

# PROJEKT BERICHT TP4

» Wasserstoff  
& Brennstoffzelle



**HERAUSGEBER**  
**V. I. S. D. P.**

**AUTOR**  
**BILDNACHWEISE**

**GESTALTUNG**  
**DRUCK**

TraSaar Netzwerk für Transformation, Teilprojekt 4  
GeTS  
Gesellschaft für Transformationsmanagement Saar mbH  
Konrad-Zuse-Straße 13, 66115 Saarbrücken  
Andreas Fischer, Hermann Guss, Dr. Lennard Margies  
Robert Bosch GmbH Werk Homburg, NOW, Franz-Josef, Berlin, gw Saar,  
AdobeStock/peterschreiber.media  
Steckenpferd Saarlouis  
COD Saarbrücken

SAARBRÜCKEN, im November 2025

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# INHALT

04	Wasserstoff und seine Erscheinungsformen
05	Farbenlehre des Wasserstoffs
06	Wasserstoff und dessen Bedeutung für den Klimaschutz
07	Wasserstoff im Saarland
09	Wasserstoff im TraSaar-Projekt
11	Strategische Ziele des TraSaar-Projekts für den Themenbereich Wasserstoff
12	Netzwerkarbeit und Aktivitäten des TP4
16	Wertschöpfungspotential von Wasserstofftechnologien
20	Wasserstoffanwendungen und deren Hochlauf
24	Regionale Standortfaktoren für eine Produktion von Wasserstofftechnologien
25	Ausblick für eine Wertschöpfung mit Wasserstoff
27	Quellen



Wasserstoff  $H_2$   
bei Normal-  
bedingungen  
(0°C, 1 bar)

## Wasserstoff und seine Erscheinungsformen

Wasserstoff ist das häufigste und kleinste Element in unserem Sonnensystem. Auf der Erde kommt es aufgrund seiner Reaktionsfreudigkeit nahezu ausschließlich in gebundener Form vor. Für die technische oder energetische Nutzung muss Wasserstoff „hergestellt“ werden. Unter normalen Umgebungsbedingungen ist Wasserstoff ein Gas. Dabei ist es 14-mal leichter als Luft. Die Verflüssigung findet bei minus 252°C statt, nahe des absoluten Nullpunktes der Temperatur (minus 273°C). Ammoniak, welches als „Wasserstoffträger“ diskutiert wird, lässt sich im Vergleich bei Umgebungsdruck bereits bei minus 33°C verflüssigen.

Bezogen auf sein Gewicht besitzt Wasserstoff die höchste Energiedichte von 33 kWh / kg (gravimetrische Energiedichte). Im Vergleich dazu besitzt Benzin nur ein Drittel der Energiedichte mit 11 kWh / kg. Bezogen auf das Volumen ist die Energiedichte jedoch gering. Unter Normalbedingungen besitzt Wasserstoff eine volumetrische Energiedichte von 0,003 kWh / l. Benzin besitzt im Vergleich eine volumetrische Energiedichte von 9 kWh / l. Zum Transport oder der Speicherung würde das 3.000-fache Volumen benötigt, wenn derselbe Energiegehalt wie der von Benzin gespeichert oder transportiert werden sollte. Entsprechend muss Wasserstoff zur Handhabung unter Druck komprimiert oder heruntergekühlt werden, damit er in flüssigem Zustand vorliegt. Eine Möglichkeit ist es, Wasserstoffverbindungen herzustellen, um Gase mit einer höheren volumetrischen Energiedichte herzustellen. Dazu gehören beispielsweise Ammoniak ( $NH_3$ ) oder Methan ( $CH_4$ ). Ein Vorteil dieser Verbindungen ist die bereits vorhandene Infrastruktur und der einfache Transport, da diese Gase bei höheren Temperaturen in den flüssigen Aggregatzustand übergehen. Im Vergleich zum Energiegehalt von Benzin wird bei Ammoniak das 3-fache Volumen benötigt, bei verflüssigtem Wasserstoff ( $LH_2$ , -253°C) das 4-fache Volumen benötigt, auf 700 bar komprimierten Wasserstoff das 7-fache Volumen und bei auf 350 bar komprimierten Wasserstoff das 11-fache Volumen benötigt. Umwandlung und Speicherung benötigen selbst Energie, so dass abhängig von der Anwendung oder der Transportaufgabe alle zuvor genannten Formen von Wasserstoff und noch weitere nachverfolgt werden, wie z. B. Methanol, e-Fuels, Salze, Metallhydridspeicher und LOHC (flüssige organische Wasserstoffträger).

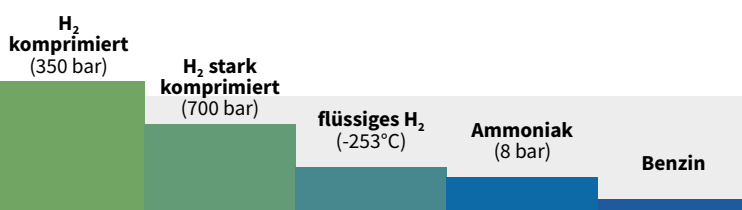









Abb. 1 Vergleich des Volumenbedarfs für eine Energieeinheit von Wasserstoff und weiteren Energieträgern

## Farbenlehre des Wasserstoffs

Die Quelle bzw. Herkunft des Wasserstoffs führt zu einer Farbbezeichnung, obwohl dieser als Gas selbst farblos ist. Dies kommt aus der Analogie zu grünem Strom, der Strom aus erneuerbaren Quellen beschreibt (Wind, PV, Biomasse, ...). Um langfristig klimaneutral zu werden, muss mittelfristig Wasserstoff aus strombasierten erneuerbaren Energien (Wind und PV) hergestellt werden, entsprechender grüner Wasserstoff. Nachfolgend ist die übliche Farbenlehre des Wasserstoffs aufgelistet:

-  **Grauer Wasserstoff:**  
Wasserstoff, der aus fossilen Energieträgern hergestellt wird und bei dessen Herstellung CO<sub>2</sub> in die Atmosphäre freigesetzt wird.
-  **Blauer Wasserstoff:**  
Wasserstoff, der ebenfalls aus fossilen Energieträgern hergestellt wird, bei dessen Herstellung das CO<sub>2</sub> gesammelt und eingelagert wird. Die Abkürzung CCS steht für Carbon Capture and Storage, also für das Einfangen und Lagern des Kohlenstoffs.
-  **Türkiser Wasserstoff:**  
Wasserstoff, der aus fossilen Energieträgern hergestellt wird und bei dessen Herstellung fester Kohlenstoff anfällt, welcher als Rohstoff eingesetzt oder eingelagert werden kann. Üblicherweise spricht man bei pyrolytischen Verfahren von türkischem Wasserstoff.
-  **Gelber Wasserstoff:**  
Wasserstoff, der aus Strom aus dem Netz der allgemeinen Versorgung hergestellt wird und aus einem CO<sub>2</sub>-behafteten Strommix besteht. Teils wird dieser Wasserstoff ebenfalls als grauer Wasserstoff bezeichnet, da der Strommix als grauer Strom bezeichnet wird.
-  **Roter oder pinker Wasserstoff:**  
Wasserstoff, der aus Kernkraft hergestellt wurde. Dieser ist CO<sub>2</sub>-neutral, birgt jedoch die Nachteile der nuklearen Stromerzeugung.
-  **Grüner Wasserstoff:**  
Wasserstoff, der aus erneuerbarem Strom aus Windkraft- und PV-Anlagen stammt.
-  **Weißer Wasserstoff:**  
Wasserstoff, der in natürlichen Vorkommen auftritt.

