. Hg. v. Handelsblatt, abgerufen am 06.08.2024.

Holzmann, S. & Wolf, I. (2023): Klimapolitik und soziale Gerechtigkeit. Wie die deutsche Bevölkerung Zielkonflikte in der Transformation wahrnimmt. Hg. v. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh. <https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/publikationen/publikation/did/klimapolitik-und-soziale-gerechtigkeit>, abgerufen am 02.08.2024.

- International Energy Agency (IEA) (2023): Hydrogen Production and Infrastructure Projects Database. <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/hydrogen-production-and-infrastructure-projects-database>, zuletzt aktualisiert am 10.04.2024, abgerufen am 10.04.2024.
- International Energy Agency (IEA) (2024): Hydrogen. <https://www.iea.org/reports/hydrogen>, zuletzt aktualisiert am 2024, abgerufen am 09.08.2024.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) (2020): Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050, Abu Dhabi.
- IPCEI Hydrogen: What is IPCEI? Hg. v. IPCEI Hydrogen. <https://ipcei-hydrogen.eu/page/view/e62ed4ef-a4e5-454c-9b81-10521efc34ce/about-ipcei>, abgerufen am 02.08.2024.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G. & Stavins, R. N. (2003): Technological change and the Environment. *Handbook of Environmental Economics* 2003(1), S. 461–516. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574009903010167>, abgerufen am 02.08.2024.
- Kalinowski, M., Mönning, A. & Söhnlein, D. (2021): Annahmen, Modellierung und Ergebnisse der Angebotsprojektion nach Qualifikationsstufen und Berufen bis zum Jahr 2040 – Version 1.0. BIBB, Bonn. https://www.bibb.de/dokumente/pdf/Kalinowski_Moennig_Soehnlein_Annahmen_und_Methoden_Angebotsprojektion.pdf, abgerufen am 13.02.2023.
- Kalinowski, M., Mönning, A. & Zika, G. (2018): Auswirkungen der Digitalisierung der Wirtschaft und der Zuwanderung Geflüchteter auf die Entwicklung der Elektrobereufe bis zum Jahr 2035. In: Vollmer, T., Jaschke, S. & Dreher, R. (Hg.): Aktuelle Aufgaben für die gewerblich-technische Berufsbildung. Digitalisierung, Fachkräftesicherung, Lern- und Ausbildungskonzepte, Bd. 47. 1. Aufl. Berufsbildung, Arbeit und Innovation 47. wbv Media GmbH & Co. KG, Bielefeld, S. 87–100, abgerufen am 20.03.2024.
- Küper, M. (2023): Wasserstoff im Inflation Reduction Act: Was ist drin für Deutschland und die EU? Hg. v. Institut der deutschen Wirtschaft. IW-Kurzbericht 8/2023, Köln, abgerufen am 02.08.2024.
- Leistenschneider, C. (2023): Saarland schnürt Gesetzespaket zum Ausbau der Windenergie. Hg. v. SR info. https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/politik_wirtschaft/gesetzespaket_zum_ausbau_der_windenergie_im_saarland_100.html, abgerufen am 02.08.2024.
- Lutz, C. & Wolter, M. I. (2021): Wege zur Klimaneutralität bis 2045. Politische Handlungsfelder. Hg. v. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS). GWS Discussion Paper 4, Osnabrück. <https://papers.gws-os.com/gws-paper21-4.pdf>, abgerufen am 19.12.2023.
- Maier, T., Kalinowski, M. & Krinitz, J. (2024): Die potenziellen Fachkräfte sind da – wenn ausländische Personen besser in Bildung und Erwerb integriert werden. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) und GWS. 46.

https://www.bwpat.de/ausgabe46/maier_etal_bwpat46.pdf, abgerufen am 06.08.2024.

- Maier, T., Kalinowski, M., Zika, G., Schneemann, C., Mönning, A. & Wolter, M. I. (2022): Es wird knapp – Ergebnisse der siebten Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen bis zum Jahr 2040. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). BIBB-Report 3|2022, Bonn. <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/download/18168>, abgerufen am 02.11.2022.
- Matthes, F., Braungardt, S., Bürger, V. & Göckeler, K. (2021): Die Wasserstoffstrategie 2.0 für Deutschland. Untersuchung für die Stiftung Klimaneutralität. Hg. v. Öko-Institut e. V., Berlin, abgerufen am 06.08.2024.
- Merten, F. & Scholz, A. (2023): Metaanalyse zu Wasserstoffkosten und -bedarfen für die CO₂-neutrale Transformation. Studie für den Landesverband Erneuerbare Energien NRW e.V. (LEE NRW). Hg. v. Wuppertal Institut. Studienbericht, Wuppertal, abgerufen am 01.08.2024.
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit, Energie und Verkehr, Saarland (2024): Eine Wasserstoff-Strategie für das Saarland – Saarland 2030 – auf dem Weg zum Wasserstoffland, Saarbrücken. https://www.saarland.de/mwide/DE/downloads/wasserstoff/dld_wasserstoffstrategie.pdf, abgerufen am 09.08.2024.
- Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitales und Energie Saarland (2023): Europäischer Fonds für regionale Entwicklung in der Förderperiode 2021–2027. <https://www.saarland.de/mwide/DE/portale/wirtschaft/strukturfondsfoerderung/efre/efre20212027>, zuletzt aktualisiert am 16.08.2023, abgerufen am 02.08.2024.
- Mönning, A., Bach, N. von dem, Helmrich, R., Steeg, S., Hummel, M., Schneemann, C., Weber, E., Wolter, M. I. & Zika, G. (2021): "MoveOn" III: Folgen eines veränderten Mobilitätsverhaltens für Wirtschaft und Arbeitsmarkt. Version 1.0. Wissenschaftliche Diskussionspapiere 230, Bonn. <https://www.bibb.de/dienst/publikationen/de/download/17474>, abgerufen am 13.02.2023.
- Mönning, A., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R. & Bernardt, F. (2020): Elektromobilität 2035 – ein regionaler Blick. IAB-Forschungsbericht 6|2020, Nürnberg. <https://doku.iab.de/forschungsbericht/2020/fb0620.pdf>, abgerufen am 13.02.2023.
- Nationaler Wasserstoffrat (2024): Umsetzung RED III in nationales Recht (RFNBO-Quote für die Industrie). Hg. v. Nationaler Wasserstoffrat. https://www.wasserstoffrat.de/fileadmin/wasserstoffrat/media/Dokumente/2024/2024-03-01_NWR-Stellungnahme_Umsetzung_RED_III_Industriequote.pdf, abgerufen am 06.08.2024.
- Nigbur, F., Robinius, M., Wienert, P. & Deutsch, M. (2023): Levelised cost of hydrogen. Making the application of the LCOH concept more consistent and more useful. Hg. v. Agora Energiewende und Agora Industrie, Berlin. https://static.agora-energie-wende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-12-10_Trans4Real/A-EW_301_LCOH_WEB.pdf, abgerufen am 02.08.2024.

- Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) (2024): State of Immigrant Integration – Germany. Paris. [https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-issues/migration/Sii2024--Germany%20\(ENG\)%20%E2%80%93%20v6%20\(FINAL%20with%20bookmarks\).pdf](https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/topics/policy-issues/migration/Sii2024--Germany%20(ENG)%20%E2%80%93%20v6%20(FINAL%20with%20bookmarks).pdf), abgerufen am 09.08.2024.
- Pure Steel: Der Weg der CO₂-Transformation ist klar definiert. Hg. v. Pure Steel. <https://www.pure-steel.com/power4steel/>, abgerufen am 02.08.2024.
- Ronsiek, L., Mönning, A., Schneemann, C., Zenk, J., Schroer, J. P. & Schur, A. C. (2022): Potentielle Partnerländer für den Import von grünem Wasserstoff nach Deutschland. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). BIBB Discussion Paper, Bonn. https://downloads.gws-os.com/Schur-et-al_Kooperationspartner_gruener_Wasserstoff.pdf, abgerufen am 18.12.2023.
- Ronsiek, L., Schneemann, C., Mönning, A., Samray, D., Schroer, J. P., Schur, A. C. & Zenk, J. (2024): Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette Wasserstoff: Szenario-v2.1. Hg. v. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). IAB-Forschungsbericht 7/2024, Nürnberg. <https://doku.iab.de/forschungsbericht/2024/fb0724.pdf>, abgerufen am 06.08.2024. DOI: 10.48720/IAB.FB.2407.
- Runge, P., Sölch, C., Albert, J., Wasserscheid, P., Zöttl, G. & Grimm, V. (2020): Economic comparison of electric fuels for heavy duty mobility produced at excellent global sites – a 2035 Scenario.
- Samadi, S., Lechtenböhmer, S., Viebahn, P. & Fischer, A. (2021): Renewables Pull – Verlagerung industrieller Produktion aufgrund unterschiedlicher Kosten Erneuerbarer. Hg. v. Energiewirtschaftliche Tagesfragen. 7–8, Wuppertal, Köln. <https://www.energie.de/et/news-detailansicht/nsctrl/detail/News/renewables-pull-verlagerung-industrieller-produktion-aufgrund-unterschiedlicher-kosten-erneuerbarer/np/3>, abgerufen am 15.02.2024.
- Schumpeter, A. J. (1912): Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung – eine Untersuchung über Unternehmergewinne, Kapital, Kredit, Zins und den Konjunkturzyklus. https://www.duncker-humblot.de/_files_media/leseproben/9783428477258.pdf, abgerufen am 02.08.2024.
- Schur, A. C., Mönning, A., Ronsiek, L., Schneemann, C., Schroer, J. P. & Zenk, J. (2023): Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette „Wasserstoff“. Abschlussbericht der ersten Projektphase. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). Discussion Paper, Bonn. https://gws-os.com/fileadmin/downloads/Schur_Arbeitskraefte_Wasserstoff.pdf, abgerufen am 16.02.2024.
- SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN & FDP (Hg.) (2021): Mehr Fortschritt wagen – Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021–2025. https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf, abgerufen am 27.09.2023.

- SR info (2023): Saarland will 2024 rund die Hälfte der Transformationsmittel einsetzen. Hg. v. SR info. https://www.sr.de/sr/home/nachrichten/politik_wirtschaft/haushalt-ausschuss_mittel_transformationsfonds_100.html, abgerufen am 02.08.2024.
- Stahl-Holding-Saar (SHS) (2023): Zustimmung der EU-Kommission zur Förderung unseres Dekarbonisierungsprojekts. <https://www.stahl-holding-saar.de/shs/de/presse/pressemitteilungen/zustimmung-der-eu-kommission-zur-foerderung-unseres-dekarbonisierungsprojekts-110432.shtml>, zuletzt aktualisiert am 19.12.2023, abgerufen am 02.08.2024.
- Steeg, S., Helmrich, R., Maier, T., Schroer, J. P., Mönning, A., Wolter, M. I., Schneemann, C. & Zika, G. (2022): Die Wasserstoffwirtschaft in Deutschland: Folgen für Arbeitsmarkt und Bildungssystem. Eine erste Bestandsaufnahme. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn. https://downloads.gws-os.com/Steeg-et-al_Wertschoepfungskette-Wasserstoff.pdf, abgerufen am 06.09.2022.
- Stratmann, K. (2024): Transformation: Scheitert der Aufbau der Wasserstoff-Infrastruktur? Hg. v. Handelsblatt, Berlin, abgerufen am 01.08.2024.
- Studtrucker, M., Kalinowski, M., Schneemann, C., Söhnlein, D. & Zika, G. (2022): QuBe-Bevölkerungsprojektion für die Kreise und kreisfreien Städte Deutschlands. IAB-Discussion Paper 19|2022, Nürnberg. DOI: 10.48720/IAB.DP.2219.
- Timmerberg, S. & Kaltschmitt, M. (2019): Hydrogen from renewables: Supply from North Africa to Central Europe as blend in existing pipelines – potentials and costs. Applied Energy 237. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.01.030.
- Ulrich, P., Bernardt, F., Parton, F., Sonnenburg, A. & Többen, J. (2022): Das neue LÄNDER-Modell. Beispielszenario zum Ausbau der Photovoltaik. Hg. v. Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS). GWS Discussion Paper 2022/02, Osnabrück. <https://papers.gws-os.com/gws-paper22-2.pdf>, abgerufen am 22.02.2024.
- Umweltbundesamt (UBA) (2023): Der EU-Emissionshandel wird umfassend reformiert. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/der-eu-emissionshandel-wird-umfassend-reformiert>, zuletzt aktualisiert am 06.07.2023, abgerufen am 06.08.2024.
- Umweltbundesamt (UBA) (2024): Nationalen Emissionshandel verstehen. Abschnitt G: Wie hoch fällt der CO₂-Preis aus? https://www.dehst.de/DE/Nationaler-Emissionshandel/nEHS-verstehen/nehs-verstehen_node.html#doc439226, abgerufen am 06.08.2024.
- Wolter, M. I., Mönning, A., Schneemann, C., Weber, E., Zika, G., Helmrich, R., Maier, T. & Winnige, S. (2019): Wirtschaft 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Ökonomie – Szenario-Rechnungen im Rahmen der fünften Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen. 1. Aufl. BIBB. Wissenschaftliche Diskussionspapiere 200, Bonn, Leverkusen. <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/10197>, abgerufen am 19.01.2023.
- Zenk, J., Mönning, A., Ronsiek, L., Schneemann, C., Schur, A. C. & Steeg, S. (2023): Erste Abschätzung möglicher Arbeitsmarkteffekte durch die Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie bis 2030. Hg. v. Bundesinstitut für Berufsbildung

