

Amelie Epp | Janika Kutz | Florian Sellner | Timo Stöhr | Felix Zimmermann

# Wasserstoff als nachhaltiger Energieträger

**Eine Analyse der Akzeptanzfaktoren und Ableitung von Hand-  
lungsempfehlungen für Unternehmen**

Hrsg: Oliver Riedel | Katharina Hölzle | Wilhelm Bauer | Bernd Bienzeisler | Jens Neuhüttler

Im Rahmen des Projekts

**HYDROGENIUM**

Partner im Projekt »Hydrogenium«



Gefördert durch



Kofinanziert von der Europäischen Union



Baden-Württemberg

# Inhalt

---

<b>Executive Summary</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Einleitung und Projektansatz</b> .....	<b>6</b>
<b>2. Theoretischer Hintergrund</b> .....	<b>8</b>
2.1 Wasserstoff .....	8
2.2 Relevanz der Akzeptanzforschung für die Wasserstoffwirtschaft .....	9
2.3 Drei Ebenen der Akzeptanz .....	9
2.3.1 Soziopolitische Ebene .....	10
2.3.2 Lokale Ebene .....	12
2.3.3 Marktebene .....	13
<b>3. Ergebnisse</b> .....	<b>15</b>
3.1 Schriftliche Umfrage .....	15
3.1.1 Beschreibung der Ergebnisse .....	15
3.2 Interviews .....	22
3.2.1 Beschreibung der Ergebnisse .....	22
3.3 Workshop mit Expertinnen und Experten .....	28
3.3.1 Soziopolitische Akzeptanz .....	28
3.3.2 Lokale Akzeptanz .....	28
3.3.3 Marktakzeptanz .....	29
3.4 Integriertes Akzeptanzdreieck .....	29
<b>4. Ableitung und Erläuterung der Handlungsempfehlungen</b> .....	<b>31</b>
4.1 Soziopolitische Ebene .....	31
4.1.1 Handlungsempfehlungen für Unternehmen .....	31
4.1.2 Handlungsempfehlungen für Politik und Intermediäre .....	32
4.2 Lokale Ebene .....	33
4.2.1 Handlungsempfehlungen für Unternehmen .....	33
4.3 Marktebene .....	35
4.3.1 Handlungsempfehlungen für Unternehmen .....	35
4.3.2 Handlungsempfehlungen für Politik und intermediäre Akteurinnen und Akteure .....	35
<b>5. Abschluss</b> .....	<b>36</b>
5.1 Diskussion .....	36
5.2 Fazit .....	38
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>39</b>

# Executive Summary

---

Der Energieträger Wasserstoff (H<sub>2</sub>) kann nach derzeitigen politischen Strategien eine zentrale Rolle zur Erreichung der nationalen und europäischen Klimaziele darstellen. Auch die deutsche Bundesregierung plant, mithilfe grünen Wasserstoffs einen Beitrag zur Energiewende zu leisten. So beschreibt die im Juni 2020 veröffentlichte Nationale Wasserstoffstrategie eine Förderung von zahlreichen Maßnahmen wie beispielsweise die Überarbeitung der Förderprogramme oder die Vertiefung der Zusammenarbeit auf EU-Ebene (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie [BMWi], 2020). Jedoch gestaltet sich eine solche Umsetzung ohne eine breite Akzeptanz insbesondere auf regionaler und unternehmerischer Ebene herausfordernd. Um die Akzeptanz bei Unternehmen für den Wandel hin zu einer Wasserstoffwirtschaft gezielt fördern zu können, ist es wichtig, die genauen Einflussfaktoren zu kennen. Aus diesem Grund hat das Fraunhofer IAO basierend auf einer quantitativen Umfrage, qualitativen Expertinnen- und Experten-Interviews sowie einem Expertinnen- und Expertenworkshop untersucht, welche Faktoren die Akzeptanz von Wasserstoff auf der Ebene von Unternehmen beeinflussen.

## Akzeptanzfaktoren

Orientiert an dem Akzeptanzmodell nach Wüstenhagen et al. (2007) konnten auf den Ebenen der soziopolitischen, lokalen und Marktakzeptanz basierend auf einer Literaturrecherche und durch Interviews mit Expertinnen und Experten verschiedene Faktoren identifiziert werden, die einen Einfluss auf die Akzeptanz von Wasserstoff haben. In dem folgenden Modell sind die akzeptanzbedingenden Faktoren zusammengefasst.

## Handlungsempfehlungen zur Förderung der Akzeptanz

Zur Förderung der Akzeptanz von Wasserstoff bei Unternehmen bedarf es verschiedener Maßnahmen. Folgend sind die wesentlichen Handlungsempfehlungen, welche im Rahmen der durchgeführten Studie identifiziert wurden, aufgeführt:

1. Die Förderprogramme sollten ausgebaut werden. Sie sollten transparenter, zugänglicher und übersichtlicher gemacht werden.
2. Die interne Kommunikation und der Zusammenhalt in Unternehmen sollte durch interne Verteilung von Informationen verstärkt werden, um interne Hürden gering zu halten.
3. Sowohl die unternehmensinterne Vernetzung als auch der Austausch zwischen Unternehmen, Industrie und Wissenschaft sollte verstärkt werden.

### Soziopolitische Akzeptanz

- Kontextfaktoren (wie politischer Rahmen, Herkunft und Verfügbarkeit von H<sub>2</sub>)
- Formelle Hürden (wie Verfügbarkeit und Übersichtlichkeit von Förderungen)
- Unsicherheit (wie Kostenentwicklung, Einschätzung der Verfügbarkeit)
- Vertrauen in andere Industriepartner, Institutionen und die Politik



### Lokale Akzeptanz

- Unternehmenscharakteristika (z. B. Größe)
- Eigenmotivation der Unternehmen (z. B. Klimaschutzziele, Klimaschutz-Bewusstsein)
- Wissen (z. B. Kenntnisse, Erfahrungen)
- Unternehmensinterne Beteiligung
- Sorgen der Mitarbeitenden (z. B. Konsequenzen für die eigene Lebenswelt)
- Externe Kommunikation und Netzwerken

### Marktakzeptanz

- Ökonomischer Mehrwert (z. B. Kosten Umstieg, Kosten H<sub>2</sub>)
- Alternativmöglichkeiten (z. B. Entscheidungsspielraum)
- Regulierungsbedingungen (z. B. politische Rahmenbedingungen auf dem Markt)
- Planungssicherheit
- Marktbedingungen (Angebot, Nachfrage)

Abbildung 1: Akzeptanzdreieck nach Wüstenhagen mit Faktoren aus Interviews und Literatur

# 1. Einleitung und Projektansatz

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2045 treibhausgasneutral zu werden (Die Bundesregierung, 2024). Um dieses Ziel zu erreichen, sind massive Investitionen in die grüne Transformation der Wirtschaft nötig. Eine solche Transformation kann jedoch nur gelingen, wenn ein umfassender Strukturwandel stattfindet. Hierzu gehört insbesondere der Aufbau einer bundesweiten Infrastruktur für erneuerbare Energien. Der Energieträger Wasserstoff kann und soll nach derzeitigen politischen Strategien dabei eine zentrale Rolle einnehmen. »Grüner Wasserstoff«, welcher durch die Elektrolyse aus erneuerbaren Energien gewonnen wird, gilt als klimafreundlicher Energieträger. Daher stellt Wasserstoff eine vielversprechende klimaneutrale Perspektive für die Dekarbonisierung von energie- und emissionsintensiven Industrieprozessen und Wirtschaftszweigen dar, in denen eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen sowohl dringend geboten als auch schwierig umzusetzen ist. Dazu zählen unter anderem die Verwendung in der Chemie- und der Stahlindustrie oder der Logistik (Töpler & Lehmann, 2017, S. 14-23).

Während aktuell nur ein kleiner Teil des verfügbaren Wasserstoffs klimafreundlich durch Elektrolyse hergestellt wird, soll dieser Anteil in Deutschland bis 2030 stark ansteigen (Abbildung 2).

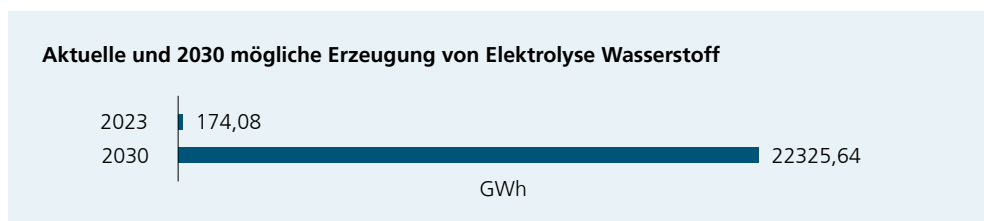


Abbildung 2: Geschätzte aktuelle Produktionskapazität von Elektrolyse-Wasserstoff und mögliche Erzeugung im Jahr 2030 im Vergleich (eigene Darstellung nach Sprenger et al., 2023; möglicher Wert wurde durch die Summe der Produktion aller bis 2030 geplanten Elektrolyse-Projekte ermittelt)

Daraus wird deutlich, dass sich Deutschland noch in einer frühen Phase dieser Entwicklung befindet. Zur Beschleunigung des Ausbaus dieses Potenzials wurde im Juli 2020 durch die Europäische Union (EU) der European Green Deal veröffentlicht. Dieser formuliert Ansätze für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft durch Investitionen, Regulierungen, Forschung und die Schaffung von Märkten (Europäische Kommission, 2020). Ebenso plant die Bundesregierung, mithilfe grünen Wasserstoffs einen Beitrag zur Energiewende zu leisten. So beschreibt die im Juni 2020 veröffentlichte Nationale Wasserstoffstrategie dessen Rolle in genannten Sektoren wie der Industrie, insbesondere der Stahl- und Chemieindustrie, der (Fern-)Wärmeversorgung und der Transport- und Verteilinfrastruktur (BMW i, 2020).

Jedoch gestaltet sich die Umstellung auf neue Energieträger wie Wasserstoff ohne eine breite Akzeptanz auf verschiedenen Ebenen problematisch. Akzeptanz für Innovationen ist ein wesentlicher Bestandteil für den langfristigen Erfolg und die nachhaltige Umsetzung neuer Technologien in der Energiewende (Borg et al., 2018). Die frühzeitige Erforschung von gesellschaftlichen Erwartungen und Akzeptanzfaktoren im Zusammenhang mit der Einführung von neuen Wasserstofftechnologien ist folglich von Relevanz (Isidoro Losada & Ana María, 2022).