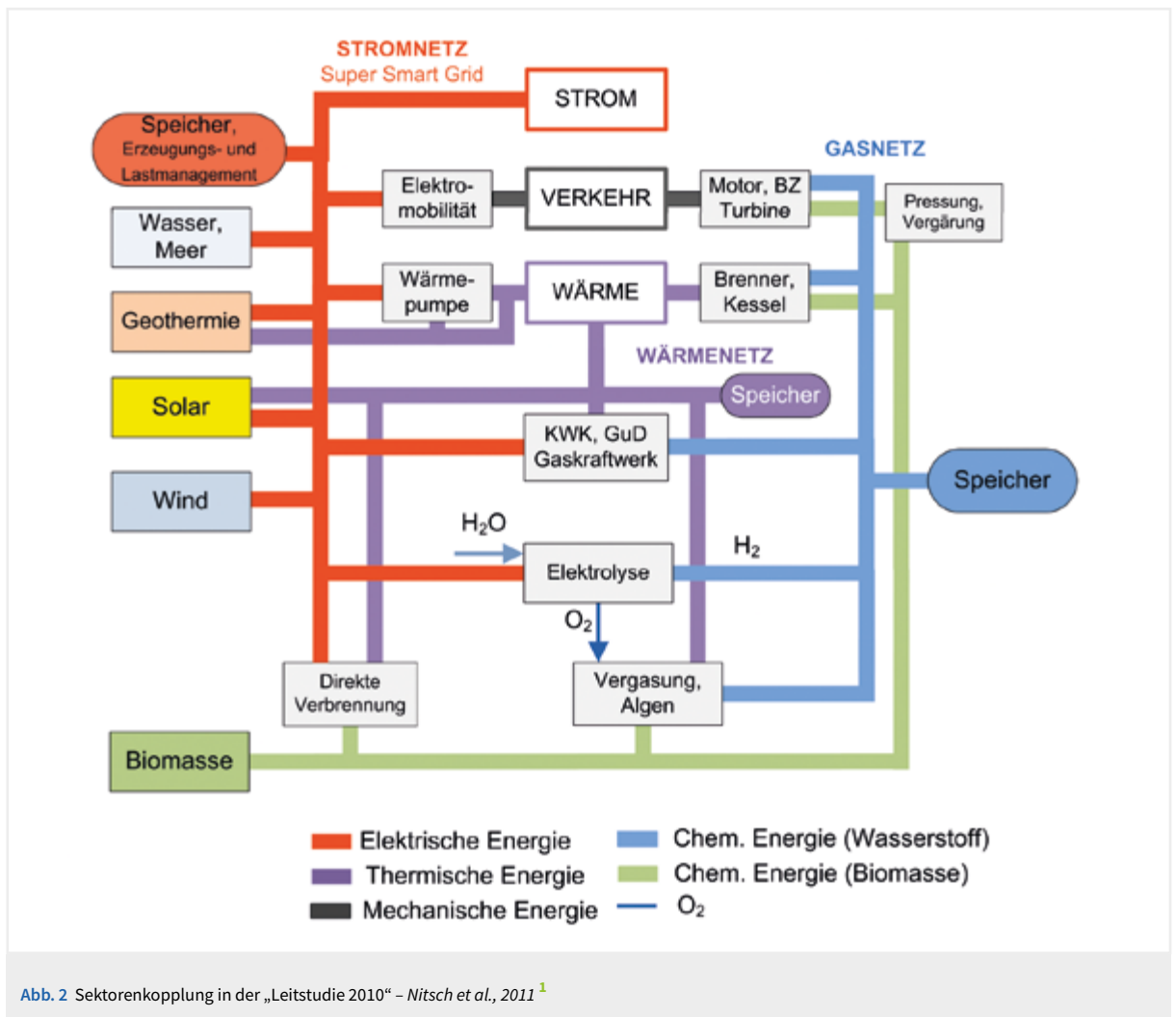


## Wasserstoff und dessen Bedeutung für den Klimaschutz

Grüner Wasserstoff aus erneuerbaren Energien ist seit dem Jahr 2010 Bestandteil deutscher Klimaschutzenszenarien. Heute, ein Jahrzehnt später, hat Wasserstoff seine Bedeutung in den Planungen für die Zukunft noch gefestigt. Anfangs diente er als chemischer Speicher für die Rückverstromung in klassischen Kraftwerken, um "Dunkelflauten" - Zeiten, in denen weder Photovoltaik noch Windkraft Strom erzeugen - im Stromsystem überbrücken zu können. Mit der Rolle als Langfristspeicher fand eine Kopplung des Stromnetzes mit dem Gasnetz statt und das Konzept der Sektorenkopplung wurde geboren. Bei der Sektorenkopplung werden die unterschiedlichen Energienetze (Strom, Gas, Wärme) und Verbrauchssektoren (Strom, Wärme, Verkehr) miteinander gekoppelt (vgl. Abbildung).

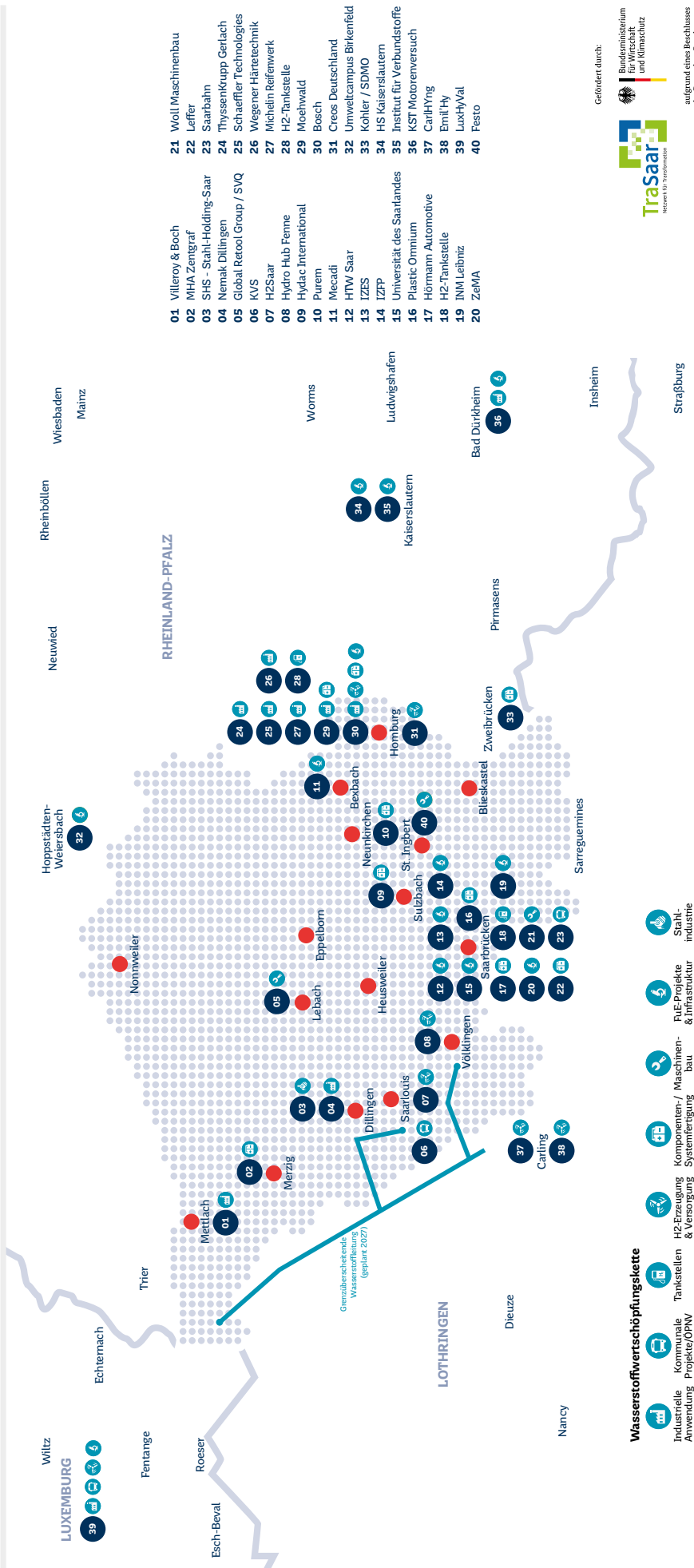
Seine angedachten Einsatzgebiete umfassen mittlerweile die Energiespeicherung, die Dekarbonisierung der Stahl-, Energie- und Chemieindustrie sowie diverse Mobilitätsanwendungen. Wasserstoff ist ebenfalls Ausgangsstoff für verschiedenste Derivate, wie Ammoniak, Methanol oder E-Fuels. Der nationale Wasserstoffrat rechnet mit einer Verdoppelung des Wasserstoffbedarfs in Deutschland bis 2030. Die steigende Nachfrage wird maßgeblich in der Stahlindustrie und im Schwerlastverkehr gesehen. Der Bedarf entspricht einer Elektrolyseleistung von 23 GW bis 30 GW. In der Fortschreibung der nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung wird eine heimische Elektrolyseleistung von 10 GW angestrebt. Der weitere Bedarf soll über Importe gedeckt werden.

In Deutschland wie auch international sind zahlreiche Elektrolyseprojekte angekündigt. Maßgeblich befinden sich diese in der Konzept- und Machbarkeitsphase. In naher Zukunft wird daher mit einem hohen Bedarf an Elektrolyseuren und dessen Komponenten für die Erzeugung von grünem Wasserstoff gerechnet.



# Kompetenz

im Batterieökosystem und in der Wasserstoffwertschöpfungskette



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Abb. 3 Kompetenz-, Technologie- und Akteurslandkarte



## Wasserstoff im Saarland

Deutschland als Energieimportland und Technologieexportland steht vor zwei Herausforderungen. Einerseits treten in der Übergangsphase höhere Energiekosten auf, welche einer wirtschaftlichen Produktion am Hochlohnstandort Deutschland entgegenstehen. Andererseits verändert sich die Nachfrage nach Industriegütern im Kontext der Energiewende und dem damit verbundenen Umbruch des verarbeitenden Gewerbes. Dies trifft auch auf das Saarland zu. Diese Herausforderungen lassen sich aber auch als Chancen begreifen. So kann der Industriestandort Deutschland, so wie übergreifend die EU, mittels H<sub>2</sub>-Technologien am Wandel des weltweiten Energiesystems erfolgreich Teil haben. Entsprechend gibt es im Saarland bereits zahlreiche Akteure, die sich mit Wasserstoff beschäftigen. Es existieren dabei mehrere Technologie-Ballungsräume, welche sich mit den stärksten Industriestandorten decken. So sind die meisten Akteure im Bereich Saarbrücken, Neunkirchen und Homburg intensiv im Bereich der Wasserstofftechnologien aktiv. Weiterhin befinden sich weitere Industriepartner an der klassischen Stahl-Achse entlang der Saar.

Dabei wird auch eine Wertschöpfung durch die Produktion von Wasserstofftechnologien angestrebt. So werden im Saarland sowohl Technologien für die Verwendung in Elektrolyseuren, Transport- und Speicherlösungen und Brennstoffzellen entwickelt und teils produziert. Bei circa der Hälfte der Unternehmen handelt es sich um Unternehmen der Automobilzulieferindustrie oder automobilbranchennahe Maschinenbauer und Dienstleister. Eine Anwendung oder Nutzung von Wasserstoff in Industrieprozessen oder als Rohstoff ist zumeist geplant, aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit allerdings noch nicht umgesetzt.

Ebenfalls existiert neben den bestehenden Fachhochschulen und Universitäten ein umfangreiches Netzwerk aus Entwicklungs- und Forschungsakteuren.

Im Bereich der Wasserstoffversorgung gibt es erste konkrete Umsetzungsprojekte, die den Umbau der saarländischen Stahlindustrie zum Hintergrund haben.



Abb. 4 Dimensionen von Wasserstoff für das Saarland





Zusammenfassend können die Wasserstoffaktivitäten und -interessen in vier grundsätzliche Themenkomplexe für das Saarland eingeteilt werden: Die Dekarbonisierung der lokalen Stahlindustrie, die Potenziale im Bereich von wasserstoffbetriebenen Ausgleichskraftwerken an den bestehenden Kraftwerksstandorten, die klimafreundliche Energieversorgung der regionalen Industrie sowie den Aspekt der Wertschöpfung durch Produktion von Komponenten für eine Wasserstoffwirtschaft (siehe Abbildung).