- (BIBB). BIBB Discussion Paper, Bonn. https://downloads.gws-os.com/Zenk_Moenning_ua_Abschaetzung_Arbeitsmarkteffekte_Wasserstoff.pdf, abgerufen am 19.12.2023.
- Zika, G., Hummel, M., Maier, T. & Wolter, M. I. (2023): Das QuBe-Projekt: Modelle, Module, Methoden. Hg. v. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). IAB-Bibliothek 374, Nürnberg. <https://www.wbv.de/shop/openaccess-download/I73712>, abgerufen am 26.10.2023.
- Zika, G., Hummel, M., Schneemann, C., Studtrucker, M., Kalinowski, M., Maier, T., Krebs, B., Steeg, S., Bernardt, F., Krinitz, J., Mönning, A., Parton, F., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2021): Die Auswirkungen der Klimaschutzmaßnahmen auf den Arbeitsmarkt und die Wirtschaft. Hg. v. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). Forschungsbericht 526/5, Berlin. https://www.bmas.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb526-5-auswirkungen-klimaschutzmassnahmen-auf-arbeitsmarkt-und-wirtschaft.pdf?__blob=publicationFile&v=1, abgerufen am 26.01.2022.
- Zika, G., Kalinowski, M., Krinitz, J., Maier, T., Mönning, A., Schneemann, C., Schur, A. C., Wolter, M. I. & Zenk, J. (2024): Szenarien über die Erhöhung des Arbeitskräftepotenzials. Hg. v. Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS). Forschungsbericht 631, Berlin. <https://gws-os.com/fileadmin/downloads/fb631-szenarien-ueber-die-erhoehung-des-arbeitskraeftepotenzials.pdf>, abgerufen am 22.02.2024.
- Zika, G., Maier, T. & Mönning, A. (2017): Auswirkungen der Zuwanderung Geflüchteter auf Wirtschaft und Arbeitsmarkt – Berechnungen mit den BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen; Heft-Nr.: 184. BIBB. Wissenschaftliche Diskussionspapiere 184, Bonn. <https://www.bibb.de/dienst/veroeffentlichungen/de/publication/show/8283>, abgerufen am 11.02.2022.
- Zika, G., Maier, T., Mönning, A., Schneemann, C., Steeg, S., Weber, E., Wolter, M. I. & Krinitz, J. (2022a): Die Folgen der neuen Klima- und Wohnungsbaupolitik für Wirtschaft und Arbeitsmarkt. Hg. v. Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). IAB-Forschungsbericht. 3. <https://iab.de/publikationen/publikation/?id=12291230>, abgerufen am 13.02.2023. DOI: 10.48720/IAB.FB.2203.
- Zika, G., Mönning, A., Wolter, M. I., Schneemann, C., Kalinowski, M., Maier, T. & Winnige, S. (2019): Folgen von beruflichen Passungsproblemen und Weiterbildungsbedarfe in einer digitalisierten Arbeitswelt. BMAS. Forschungsbericht 526/1W, Berlin. <https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb526-1w-folgen-von-beruflichen-passungsproblemen-und-weiterbildungsbedarfe-in-einer-digitalisierten-arbeitswelt.pdf>, abgerufen am 13.02.2023.
- Zika, G., Schneemann, C., Hummel, M., Maier, T., Kalinowski, M., Bernardt, F., Mönning, A., Parton, F., Sonnenburg, A., Ulrich, P. & Wolter, M. I. (2020): Langfristige Folgen von Demografie und Strukturwandel für regionale Arbeitsmärkte. Daten, Methoden und Ergebnisse der 5. Welle der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen. IAB-Forschungsbericht; BIBB; GWS. IAB-Forschungsbericht

1|2020, Nürnberg. <https://doku.iab.de/forschungsbericht/2020/fb0120.pdf>, abgerufen am 19.01.2023.

Zika, G., Schneemann, C., Weber, E., Zenk, J., Maier, T. & Wolter, M. I. (2022b): Die Folgen des Kriegs in der Ukraine und der Energiekrise für Wirtschaft und Arbeitsmarkt in Deutschland. IAB-Forschungsbericht 11|2022, Nürnberg. DOI: 10.48720/IAB.FB.2211.

ANHANG 1: AUFBAU DES PROJEKTES

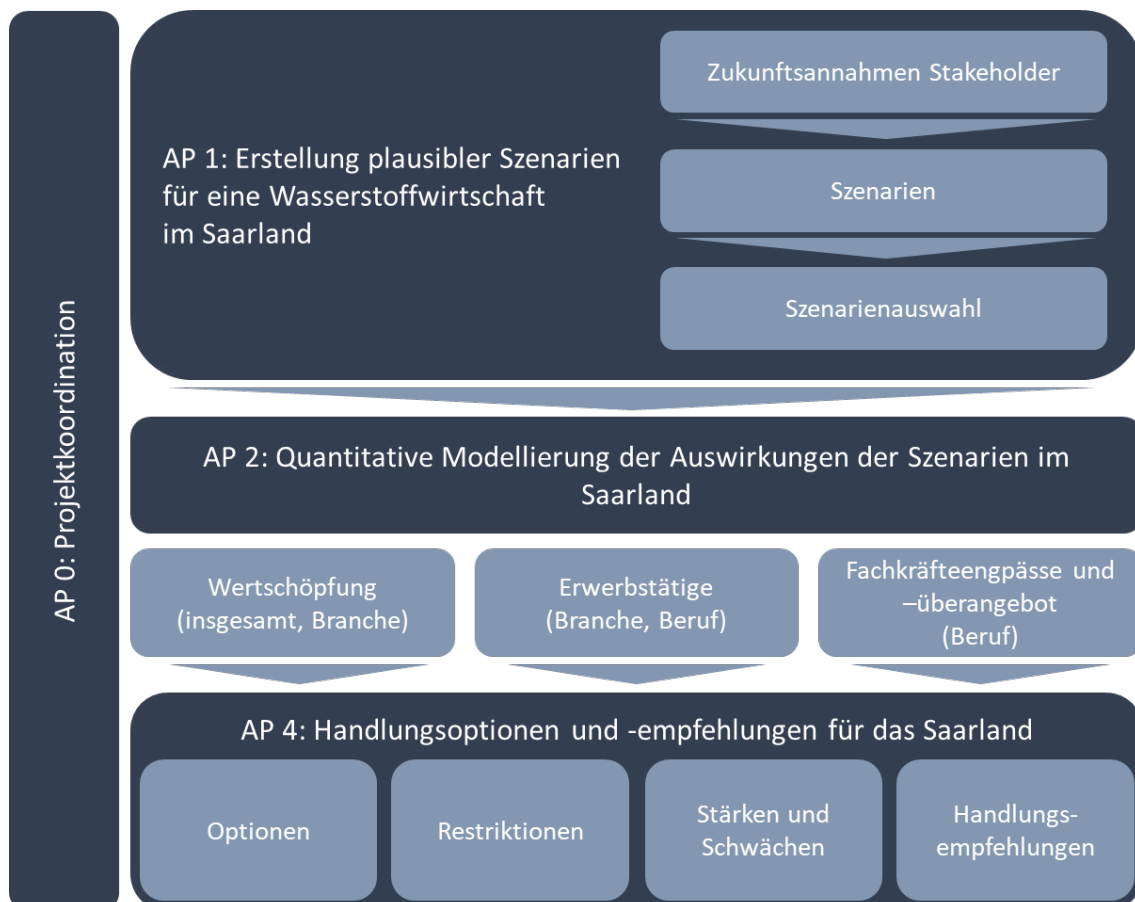
In Abbildung 13 sind die Projektstruktur, die zentralen Ergebnisse und die Verzahnung der einzelnen Arbeitspakete grafisch dargestellt.

Ziel des ersten Arbeitspaketes war es, mögliche Zukunftsszenarien herauszuarbeiten, die die Bandbreite der Transformation hin zu einer grünen Wasserstoffwirtschaft darstellen. Im Rahmen eines Workshops wurden die Szenarien diskutiert und Teile der Erwartungen und Vorstellung der Fachexperten und Stakeholder wurden eingearbeitet. Es wurden fünf Szenarien identifiziert.

Das zweite Arbeitspaket hatte zum Ziel, die zukünftigen Effekte auf Wertschöpfung und Beschäftigung im Saarland für die fünf Szenarien zu quantifizieren. Hierfür angewendet wurde das makroökonomische Rechenmodell QINFORGE mit seiner regionalen Erweiterung QMORE.

Im dritten Arbeitspaket wurden aufbauend auf den Ergebnissen der vorherigen Arbeitspakete Handlungsempfehlungen abgeleitet, diskutiert und priorisiert. Die Handlungsempfehlungen zielen darauf ab, im Hinblick auf Wertschöpfung und Beschäftigung die bestmögliche Entwicklung für das Saarland zu identifizieren und der Politik passende Strategien und Handlungsoptionen an die Hand zu geben.