Die vorliegende Studie ist Teil des Forschungsprojektes »Hydrogenium«, welches ein im Rahmen des Wettbewerbs Regionale Wettbewerbsfähigkeit durch Innovation und Nachhaltigkeit (Regio-WIN) durch Mitteln aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördertes Forschungsprojekt ist. Hierbei untersucht das Fraunhofer IAO zusammen mit der Technischen Universität München, der Hochschule Heilbronn, der Wirtschaftsförderung Heilbronn (WFG) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) die Erprobung und Anwendung von Wasserstofftechnologien. Ziel ist der Aufbau eines Test- und Anwendungszentrums am DLR-Standort in Lampoldshausen, das Unternehmen in der Entwicklung und Erprobung von Wasserstofftechnologien unterstützt. Außerdem soll eine Plattform für Wissenstransfer sowie Beratung von Unternehmen und Kommunen entstehen. Das Fraunhofer IAO entwickelt hierbei ein Methodenset, welches sowohl kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) als auch kommunalen Unternehmen auf verschiedenen Ebenen den Zugang zur Wasserstoffwirtschaft sowie die Transformation hin zu einer Wasserstoffwirtschaft erleichtert. Das Ziel der Studie ist es, einen Überblick und ein Verständnis darüber zu erlangen, welche Faktoren die Akzeptanz von Wasserstoff beeinflussen und welche konkreten Maßnahmen diese fördern. Daraus sollen anschließend für Unternehmen, Politik und intermediäre Akteurinnen und Akteure Handlungsempfehlungen zur Stärkung der Akzeptanz von Wasserstoff auf Unternehmensebene abgeleitet werden.

Um einen Überblick über den Stand der H<sub>2</sub>-Akzeptanz in der Region Heilbronn-Franken zu gewinnen, wurde eine schriftliche Umfrage mit Unternehmen durchgeführt, die sich für die Einführung von H<sub>2</sub>-Technologien interessieren oder bei denen sich diese bereits in der Anwendung befinden. Es wurden ergänzend Interviews mit Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Beratung und Forschung durchgeführt, transkribiert und anhand der Logik der Inhaltsanalyse nach Mayring (1985) ausgewertet. Abschließend wurde ein Expertinnen- und Expertenworkshop durchgeführt. Ziel dessen war es, die auf den bisherigen Untersuchungen basierenden Akzeptanzfaktoren und die abgeleiteten Handlungsempfehlungen zu validieren und weitere zu identifizieren.

### **Folgende Forschungsfragen wurden im Rahmen der Studie untersucht:**

1. Welche Akzeptanzfaktoren von Wasserstoff lassen sich auf unternehmerischer Ebene identifizieren?
2. Welche Handlungsempfehlungen können für lokale Unternehmen, die Politik und intermediäre Akteurinnen und Akteure zur Steigerung der Wasserstoff-Akzeptanz abgeleitet werden?

Nachfolgend wird in Kapitel 2 auf die Relevanz von Wasserstoff und die Akzeptanzforschung in dem Themengebiet eingegangen. Die Ergebnisse der schriftlichen Umfrage und der Interviews werden in Kapitel 3 dargestellt. Abschließend werden in Kapitel 4 Handlungsempfehlungen aus den Ergebnissen abgeleitet und in Kapitel 5 ein Ausblick gegeben.



## 2. Theoretischer Hintergrund

---

In diesem Kapitel werden zunächst die Eigenschaften von Wasserstoff und dessen Relevanz in der Transformation zu klimafreundlicheren Energieträgern skizziert. Anschließend wird in die theoretischen Grundlagen der Akzeptanz von erneuerbaren Energien eingeführt, die für die spätere Untersuchung verwendet wurden.

### 2.1 Wasserstoff

Das Element Wasserstoff mit der Ordnungszahl 1 im Periodensystem ist das leichteste und häufigste Element des Universums. Auf der Erde liegt es meist gebunden in Wasser ( $H_2O$ ) vor. Die Begriffe »Wasserstoff« und » $H_2$ « werden im Folgenden zusammenfassend für flüssigen, gasförmigen sowie gebundenen, kommerziell nutzbaren Wasserstoff verwendet. Um  $H_2$  als emissionsarmen Energieträger zu nutzen, kommt grünem  $H_2$  eine besondere Rolle zu. Grüner  $H_2$  wird durch Elektrolyse von Wasser mit Strom aus erneuerbaren Quellen erzeugt und verfügt damit als  $CO_2$ -neutraler Energieträger, besonders im Vergleich zu  $H_2$  aus anderen Produktionsprozessen, über das größte Dekarbonisierungspotenzial (Falke, 2021, S. 58). Grüner  $H_2$  wird auch in der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung als einzige dauerhaft nachhaltige Alternative für eine Wasserstoffwirtschaft hervorgehoben (BMW, 2020). Obwohl Deutschland voraussichtlich einen großen Teil des genutzten Wasserstoffs importieren werden muss, strebt die Bundesregierung eine inländische grüne  $H_2$ -Produktion von bis zu 14 Terawattstunden an (BMW, 2020, S. 5).

Wasserstoff kann Energie langfristig speicherbar machen, in Strom umgewandelt werden sowie Erdöl und Erdgas bei der Wärmeerzeugung ersetzen. Grüner  $H_2$  hat Schätzungen zufolge das Potenzial,  $CO_2$ -Emissionen in der Industrie europaweit um mindestens neun Millionen Tonnen pro Jahr bis zum Jahr 2024 und um mindestens 90 Millionen Tonnen pro Jahr bis zum Jahr 2030 zu verringern (Falke, 2021, S. 59). Folglich kann Wasserstoff als eine Schlüsseltechnologie bei der Erreichung der Klimaziele gesehen werden (Bruns, 2023, S. 295). Dennoch ist grüner Wasserstoff aufgrund seiner energieintensiven Herstellung, der verlustreicheren Umwandlung im Vergleich zur direkten Nutzung des elektrischen Stroms und seiner im Vergleich zu Erdgas aufwendigeren Speicherung aktuell teuer und nur begrenzt verfügbar. So werden beispielsweise zur Speicherung der identischen Menge Energie das dreifache Tankvolumen oder der dreifache Druck verglichen mit Erdgasspeichern benötigt (Kurzweil & Dietmeier, 2018). Aus diesem Grund wird  $H_2$  kurzfristig zunächst nur dort wirtschaftlich eingesetzt werden können, wo es keine andere Möglichkeit der Substitution von fossilen Energieträgern gibt oder der Einsatz von  $H_2$



chemisch notwendig ist, beispielsweise in der Produktion von Ammoniak mittels des Haber-Bosch-Verfahrens, für das bereits heute der größte Teil des verfügbaren Wasserstoffs verwendet wird (Töpler & Lehmann, 2017, S. 14).

## 2.2 Relevanz der Akzeptanzforschung für die Wasserstoffwirtschaft

Ohne Akzeptanz von innovativen Technologien ist eine erfolgreiche Umsetzung neuer Technologien in der Energiewende nicht möglich (Borg et al., 2018). So gilt auch bei dem Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft der Bereich Akzeptanz als einer der wichtigsten Erfolgsfaktoren (Zimmermann et al., 2021). Laut Umfragen mit Expertinnen und Experten seien eine fehlende Akzeptanz sowie Bedenken bei der Sicherheit im Umgang mit  $H_2$  Hindernisse im Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft (ebd.). Außerdem kann Akzeptanz als Voraussetzung dafür gesehen werden, dass notwendige Investitionen getätigt werden, Unternehmen ihre Produkte für neu entstehende Märkte weiterentwickeln und Unternehmensprozesse für nachhaltige Technologien umgerüstet werden (Zimmermann et al., 2021). Laut des Kompetenzzentrums Klimaschutz in energieintensiven Industrien (KEI) haben nicht alle Unternehmen ihre eigenen Strategien schon auf das Ziel der Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 ausgerichtet. Je mehr Akzeptanz das Ziel und die notwendigen Zwischenschritte finden, desto mehr Ressourcen werden in die Zielerreichung investiert werden (Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien [KEI], 2023, S. 23). Kenntnisse der Treiber und Hürden von Akzeptanz sind also essenziell, um die Dekarbonisierung energieintensiver Industrien zu unterstützen (Gorovoj, 2019). Akzeptanzsteigernde Handlungsempfehlungen können zum einen bei Unternehmen Unsicherheiten bei der Umstellung auf eine Wasserstoffwirtschaft hinsichtlich der Versorgungssicherheit reduzieren. Zum anderen können aus den Handlungsempfehlungen Entwicklungspfade für Unternehmen abgeleitet werden. Dies ist besonders für KMU relevant, welche häufig nicht über genügend Ressourcen zur eigenen Strategie- und Technologieentwicklung verfügen, weniger langfristig planen und wenig Einfluss auf die Entwicklung des zukünftigen Energiemarktes haben (Deimel, 2008).

## 2.3 Drei Ebenen der Akzeptanz

Sowohl in der Literatur als auch in der Alltagssprache wird Akzeptanz häufig als aktive oder passive Zustimmung gegenüber einer bestimmten Technologie, einem Produkt oder einer Policy verstanden (Bertsch et al., 2016; Segreto et al., 2020). Ein spezifischeres Modell zur Beschreibung der Akzeptanz von erneuerbaren Energien haben Wüstenhagen et al. (2007) veröffentlicht. In ihrem Modell beschreiben sie Akzeptanz nicht anhand einer einzelnen Dimension, sondern in einem Dreiklang aus soziopolitischer, lokaler und Marktakzeptanz (Wüstenhagen et al., 2007). Die soziopolitische Akzeptanz umfasst die gesellschaftliche Dimension der Akzeptanz, wie sie zum Beispiel gegenüber politischen Maßnahmen und Entscheidungen aber auch Technologien entgegengebracht oder auch verwehrt wird. Akzeptanz sei allerdings nicht identisch mit der bloßen grundlegenden Zustimmung gegenüber erneuerbaren Energien, da bei konkreten Investments oder Entscheidungen weitere Faktoren einen Einfluss auf die Akzeptanz ausüben (Wüstenhagen et al., 2007). Hier kommt die zweite Dimension der von Wüstenhagen sogenannten lokalen Akzeptanz zum Tragen. Diese meint die spezifische Akzeptanz von lokalen

Stakeholdern gegenüber Entscheidungen wie der Auswahl des konkreten Orts einer Anlage zur Gewinnung von erneuerbaren Energien. Besonders hervorzuheben ist die zeitliche Komponente der lokalen Akzeptanz, die einer U-Kurve folgt, von hoher Akzeptanz zu Beginn, über geringe Akzeptanz während der Ortsauswahl zu wieder hoher Akzeptanz, wenn das Projekt schließlich beendet ist. Zuletzt wird im Rahmen der Marktakzeptanz die Rezeption einer Innovation am Markt berücksichtigt, auch wenn die Marktdiffusion von erneuerbarer Energie aufgrund ihrer Infrastrukturanforderungen komplexer ist als bei anderen Produkten.