### Wasserstoff im TraSaar-Projekt

Im TraSaar-Projekt, dessen Ziel es ist die Transformation der Automobilzulieferindustrie zu unterstützen, ist der Schwerpunkt im Bereich der Produktion von H<sub>2</sub>-Komponenten zu sehen sowie dem angrenzenden Thema der "Grünen Produktion". Die saarländische Automobilzulieferindustrie befindet sich mit ihrer Innovationskraft, ihren Fachkräften und der vorhandenen Produktionsexpertise in einer guten Ausgangslage. Um diese auch nutzen zu können, müssen die politischen Rahmenbedingungen jedoch richtig gesetzt sein. Die aktuellen Rahmenbedingungen in Europa wirken einer zielführenden und schnellen Transformation allerdings entgegen. Zur Absicherung der notwendigen Investitionen müssen langfristig die Preise für Energie und insbesondere Wasserstoff planbar sein. Die angekündigte Anbindung an das Wasserstoff-Kernnetz frühestens zum Jahr 2030 sowie die Versorgung der Stahlindustrie als Ankerkunde garantiert jedoch noch keine absehbare preisstabile Versorgung der Zulieferindustrie.

Weiterhin ist für eine wirtschaftliche Serienproduktion von Wasserstofftechnologien ein kalkulierbarer Absatz der produzierten Technologien notwendig. Aktuell stagniert der Markthochlauf in Deutschland aufgrund wechselnder Rahmenbedingungen im Bund. Aufgrund wegbrechender Förderprogramme und anhaltender politischer Technologiediskussionen sind bereits getätigte Investitionen an saarländischen Standorten gefährdet.

Ein wesentlicher Faktor für den erfolgreichen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft ist eine pragmatische Einführung. Enge Anforderungen an Herkunft und Art des Wasserstoffs verknappen und verteuern die Bereitstellung von Wasserstoff und verzögern strategische Entscheidungen in der Energiebeschaffung und Technologieentwicklung.

Analog zu den auslaufenden Technologien ist für eine starke Exportwirtschaft ein kontinuierlicher Technologievorsprung notwendig. Aufgrund der bis hierhin genannten Herausforderungen droht entsprechend der ehemaligen Technologieführerschaft in der Photovoltaikindustrie die erneute Abwanderung einer signifikanten Zukunftstechnologie und ein weiterer Verlust von industriellen Arbeitsplätzen.

Um diese und weitere Themen zu betrachten, wurden und werden im TraSaar-Teilprojekt 4 „Wasserstoff- und Brennstoffzelle“ die folgenden Arbeitspakete bearbeitet:





### **AP1 Situationsanalyse**

Im ersten Arbeitspaket wurden zu Beginn des Projektes der aktuelle Stand bezüglich Technologien, Qualifikationen und aktiven Akteuren der Projektregion ermittelt und dargestellt. Hierzu wurde initial eine Kompetenz- und Technologieübersicht sowie eine Akteurslandkarte erstellt. Damit legte das Arbeitspaket die Grundlage für alle folgenden Arbeitspakete.

### **AP2 Identifikation von Handlungspotentialen für die wertschöpfungsübergreifende Produktion**

Im zweiten Arbeitspaket wurde auf der Situationsanalyse des vorangegangenen Arbeitspaketes aufgebaut, um Handlungspotenziale für eine resiliente und zukunftsfähige Wertschöpfung im Bereich der Wasserstofftechnologien zu definieren. Hierzu wurden zunächst Gesamtsysteme und deren Aufbau analysiert, um auf dieser Basis strategische Potenziale für das Saarland und die dort ansässigen Betriebe zu benennen.

### **AP3 Identifikation von Anwendungspotentialen**

Im dritten Arbeitspaket wurden analog zum zweiten Arbeitspaket, aufbauend auf der Situationsanalyse, Anwendungspotenziale für Wasserstofftechnologien im Saarland definiert und bewertet. Dabei wurden auch wesentliche Querschnittspotenziale zwischen verschiedenen Anwendungen und Maßnahmen erfasst. Die für eine Anwendung im Saarland erfolgversprechendsten Maßnahmen wurden in einem Maßnahmenplan zusammengefasst.

### **AP4 Clusterung von Qualifikationsprofilen**

Nachfolgend zu den Arbeitspaketen zur Erfassung der Wertschöpfungs- und Anwendungspotenziale wurden im vierten Arbeitspaket Qualifikationsprofile erstellt, welche den Bedarf der wertschöpfenden und anwendenden Parteien abbilden. Hierzu wurde eine Qualifikationsmatrix erstellt, um die entsprechenden Profile abzubilden.

### **AP5 Erste Qualifikationsmaßnahmen**

Folgend auf die im vierten Arbeitspaket definierten Qualifikationen wurden im fünften Arbeitspaket verschiedene Qualifikationspfade erarbeitet, um die unterschiedlichen Qualifikationsprofile mittels modularer Schulungsblöcke zu bedienen. Von diesen möglichen Qualifikationspfaden wurde anschließend für einen Pfad eine Qualifikationsmaßnahme auf Basis der modularen Schulungsinhalte konzipiert. Diese wurde abschließend mehrfach durchgeführt, evaluiert und iterierend optimiert.

### **AP6 Nachhaltige Produktion von Wasserstofftechnologien**

In diesem Arbeitspaket wird sich mit dem Recycling, den in AP1 identifizierten Wasserstoffsystemen und deren Komponenten befasst. Bearbeitet werden beispielsweise Grundlagen für intelligentes Produktdesign und das Aufzeigen von Möglichkeiten für effiziente Recyclingprozesse.

### **AP7 Empfehlung an die Politik und Unternehmen**

Wasserstoff wurde entlang der Wertschöpfungskette von der Erzeugung, Transport, Speicherung bis zur Verwendung betrachtet. Dies beinhaltete sowohl die wertschöpfungsübergreifende Produktion als auch die betriebliche Anwendung. Aus den Ergebnissen der Untersuchung wird ein abschließender Handlungsleitfaden für Politik und Unternehmen erstellt.

### **AP8 Handlungspotentiale und Innovationsfelder durch Kooperation von regionaler Wissenschaft und Industrie**

Aus den gewonnenen Erkenntnissen des bisherigen Projektverlaufs wurde ein weiteres Arbeitspaket entwickelt. Es hat sich ein direkter Bedarf an einer Unterstützung der Transformation durch eine engere Verzahnung von Industrie und Wirtschaft herauskristallisiert. Ziel des Arbeitspaketes ist es, die Kooperation zwischen unterschiedlichen wissenschaftlichen Institutionen und zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu fördern.



## Strategische Ziele des TraSaar-Projekts für den Themenbereich Wasserstoff

Zur Hebung des künftigen Marktpotenzials für System- und Komponentenhersteller, wird die Etablierung neuer Zukunftsfelder und eine Restrukturierung des Automotive-Clusters angestrebt. Hierfür werden zur effizienten und schnellen Erschließung die folgenden Unterziele verfolgt:

### Kompetenzaufbau im Bereich Wasserstoff

Für eine Partizipation an einer globalen Wasserstoffwirtschaft ist ein breiter Kompetenzaufbau notwendig: Wo und was generiert Wertschöpfung in den Anlagen, Systemen und Komponenten; welche Märkte entwickeln sich und wie bzw. wann kann an diesen partizipiert werden; wo liegen kritische Kundenbedarfe; welche Kompetenzen bestehen und welche werden notwendig, um einen Wettbewerbsvorteil zu erarbeiten; welche Partner können helfen und wie können diese kontaktiert werden; welche Möglichkeiten der Kooperation bestehen und welche Synergien können genutzt werden?

### Aktivierung von räumlichen Konzentrationseffekten

Es gilt, die bestehende räumliche Konzentration der saarländischen Zulieferindustrie zu nutzen, um umgehend an den sich im Aufbau befindlichen Netzwerken und Lieferketten einer Wasserstoffwirtschaft zu partizipieren. Im Aufbau sind die Möglichkeiten einer Teilhabe verhältnismäßig einfach. Teils können gemeinsame Lernkurven mit Kunden, Zulieferern und Partnern (Wissenschaft, Dienstleister, ...) durchschritten werden, welche zu nachhaltigen Kooperationen anwachsen können. Ein Marktzugang in etablierte Netzwerke, Lieferketten und Märkte ist bedeutend schwieriger und für Unternehmen nur durch hohe Investitionen oder über einen Preiskampf möglich. Durch die Konzentration der saarländischen Zulieferindustrie auf den traditionellen Antriebsstrang besteht eine „gute“ Ausgangsbasis, um positive räumliche Konzentrationseffekte (Agglomerationseffekte) und Synergien zu generieren. Eine merkliche Anzahl an Zulieferunternehmen arbeitet bereits an Produkten einer Wasserstoffwirtschaft. Einzelne Unternehmen produzieren bereits

Komponenten und Systeme in kleinen Stückzahlen, die durch die aktuell noch niedrige Nachfrage in der Aufbauphase der Wasserstoffwirtschaft bedingt sind. Es besteht daher bereits eine Wissensbasis sowie Akteure mit gleichen Zielsetzungen und einer hohen Bereitschaft zur Kooperation.

### Stärkung von überregionalen Kooperationen

Die saarländischen Unternehmen müssen durch überregionale Kooperationen gestärkt werden. Die saarländische Automobilindustrie ist durch Zulieferunternehmen geprägt, die jeweils Teil von überregionalen Lieferketten sind. Die Kernkompetenz liegt in der Industrialisierung von Produkten, bei der Komponenten und Systeme in serienreife Produkte überführt werden. Dies ist auch strukturell sichtbar. Bei den lokalen Konzernstandorten handelt es sich ausschließlich um Fertigungswerke. Konzernzentralen und FuE-Standorte sind in anderen Regionen beheimatet. Um an den sich aktuell neu bildenden Lieferketten im Wasserstoffbereich teilzuhaben, ist daher eine überregionale Vernetzung unabdingbar.