Abbildung 13: Zusammenhang der Arbeitspakete und zentrale Ergebnisse



Quelle: eigene Darstellung

ANHANG 2: METHODENMIX

DESK RESEARCH

Mittels Desk Research sind die einzelnen Bausteine einer Wasserstoffwirtschaft herausgearbeitet und für das Saarland definiert worden (Arbeitspaket 1). Variationen der einzelnen Stellgrößen wurden bestimmt, sodass unterschiedliche Szenarien einer Wasserstofftransformation ausformuliert werden konnten. Die Informationsbeschaffung über Desk Research wurde auch für die Sammlung und Formulierung von Handlungsoptionen und -restriktionen angewendet (Arbeitspaket 3).

ÖKONOMISCHES RECHENMODELL

Um die Beschäftigungs- und Wachstumseffekte zu ermitteln (Arbeitspaket 2), wurde auf ein ökonomisches Rechenmodell zurückgegriffen, das sowohl die saarländische Wirtschaftsstruktur nach Branche und Beruf abbildet als auch die Transformationspfade in Abhängigkeit von Zeit beschreibt.

Für die Quantifizierung wurde auf das QuBe-Modellsystem QINFORGE und seiner regionalen Erweiterung mit dem Modell QMORE zurückgegriffen. Das Deutschlandmodell QINFORGE wird verwendet (Maier et al. 2022; Ahlert et al. 2009), um die Transformationen hin zu einer grünen Wasserstoffwirtschaft für ganz Deutschland darzustellen. Das Regionalmodell QMORE dient dazu, die bundesweiten Effekte in einem konsistenten Rahmen auf das Bundesland Saarland unter Berücksichtigung von regionalspezifischen Besonderheiten herunterzubrechen. Beide Modelle werden hintereinandergeschaltet.

QINFORGE ist ein makroökonomisches nationales Totalmodell, in das nur wenige Parameter als exogene Vorgabe eingehen, etwa Steuersätze, die Bevölkerungsentwicklung (Kalinowski et al. 2021; Studtrucker et al. 2022), aber auch Annahmen zum internationalen Handel und zu internationalen Rohstoffpreisen (Ahlert et al. 2009). Es ermittelt in Jahresschritten bis 2045 die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, die sektorale Entwicklung nach 63 Wirtschaftsbranchen bzw. Gütergruppen einschließlich Vorleistungsverflechtung, Wertschöpfung, Produktion, Preisentwicklung und Endnachfrage, getrennt für privaten und staatlichen Konsum, unterschiedliche Investitionskategorien sowie Im- und Exporte. Auch die Energiemärkte sind sowohl monetär im Strukturzusammenhang als auch in Energieeinheiten abgebildet. Die Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt ist detailliert abgebildet und auch der Arbeitsbedarf ist sowohl in Köpfen als auch in Stunden jeweils nach 63 Branchen, 144 Berufen und 4 Anforderungsniveaus abgebildet. Das Arbeitsangebot (Kalinowski et al. 2021) stellt sich zunächst nach Erwerbspersonen nach erlerntem Beruf dar. Über berufliche Flexibilitätsmatrizen (Zika et al. 2017) bildet sich das Arbeitsangebot nach ausgeübtem Beruf. Die Ermittlung von sektoralen Wachstums- und Beschäftigungseffekten ist eines der Kernanwendungen des Modells QINFORGE (Zenk et al. 2023; Mönning et al. 2021; Mönning et al. 2020; Wolter et al. 2019; Zika et al. 2019; Kalinowski et al. 2018).

Die Übertragung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung in die Regionen erfolgt im Modell QMORE (Zika et al. 2020). Das regionale Modell QMORE (Qualification and

Occupation – Monitoring Regional) beruht auf regional abgestimmten Datensätzen vor allem der Statistischen Landesämter, die sich in der Regel auf einem höheren Aggregationslevel bewegen: Die Beschäftigungs- und Bruttowertschöpfungsentwicklung wird für das Saarland in 37 Wirtschaftszweige projiziert. Für Fragen der regionalen Verteilung von Struktureffekten ist ein solches regionales Modell besser geeignet als selbst detaillierteste nationale Modelle (Mönning et al. 2020; Bernardt et al. 2022a; Zika et al. 2022b; Zika et al. 2020).

Die Ergebnisse für das Saarland gehen auf empirisch fundierte Zusammenhanganalysen und gemessene Dynamikunterschiede zwischen den Regionen zurück und beziehen die Ausgangssituation der Verteilung der Arbeitsplätze nach Bundesländern mit ein (Zika et al. 2020). In Folge der Entwicklung des Bundes und den regional-spezifischen Investitionsverteilungen werden so konsistente, bundeslandspezifische Entwicklungen aufgezeigt, die für 37 Branchen und ihre Berufe erfasst werden.

Die Datenbasis in QMORE bilden die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen, die Prozessdaten der Beschäftigtenhistorik der BA sowie der Mikrozensus. Durch die Kopplung an QINFORGE (vgl. **Methodenkasten 1**) besteht die Verbindung zu allgemeinen Rahmenbedingungen und übergeordneten Einflüssen. Die Regionalisierung erfolgt top-down. Das heißt, die Bundesergebnisse sind die Treiber der regionalen Dynamik. Die Wirtschaftskraft wird auf Bundesebene bestimmt.

Für die Verteilung der Bundesergebnisse auf die Ebene der Bundesländer wird ein multi-regionaler Input-Output-Ansatz verfolgt (Ulrich et al. 2022) und dadurch die Verflechtungen zwischen den Bundesländern, die einen entscheidenden Entwicklungszusammenhang darstellen, explizit berücksichtigt. Schocks, strukturelle Veränderungen oder räumliche Umverteilungen bei der Endnachfrage (insbesondere Investitionen) werden so in Projektionen und Simulationen direkt Teil des regionalen Wirtschaftskreislaufs. Die regionale Entwicklung der Produktion geht als Treiber in die Entwicklung der Zahl der Erwerbstätigen ein. Hier werden für jedes Bundesland branchenspezifische dynamische Shift-Share-Gleichungen geschätzt. Was folgt, ist die Modellierung unterhalb der Bundesländerebene mit dem Ziel, die Entwicklungen für Arbeitsmarktregionen vollständig darzustellen. Für die regionale Darstellung des Arbeitskräftebedarfs wird im Modell ebenfalls ein dynamischer Shift-Share-Ansatz verfolgt, welcher sowohl generelle branchenspezifische Trends (exogenes Potenzial) als auch regionale Disparitäten (endogenes Potenzial) bei der Übertragung der Entwicklung der Bundeentwicklung auf die Bundesländer berücksichtigt.

Die Angebotsseite des Arbeitsmarktes wird in QMORE mit der IAB-Bevölkerungsprojektion bis zum Jahr 2050 erstellt. Die regionale IAB-Bevölkerungsprojektion hebt sich insbesondere durch die Unterscheidung von Personen mit und ohne deutsche Staatsbürgerschaft von bereits bestehenden Bevölkerungsvorausberechnungen ab und unterscheidet nach Altersjahren. Die Zuwanderungsbewegungen, die durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine ausgelöst wurden, werden abgebildet.

Methodenkasten 1: QuBe-Projekt

Die BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsprojektionen (QuBe-Projekt) sind in Zusammenarbeit mit der GWS entstanden. Sie zeigen anhand von Modellrechnungen, wie sich Angebot und Nachfrage nach Qualifikationen und Berufen langfristig entwickeln können. Als Datengrundlage werden mehrere Datenquellen aufeinander abgestimmt: der Mikrozensus, die Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen sowie Registerdaten der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (SVB) und der ausschließlich geringfügig Beschäftigten (AGB) der Bundesagentur für Arbeit (BA). In Zika et al. (2023) werden die Modelle, Module und Methoden des QuBe-Modellsystems im Detail beschrieben.