Diese Dreidimensionalität wird in der Literatur häufig aufgegriffen und teilweise um weitere Dimensionen ergänzt. Beispielsweise erweitern Gordon et al. (2022) das hauptsächlich auf der Makro- und Mesoebene (soziopolitische Akzeptanz auf der Makroebene und lokale sowie Marktakzeptanz auf der Mesoebene) verortete Akzeptanzdreieck nach Wüstenhagen et al. (2007) durch eine Einstellungs- und eine Handlungsdimension auf der Mikroebene. Diese greifen Elemente klassischer Akzeptanzmodelle wie des Technologieakzeptanzmodells (TAM) (Davis, 1989; Davis et al., 1989) oder der Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003) auf. Auf der Einstellungsdimension beeinflussen die Konstrukte Sicherheit, Zuverlässigkeit, Effizienz und Sauberkeit die Wahrnehmung von H<sub>2</sub> (Gordon et al., 2022). Die Handlungsdimension hingegen stellt das tatsächliche Verhalten von potenziellen Konsumenten in den Mittelpunkt, also ob sie für eine Anwendung der Technologie beispielsweise Änderungen ihres Alltags in Kauf nehmen würden (Gordon et al., 2022).

Das Kopernikus-Projekt (Ausfelder et al., 2021) nutzt das Modell nach Wüstenhagen et al. (2007) zur Untersuchung der Akzeptanz von Power-to-X-Technologien. Das Kopernikus-Projekt ist ein Forschungsprojekt, das darauf abzielt, Technologien zur Herstellung von stofflichen Energiespeichern, Energieträgern und chemischen Produkten mit erneuerbarer Energie zu entwickeln (Ausfelder et al., 2021). Orientiert an den Untersuchungen des Kopernikus-Projekts wird in der vorliegenden Studie das Konzept auf Unternehmensebene übertragen.

Analog dazu soll auf soziopolitischer Ebene der Einfluss der allgemeinen Meinungen der Öffentlichkeit und politischer Rahmenbedingungen auf die Transformation von Unternehmen sowie der Einfluss von intermediären oder politischen Akteurinnen und Akteuren und Branchen oder branchenübergreifenden Netzwerken auf die Akzeptanz untersucht werden. Intermediäre Akteure können hier beispielsweise Medien, Nichtregierungsorganisationen oder Gewerkschaften sein. Auf lokaler Ebene liegt der Fokus auf der Wahrnehmung der Umstellungsprozesse durch Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer. Außerdem soll ermittelt werden, was für Transformationsimpulse auf Unternehmensebene angenommen werden und wie der Umstellungsprozess kommuniziert wird. Auf der Ebene der Marktakzeptanz sollen Gründe ermittelt werden, die aus Perspektive der handelnden Akteurinnen und Akteure für und gegen eine Transformation Richtung Wasserstoffwirtschaft sprechen und welche Motive mit einer solchen Umstellung verbunden sind.

In der Literatur wurden Faktoren identifiziert, die sich positiv auf die H<sub>2</sub>-Akzeptanz auswirken. Diese werden im Folgenden der soziopolitischen, der lokalen und der Marktebene zugeordnet.

### 2.3.1 Soziopolitische Ebene

Die soziopolitische Ebene beschäftigt sich mit der gesellschaftlichen Dimension der Akzeptanz von neuer Technologie wie H<sub>2</sub>. Die Transformation in Deutschland hin zu einer Wasserstoffwirtschaft stellt einen grundlegenden Strukturwandel dar. Dieser wurde politisch durch den Green Deal auf EU-Ebene, das Klimaschutzgesetz der Bundesregierung und die Nationale Wasserstoffstrategie breit verankert. Eine der großen Herausforderungen dieses Strukturwandels ist es, in Deutschland innerhalb kürzester Zeit Klimaneutralität zu erreichen, bei

gleichzeitiger Aufrechterhaltung der Wirtschaftskraft. Um die Klimaneutralität bis 2050 mithilfe des vermehrten Einsatzes von Wasserstoff zu realisieren, ist eine breite Akzeptanz hinsichtlich des Wasserstoffes auf Unternehmensebene elementar. Hierfür müssen diverse Voraussetzungen geschaffen werden. Im Rahmen der vorliegenden Studie werden folgende Faktoren der sozio-politischen Ebene zugeordnet.

### **Verfügbarkeit**

Verfügbarkeit von klimaneutralem H<sub>2</sub> zu Konditionen, die für im internationalen Wettbewerb stehende Branchen tragbar sind, führt zu einer höheren Akzeptanz (Bender, 2023, S. 324). Unternehmen benötigen Zugriff auf große Mengen erneuerbare Energien, die nicht allein inländisch bereitgestellt werden können. So wurden 2015 beispielsweise rund 70 Prozent der Energie importiert (Bundesverband der Deutschen Industrie [BDI], 2018). Um die Abhängigkeit von Importen zu verringern und die Abdeckung erster lokaler Bedarfe zu gewährleisten, muss ein deutlicher Ausbau der inländischen Erzeugungen von erneuerbaren Energien erfolgen, welcher auch von der Bundesregierung vorgesehen ist.

### **Infrastruktur**

Eine Infrastruktur ist für eine erfolgreiche H<sub>2</sub>-Wirtschaft erforderlich. Dies beinhaltet den Transport, aber auch die Lagerung von Wasserstoff. Es lassen sich vorhandene Gasleitungen auf den H<sub>2</sub>-Transport umrüsten, aber es werden auch neue Leitungen und Speicher benötigt (Walther & Witte, 2023, S. 41). Der Aufbau einer neuen und leistungsfähigen H<sub>2</sub>-Infrastruktur stärkt die Akzeptanz. Dieser ermöglicht den Transport großer Mengen H<sub>2</sub> und eine europäische und internationale Anschlussfähigkeit.

### **Politische Rahmenbedingungen**

Politische Rahmenbedingungen beinhalten politische Maßnahmen, die die Umstellung auf Wasserstoff unterstützen. Diese gehen nicht nur mit einer verlässlichen Perspektive für Investitionen einher, sondern können auch für Akzeptanz in Wirtschaft und Gesellschaft sorgen, indem sie volkswirtschaftliche Kosten begrenzen, Arbeitsplätze sichern und gleichzeitig den Klimaschutz vorantreiben (Bender, 2023, S. 323). Wichtig hierbei ist eine möglichst abgestimmte, aktive Zusammenarbeit der einzelnen politischen Akteurinnen und Akteure aus EU, Bund, Land und Kommune, um die passenden Rahmenbedingungen zu setzen und anzuwenden (Zeiss et al., 2023, S. 32).

### **Planungs- und Genehmigungsverfahren**

Einfache Planungs- und Genehmigungsverfahren für den Aufbau einer H<sub>2</sub>-Infrastruktur entlang der gesamten Wertschöpfungskette wirken sich positiv auf die Akzeptanz aus (Schäfer & Ohle, 2023a, S. 91). Auf die hohen genehmigungsrechtlichen Standards für H<sub>2</sub>-Elektrolyseure wird häufig mit Unverständnis reagiert (Schäfer & Ohle, 2023b, S. 101).

### **Vertrauen**

Das Vertrauen in andere Industrieteilnehmerinnen und -teilnehmer und die Politik hat einen positiven Effekt auf die Akzeptanz. Es kann festgestellt werden, dass oftmals das Vertrauen in Industrie und Politik fehlt, ernsthaft auf vollständig grünen H<sub>2</sub> hinsteuern zu wollen (Walther & Witte, 2023, S. 41). Außerdem besteht durch niedriges Vertrauen in die Politik das Risiko, dass Unternehmen die deutsche Wettbewerbssituation schlecht bewerten und schließlich abwandern (Borgnäs et al., 2023, S. 48).

### **gesamtgesellschaftlicher Wissensstand**

Ein hoher gesamtgesellschaftlicher Wissensstand bezüglich der Thematik hat einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz, dieser ist jedoch zurzeit niedrig. Es ist wenig Wissen vorhanden zu den verschiedenen Technologiepfaden, dem Reifegrad von Technologien, Energiebedarfen und Energieformen, Transformations szenarien und möglichen alternativen Pfaden, aber auch zu Kosten, Innovations- und Investitionszeiträumen (Walther & Witte, 2023, S. 40).

### **2.3.2 Lokale Ebene**

Die lokale Ebene beschäftigt sich mit der spezifischen Akzeptanz von lokalen Stakeholdern. In bisherigen Studien wurde auf dieser Ebene insbesondere die Wahrnehmung der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bezüglich der Transformation hin zu Wasserstoff untersucht. Laut des KEI haben Beschäftigte eine Schlüsselrolle in der Transformation zur Klimaneutralität. Einerseits seien sie Betroffene, wenn Unternehmen ihre Produkte und Produktionsprozesse anpassen müssen, um in einer klimaneutralen Welt wettbewerbsfähig sein zu können. Andererseits seien es ihre Fähigkeiten und ihr Einsatz, der den Unternehmen erfolgreiches Wirtschaften erst ermöglicht (KEI, 2023; Zeiss et al., 2023, S. 32). Eine hier relevante Größe ist die Beschäftigten-Akzeptanz gegenüber der Transformation. Die Akzeptanz auf lokaler Ebene kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden. In aktuellen Studien werden folgende Faktoren als relevant beschrieben.