## Netzwerkarbeit und Aktivitäten des TP4 Wasserstoff und Brennstoffzelle

Für die aktive Netzwerkarbeit bringt der autoregion e. V. sein bestehendes Unternehmensnetzwerk ein. Als Branchenverband der Zulieferindustrie betreut autoregion e. V. rund 200 Unternehmen in der Großregion, von denen sich 110 direkt im Saarland befinden. Der autoregion e. V. ist auch Mitglied in der automotive regions alliance, die beratendes Gremium in Brüssel ist. Über eine bestehende Kooperation sind die Netzwerke der IHK und des autoregion e. V. direkt verbunden. Der VDA in Berlin nimmt aktiv am Beirat des autoregion e. V. teil, umgekehrt nimmt autoregion e. V. regelmäßig an den Länderdialogen des VDA teil und vertritt dort die Interessen der saarländischen Zulieferindustrie in Berlin.

Strukturell wurden die Arbeiten des autoregion e. V. im Teilprojekt 4 in der Wasserstoffrunde Südwest verankert. In regelmäßig stattfindenden Veranstaltungsrunden wurden die technologischen Themen den Netzwerkpartnern sowie weiteren Interessierten und notwendigen Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik vorgestellt und gemeinsam diskutiert. Wichtig war, auch den direkten bilateralen Austausch unter den Teilnehmenden anzuregen. Bedarfsgerecht nach den Interessen der beteiligten Unternehmen wurden wiederkehrende Themenstellungen in Arbeitskreise weitergeführt, z. B. im Arbeitskreis für ein H<sub>2</sub>-Innovationszentrum. Darüber hinaus wurden Ergebnisse und Erfahrungen aus den Netzwerktreffen in externe Austauschrunden eingebracht, wie z. B. durch Teilnahme und Zulieferung zur Innovationsstrategie des Saarlandes und im Rahmen der saarländischen Wasserstoffstrategie. Ebenso findet eine Zusammenarbeit mit der neu gegründeten Saarländischen Wasserstoffagentur statt, in deren Beirat auch die Geschäftsführung des autoregion e. V. den stellvertretenden Vorsitz inne hat.

Nachfolgend eine Auflistung der im Rahmen der TraSaar-Projektarbeit durchgeführten Aktionen.

2022



SEPTEMBER 2022

### Kaminabend zum Thema Wasserstoff

autoregion e. V. organisiert einen Austausch zu Wasserstoff zwischen Unternehmern der Zulieferindustrie und dem saarländischen Wirtschaftsminister Jürgen Barke sowie dessen Staatssekretärin Elena Yorgova-Ramankas. Es wurde die Idee und das Commitment für einen kontinuierlichen Austausch zu Wasserstoff hervorgebracht.



„Treiber“ der ersten Wasserstoffrunde Südwest (vlnr): Lennard Margies (Gruppenleiter Wasserstoff, ZeMA gGmbH), Oliver Frei (kfm. Werkleiter, Robert Bosch GmbH Werk Homburg), Armin Gehl (Geschäftsführer, autoregion e. V.), Hermann Guss (Projekt TraSaar/ autoregion e. V.)

2023»

MÄRZ 2023

### Erste Wasserstoffrunde Südwest

Hermann Guss (Projekt TraSaar/autoregion e. V.) organisiert die erste Wasserstoffrunde Südwest. Oliver Frei (kaufm. Werkleiter, Robert Bosch GmbH Werk Homburg) wird Sprecher der Wasserstoffrunde Südwest, zur Repräsentation der Unternehmen der Zulieferindustrie in der Großregion.

JUNI 2023

### Wasserstoffrunde Südwest bei KST-Motorenversuch in Bad Dürkheim

KST-Motorenversuch präsentiert die eigenen Wasserstoffaktivitäten. Ein weiteres Highlight war die Besichtigung einer Bosch-Brennstoffzelle auf einem KST-Teststand. Die Kompetenz- und Akteurslandkarte wurde im Rahmen der Projektarbeit präsentiert.

JULI 2023

### Technology Visit bei Mercedes-Benz Trucks in Wörth

Saarländische Unternehmen besichtigen das weltgrößte LKW-Montagewerk, Mercedes-Benz Trucks bei Wörth am Rhein, inklusive Vorstellung der Aktivitäten der am Standort Wörth beheimateten Entwicklung von Wasserstoff-LKW.

SEPTEMBER 2023

### Präsentation auf der IAA Mobility in München

Die Transformation im Saarland, inklusive der Wasserstoffaktivitäten, wird auf der IAA Mobility 2023 am Saarland-Stand einem internationalen Publikum präsentiert.



Michael Fetscher (Projekt TraSaar/autoregion e.V.) präsentiert die Transformation im Saarland auf der IAA Mobility 2023

NOVEMBER 2023

### Wasserstoffrunde bei Purem by Eberspächer in Neunkirchen

Purem by Eberspächer stellt seine konzernweiten Wasserstoffaktivitäten vor. Bei der Besichtigung des Werkes in Neunkirchen konnten die ausgeprägten Kompetenzen in der Umformung, Montage und beim Schweißen bewundert werden.





2024 »

APRIL 2024

### Wasserstoffrunde Südwest bei Bosch in Homburg

Bosch präsentiert die eigenen Wasserstoffaktivitäten am Standort Homburg und stellt den Wasserstoffkreis vor. Dieser ist das größte Wasserstofflabor Deutschlands, ein FuE-Projekt, welches die komplette Wasserstoffwertschöpfungskette umfasst.



Wasserstoffkreis bei Bosch in Homburg, von der eigenen Elektrolyse bis hin zu diversen Wasserstoffanwendungen

MAI 2024

### Technology Visit bei BMW in Leipzig

Saarländische Unternehmen und Wissenschaftler besichtigen das modernste BMW-Werk in Deutschland mit seiner werkseigenen H<sub>2</sub>-Intralogistikflotte am Standort Leipzig.



JUNI 2024

### Teilnahme "Woche des Wasserstoffs"

Für die Teilnahme an der bundesweiten Woche des Wasserstoffs organisieren Bosch, autoregion e. V. und ZeMA unter Mitwirkung zahlreicher saarländischer Unternehmen (u.a. Hydac, Purem, Creos, Moehwald) die 5-tägige H<sub>2</sub>-Erlebniswelt saarländischer Unternehmen. In einem gemeinsamen Zelt am Bosch Standort Homburg wurde 1.600 Besuchern das Thema Wasserstoff nähergebracht.

SEPTEMBER 2024

### Präsentation am 9. Marktplatz Zulieferer in Berlin

Hermann Guss (Projekt TraSaar/autoregion e. V.) und Lennard Margies (ZeMA gGmbH) präsentieren die saarländischen Wasserstoffaktivitäten an dem branchenübergreifenden Dialog der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzelle (NOW) in Berlin.



Präsentation der saarländischen Wasserstoffaktivitäten am 9. Marktplatz Zulieferer in Berlin



Präsentation des gemeinsamen Positionspapiers der Wasserstoffrunde Südwest im Rahmen der saarländischen Wasserstoffstrategie

NOVEMBER 2024

### Wasserstoffrunde Südwest

Die Wasserstoffrunde Südwest trifft sich zur Erstellung eines gemeinsamen Positionspapiers als Beitrag zur saarländischen Wasserstoffstrategie.



DEZEMBER 2024

### Teilnahme an der Wasserstoffstrategie des Saarlandes

Hermann Guss (Projekt TraSaar/autoregion e. V.) präsentiert das gemeinsame Positionspapier der Wasserstoffrunde Südwest im Rahmen der saarländischen Wasserstoffstrategie.

2025  
▼

APRIL 2025

### Wasserstoffrunde Südwest am Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik

Das ZeMA präsentiert die eigenen Wasserstoffaktivitäten mit der Premiere einer neuartigen Montageanlage zur skalierenden Fertigung von Brennstoffzellenstacks.

APRIL 2025

### gemeinsamer Schaufensterworkshop mit dem Transformations-Hub ch2ance

Die Wasserstoffrunde Südwest unterstützt den Transformations-Hub ch2ance bei der Durchführung eines Schaufensterworkshops bei Bosch am Standort Homburg unter Beteiligung bundesweiter Wasserstoffakteure.

SEPTEMBER 2025

### Präsentation auf der IAA Mobility in München

Andreas Fischer und Hermann Guss (beide Projekt TraSaar/autoregion e. V.) repräsentieren die saarländischen Wasserstoffaktivitäten am Saarland-Stand der IAA-Mobility 2025. Beim Rundgang mit dem saarländischen Wirtschaftsminister Jürgen Barke wurde u. a. mit dem Brennstoffzellenhersteller cellcentric das Potential von Wasserstoff im Schwerlastverkehr diskutiert.



IAA Mobility 2025: Erläuterungen zum Einsatz von Brennstoffzellen im Schwerlastverkehr – vlnr: Dr. Lesya Matiyuk (Leiterin Abteilung F, MWIDE), Dr. Carsten Meier (Geschäftsführer, IHK Saarland), Hermann Guss (Projekt TraSaar/autoregion e. V.), Armin Gehl (Geschäftsführer, autoregion e. V.), Jürgen Barke (Minister, MWIDE), Joachim Ladra (Head of Sales, cellcentric GmbH & Co. KG)

### Weitere Präsentationen im Rahmen der TraSaar-Projektarbeit

Daneben gab es zahlreiche weitere Präsentationen in der Region, wie beim IHK-Industrieausschuss, bei Veranstaltungen der saarländischen Wasserstoffagentur, der IG Metall sowie an mehreren saarländischen Gymnasien im Rahmen von „Tag der Technik“.