Ein maßgeblicher Treiber für die künftige Arbeitsmarktentwicklung ist die Demografie (rot). Darauf aufbauend fußt die Bildungsgesamtrechnung als ebenfalls eigenständig geführtes Modell (hellgrün), welches das künftige Neuangebot aus dem Bildungssystem differenziert nach Qualifikationen und Berufen quantifiziert. Für das künftige Erwerbsverhalten ist neben dem Geschlecht, dem Alter und der Qualifikation auch ausschlaggebend, ob die Person die deutsche Staatsangehörigkeit innehat oder nicht.

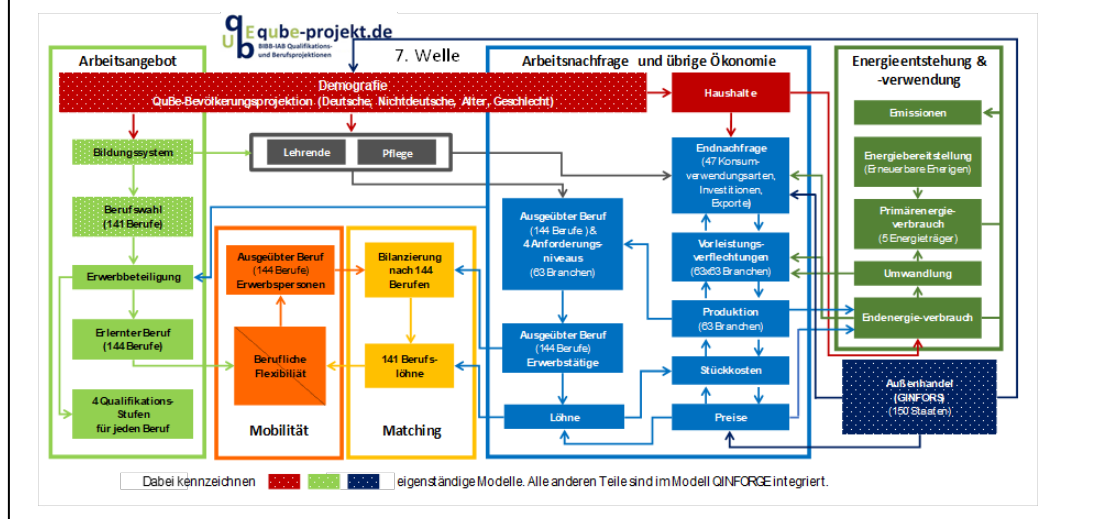
Nicht immer ist eine Person in ihrem erlernten Beruf tätig, sodass sich der ausgeübte Beruf vom erlernten unterscheidet. Wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass eine Person mit erlerntem Beruf einen anderen Beruf ausübt, wird mithilfe von beruflichen Flexibilitätsmatrizen (orange) quantifiziert. Im Matching-Modul (gelb) werden beide Arbeitsmarktseiten gegenübergestellt und Berufslöhne bestimmt.

Die Arbeitsnachfrage wird maßgeblich von der ökonomischen Entwicklung (hellblau) getrieben (vgl. auch Methodenkasten 2). Einen Sonderstatus beim Arbeitskräftebedarf nimmt die Zahl der benötigten Lehr- und Pflegekräfte (grau) ein, die im besonderen Maße von der demografischen Entwicklung abhängt (rot).

Mit der siebten Projektionswelle wurde ein Energie-Modul (dunkelgrün) ins Modellinstrumentarium integriert. Dieses erlaubt, Aussagen über die Art und Menge der erzeugten und verbrauchten Energien und ebenso der daraus resultierenden THG-Emissionen zu treffen.

Mit dem QuBe-Projekt wird in der Basisprojektion ein empiriebasiertes Konzept verfolgt: Es werden nur bislang nachweisbare Verhaltensweisen in die Zukunft projiziert. In der Vergangenheit nicht feststellbare Verhaltensänderungen sind somit nicht Teil der Basisprojektion. Dies gilt auch für die modellierten Marktanpassungsmechanismen. Die nachfolgende Abbildung gibt einen groben Überblick über die Funktionsweise des Modells.

Abbildung 14: QINFORGE im Überblick



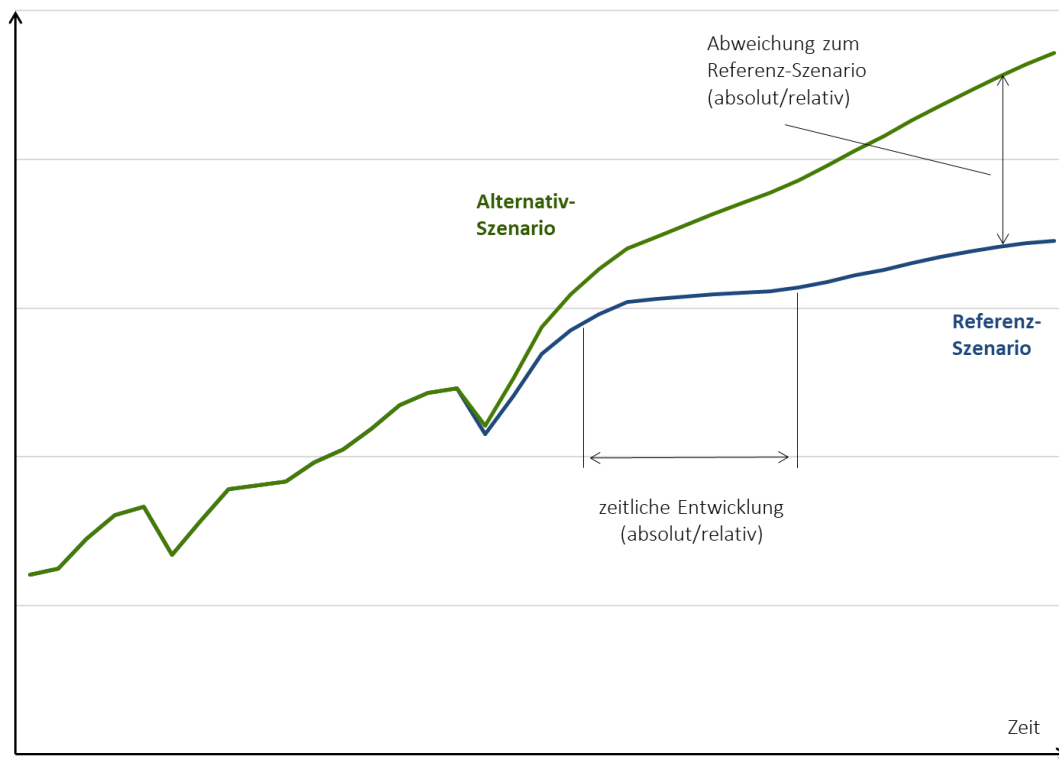
SZENARIENTECHNIK

Mittels der Anwendung von Szenariotechnik (Zika et al. 2022a; Zika et al. 2021) werden die ökonomischen Auswirkungen unterschiedlicher Variationen der grünen Wasserstofftransformation quantifiziert (Arbeitspaket 2).

Bei einer Szenarienrechnung wird ein Referenz-Szenario mit einem oder mehreren Alternativszenarien verglichen, welche sich in spezifizierten Annahmen von dem Referenz-Szenario unterscheiden. Allen Projektionen gemein sind dieselben Modellzusammenhänge und Datengrundlagen. Die Abweichungen in den Ergebnissen zwischen Referenz- und Alternativszenario sind ausschließlich auf die getroffenen Annahmen zurückzuführen.