#### **Entwicklung von Arbeitsplätzen**

Eine (qualitative) Entwicklung von Arbeitsplätzen wirkt sich positiv auf die Akzeptanz unter Mitarbeitenden aus. Für den Erhalt oder sogar Zuwachs dieser sind Transformationsschritte in den Unternehmen erforderlich (Borgnäs et al., 2023, S. 48).

#### **Mitbestimmungsstrukturen**

Mitbestimmungsstrukturen in Unternehmen haben einen positiven Einfluss auf die Akzeptanz. Diese sind relevant für die Beschäftigten-Akzeptanz, da in diesen Strukturen die verschiedenen Interessen in Unternehmen verhandelt und viele konkrete Transformationsentscheidungen getroffen werden (Borgnäs et al., 2023, S. 48).

#### **Teilhabe der Mitarbeitenden**

Durch die Teilhabe der Mitarbeitenden ist das Aushandeln von konkreten Themen aufgrund der Vorkenntnisse und Zugehörigkeit nicht nur prinzipiell effizienter, sondern kann auch zu mehr Zufriedenheit und Zustimmung durch Selbstwirksamkeit im Unternehmen führen sowie darüber hinaus auch Offenheit für Veränderung im Allgemeinen schaffen (Borgnäs et al., 2023, S. 48).

#### **Informationen**

Ausreichende Informationen über die Technologie verbessern die Akzeptanz. Diese müssen den Mitarbeitenden zur Verfügung stehen, um Faktoren wie Selbstwirksamkeit, politisches Vertrauen und Offenheit für Veränderungen zu schaffen (Borgnäs et al., 2023, S. 53).

#### **Konsequenzen für die eigene Lebenswelt**

Die Akzeptanz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer ist eng mit wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen der Transformation auf ihre persönliche Situation verbunden. Die Akzeptanz sinkt, wenn eine Transformation mit negativen Konsequenzen für die eigene Lebenswelt einhergeht, was schlimmstenfalls eine mögliche Schließung des Unternehmens oder drohende Arbeitslosigkeit sein kann. Wichtig hier ist es, neue Perspektiven für Beschäftigte zu schaffen (Borgnäs et al., 2023)

### **Nachhaltigkeitsvereinbarungen**

Nachhaltigkeitsvereinbarungen führen zu mehr Akzeptanz unter Mitarbeitenden, da diese Vertrauen in das Unternehmen schaffen können. Wenn in Unternehmen nachhaltiges Handeln, Klima- und Umweltschutz schon im Fokus stehen und so die Nachhaltigkeitserklärung, in der sich das Unternehmen dem Schutz der Umwelt verpflichtet, unterschrieben wird, trägt auch dies zur Akzeptanz bei (Armbrecht et al., 2023, S. 283).

### **Gefährdungspotenzial**

Ängste von Mitarbeitenden und in der Bevölkerung bezüglich des Gefährdungspotenzials durch die vermeintlich höhere Explosionsgefahr von H<sub>2</sub> beeinflussen die Akzeptanz negativ (Armbrecht et al., 2023, S. 281).

### **Kommunikation und Netzwerken**

Schließlich ist für das gesamte Unternehmen die Stärkung von externer Kommunikation und Netzwerken relevant. Dies wird ebenfalls als entscheidender Erfolgsfaktor gesehen, allen voran der Bedarf regionaler Kooperationen sowie eine gemeinsame Stärkung des Themas (Zimmermann et al., 2021). Netzwerke können positive Einstellungen verbreiten (Mohaupt et al., 2018).

## **2.3.3 Marktebene**

Während bei der lokalen Ebene die Unternehmen individuell betrachtet werden, liegt der Fokus hier auf dem gesamten Markt. Auf der Marktebene wird die Rezeption einer Innovation am Markt berücksichtigt, dabei spiegelt die Akzeptanz Kauf- und Investitionsentscheidungen wider (Wüstenhagen et al., 2007). In der Literatur werden in diesem Zusammenhang verschiedene Aspekte beschrieben, die in der vorliegenden Studie der Marktebene zugeordnet werden.

### **Wirtschaftlichkeit**

Für Unternehmen steht oftmals die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. So ist Rentabilität ein wichtiger Akzeptanzfaktor (Ausfelder et al., 2021). Einen der relevantesten Einflüsse hat hier der Kostenfaktor.

### **Politische Rahmenbedingungen auf dem Markt**

Der Einsatz von Wasserstoff trifft aufgrund seiner momentan noch hohen Kosten auf Zurückhaltung. Auch die hohen Energie- und damit hohen Herstellungs- und Bezugskosten für grünen Wasserstoff tragen dazu bei. Untersuchungen zeigen, dass die Kosten für Unternehmen eines der zentralen Entscheidungskriterien bei H<sub>2</sub>-Anwendungsfällen darstellen (Hochschule Heilbronn & Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 2022). Dabei sind neben den Investitionskosten für die Anschaffung der benötigten Technologien auch Kosten für die Versorgungsinfrastruktur (z. B. H<sub>2</sub>-Speicher) und die Betriebs- inklusive Wartungskosten zu berücksichtigen. Bei Investitions- und Betriebskosten werden Förderoptionen als relevant eingeschätzt (Ausfelder et al., 2021). Aufgrund der vergleichsweise aufwendigeren Herstellung und ihrer (noch) Nischenposition im Energiemarkt sind Wasserstofftechnologien noch deutlich teurer als ihre auf fossilen Brennstoffen basierenden Pendanten und daher wenig verbreitet (Hochschule Heilbronn & Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, 2022).

### **Planungssicherheit**

Politische Rahmenbedingungen auf dem Markt sind auch bei Investitions- und Betriebskosten von hoher Bedeutung für die Akzeptanz (Ausfelder et al., 2021). Regelungen sollten vorhersehbar, stabil und kohärent sein, um Planungssicherheit zu schaffen und Risiken zu verringern (Doner, 2007).

### **Wettbewerbsfähigkeit**

Eine bestehende Planungssicherheit verbessert die Akzeptanz. Eine zuverlässige strategische Ausrichtung der Politik und regulatorische Rahmenbedingungen garantieren während des Markthochlaufs von Wasserstoff einen frühen wirtschaftlichen Einsatz von H<sub>2</sub> und geben so Planungssicherheit (Zimmermann et al., 2021). Außerdem ist Planungssicherheit die Voraussetzung für Investitionen. Unternehmen, die im internationalen Wettbewerb bestehen müssen, können sich keine Fehlinvestitionen aufgrund ständig wechselnder Rahmenbedingungen und politischer Zielvorgaben leisten. Dies gilt ebenso für lang andauernde Genehmigungsverfahren und Bewilligungen von Fördergeldern (Armbrecht et al., 2023, S. 282).

### **Entscheidungsspielraums**

Eine zentrale Voraussetzung für eine Transformation hin zu Wasserstoff ist bei Unternehmen der Erhalt der (internationalen) Wettbewerbsfähigkeit. Langfristige Wettbewerbsvorteile durch saubere Technologien gegenüber fossilen Energieträgern durch CO<sub>2</sub>-Bepreisung können Anreize zu frühen Investitionen geben (Doner, 2007).

### **Entscheidungsspielraums**

Die Gewährung eines Entscheidungsspielraums für alle Stakeholderinnen und Stakeholder stärkt die Akzeptanz. So kann eine Alternativlosigkeit verhindert werden (Borgnäs et al., 2023, S. 51).

### **Diversifizierung**

Zum Verhindern einer Alternativlosigkeit ist eine Diversifizierung relevant. Eine Diversifizierung bezogen auf die H<sub>2</sub>-Versorgung und die Umsetzung von Alternativen zur Nutzung von H<sub>2</sub> in Sektoren oder einzelnen Standorten stärkt die Akzeptanz. Für die H<sub>2</sub>-Versorgung heißt das: Es müssen möglichst viele Alternativpfade der H<sub>2</sub>-Bereitstellung umgesetzt werden (Andreas, 2023, S. 171).

### **Image- und Interessenwahrung**

Image- und Interessenwahrung können Akzeptanz steigern. Wenn im Zuge der Bemühungen zur Einführung einer Technologie immer mehr große Unternehmen als erkennbare Akteurinnen und Akteure auftreten, kann das unter Umständen ihr Image verbessern und ein grünes, umweltbewusstes Bild des Unternehmens an die Bevölkerung vermitteln (Canzler & Deibel, 2011).

Die Übertragung des Akzeptanzdreiecks nach Wüstenhagen et al. (2007) auf die Akzeptanz von Wasserstoffanwendungen erfolgt basierend auf dem Kopernikus-Projekt (Ausfelder et al., 2021). Akzeptanzfaktoren konnten primär aus Beiträgen des Sammelbandes »Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien« des KEIs entnommen werden (KEI, 2023). Insgesamt lässt sich dennoch feststellen, dass es besonders im Bereich Wasserstoff und Akzeptanz von Wasserstoff auf Unternehmensebene noch an Forschung bedarf. Um die genannten Faktoren zu validieren und zu ergänzen, wurden eine Online-Umfrage, Expertinnen- und Experteninterviews und ein Expertinnen- und Expertenworkshop durchgeführt. Ergänzt werden die Faktoren durch Handlungsempfehlungen zur Akzeptanzsteigerung auf Unternehmensebene.

## 3. Ergebnisse

---

Nach den theoretischen Vorüberlegungen in Kapitel 2 werden im Folgenden die durchgeführten Untersuchungen mit ihren Ergebnissen dargestellt. Diese umfassen eine schriftliche Umfrage, Interviews mit Expertinnen und Experten und einen anschließenden Validierungsworkshop.

### 3.1 Schriftliche Umfrage

Ziel der schriftlichen Umfrage war es, einen Einblick in die H<sub>2</sub>-Akzeptanz in der Region Heilbronn-Franken zu gewinnen. Zunächst wurde eine standardisierte Datenerhebung mittels Online-Fragebogen durchgeführt. Hierzu wurden regionale Veranstaltungen und Netzwerke genutzt, um Unternehmen persönlich oder per E-Mail zur Teilnahme an der Umfrage einzuladen. Dieser Einladung kamen insgesamt 51 Personen nach, wovon 17 den Fragebogen vollständig ausfüllten. Die meisten der Antwortenden verordnen sich am ehesten im Bereich der Dienstleistungen, gefolgt von Industrie/verarbeitendem Gewerbe, Transport/Verkehr und der Baubranche. Der Fragebogen bestand aus insgesamt 47 Fragen, gegliedert in 9 Frageblöcken. Im Folgenden werden die Ergebnisse skizziert.