## Einblick in ausgewählte Projektergebnisse des Teilprojektes 4 Wasserstoff und Brennstoffzelle

### Wertschöpfungspotenzial von Wasserstofftechnologien

Die Wasserstoff-Wertschöpfungskette wurde systematisch in ihre wesentlichen Prozessschritte unterteilt – von der Erzeugung über Speicherung und Transport bis hin zu den verschiedenen Möglichkeiten der Anwendung von Wasserstoff. Ausgehend von dieser Segmentierung wurden sechs technologische Cluster definiert, die jeweils eine Schlüsselrolle in der Produktion, dem Transport, der Speicherung und Verteilung sowie der Nutzung von Wasserstoff einnehmen. Diese Technologiecluster wurden anschließend auf Basis ihrer Potenziale vor dem Hintergrund der vorhandenen Expertise, der bereits bestehenden Marktdurchdringung und von Standortfaktoren bewertet. Hierzu wurden zudem Markt- und Reifegradbetrachtungen in Gesprächen mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaft und Industrie durchgeführt, um Potenziale und Entwicklungsbedarfe zu identifizieren. Schließlich wurden diejenigen Technologiefelder herausgearbeitet, die für den Aufbau einer robusten, skalierbaren Wasserstoffwirtschaft von zentraler Bedeutung sind.

### Stack-Komponenten

Das Technologiecluster der Stack-Komponenten findet sich sowohl im Bereich der Elektrolyse als auch der Brennstoffzellentechnologie wieder. Das Cluster umfasst die Produktion aller Kernbestandteile der jeweiligen Stacks und ihrer Zellen: Elektroden (beschichtete Katalysatorschichten), Membranen bzw. keramische Separatoren, Bipolarplatten oder Elektrolytträger und Dichtungen. Weiterhin werden je nach Technologieausprägung weitere Komponenten wie Spann- und Abschlusselemente benötigt.

### Stack-Montage

Im Technologiecluster „Stack-Montage“ findet die Montage der im Cluster „Stack-Komponenten“ produzierten Teile zu einem funktionellen Stack statt. Teilweise kann es im Sinne der Wertschöpfungstiefe von Vorteil sein, beide Wertschöpfungsschwerpunkte zu kombinieren. Wichtige Schritte sind das präzise Positionieren und Verpressen der Bipolarplatten, das Einbringen der Dichtungen, das Verlegen der Stromsammler sowie das Austarieren der Gas- und Kühlkanäle. Maßgeblich sind standardisierte Montageprozesse, automatisierte Handhabungssysteme und Qualitätssicherung mittels geeigneter Prüfverfahren.

### BOP-Komponenten

Dieses Technologiecluster umfasst die Produktion und Montage sämtlicher Nebenaggregate, Hilfssysteme und Peripherie-Komponenten, die für den Betrieb von Elektrolyse- und Brennstoffzellen-Stacks notwendig sind. Dazu zählen unter anderem Wasser- und Gasaufbereitung (Filter, Trockner, Entgasung), Kompressoren, Pumpen und Ventile.

### Systemkomponenten

Das Technologiecluster der Systemkomponenten umfasst die Produktion von zur Verbindung der Stacks und BOP-Module notwendigen Elemente zu kompletten Teilanlagen. Dazu zählen Gehäuse, Rahmensysteme, Isolierung, Leitungen und die interne Leitungsführung sowie Anschlusspunkte für alle wesentlichen Betriebsmedien. Außerdem werden hier Steuer- und Regelungseinheiten inkl. Sensorik (Druck, Temperatur, Feuchte) installiert.





## Speicher-Produktion

Das Technologiecluster der Speicher-Produktion adressiert sowohl die Herstellung physikalischer als auch stofflicher Speicherlösungen. Dabei umfasst es je nach Speicher-Art die Fertigung von Druckzylindern, Vakuumentanks oder die Produktion und Integration von Trägermaterialien. Ein Schwerpunkt liegt auf Leichtbau, Sicherheitstechnik und Serienfertigung für unterschiedliche Kapazitäten.

## Systemintegration

Im letzten Technologiecluster werden die Schritte zur Integration aller vorherig genannten Module und Komponenten zu einem betriebsfähigen System zusammengefasst. Das Cluster umfasst daher maßgeblich Schritte der Montage, Inbetriebnahme und übergeordneter Vorgänge wie der Programmierung und Zertifizierung der Gesamtsysteme. Wesentlich ist dabei übergreifendes Wissen über die Bereiche der Stack-Technologien, BOP-Technologien, System-Technologien, ggf. Speicher-Technologien, sowie Betriebsstrategien, Regulatorik und den notwendigen Vorschriften und Normen.

Diese Technologiecluster wurden nach den folgenden wesentlichen zwei Bewertungsdimensionen eingeordnet:

### 1 Ausgangslage

- » **Ausgangsbasis:**  
Existieren bereits lokale Forschungs- und Produktionskapazitäten?
- » **Markt- und Technologiereife:**  
Wie weit sind die Kerntechnologien der jeweiligen Cluster in der kommerziellen Anwendung?
- » **Wettbewerbsposition:**  
Gibt es bereits Akteure, welche in einem Cluster aktiv sind oder über cluster-relevantes Wissen verfügen?

### 2 Erschließungsaufwand

- » **Investitionsbedarf:**  
Wie viel Aufwand für den Aufbau von Produktionsstrukturen ist erforderlich, um einen wettbewerbsrelevanten Marktanteil zu erreichen?
- » **Wissensaufbau:**  
Wie hoch ist der Bedarf an Fachkräften, technologiespezifischem Wissen und Forschungskapazitäten?
- » **Lieferketten-Komplexität:**  
In welchen Clustern hängen wesentliche Komponenten stark von globalen Zulieferern ab?

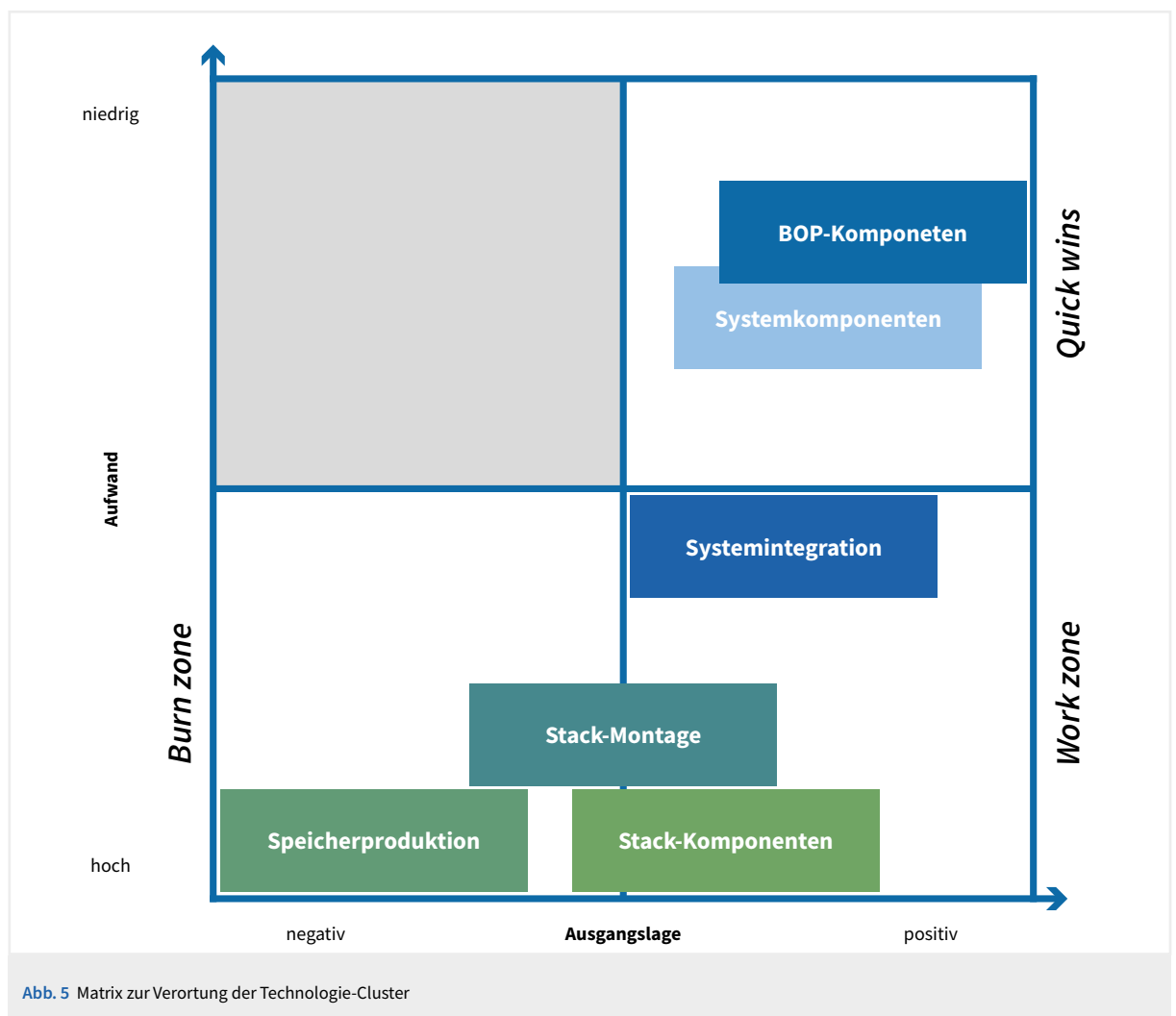
Die Einordnung der Cluster erfolgte auf Basis dieser Bewertungsdimensionen in drei Quadranten, wie in der folgenden Abbildung dargestellt.





Der Quadrant mit positiver Ausgangslage und niedrigem Aufwand bezeichnet die sogenannten „Quick-Wins“. Hier werden die Technologie-Cluster der Produktion von BOP- und System-Komponenten verortet, da für beide Cluster eine positive Ausgangslage als auch ein vergleichsweise geringer Aufwand besteht. Für beide Cluster besteht in der Transformationsregion bereits ausgeprägtes Know-how im Bereich der Technologie-Entwicklung und Produktion in einer innovativen Zulieferindustrie. Zudem besteht für diese Technologiegruppen ein

breiter Marktbedarf, da sowohl für den Bereich der BOP- als auch der Systemkomponenten eine große Zahl an Varianten für verschiedene Anwendungsfälle erforderlich ist. Durch gezielte F&E ist es zudem möglich, einen hohen Innovationsanteil zu erzielen und damit eine Technologieführerschaft aufzubauen.