Die vorliegenden Ergebnisse werden als Abweichung zum Referenz-Szenario ausgewiesen (türkis umkreiste Variante in Abbildung 15). Diese Darstellung zeigt, ob eine Entwicklung im Alternativ-Szenario im Vergleich zum Referenz-Szenario stärker oder schwächer ist. Allerdings gibt dies keine Auskunft darüber, ob der grundsätzliche Verlauf steigend oder fallend ist. Eine positive Abweichung zum Referenz-Szenario bei den Erwerbstätigen kann also heißen, dass die Zahl der Erwerbstätigen im Alternativ-Szenario stärker ansteigt oder schwächer abnimmt als im Referenz-Szenario – je nachdem, wie der Basisverlauf im Referenz-Szenario ausfällt. Eine Positiv- oder Negativabweichung zwischen zwei Szenarien zu einem Zeitpunkt heißt also nicht zwingend, dass Arbeitsplätze im Zeitverlauf auf- beziehungsweise abgebaut werden.

In der Evaluierung von alternativen Wachstumspfaden ist der Basisverlauf aber auch sekundär. Entscheidend ist nur, ob eine Maßnahme beziehungsweise eine Transformation das Wachstum oder die Beschäftigung im Vergleich zu einer „anderen Welt“ positiv oder negativ beeinflusst.

Abbildung 15: Anwendung der Szenariotechnik, schematische Darstellung

Quelle: QuBe-Projekt

In der vorliegenden Studie werden die folgenden Begriffe für unterschiedliche Szenarien verwendet:

- Der **QuBe-Basislauf** beruht auf der siebten Welle des QuBe-Projektes (Maier et al. 2022). Er gibt einen Überblick über eine voraussichtliche Entwicklung des deutschen Arbeitsmarktes bis zum Jahr 2045 und umfasst die derzeit umgesetzten klimapolitischen Maßnahmen, aber keine Regierungspläne, die noch nicht umgesetzt sind. Darüber hinaus berücksichtigt er weitere Maßnahmenprogramme wie die Erhöhung der Verteidigungsausgaben, die Förderung des Wohnungsbaus oder die Anwerbung von qualifizierten Arbeitskräften. Der QuBe-Basislauf beinhaltet keine Transformation in eine grüne Wasserstoffwirtschaft.
- Das **Referenz-Szenario** unterscheidet sich zum QuBe-Basislauf dadurch, dass eine Transformation in eine grüne Wasserstoffwirtschaft stattfindet. Das Referenz-Szenario stellt die aus heutiger Sicht als plausibelste Version einer Wasserstoffwirtschaft dar. Die Annahmen sind im Zwischenbericht 1 in Kapitel 4 ausführlich beschrieben. Das Referenz-Szenario wird zum QuBe-Basislauf gespiegelt.
- Die **Alternativ-Szenarien** stellen alternative Optionen in einen Übergang in eine Wasserstoffwirtschaft dar. Es gibt vier Alternativ-Szenarien, die ausführlich im ersten Zwischenbericht in den Kapiteln 5 bis 8 beschrieben sind. Die Alternativ-Szenarien werden alle gegen das Referenz-Szenario gespiegelt.

WORKSHOPS

Es wurden zwei Workshops durchgeführt. Im ersten Workshop im Juli 2023 wurde der Workshop dazu genutzt, die erstellten Zukunftsszenarien einer Wasserstofftransformation mit relevanten Stakeholdern zu diskutieren (Arbeitspaket 1).

In einem zweiten Workshop im Juni 2024 wurde mit den Teilnehmern über die Handlungsoptionen und -restriktionen und über etwaige Handlungsempfehlungen zu einer Erreichung einer Wasserstoffwirtschaft diskutiert (Arbeitspaket 3).

Beide Workshops waren halbtäglich angelegt und folgen dem Konzept einer Fishbowl-Diskussion. Die beiden Workshops wurden dokumentiert und protokolliert. Die Ergebnisse aus den Workshops flossen jeweils in die Szenarienerstellung und in die Handlungsoptionen und -empfehlungen ein.

ANHANG 3: BESCHREIBUNG DER DREI DIMENSIONEN DER HANDLUNGSFELDMATRIX

STELLGRÖßEN

Stellgrößen identifizieren diejenigen Kenngrößen, die das Erreichen der in den Szenarien beschriebenen Wasserstoffwirtschaft beeinflussen. Sie können nach ihrer Positionierung innerhalb der Wasserstoff-Wertschöpfungskette gereiht werden und leiten sich direkt aus den Annahmen in den Szenarien ab (vgl. Tabelle 5).

Alle Stellgrößen sind jeweils für sich genommen notwendig, um die Transformation in eine Wasserstoffwirtschaft zu begünstigen. Einige Stellgrößen sind aber wichtiger als andere, um den Erfolg zu gewährleisten. Sie können sich in ergänzende und entscheidende Stellgrößen aufteilen. Ergänzende Stellgrößen sind zwar wichtig für eine Wasserstofftransformation, aber ihre Veränderung ist nicht entscheidend, um die Transformation zu schaffen. Die entscheidenden Stellgrößen sind dagegen ausschlaggebend dafür, dass überhaupt eine Transformation glücken kann. Diese sind es also, die besonders wichtig sind. In der Handlungsfeldmatrix sind die entscheidenden Stellgrößen dunkelrot markiert.

Tabelle 13: Entscheidende und ergänzende Stellgrößen zur Erreichung einer Wasserstoffwirtschaft (Referenz-Szenario)

Entscheidende Stellgrößen	Ergänzende Stellgrößen
1 Stromerzeugung für die Wasserstoffproduktion	
<p>Ausbau erneuerbare Energien: Für den Ausbau der inländischen Elektrolysekapazität ist genügend grüner Strom eine zwingende Voraussetzung. Hierfür bedarf es den Ausbau erneuerbarer Energien im Inland. Je mehr grüner Strom zur Verfügung steht, desto mehr grüner Wasserstoff kann potenziell hergestellt werden.</p>	<p>Stromimport aus dem Ausland: Alternativ kann auch der benötigte grüne Strom aus dem Ausland importiert werden. Je mehr grüner Strom verfügbar ist, desto mehr Wasserstoff kann inländisch produziert werden.</p>
2 Wasserstoffproduktion	
<p>Installierte Elektrolyseleistung in Deutschland: Je mehr Kapazität im Inland an Elektrolyse installiert wird, desto mehr grüner Wasserstoff kann inländisch produziert werden und desto weniger ist Abhängigkeit besteht von Importen.</p>	<p>Wirkungsgrad: Je höher der Wirkungsgrad der Elektrolyseure, desto mehr Wasserstoff kann produziert werden.</p>