#### 3.1.1 Beschreibung der Ergebnisse

Die deskriptive Auswertung der Umfrageergebnisse zeigt insgesamt eine relativ hohe Einigkeit der Teilnehmerinnen und Teilnehmer bei angegebenen Meinungen und Hürden. Es wird deutlich, dass die befragten Personen ein sehr positives Bild von Wasserstoff haben. Gefragt nach der grundsätzlichen Meinung zu Wasserstoff antworteten 12 Personen mit »sehr positiv« und 10 mit »eher positiv«. Lediglich jeweils eine Person entschied sich für die Möglichkeit »neutral« und »eher negativ« (Abbildung 3). Ähnlich positiv bewerten die Befragten die Nützlichkeit von Wasserstoff in ihrem Unternehmen, wobei 17 von 24 Befragten angaben, dass es für das jeweilige Unternehmen vorstellbar sei, Wasserstoff zu verwenden (Abbildung 4). Eine tatsächliche konkrete Verwendung planen allerdings nur 3 von 24 Personen.



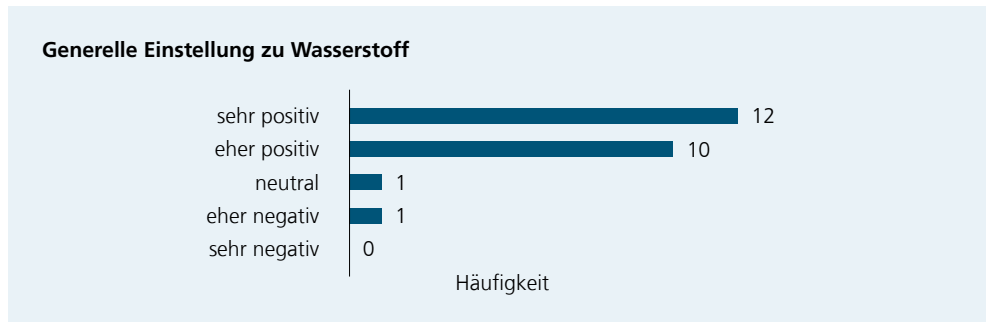


Abbildung 3: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Haben Sie ganz grundsätzlich ein eher positives oder eher negatives Bild von Wasserstoff?«; N = 24

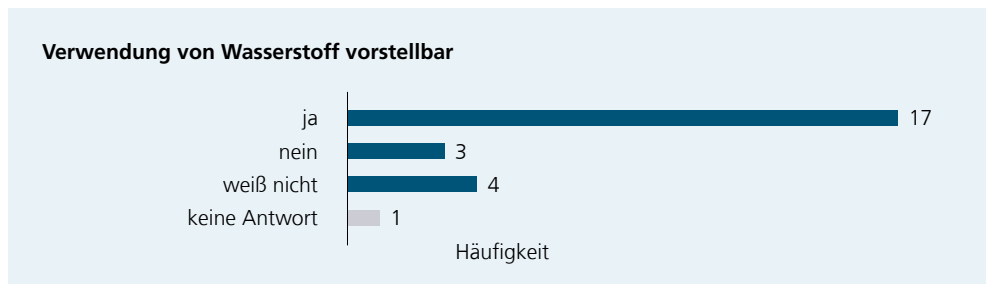


Abbildung 4: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Wäre für Ihr Unternehmen die Verwendung von Wasserstoff in einem oder mehreren Bereichen grundsätzlich vorstellbar?«; N = 24

Die Wichtigkeit von Wasserstoff als Energieträger innerhalb der nächsten 10 Jahre wird von den Befragten in industriellen Prozessen, Mobilität/Logistik, der allgemeinen Energieversorgung und der Energiespeicherung durchweg hoch eingeschätzt (Abbildung 5). Lediglich die allgemeine Energieversorgung wird etwas weniger, allerdings noch immer als überwiegend wichtig eingeschätzt. Beim Thema des Informationsstandes zu Wasserstoff im Unternehmen zeigt sich ein ambivalenteres Bild. Auf die Frage, ob sich bereits über die Möglichkeiten und Hürden von Wasserstoff als Energieträger informiert wurde, antworteten 9 Befragte mit »Nein« und 10 mit »Ja« (Abbildung 6). Gleichzeitig schätzen die meisten Teilnehmenden den Wissensstand zu Wasserstoff im eigenen Unternehmen als eher gering ein (Abbildung 7).

**Vermutete Wichtigkeit in 10 Jahren nach Bereich**

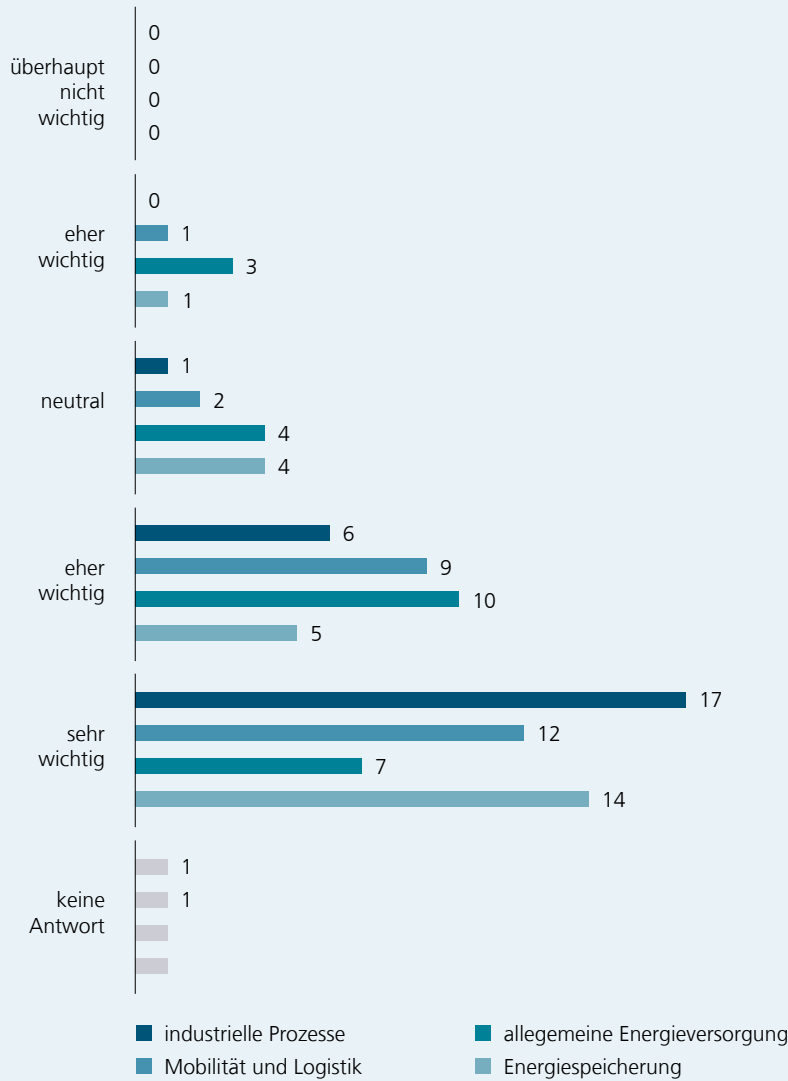


Abbildung 5: Verteilungen der Antworten bei der Frage nach der Wichtigkeit von Wasserstoff in verschiedenen Bereichen (0 für überhaupt nicht wichtig, 4 für sehr wichtig); N = 25

**Über Wasserstoff informiert**

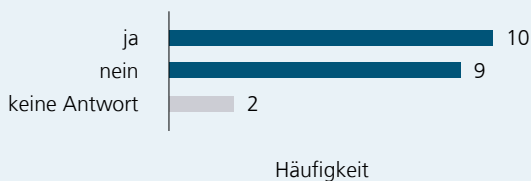


Abbildung 6: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Haben Sie sich bereits über die Möglichkeiten und Hürden von Wasserstoff als Energieträger informiert?«; N = 22

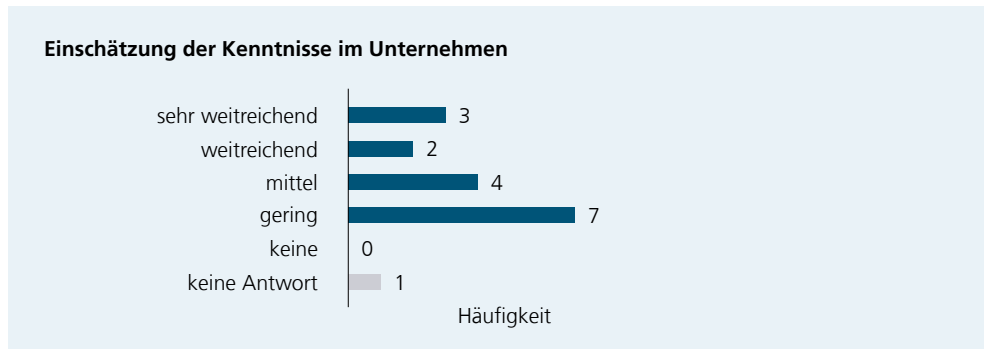


Abbildung 7: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Wie schätzen Sie die Kenntnisse von und das Fachwissen zu Wasserstoff in Ihrem Unternehmen ein? (1 Keine Kenntnisse – 5 Sehr weitreichende Kenntnisse)«; N = 17

Neben insgesamt hoher wahrgenommener Relevanz und Nützlichkeit von Wasserstoff als Energieträger wurde in insgesamt drei Fragen die Zufriedenheit mit den politischen Gegebenheiten (Abbildung 10), den Marktumständen (Abbildung 9) und der Infrastruktur (Abbildung 8) zur Umstellung auf Wasserstoff ermittelt. Diese fällt in allen Bereichen eher negativ aus. So sind die meisten Befragten der Meinung, die öffentliche Infrastruktur sei zur Umstellung nicht ausreichend ausgebaut und der gesetzte politische Rahmen erschwere den Umstieg auf Wasserstoff. Geringfügig positiver, aber dennoch eher negativ fällt die Bewertung der bereits am Markt befindlichen Lösungen zum Umstieg aus. Außerdem wurden die erwarteten Kosten des Umstiegs auf Wasserstoff und die damit verbundenen wirtschaftlichen Erwartungen erhoben. Demnach gaben die Befragten an, dass sie mit einer eher hohen initialen Kostenbelastung durch den Umstieg rechnen (Abbildung 11), waren sich allerdings uneins, ob durch den laufenden Betrieb nach der Umstellung hohe Kosten zu erwarten seien (Abbildung 12). Einig waren sich die Befragten wiederum bei der Erwartung, dass sich die Investition in Wasserstoff bereits zeitnah finanziell rentieren sollte (Abbildung 13). Die Mehrzahl der Befragten sieht dabei eine Verwirklichung von Wettbewerbsvorteilen durch H<sub>2</sub>-Anwendungen als wahrscheinlich an (Abbildung 14), was ebenfalls für eine große Zuversicht gegenüber den zukünftigen Chancen der Technologie spricht.