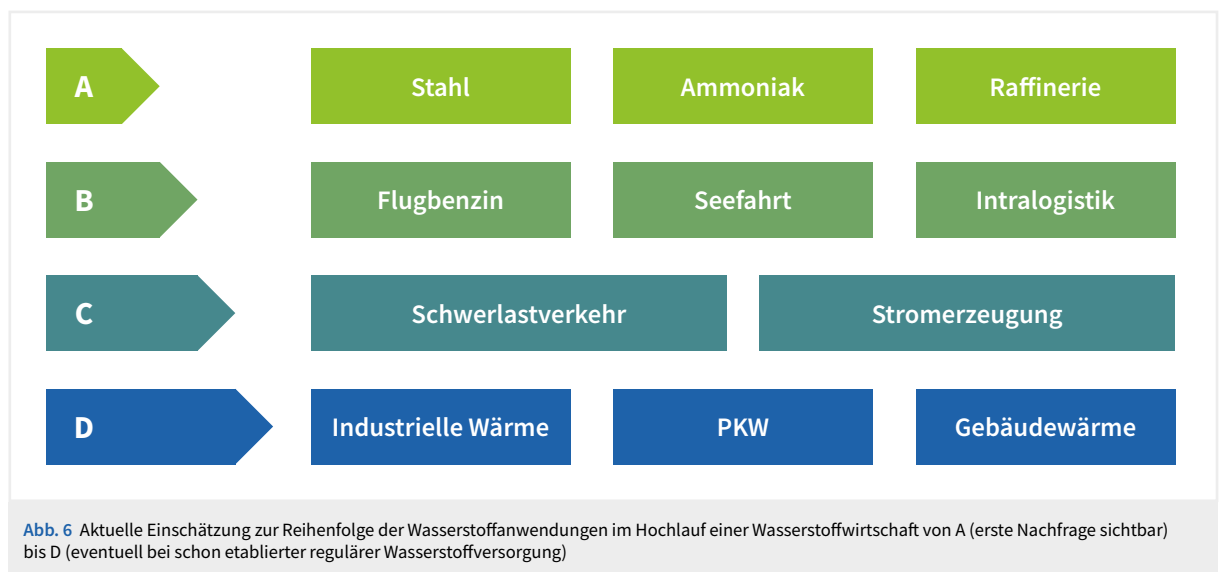


Der Quadrant mit positiver Ausgangslage und hohem Aufwand zur Erschließung des Technologieclusters bezeichnet die „Work-Zone“. Diese kann auch als Bereich der strategisch wichtigen Projekte betrachtet werden. Hierbei handelt es sich um Technologie-Cluster, welche durch gezielte Forschung und Entwicklung weiterentwickelt werden können. Technologisch werden hier vor allem die Systemintegration und die Produktion von Stack-Komponenten verortet. Beide Cluster verfügen aufgrund einer hohen Nachfrage nach diesen Technologien über eine positive Ausgangslage, allerdings besteht eine relativ hohe Abhängigkeit von den entsprechenden Zulieferern der notwendigen Module, Komponenten und Einzelteile. Das Cluster der Systemintegration weist dabei den höheren Erschließungsaufwand auf, da hierzu in der Zielregion bei den durchführenden Akteuren zumeist weiteres Wissen aufgebaut werden muss. Bei der Produktion von Stack-Komponenten ist der notwendige Aufwand hoch, da bereits etablierte Zulieferer am Markt existieren. Durch Weiterentwicklungen und die Entwicklung innovativer Produkte kann im Erfolgsfall jedoch ein wesentlicher Marktanteil erzielt werden. Weiterhin kann auch die Montage von Elektrolyse- und Brennstoffzellen-Stacks zum Teil hier eingeordnet werden, da es hier zwar bereits etablierte Marktteilnehmer gibt, sich in der betrachteten Zielregion allerdings wesentliches Knowhow im Bereich der Serienproduktion im Sinne einer ausgebildeten Zulieferindustrie befindet.

Bei negativer Ausgangslage und hohem Aufwand besteht ein hohes Risiko bei niedrigen Erfolgschancen. Dieser Quadrant stellt somit die „Burn-Zone“ für den eingesetzten Invest dar. Ein Aufbau von Produktionskapazitäten in den hier verorteten Technologieclustern macht nur Sinn, wenn bereits ein solides Kerngeschäft in anderen Bereichen existiert und ein relevanter technologischer Fortschritt beispielsweise auf Basis von bestehendem exklusivem Wissen vorhanden ist. Dies umfasst vor allem die Produktion von Speichertechnologien, da hier bereits etablierte Wettbewerber mit Produkten eines hohen Technologiereifegrades am Markt sind.

Aus der Einordnung der Technologiecluster ist erkennbar, dass verschiedene Transformationspfade abgeleitet werden können. Zum einen können die ausgewiesenen Quick-Wins durch schnelle Adaption vorhandener Technologien und Wissen adressiert und damit erste Marktanteile und ein grundlegender Absatz erzielt werden. Weiterhin kann auf Basis von Erfahrungen in Kundenprojekten und der Integration von weiteren Technologien verschiedener Zulieferer weiteres spezifisches Wissen aufgebaut werden um anschließend auch aufstrebende Technologien mit höherem Entwicklungsaufwand zu adressieren. Bei Aufbau einer guten Marktposition können anschließend auch Eigenentwicklungen im Sektor der risikoreicheren Technologiecluster durchgeführt werden.





## Wasserstoffanwendungen und deren Hochlauf

Eine zukünftige Wertschöpfung ist jedoch nicht nur durch das Potenzial der Technologien für die Unternehmen bestimmt, sondern dieses wird maßgeblich durch die politisch gesetzten Rahmenbedingungen und die sich hieraus entwickelten Märkte geprägt. Während der Projektlaufzeit gab es Änderungen der Rahmenbedingungen und die Einschätzungen der Unternehmen haben sich teils massiv geändert. Insbesondere der Schwerlastverkehr war für einige Unternehmen der Zulieferindustrie der erste angestrebte Zielmarkt. Durch wegfallende Unterstützung und ausbleibende Nachfrage wird ein Hochlauf in diesem Segment jedoch erst nach 2030 und später gesehen. Nachfolgend eine Momentaufnahme, wie die Reihenfolge von Wasserstoffanwendungen für einen Wasserstoffhochlauf aktuell eingeschätzt wird. Von A eine erste Nachfrage ist zu sehen bis D, die Anwendungen sind möglich, es gibt jedoch noch keine Anzeichen, dass diese sich über Einzelanwendungen in die Breite entwickeln.

## BEREICH A

### Stahlindustrie

Alternativ zur Roheisenherstellung im Hochofen mit Koks Kohle kann Roheisen CO<sub>2</sub>-neutral mit grünem Wasserstoff in Direktreduktion hergestellt werden. Neben dem Aufbau der benötigten Direktreduktionsanlagen gibt es zwei zentrale Herausforderungen: Zum einen die Beschaffung ausreichender Mengen an grünem Wasserstoff (technisch-logistisches Problem), zum anderen im Preis für grünen Wasserstoff, der kurz- bis mittelfristig zu höheren Kosten des grünen Stahls gegenüber traditionell hergestelltem Stahl führen wird. Für das Saarland ist eine grüne Stahlindustrie von besonderer Bedeutung. Sie sichert Beschäftigung und ist Ankerkunde für Wasserstoff, über den sich eine frühzeitige Anbindung an internationale Wasserstoffnetze ermöglichen lässt.



## Ammoniakherstellung

Ammoniak ist Grundchemikalie für die Herstellung von Düngemitteln, Kunststoffen und weiteren chemischen Grundverbindungen. Dabei wird Ammoniak bereits seit Jahrzehnten durch die Synthese von Stickstoff und Wasserstoff erzeugt (Haber-Bosch-Verfahren). Der Wasserstoff wird dabei maßgeblich durch Dampfreformierung von Erdgas bereitgestellt. Zur Dekarbonisierung dieses Grundprozesses wird der Einsatz von grünem Wasserstoff aus Elektrolyse angestrebt. Die Herausforderung besteht in dem Ersatz des „günstigen“ grauen Wasserstoffs aus Erdgas durch grünen Wasserstoff. Hierfür sind eine günstige Stromerzeugung aus Wind und PV sowie hohe Wirkungsgrade in der Elektrolyse notwendig. Die Herstellung von grünem Ammoniak wird maßgeblich in Ländern mit einem hohen Angebot an erneuerbaren Energien diskutiert sowie an Standorten, die bereits heute eine Ammoniakproduktion besitzen. Weltweit gibt es erste Pilotprojekte mit Bezug zu grünem Ammoniak. Saarländische Unternehmen kooperieren hier transnational in dem Aufbau einer Serienfertigung für Elektrolyseure. Das implizite Fertigungs- und Montagewissen der Zulieferunternehmen und ihrer Mitarbeiter ist hier die Basis für die Zusammenarbeit mit überregionalen Technologieführern im Bereich der Elektrolyse.

## Einsatz von Wasserstoff in Raffinerien

Die Chemieindustrie bzw. Raffinerien benutzen Wasserstoff zur Entschwefelung konventioneller Kraftstoffe. Klassisch wird der hier verwendete Wasserstoff mit Hilfe von Erdgas erzeugt, was wiederum CO<sub>2</sub>-Emissionen bedingt. Durch grünen Wasserstoff kann der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck fast aller Raffinerieprozesse verringert werden. Es handelt sich entsprechend um eine bestehende Wasserstoffanwendung, deren zukünftiger Bedarf abhängig von Dekarbonisierung sowohl steigen als auch fallen kann. Entscheidend für einen längerfristigen Bedarf wird die Entwicklung beim nachhaltigen Flugbenzin (SAF) sein sowie eine Akzeptanz von E-Fuels im Straßen-

verkehr, sowie die Substitution von Erdgas und Erdöl in wesentlichen Kernprozessen der Chemieindustrie sein. Im Saarland gibt es keinen direkten Bezug zu Raffinerien und der Chemieindustrie. Raffinerien haben jedoch zukünftig einen hohen Bedarf an Prozessinfrastruktur, welche im Saarland durch die ansässige Zulieferindustrie mitproduziert werden kann.