<p>Wasserstoffpreis im Inland (OPEX): Je niedriger der Wasserstoffpreis, desto günstiger kann grüner Wasserstoff eingekauft bzw. hergestellt werden.</p>	<p>Volllaststunden: Je länger die Elektrolyseanlagen laufen, desto mehr Wasserstoff kann produziert werden.</p>
<p>Umrüstungsinvestitionen von Produktionsprozessen: Einige Industrien müssen zusätzliche Investitionen in die Umrüstung in ihre auf fossile Energieträger ausgerichtete Produktionsprozesse tätigen, damit grüner Wasserstoff als neue Energiequelle (energetisch, stofflich) genutzt werden kann.</p>	<p>Investitionskosten im Inland (CAPEX): Je niedriger die Investitionskosten, desto günstiger ist die Errichtung von Elektrolyseanlagen.</p>
<p>3 Wasserstoffimport</p>	
<p>Preis fossiler Energieträger: Die Errichtung einer auf grünen Wasserstoff basierenden Wirtschaft verfolgt den ultimativen Zweck, sich von fossilen Energieträgern zu lösen. Damit ist grüner Wasserstoff (neben Elektrifizierung) das Substitut für fossile Energieträger. Fossile Energieträger (Erdgas, Erdöl) werden hauptsächlich importiert. Je teurer der zu substituierende fossile Energieträger, desto vorteilhafter ist es, grünen Wasserstoff an dessen Stelle zu verwenden.</p>	<p>Wasserstoffpreis im Ausland: Der Import von grünem Wasserstoff ist notwendig, um den inländischen Wasserstoffbedarf abdecken zu können. Je günstiger der Wasserstoffpreis im Ausland (Herstellung+Transport) ist, desto günstiger kann grüner Wasserstoff eingekauft werden und desto günstiger ist die benötigte grüne Energie für die Nutzer.</p>
<p>3 Technologieexport</p>	
	<p>Exportanteil am Weltmarkt: Exportmöglichkeiten bestehen, wenn der Rest der Welt ebenfalls grünen Wasserstoff nachfragt und daher Wasserstofftechnologien benötigt. Je höher der Weltmarktanteil von Deutschland/dem Saarland, desto mehr Technologie kann exportiert werden.</p>

4 | Transportnetz

Leitungskapazität Pipeline (Neu-/Ausbau):

Im Inland wird grüner Wasserstoff hauptsächlich über das Pipelinenetz transportiert. Das Fern- und Verteilnetz müssen dafür ausgelegt sein. Es besteht Bedarf nach neuen Pipelines. Ein Großteil des bestehenden Gasnetzes wird zudem auf Wasserstoff ausgerichtet. Die Leitungskapazität bestimmt darüber, wieviel Wasserstoff transportiert werden kann. Ein bestehendes, funktionierendes und auf den Bedarf ausgerichtetes Verteilnetz ist notwendig, um den grünen Wasserstoff zu den Endnutzern bringen zu können.

Investitionskosten Pipeline:

Je günstiger die Investitionskosten für den Neu-/Ausbau des Pipelinenetzes, desto günstiger wird der Einkauf von grünem Wasserstoff.

Speicherkapazität:

Die Notwendigkeit der (Zwischen-)Speicherung von grünem Wasserstoff ergibt sich daraus, dass einerseits grüner Wasserstoff als Speichermedium zur Stromgewinnung aus erneuerbaren Energien genutzt werden kann und andererseits die Produktion oder der Import von Wasserstoff nicht zu jeder Zeit mit dem Bedarf ausgeglichen werden kann. Je größer die Speichermöglichkeit von grünem Wasserstoff, desto geringer die Wahrscheinlichkeit einer Wasserstoffknappheit und desto wahrscheinlicher die erfolgreiche Realisierung der Dekarbonisierungsstrategie Deutschlands.

Betriebskosten Pipeline:

Je günstiger die Betriebskosten für das Pipelinenetz, desto günstiger wird der Einkauf von grünem Wasserstoff für den Endnutzer.

Investitionskosten für Speicher:

Je günstiger die Investitionskosten für den Speicheraus-/neubau, desto günstiger der Einkauf von grünem Wasserstoff.

<p>Betriebskosten für Speicher: Je günstiger die Betriebskosten für Speicher, desto günstiger der Einkauf von grünem Wasserstoff.</p>	
<p>5 Wasserstoffbedarf</p>	
<p>Wasserstoffbedarf im Inland: Wasserstoff dient als Substitut für Prozesse, die vorher auf fossilen Energieträgern fußten. Die Dekarbonisierung der Sektoren, die nicht elektrifizierbar sind, kann mit grünem Wasserstoff erreicht werden. Wird kein grüner Wasserstoff nachgefragt, kann auch keine Dekarbonisierung der Wirtschaft erreicht werden.</p>	<p>Wasserstoffbedarf im Ausland: Der ausländische Wasserstoffbedarf ist eine Voraussetzung dafür, dass Wasserstofftechnologien exportiert werden können. Je größer der ausländische Wasserstoffbedarf, desto höher die Potenziale der Technologieexporte.</p>
<p>6 Arbeitsmarkt</p>	
<p>Anzahl qualifizierter Personen: Durch die Integration von Wasserstoff in das Energiesystem steigt die Nachfrage nach entsprechend qualifizierten Arbeitskräften. Diese trifft auf einen ohnehin schon knappen Arbeitsmarkt.</p>	<p>Schulungskosten: Der Umgang mit dem hochexplosiven Gas Wasserstoff muss gelernt werden. Hierfür müssen die Unternehmen in die Qualifizierung ihres Personals investieren. Je günstiger die Schulungskosten, desto günstiger die Qualifikation der Mitarbeiter für die Unternehmen.</p>
<p>Lehrinhalte: Die Qualifizierung zum Umgang mit dem Gefahrgut Wasserstoff muss gelehrt und gelernt werden. Hierfür bedarf es geeigneter Lehrinhalte und Schulungsmaterial.</p>	

Quelle: eigene Darstellung

HEBEL

Unterschiedliche Hebel liegen den Akteuren (Politik, Wirtschaft, Wissenschaft) in unterschiedlichem Ausmaß vor, um die Stellgrößen so zu beeinflussen, dass die Wasserstofftransformation gelingen kann. Die Hebel der Handlungsfeldmatrix (gelb schraffierte Leitungsspalten der Handlungsfeldmatrix) können in fünf Kategorien eingeteilt werden:

Ordnungsrecht, marktwirtschaftliche Instrumente, Förderung, Markt und Medien (Lutz & Wolter 2021).

Ordnungsrecht bezeichnet die Formulierung von Geboten, Verboten, Gesetzen und Standards, die dazu dienen, Lenkungswirkung durch Vorgaben zu erreichen. Tabelle 14 fasst die diskutierten ordnungsrechtlichen Hebel der Handlungsfeldmatrix zusammen.

Tabelle 14: Ordnungsrechtliche Hebel

Beschleunigte/vereinfachte Genehmigungsverfahren	Beschleunigte Genehmigungen für Aus-/Aufbau von Elektrolyseuren, Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energien, Häfen, Pipelines, Kraftwerken etc.
Quotenregelungen	Gesetzlich bestimmte Beimisch-/Abnahmequoten für grüne Produkte, grüne Gase, grüne Derivate etc.
Gesetzliche Nutzungsverpflichtung	Gesetzliche Vorgaben verpflichten zur Nutzung von grünen H ₂ -Produkten; z. B. bei Vergabe durch die öffentliche Hand; ggf. auch weiter auszubauen.
Verbot von Nutzung fossiler Energieträger	Gesetzliches Verbot der Nutzung von fossilen Energieträgern; kann unterschiedlich ausgestaltet werden, beispielsweise auf einzelne Sektoren oder Zwecke bezogen.
Zuwanderung/Zuzug	Um das Erwerbepersonenpotenzial zu erweitern, kann die Arbeitsmigration erleichtert werden oder – auf regionaler Ebene – der Zuzug von qualifiziertem Personal aus benachbarten Regionen motiviert werden.
Ausbildungspläne/-ordnung	Institutionalisierung der Qualifikation für den Umgang mit dem Gefahrgut Wasserstoff.

Marktwirtschaftliche Instrumente dienen dazu, den Marktpreis in Form von z. B. Abgaben, Subventionen, Zertifikaten oder Steuern zu beeinflussen, um dadurch Lenkungswirkung zu erzielen und Anreize zum Handeln zu schaffen. Tabelle 15 fasst die diskutierten marktwirtschaftlichen Hebel der Handlungsfeldmatrix zusammen.