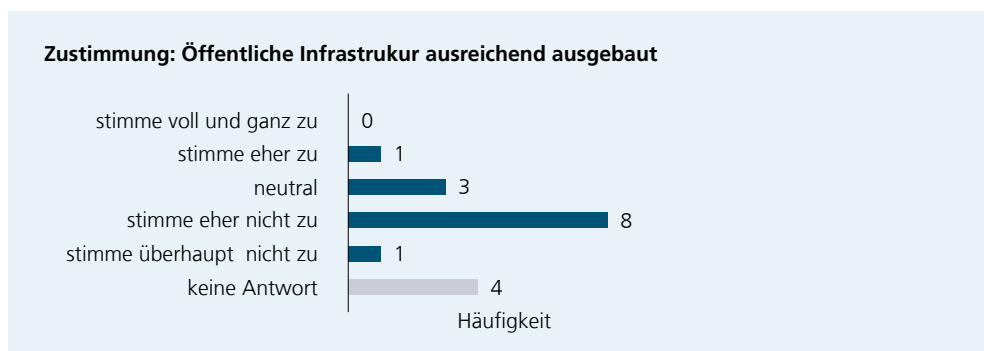


Abbildung 8: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Inwiefern stimmen Sie der Aussage zu, die öffentliche Infrastruktur sei für eine potenzielle Umstellung Ihres Unternehmens ausreichend ausgebaut? (1 Stimme überhaupt nicht zu – 5 Stimme voll und ganz zu)«; N = 17

**Zustimmung: Markt bietet genügend Lösungen zur Umstellung an**

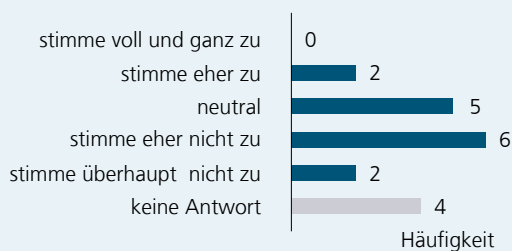


Abbildung 9: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Inwiefern stimmen Sie der Aussage zu, der Markt biete für eine potenzielle Umstellung Ihres Unternehmens auf Wasserstoff genügend Lösungen an? (1 Stimme überhaupt nicht zu – 5 Stimme voll und ganz zu)«; N = 19

**Zustimmung: Politischer Rahmen erschwert Umstieg**

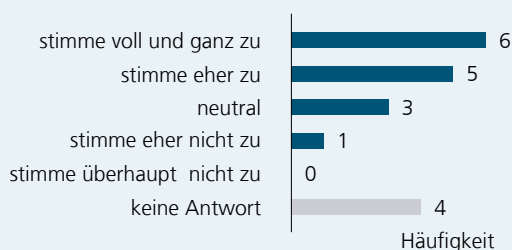


Abbildung 10: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Inwiefern stimmen Sie der Aussage zu, der gesetzte politische Rahmen mache den Umstieg auf Wasserstoff schwierig? (1 Stimme überhaupt nicht zu – 5 Stimme voll und ganz zu)«; N = 19

**Einschätzung der Kosten des Umstiegs**

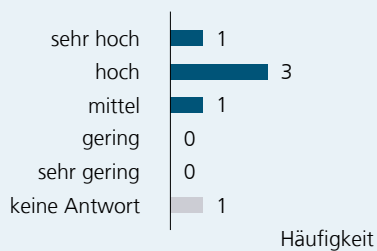


Abbildung 11: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Wie hoch erwarten Sie die Kosten allein für die Umstellung (ungeachtet der späteren Betriebskosten) auf Wasserstoff? (1 Sehr gering – 5 Sehr hoch)«; N = 6

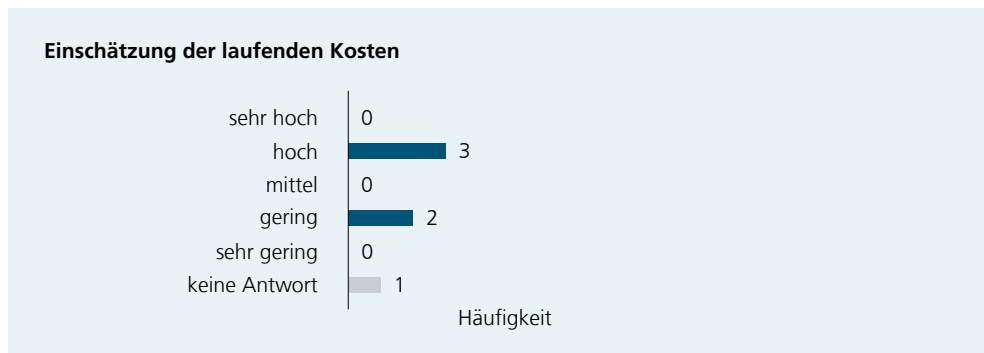


Abbildung 12: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Wie hoch erwarten Sie die laufenden Kosten für den Betrieb mit Wasserstoff? (1 Sehr gering - 5 Sehr hoch)«; N = 6

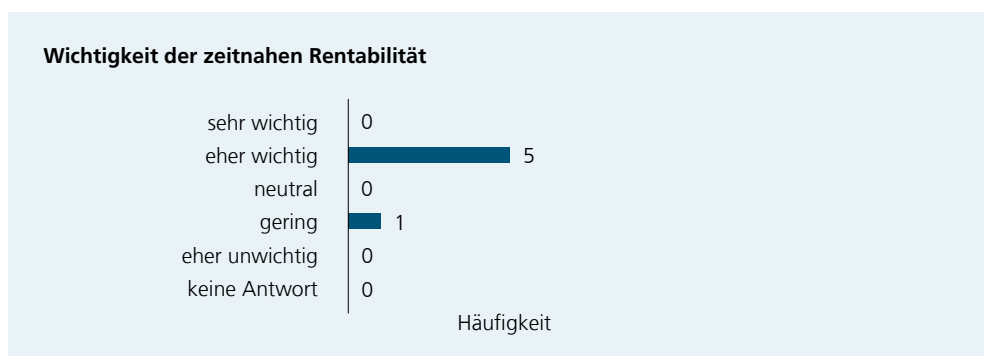


Abbildung 13: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Wie wichtig ist/wäre Ihnen, dass sich die Investition in Wasserstoff bereits zeitnah finanziell rentiert? (1 Sehr unwichtig - 5 Sehr wichtig)«; N = 6

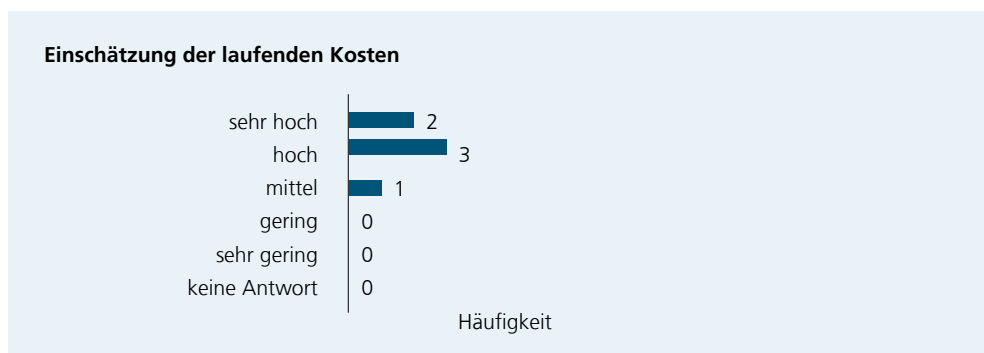


Abbildung 14: Antworthäufigkeiten auf die Frage »Als wie wahrscheinlich schätzen Sie mittelfristig eine Verwirklichung von Wettbewerbsvorteilen gegenüber Konkurrenten ein, die keinen Wasserstoff nutzen? (1 Sehr unwahrscheinlich - 5 Sehr wahrscheinlich)«; N = 6

In fünf weiteren Fragen wurden die Teilnehmenden gebeten, zu bewerten, inwiefern sie die aktuell nötigen Schritte und zukünftigen Entwicklungen der Umstellung auf Wasserstoff einschätzen können. Dabei äußerten die meisten Befragten deutliche Unsicherheiten. Im Schnitt können die Befragten der Stichprobe laut eigener Aussage die künftige Kostenentwicklung von Wasserstoff am wenigsten einschätzen, gefolgt von der Entwicklung der politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen. Nur unwesentlich besser abschätzbar empfinden die Teilnehmenden die aktuellen Anbieter und Nachfrager am Markt, die nötigen Schritte zum Umstieg auf Wasserstoff sowie die zukünftige Entwicklung von dessen Verfügbarkeit.