## BEREICH B

### Flugbenzin

Für Langstreckenflüge ist aufgrund der notwendigen volumetrischen Energiedichte der Einsatz von Flüssigtreibstoffen notwendig. Entsprechend wird eine Produktion von CO<sub>2</sub>-neutralen Flüssigtreibstoffen angestrebt. Für die Produktion dieser Sustainable Aviation Fuels (SAF) genannten Treibstoffe werden große Mengen grünen Wasserstoffs aus Elektrolyse als Grundstoff benötigt. Neben der Problematik günstiger erneuerbarer Energie für die Elektrolyse besteht die Herausforderung darin, für die Herstellung entsprechender Kraftstoffe ausreichend nachhaltigen Kohlenstoff sicherzustellen. Eine Möglichkeit hierzu bietet die Abscheidung von CO<sub>2</sub> aus der Luft (Direct Air Capturing, DAC). Dieser Prozess ist aufgrund seines noch niedrigen Technologiereifegrades aktuell noch teuer und energieintensiv. Eine Herstellung von SAF wird in Deutschland an verschiedenen Standorten erforscht.

### Seefahrt

Ammoniak und Methanol sind chemische Grundstoffe, die weltweit vor allem über den Seeweg umgeschlagen werden. Die ersten transnationalen grünen Wasserstoffprojekte setzen daher auf einen Transport des Wasserstoffs über diese Wasserstoffderivate (Ammoniak, Methanol). Für einen CO<sub>2</sub>-neutralen Schiffsantrieb gibt es daher fortgeschrittene





Ansätze, Ammoniak und grünes Methanol für den Schifffantrieb als Ersatz zu Schweröl zu nutzen. Im saarländischen Maschinenbau werden bereits Test- und Prüfstände gebaut, die für die Entwicklung von Komponenten und Systeme für Schiffsmotoren eingesetzt werden. Dies betrifft sowohl Ammoniak als auch Methanol betriebene Motoren, sowie Motoren für die Direktverbrennung von Wasserstoff. Hierbei handelt es sich um klassischen Sondermaschinenbau, Wasserstoff als Transformationsthema spielt dabei eine untergeordnete Rolle.

### Intralogistik

Ein Betrieb von Gabelstaplern und Flurförderfahrzeugen mit Brennstoffzelle und Wasserstoff ist heute schon möglich. Vorteil ist eine schnelle Betankung, konstante Leistung und ein geringer Platzbedarf für die Tankinfrastruktur. Nachteil sind hohe Anschaffungskosten sowie die höheren Kosten für Wasserstoff. Aktuell benötigt wasserstoffbetriebene Intralogistik einen durchgängigen Mehrschichtbetrieb, um wirtschaftlich eingesetzt zu werden. Bei diesem sind weniger Fahrzeuge notwendig und es entfallen zweite Batteriesätze sowie ein Batterielager. Das Interesse, eine Umstellung auf Wasserstoff zu erproben, schwankt abhängig von der gesamtwirtschaftlichen Situation und ist aufgrund der angespannten Lage in der Zulieferindustrie aktuell nicht gegeben.

## BEREICH C

### Schwerlastverkehr

Wasserstoff wird seit über einem Jahrzehnt als eine aussichtsreiche Anwendung im Schwerlastverkehr diskutiert. Es gibt zahlreiche Wasserstoff-LKW-Projekte etablierter OEMs (z. B. Hyundai, Daimler Trucks, IVECO), die die technische Machbarkeit demonstrieren. Der nationale Wasserstoffrat hat hier einen Markthochlauf mit einem steigenden Bedarf an grünem Wasserstoff vorgesehen, der jedoch voraussichtlich zunächst nicht eintreten wird. Grüner Wasserstoff ist aktuell nicht günstiger als konventioneller Treibstoff. Daneben gibt es bisher kein flächendeckendes Tankstellennetz für Wasserstoff-LKW. Für einen Markthochlauf wird eine staatliche Förderung benötigt. Unternehmen im Saarland haben hier bereits viel erreicht und könnten in einzelnen Produktgruppen in eine Serienfertigung gehen, wenn eine Nachfrage bestünde. Diese ist aktuell jedoch nicht gegeben, weshalb Projekte und Produktionen im Bereich des Schwerlastverkehrs zunächst auf unbestimmte Zeit zurückgestellt wurden.

### Stromerzeugung

Seit zwei Jahrzehnten ist die Stromerzeugung durch Wasserstoff ein fester Bestandteil deutscher Klimaschuttszenarien. Wasserstoff wird als chemischer Speicher für die Rückverstromung in klassischen Kraftwerken benötigt, um „Dunkelflauten“ überbrücken zu können, in denen weder Photovoltaik noch Windkraft Strom erzeugt. Mit der Rolle als Langfristspeicher kann eine Kopplung des Stromnetzes mit dem Gasnetz stattfinden, was als Konzept der Sektorenkopplung bekannt ist. Die großtechnische und zentrale Wasserstoffstromerzeugung ist daher eng mit dem Ausbau des Wasserstoffkernnetzes verbunden. Es handelt sich somit für eine in der mittel- bis langfristigen Zukunft geplante Anwendung. Das Saarland bietet sich aufgrund der bestehenden und ehemaligen Kraftwerksstandorte für Ausgleichskraftwerke mit Wasserstoff an.



## BEREICH D

### Industrielle Wärme

Wasserstoff kann als Substitut von Erdgas zur Erzeugung von Industriewärme beispielsweise in Öfen verwendet werden, wobei hierbei technologische Anpassungen notwendig sind, welche über eine Anpassung der Gaszuleitung hinausgehen. Für den Einsatz von Wasserstoff als Brenngas sind somit auch technische Änderungen an Brennern und Brennöfen notwendig. Teils können bestehende Öfen angepasst werden, teils müssen diese getauscht werden. Wasserstoff ist jedoch aktuell noch deutlich teurer als Erdgas und Strom. Es besteht daher ein hohes informatorisches Interesse der Unternehmen an Wasserstoff, welches sich jedoch nicht kurzfristig in einer konkreten Nachfrage zeigt. Der mögliche Bedarf hat eine hohe Bedeutung für eine zukünftige Wasserstoffinfrastruktur. Dies macht eine Kommunikation zwischen Versorgern und möglichen Verbrauchern notwendig. Im Saarland findet ein solcher in der Grande Region Hydrogen statt.

### PKW

Einzelne Automobilhersteller sehen in der längerfristigen Zukunft ein Potenzial für brennstoffzellenbetriebene Fahrzeuge. Nach aktuellen Informationen plant BMW ab 2028 eine Serienproduktion eines wasserstoffbetriebenen SUVs im oberen Preissegment. Von anderen OEMs ist keine Serienproduktion eines wasserstoffbetriebenen Automobils bekannt. Dies liegt im noch hohen Fahrzeugpreis begründet und in der bisher zu gering ausgebauten Wasserstoff-Infrastruktur und im speziellen am Mangel an Wasserstofftankstellen. Praxiserfahrungen mit Wasserstoff-PKW im Saarland bestätigen dies. Mit dem Rückbau von Wasserstofftankstellen für PKWs und dem vor allem in China bestehenden Überangebot an batterieelektrischen Fahrzeugen ist daher die Diskussion aufgekommen, ob ein Ende des wasserstoffbetriebenen PKW bevorsteht.

### Gebäudewärme

Wasserstoff kann wie Erdgas in dafür vorbereiteten Brennwertthermen, Blockheizkraftwerken und Brennstoffzellenheizungen eingesetzt werden. Aufgrund einer niedrigeren Energieeffizienz gegenüber dem Einsatz von Strom in Wärmepumpen wird der Einsatz von Wasserstoff in der allgemeinen Diskussion kritisch gesehen. Die allgemeine Diskussion berücksichtigt jedoch nicht die technischen Eigenschaften der unterschiedlichen Heizsysteme, so dass in Expertengruppen Wasserstoff weiterhin einen möglichen Platz als Spitzenlast-Anwendung in der zukünftigen Wärmeversorgung besitzt. Ein entscheidender Faktor werden dabei zukünftige Entwicklungen der Strom- und Gasnetze sein. Im Saarland sollte, durch die geplante Stahlerzeugung mit grünem Wasserstoff, dieser in den kommunalen Wärmeplanungen mitberücksichtigt werden.

### Wann und in welchem Maße kommt grüner Wasserstoff

Aktuell befindet sich die Produktion von grünem Wasserstoff in der Aufbauphase. Bis Ende 2030 sollen ca. 8,8 Gigawatt an Leistung installiert werden. Multipliziert man dies mit 4000 Betriebsstunden im Jahr und dem Wirkungsgrad der Elektrolyse von 70%, heißt das, dass 25 TWh an Wasserstoff produziert werden. Unterschiede in den Prognosen lassen sich durch unterschiedliche Annahmen erklären. Dagegen steht der erwartete Bedarf von 95 bis 130 Terawattstunden. Deutschland und damit auch das Saarland muss also Wasserstoff importieren, um diese Differenz abzudecken.<sup>2</sup>

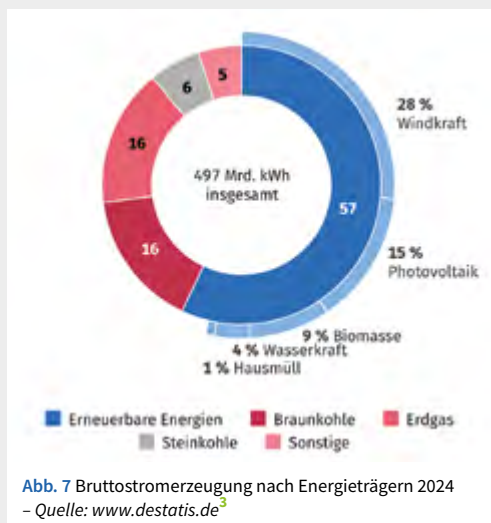




## Exkurs

Wasserstoff kann nur dann „grün“ sein, wenn die Energie, die zur Herstellung aufgebracht wird, ebenfalls grün ist. Wie setzt sich also die Bruttostromerzeugung in Deutschland zusammen?