Tabelle 15: Marktwirtschaftliche Hebel

Strombezugskostenenkung	Befreiung des für die Wasserstoffherzeugung genutzten Stromes von z. B. staatlichen Preisbestandteilen
Zertifizierung	Labels, Siegel für Nachweis von nachhaltig hergestellten Produkten, in diesem Fall grünem Wasserstoff
Abbau klimaschädlicher Subventionen	Verteuerung von fossilen Energieträgern und emissionsintensiver Produktion
Subventionierung von grünem H ₂	Vergünstigung von grünem Wasserstoff
Erhöhung des CO ₂ -Preises	Verteuerung von fossilen Energieträgern
Beschleunigte steuerliche Abschreibung/Investitionsprämie	Schnellere Abschreibungsmöglichkeiten reduzieren die Kosten. Eine Abschreibung, die den Wert ihrer ursprünglichen Investitionssumme übersteigt, ist eine Investitionsprämie.

Durch **Förderung** werden für bestimmte Investitions- oder Kaufentscheidungen Gelder in Form von vergünstigten Krediten oder Zuschüssen zur Verfügung gestellt. In der Regel werden Förderprogramme mit spezifischen Vorgaben aufgelegt. Tabelle 16 fasst die diskutierten Förderhebel der Handlungsfeldmatrix zusammen.

Tabelle 16: Förderhebel

Förderung im Rahmen von H2Global/ H ₂ -Partnerships	Diese Fördermittel funktionieren alle unterschiedlich. Gemein ist ihnen, dass sie international ausgerichtet sind und aus der Perspektive Deutschlands primär die Importmöglichkeiten von grünem Wasserstoff begünstigen.
Förderung im Rahmen des Klima- und Transformationsfonds	Der Klima- und Transformationsfonds (KTF) ist das zentrale Instrument des Bundes zur Unterstützung der Klima- und Energiewende. Darunter fallen auch die Förderung von IPCEI-Projekten ("Important Projects of Common European Interest" bzw. "Wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse") für Wasserstofftechnologien und -systeme. Der Ausbau der Wasserstoffwirtschaft ist ein Kernelement des KTF. IPCEI-Projekte verteilen sich über die gesamte Wasserstoff-Wertschöpfungskette.
Förderung über Klimaschutzverträge	Industrieunternehmen werden bei der Investition in klimafreundliche Produktionsanlagen, die andernfalls zu kostenintensiv wären, staatlich unterstützt.
Förderung über Amortisationskonto	Instrument zur Finanzierung des Wasserstoff-Kernetzes; Deckelung der Netzentgelte in den ersten Jahren. Auflaufende Mindereinnahmen werden durch spätere Mehreinnahmen finanziert; Zwischenfinanzierung über Amortisationskonto. Etwaige Fehlbeträge auf dem Konto werden vom Bund ausgeglichen.
Förderung über saarländischen Transformationsfonds	Der saarländische Transformationsfonds umfasst Mittel in Höhe von 3 Mrd. Euro, die zur Förderung von Zukunftsinvestitionen genutzt werden sollen.
Förderung im Rahmen von EFRE, GRW	Förderprogramme wie zum Beispiel im Rahmen des Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) oder Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur (GRW)
Förderung für On-site-Erzeugung	Elektrolyseanlagen in der Nähe der entsprechenden wasserstoffverwendenden Anlagen werden gefördert.
Job-to-Job-Förderung	Förderung der Qualifizierung von Beschäftigten, die in ihrem eigenen Unternehmen keine Perspektive mehr haben und deshalb in ein anderes Unternehmen wechseln. Verbindlich vereinbarter Job-to-Job-Wechsel.

Ausrichtung des **Marktes** auf neue Absatzmöglichkeiten und effizientere, preisgünstigere Verfahren. Tabelle 17 fasst die diskutierten Hebel des Marktes der Handlungsfeldmatrix zusammen.

Tabelle 17: Hebel des Marktes

Aufbau von Netzwerken	Unternehmenskooperationen beispielsweise zur Qualifizierung von Angestellten
Investitionspläne	Unternehmen entscheiden sich dazu, in neue bzw. in die Umrüstung von Produktionsanlagen zu investieren.
Öffentliche Beschaffung	Öffentlicher Sektor richtet seine Beschaffung/Nachfrage an Produkten aus, die mit grünem Wasserstoff hergestellt wurden.

Medien können über verschiedenste Kanäle Informationen bereitstellen sowie beratend tätig werden, unter anderem um Handlungs- oder Verhaltensalternativen sichtbar zu machen. **Tabelle 18** fasst die diskutierten Medienhebel der Handlungsfeldmatrix zusammen.

Tabelle 18: Medienhebel

Öffentlichkeitsarbeit/Marketing	Akzeptanzfördernde Maßnahme in der Nutzung und Erzeugung von Wasserstoff und Sicherheit der Erzeugung und des Transportes von Wasserstoff; Informationsbroschüren, Unterrichtsmaterialien, klassische Werbung über Funk, Fernsehen, Plakate, Onlinemedien etc.
Stakeholder-Prozesse	Einbindung von Stakeholdern in politische Entscheidungsprozesse; akzeptanzfördernde Maßnahme.

Die grün markierten Führungszeilen identifizieren Handlungsräume für die Umsetzung der Hebel. Die Hebel können von unterschiedlichen Akteuren – aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft – bedient und angesprochen werden. Die Einflussmöglichkeit auf die Instrumente wird aus Sicht der saarländischen Akteure dargestellt. So ist es möglich, dass ein Hebel substanziellen Einfluss auf verschiedene Stellgrößen nehmen kann, dieser aber von einem saarländischen Akteur wie der Politik nicht ausreichend stark bewegt werden kann, da die Kompetenz beispielsweise im Falle der Rechtssetzung beim Bund liegt. Durch das Betätigen der Hebel kann der öffentliche Haushalt entweder belastet werden oder es können Einnahmen generiert werden. Dazu wird ebenso eine Einschätzung zu der mutmaßlichen Akzeptanz der Hebel in der Gesellschaft vorgenommen. Diese kann in unterschiedlicher Stärke positiv oder negativ ausgeprägt sein und somit potenziell die Wirkungskraft des Hebels begrenzen.

Herausgeber:

Arbeitskammer des Saarlandes
Thomas Otto

Fritz-Dobisch-Straße 6–8
66111 Saarbrücken

Tel. 0681 4005-0

oeffentlichkeitsarbeit@arbeitskammer.de
www.arbeitskammer.de

Die Studie wurde aus Mitteln des Projektes Transformationsnetzwerk Saarland (TraSaar) finanziert. Das Transformationsnetzwerk Saarland ist ein vom Bundeswirtschaftsministerium (BMWK) gefördertes Projekt im Rahmen des Programms „Zukunftsfonds Automobilindustrie“ und wird mit Mitteln in Höhe von 7,1 Millionen Euro unterstützt.

Das Projekt hat zum Ziel, die Transformation der regionalen Wirtschaft zu unterstützen und Wachstum und Beschäftigung zu sichern.

Die Arbeitskammer des Saarlandes ist Konsortialpartner bei TraSaar und verantwortet das Teilprojekt Qualifizierung.

ISSN 2367-2188



Arbeitskammer des Saarlandes
beraten.bilden.forschen.

Arbeitskammer des Saarlandes

Fritz-Dobisch-Straße 6–8
66111 Saarbrücken

Tel. 0681 4005-0

info@arbeitskammer.de
www.arbeitskammer.de

ISSN 2367-2188