### Wahrgenommene Einschätzbarkeit verschiedener Themen

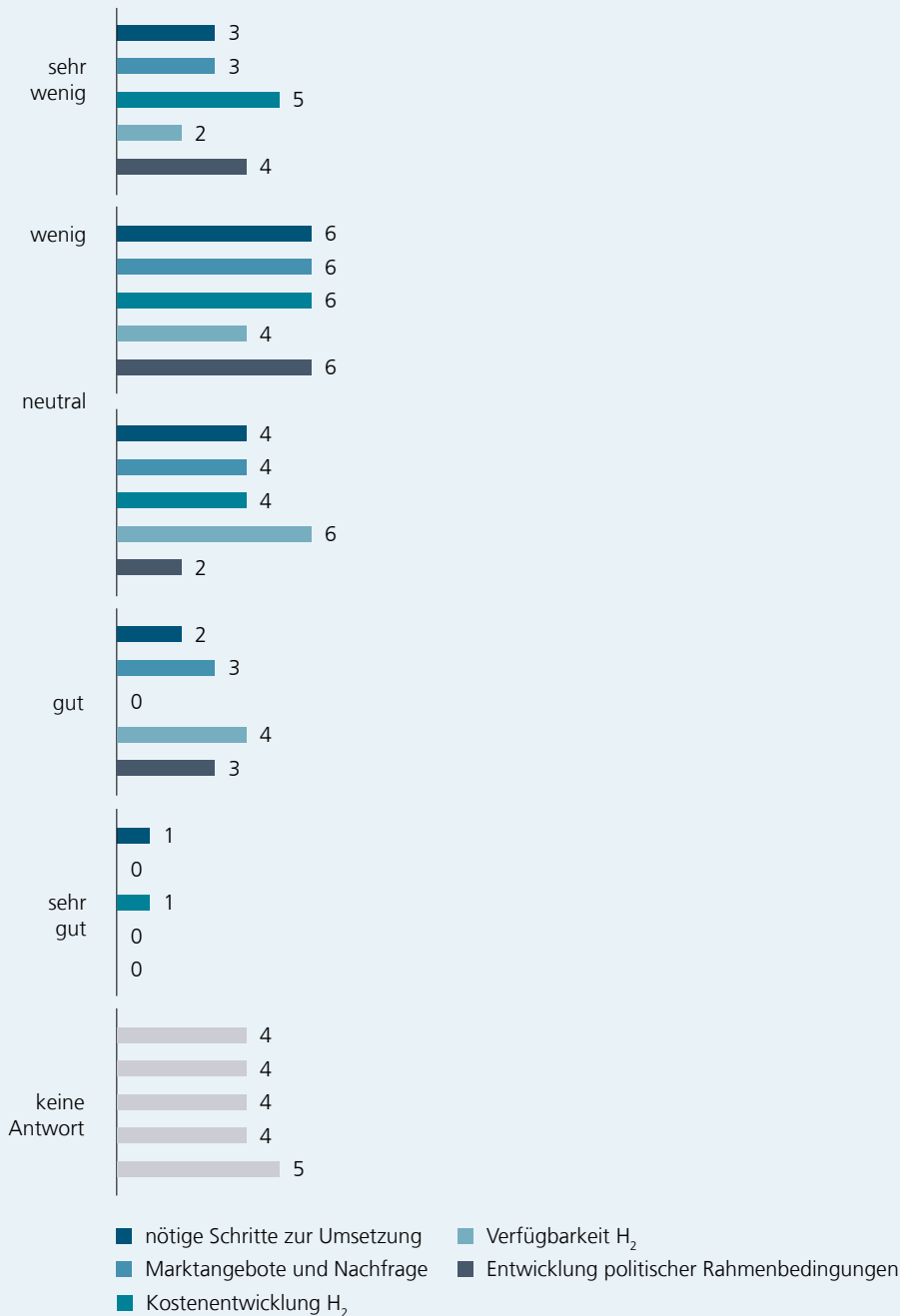


Abbildung 15: Verteilungen der Antworten bei der Frage nach der wahrgenommenen Einschätzbarkeit von verschiedenen Themen (1 für sehr wenig, 5 für sehr gut einschätzbar); N = 20

Insgesamt zeigt sich eine positive Einschätzung und eine hohe wahrgenommene Relevanz von Wasserstoff, allerdings werden die äußeren Rahmenbedingungen zum Umstieg überwiegend negativ bewertet. Dazu kommen hohe erwartete Kosten für die Umstellung bei gleichzeitigem Wunsch nach einer bereits zeitnahen Amortisation. Darüber hinaus äußern die Befragten eine relativ große Unsicherheit über aktuell nötige Schritte zur Umstellung und über zukünftige Entwicklungen nach einer potenziellen Umstellung. Soll H<sub>2</sub> tatsächlich in der Breite der Wirtschafts- und Industrielandschaft ankommen, gilt es Wege aufzuzeigen, diese Vorbehalte und Unsicherheiten abzubauen. Steigt die Akzeptanz und damit die Nachfrage nach H<sub>2</sub>-Anwendungen weiter an, liegt es vor allem bei der Politik, für Planungssicherheit und einen unkomplizierten Zugang zu Förderungen zu sorgen, um die genannten Hürden abzubauen.

## 3.2 Interviews

Um zusätzlich zu der breiten Akzeptanzlage spezifische Akzeptanzfaktoren identifizieren zu können, wurden im Zeitraum vom 03.04.2023 bis zum 11.05.2023 insgesamt 10 semi-strukturierte Expertinnen- und Experteninterviews geführt. Die Interviews wurden online per MS-Teams durchgeführt und dauerten jeweils ca. 60 Minuten. Anschließend wurden die Gespräche vollständig transkribiert. Als Expertinnen und Experten wurden beratend, forschend oder unternehmerisch tätige Personen aus dem mittleren bis oberen Management mit inhaltlichem Bezug zum Thema Wasserstoff oder erneuerbaren Energien ausgewählt. Um auf organisatorische Unterschiede zwischen Unternehmen und Forschungsinstitutionen einzugehen, wurde der Interviewleitfaden in einen standardisierten Anteil und einen an die Organisationsform angepassten Anteil gegliedert. Je nach Organisationsform einer befragten Person wurde die passende Leitfadenversion verwendet. Zur Erstellung der Leitfäden wurden die genannten Dimensionen des Akzeptanzbegriffs nach Wüstenhagen et al. (2007) zur Orientierung herangezogen. Entsprechend wurden die Fragen entlang der soziopolitischen, lokalen und Marktakzeptanz-Ebene formuliert. Ergänzend wurden außerdem Fragen zu Qualifizierungsbedarfen gestellt. Die Leitfäden bestehen aus insgesamt 14 bzw. 15 Fragen.

Für die Auswertung der durch die Expertinnen- und Expertengespräche erhobenen Daten wurde eine qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (1994) durchgeführt. Das Interviewmaterial wurde dafür zunächst zusammenfassend und anschließend strukturiert analysiert, um ein Kategoriensystem ableiten zu können. Die Kategorien entsprechen hier den Akzeptanzfaktoren, die Überkategorien zugeordnet wurden. Diese wurden, analog zur Strukturierung der aus der Literatur abgeleiteten Akzeptanzfaktoren, auf das Modell nach Wüstenhagen et al. (2007) angewendet und der soziopolitischen, lokalen und Marktebene zugeordnet.

### 3.2.1 Beschreibung der Ergebnisse

Basierend auf der Analyse der Expertinnen- und Expertengespräche ergibt sich folgende Übersicht der Akzeptanzfaktoren (Tabelle 1). Die Einflüsse und deren Richtung basieren auf den Aussagen der Expertinnen und Experten. Ein Effekt in die entgegengesetzte Richtung ist häufig intuitiv denkbar, konnte jedoch nicht aus den Interviews abgeleitet werden. Zusätzlich zu den Einflüssen werden die zentralen Aussagen der Expertinnen und Experten wiedergegeben.



Tabelle 1: Akzeptanzfaktoren von Wasserstoff auf der Marktebene

Überkategorie	Akzeptanzfaktor	Kurze Zusammenfassung der Expertinnen und Experten-Aussagen	Positiver Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz	Negativer Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz
Kontextfaktoren	Politischer Rahmen	Starke Unzufriedenheit mit Maßnahmen politischer Akteurinnen und Akteure zum Ausbau erneuerbarer Energien; zu wenig Maßnahmen		Die Unzufriedenheit mit dem politischen Rahmen kann einen negativen Einfluss haben
	Herkunft H <sub>2</sub>	Von Kunden- und Mitarbeitendenseite kritische Rückfragen hinsichtlich Herkunft von Wasserstoff; Regionalität wichtig	Wenn H <sub>2</sub> aus der Region kommt, kann dies einen positiven Einfluss haben	
	H <sub>2</sub> -Infrastruktur	Infrastruktur notwendig, um Wasserstoff zu den Anlagen der interessierten Unternehmen zu bringen		Die aktuell nicht genügend ausgebaute H <sub>2</sub> -Infrastruktur kann einen negativen Einfluss haben
	Verfügbarkeit H <sub>2</sub>	Zurzeit nicht genug H <sub>2</sub> für eine Umstellung verfügbar, eine zukünftige Verfügbarkeit würde die Nachfrage verändern		Die aktuell nicht ausreichende H <sub>2</sub> -Verfügbarkeit kann einen negativen Einfluss haben
	Bedarfsorientierter Einsatz	Wichtig, dass der Fokus nicht allein auf Wasserstoff liegt, Bedingungen, in denen Alternativen wie Elektrifizierung passender sein könnten, Kombination von verschiedenen Alternativen sinnvoll	Der bedarfsorientierte Einsatz kann die Akzeptanz stärken	
Formelle Hürden	Verfügbarkeit von Förderungen	Nicht immer leicht, in Förderprogramme zu kommen, für kleine und mittelständige Unternehmen schwieriger		Unzureichende Verfügbarkeit von Förderungen kann einen negativen Einfluss haben
	Übersichtlichkeit der Förderungen	Förderungen sehr aufwendig, unübersichtlich und der bürokratische Aufwand deutlich zu hoch; führt zu Frustration, da Mittel zum Handeln fehlen		Unübersichtliche Förderprogramme können einen negativen Einfluss haben
	Zertifizierung	Zertifizierungsmaßnahmen sehr demotivierend, Zertifizierungen zu langwierig		Langwierige und teure Zertifizierungen können einen negativen Einfluss haben
	Zeitaufwand	Zeitaufwand für Genehmigungsverfahren und Förderungen zu hoch; regionale Unterschiede; Unternehmen fordern deutlich schnellere Umsetzung, aber Prüfungsgesellschaften an gesetzliche Vorgaben gebunden		Der hohe Zeitaufwand kann einen negativen Einfluss haben