Im letzten Jahr wurden 57% des Bruttostroms in Deutschland mit regenerativen Energien gewonnen. Im Rahmen der Energiewende soll der Anteil bis 2050 80% betragen. Die Erzeugung von grünem Strom schreitet erfolgreich voran.<sup>3</sup>



Für den Übergang wird trotzdem der Einsatz von blauem Wasserstoff diskutiert. Mit diesem können Bedarfslücken geschlossen werden und eine bessere Planungssicherheit sichergestellt werden. Eine Nutzung von „anders-farbigem“ Wasserstoff im Übergang wird von vielen Unternehmen befürwortet. Eine eins-zu-eins Umstellung auf grünen Wasserstoff ist aktuell zu kostspielig und das heute begrenzte Angebot an grünem Wasserstoff verhindert teils dessen Erprobung. Hier spielen vor allem auch die hohen Transportkosten für Wasserstoff eine Rolle.

## Regionale Standortfaktoren für eine Produktion von Wasserstofftechnologien

Damit Unternehmen vor Ort Wasserstofftechnologien produzieren können, benötigen diese selbstredend ein ausgeprägtes **Technologieverständnis**. Die Wahl der zu produzierenden Technologien wird jedoch stark von dem **impliziten Wissen** der Unternehmen abhängen. Die Organisationen, wie auch die Mitarbeiter, haben durch ihre langjährige Tätigkeit ein tiefes Wissen um Herangehensweisen und Prozesse entwickelt. Dieses stellt einen bestehenden Standortvorteil dar, welcher sich öffentlich lediglich darin zeigt, dass einzelne saarländische Produktionswerke als Leitwerke für internationale Werksverbünde dienen. Der Erhalt dieses Wissens ist zentral für den Produktionsstandort Saarland, der ohne ein solches Wissen wenig Chancen im internationalen Wettbewerb hätte. Für den Erhalt dieses Wissens ist ein entsprechendes **Fachkräfteangebot** wichtig, da diese die zentralen Wissensträger darstellen. Erfahrene Fachkräfte in den Unternehmen geben dieses Wissen neuen Fachkräften weiter. Für die Produktion von Wasserstofftechnologien sind ausreichend **finanzielle Mittel** notwendig. Im aktuellen Markthochlauf, der noch keinen sich wirtschaftlich selbsttragenden Wasserstoffmarkt darstellt, hängt hier viel von einer staatlichen Förderung ab. **Regionale Konzentrationen** können positive Effekte für Innovation und wirtschaftliches Wachstum besitzen. Umgekehrt zeigt die Betroffenheit des Saarlandes in der Transformation der Automobilindustrie die negative Seite der Konzentration. Die vorliegende Konzentration im Saarland und die starken vorhandenen **Netzwerke** bieten jedoch weiterhin die Chance, Synergien zu schaffen, die eine Produktion von Wasserstofftechnologien zu unterstützen hilft und teils erst möglich macht. In einer Region wie dem Saarland sind die produzierten Komponenten und Systeme in der Zulieferindustrie generell Teil von umfassenderen Systemen. Das Wissen um und der Aufbau von neuen **überregionalen Wertschöpfungsketten** wird ein entscheidender Faktor für eine erfolgreiche Produktion von Wasserstofftechnologien sein.





## Ausblick für eine Wertschöpfung mit Wasserstoff

Besonders relevant für das Saarland sind vor allem die Anwendungen von Wasserstoff in der Stahlindustrie, in der globalen Ammoniakproduktion als Abnehmer von Elektrolyseuren und im Schwerlastverkehr. Im Rahmen der Transformation besitzen die regionalen Unternehmen ein darüberhinausgehendes Interesse an allen Wasserstoffanwendungen. Durch das regulatorisch vorbestimmte Ende des Verbrennungsmotors sind diese gezwungen, neue Produkte zu generieren und neue Kompetenzen aufzubauen. Das Wissen um zukünftige Marktlogiken sowie benötigte Technologien für eine globale Wasserstoffwirtschaft sind essenziell für eine vorausschauende Unternehmensführung.

Die grüne Stahlproduktion über Direktreduktion stellt mit den benötigten Wasserstoffmengen die zentrale Anwendung für eine Anbindung an geplante Wasserstoffnetze in Deutschland und Europa dar. Daran anschließend, können weitere Bedarfe im Wärmesektor, im Schwerlastverkehr und weiteren oben genannten Anwendungen entstehen. Der Bedarf im Schwerlastverkehr wird im Vergleich zur Stahlindustrie und zur möglichen Abnahme im Wärmesektor vergleichsweise gering sein. Mit der Initiative der Grande Region Hydrogen besteht hier ein Zusammenschluss, in dem für die Versorgung relevante Akteure aktiv sind und durch die Creos als zentralen Akteur darin auch ein direkter Bezug zu Netzausbauplanungen besteht.

Die Automobilzulieferindustrie im Saarland ist vor allem im Bereich des Schwerlastverkehrs sowie bei der Elektrolyse aktiv, die aktuell maßgeblich im Bereich Ammoniakproduktion und großchemischen Anlagen nachgefragt wird. Während bei Unternehmen in der Elektrolyse eine steigende Nachfrage erwartet wird und Aktivitäten zunehmen, werden die Tätigkeiten im Bereich des Schwerlastverkehrs aufgrund fehlender Nachfrage und zurückgefahrener Unterstützung von Seiten der Politik vorerst eingestellt. Die bestehende Ungewissheit im Markthochlauf von Wasserstoff generell, wie auch aufgrund wechselnder Prioritäten, führt zu einem hohen Informations- und Austauschbedarf der produzierenden Unternehmen, der im Rahmen der Wasserstoffrunde Südwest stattfindet.





Die Positionierung der saarländischen Zulieferunternehmen in der Produktion von Wasserstofftechnologien hat gezeigt, dass die Unternehmen, die bereits erste Komponenten für eine Wasserstoffwirtschaft produzieren, dies nur durch ein vorhandenes und starkes implizites Wissen ermöglichen konnten. Dieses tiefe Wissen um Herangehensweisen und Prozesse gründet sich auf langjährige Produktionstätigkeiten in deren traditionellen Domänen. Ohne dieses Wissen wäre eine Produktion im Saarland mit dessen im internationalen Vergleich hohen Standortkosten nicht mehr möglich. Damit das Saarland und dessen Unternehmen im zukünftigen Wettbewerb einer Wasserstoffwirtschaft konkurrieren kann, muss es analog zur aktuellen Situation einen Wissensvorsprung besitzen. Wasserstoffspezifisches Wissen gilt es daher zu erhalten und auszubauen.

Neben den bestehenden Austauschformaten in der Grande Region Hydrogen und der Wasserstoffrunde Südwest ist es daher notwendig, weiteres Wasserstoffwissen aufzubauen. Dies sollte über eine zentrale Innovationsplattform im Land geschehen, um die herum gemeinsame Innovationsprojekte von Industrie und Wissenschaft stattfinden. Im Rahmen dieser Innovationsprojekte können sowohl Technologie- und Anwendungswissen als auch neue Produktideen geschaffen werden. Damit dies möglich ist, braucht die Innovationsplattform eine eigene flexible Wasserstoffinfrastruktur, an der und um die herum geforscht werden kann.

Ziel ist es, Konsortien saarländischer Unternehmen zu bilden, die Kernkomponenten für auf dem Weltmarkt angebotene Wasserstoffsysteme wettbewerbsfähig anbieten. Durch einen solchen zentralen Wertschöpfungsanteil kann eine gesteigerte Standortattraktivität resultieren, über die weitere Fachkräfte aus dem In- und Ausland angezogen und regional ausgebildete Fachkräfte entsprechend gebunden werden können. Das Saarland als Bundesland wird keinen bedeutenden Einfluss auf den generellen weltweiten Markthochlauf von Wasserstoff ausüben können. Es wird sich jedoch auf diesem vorbereiten können, um im Hochlauf als Exportland mit einem hohen Anteil an produzierendem Gewerbe überproportional von diesem profitieren können.



## Quellen

- 1 Nitsch et al., 2011: Nitsch, Joachim und Pregger, Thomas und Scholz, Yvonne und Naegler, Tobias und Sterner, Michael und Gerhardt, Norman und von Oehsen, Amany und Pape, Carsten und Saint-Drenan, Yves-Marie und Wenzel, Bernd (2011) Leitstudie 2010. Projektbericht. DLR - Institut für Technische Thermodynamik
- 2 [www.erenja.de/magazin/ist-deutschland-bereit-fuer-gruenen-wasserstoff#:~:text=Wo%20soll%20der%20gr%C3%BCne%20Wasserstoff,der%20Kernaussagen%20des%20Elektrolyse%20Monitors](http://www.erenja.de/magazin/ist-deutschland-bereit-fuer-gruenen-wasserstoff#:~:text=Wo%20soll%20der%20gr%C3%BCne%20Wasserstoff,der%20Kernaussagen%20des%20Elektrolyse%20Monitors)
- 3 [www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Erzeugung/bruttostromerzeugung.html](http://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Energie/Erzeugung/bruttostromerzeugung.html)





**Hermann Guss**

TraSaar TP4  
Wasserstoff & Brennstoffzelle

autoregion e. V.



**Andreas Fischer**

TraSaar TP4  
Wasserstoff & Brennstoffzelle

autoregion e. V.



**Dr. Lennard Margies**

Gruppenleiter  
Wasserstofftechnologien

ZeMA  
Zentrum für Mechatronik und  
Automatisierungstechnik gGmbH