Über- kategorie	Akzeptanz- faktor	Kurze Zusammenfassung der Expertinnen und Experten-Aussagen	Positiver Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz	Negativer Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz
<b>Unsicherheit</b>	Politischer Rahmen	Politik gibt verschiedene Signale hinsichtlich Entwicklung von Wasserstoff; keine Klarheiten über verschiedene Gesetze und Verordnungen		Eine Unsicherheit bezüglich des politischen Rahmens kann einen negativen Einfluss haben
	Kostenent- wicklung	Keine festen Annahmen zu zukünftigen Kosten von H <sub>2</sub> möglich; Unsicherheit bezüglich Kosten, die man im Vorhinein für Investitionen tätigen muss für Unternehmen meist größer als mögliche Kosteneinsparungen durch Umstellungen		Eine Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Kostenentwicklung von H <sub>2</sub> kann einen negativen Einfluss haben
	Einschätzung Verfügbarkeit	Keine festen Annahmen zu Verfügbarkeiten von H <sub>2</sub> möglich; Vermutung, dass es zusätzlich zu einer geringen Menge an H <sub>2</sub> eine ungleiche Verteilung an unterschiedliche Branchen geben wird		Eine Unsicherheit bezüglich der zukünftigen Verfügbarkeit von H <sub>2</sub> kann einen negativen Einfluss haben
	Wahr- genommene Sicherheit	Unsicher, wie explosiv H <sub>2</sub> ist; Sicherheitsüberprüfungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette notwendig		Eine Unsicherheit, wie explosiv H <sub>2</sub> ist, kann einen negativen Einfluss haben

Tabelle 2: Akzeptanzfaktoren von Wasserstoff auf der lokalen Ebene

Überkategorie	Akzeptanzfaktor	Kurze Zusammenfassung der Expertinnen und Experten-Aussagen	Positiver Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz	Negativer Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz
Unternehmenscharakteristika	Größe	Größere Unternehmen können die Transformation leichter schaffen, können sie sich finanziell leisten; in großen Unternehmen scheint Transformation in Unternehmensstrategie verankert zu sein, während bei mittelständischen Unternehmen eine Umstellung zu H <sub>2</sub> abhängig von den Einstellungen der Geschäftsführung zu sein scheint	Bei großen Unternehmen kann eine Transformation besser gelingen, was einen positiven Einfluss haben kann	
	Finanzielle Situation	Für kleine Unternehmen ist eine Transformation finanziell oftmals nicht leistbar		Wenige finanzielle Möglichkeiten können einen negativen Einfluss haben
	Zahlungsbereitschaft	Abhängig von der Unternehmensgröße und der Stellung des Unternehmens auf dem Markt; Zahlungsbereitschaft für H <sub>2</sub> steigt bei Betrachtung der Preisentwicklung der CO <sub>2</sub> -Zertifikate	Eine höhere Zahlungsbereitschaft kann einen positiven Effekt auf die Akzeptanz haben	
	Kapazitäten	Es fehlt oftmals an Kapazitäten, um sich zusätzlich um das Thema Klimaschutz und Klimaneutralität zu kümmern; Personal-, Kompetenz- und Motivationsmangel		Mangelnde Kapazitäten können einen negativen Einfluss haben
	Energiebedarf	Mit höherem Energiebedarf wächst das Interesse an H <sub>2</sub>	Ein höherer Energiebedarf kann einen positiven Einfluss auf Akzeptanz haben	

Über-kategorie	Akzeptanz-faktor	Kurze Zusammenfassung der Expertinnen und Experten-Aussagen	Positiver Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz	Negativer Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz
<b>Eigenmotivation der Unternehmen</b>	Klimaschutz-ziele	Klimaneutralität, CO <sub>2</sub> -Neutralität und Dekarbonisierung als wichtiger Treiber für Unternehmen; unternehmensinterne Ziele zu Klimaneutralität und Nachhaltigkeits-ziele; Klimaschutzgedanke in Deutschland stark verankert	Definierte Klimaschutz-ziele können einen positiven Effekt auf Akzeptanz haben	
	Klimaschutz-Bewusstsein	Bewusstsein für das Thema Klimaschutz abhängig von den Arbeitsbereichen in Unternehmen; Bewusstsein für das Thema Klimaschutz hat in den letzten Jahren stark zugenommen, mittlerweile vorhanden	Das Bewusstsein für das Thema Klimaschutz kann einen positiven Effekt auf Akzeptanz haben	
	Sicherung der Arbeitsplätze	Durch die Transformation der Unternehmen sehen Mitarbeitende die Sicherung der Arbeitsplätze	Sicherung von Arbeits-plätzen kann einen positiven Effekt haben	
	Wunsch nach Autarkie	Unabhängigkeit von Erdgas	Der Wunsch nach Energieautarkie kann einen positiven Einfluss haben	
	Technologie-offenheit	In Zeiten starker Dynamik ist Technologie-offenheit in der Transformation wichtig, Fokus auf eine Technologie versperrt zukünftige Möglichkeiten	Technologieoffenheit kann einen positiven Einfluss haben	
<b>Wissen</b>	Kenntnisse	Bedenken hängen mit mangelnden Kennt-nissen zusammen; Skepsis hinsichtlich Wissens zu einer neuen Technologie wie H <sub>2</sub> ; Unternehmen wissen oftmals nicht, welche Umstellungsmaßnahmen möglich sind		Mangelnde Kenntnisse können einen negativen Einfluss haben
	Erfahrungen	Mangelnde Erfahrung als Entscheidung gegen eine Transformation		Mangelnde Erfahrungen können einen negativen Einfluss haben
	Bekanntheit	Mangelnde Bekanntheit von H <sub>2</sub> als ein Grund für eine geringere Beliebtheit		Mangelnde Bekanntheit kann einen negativen Einfluss haben

Tabelle 3: Akzeptanzfaktoren von Wasserstoff auf der soziopolitischen Ebene

Überkategorie	Akzeptanzfaktor	Kurze Zusammenfassung der Expertinnen und Experten-Aussagen	Positiver Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz	Negativer Einfluss auf H <sub>2</sub> -Akzeptanz
Ökonomischer Mehrwert	Wirtschaftlichkeit	Ohne Wirtschaftlichkeit keine Umsetzung der Transformation; Umstellung sehr teuer, muss sich rentieren		Wenn sich die Umstellung nicht rentiert, kann dies einen negativen Einfluss haben
	Kosten für Umstieg	Umstellung oft teuer, für KMU oft nicht wirtschaftlich abbildbar		Die hohen Kosten des Umstiegs können einen negativen Einfluss haben
	Kosten H <sub>2</sub>	Wasserstoff sehr teuer		Die hohen H <sub>2</sub> -Kosten können einen negativen Einfluss haben
	Stromkosten	Hohe Strompreise in Deutschland hindern Unternehmen an dem Ausbau von Wasserstoff-Projekten		Die hohen Stromkosten können einen negativen Einfluss haben
	Kosten CO <sub>2</sub>	Wenn CO <sub>2</sub> -Zertifikate teurer werden, werden Alternativen wie Wasserstoff interessanter	Hohe CO <sub>2</sub> -Kosten können einen positiven Einfluss haben	
	Wettbewerbsvorteil/Konkurrenz	Durch Transformation hin zu Wasserstoff erhofft man sich Markt- und Wettbewerbsvorteile, man will eine Vorreiterrolle einnehmen; Konkurrenz kann Transformation vorantreiben	Wettbewerbsvorteile und Konkurrenz können einen positiven Einfluss haben	
Marktbedingungen	Angebot	Fehlendes Angebot für Umsetzungsideen von Unternehmen		Fehlendes Angebot kann einen negativen Einfluss haben
	Nachfrage	Seitens der Anbieter fehlende Nachfrage, verbindliche Zusagen notwendig für schnelle Umsetzung und Planung von Wasserstoffprojekten		Fehlende Nachfrage kann einen negativen Einfluss haben

## 3.3 Workshop mit Expertinnen und Experten

Im Anschluss an die Interviews wurde ein Workshop mit Expertinnen und Experten für Wasserstoff zur Validierung der Interviewergebnisse durchgeführt. Teilgenommen haben insgesamt sechs Personen verschiedener Institutionen, darunter die Wirtschaftsförderung Raum Heilbronn, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Lampoldshausen sowie das Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation und die Fraunhofer-Zentrale München. Im Workshop wurde interaktiv entlang der drei Ebenen des Akzeptanzdreiecks an einem Online-Whiteboard gearbeitet. Dafür wurden je Ebene die aus den Interviews und der Literatur abgeleiteten Akzeptanzfaktoren sowie darauf aufbauende Handlungsempfehlungen zur Steigerung der Akzeptanz von Wasserstofftechnologien bewertet und um weitere Inhalte ergänzt. Im Folgenden werden die Ergebnisse beschrieben.

### 3.3.1 Soziopolitische Akzeptanz

Alle Akzeptanzfaktoren basierend auf dem Forschungsstand und den Interviews konnten durch den Workshop bestätigt werden. Auf soziopolitischer Ebene haben die Expertinnen und Experten die formellen Hürden und Unsicherheiten bezüglich der Entwicklungen von Preis, Verfügbarkeit und Rahmenbedingungen als besonders relevant eingeschätzt. Letzteres wurde eingehend diskutiert, da die Entwicklung von  $H_2$  tatsächlich schwer abzuschätzen sei. Es handle sich dabei um eine kontinuierliche Entwicklung. Wichtig dabei sei es, das Potenzial von  $H_2$  in den Vordergrund zu stellen und fortwährend den aktuellen Stand der Entwicklung zu kommunizieren. Außerdem wurde angeführt, dass eine zukünftige Entwicklung nicht eingeschätzt werden könne, wenn die  $H_2$ -Preise nicht festgelegt seien. Es gebe Länder, in denen der Preis politisch festgelegt werde und anschließend staatlich vorfinanziert werde, bis dieser wirtschaftlich erreicht sei. Dies müsse allerdings von der Politik umgesetzt werden.

Besonders umfassend wurde außerdem die Problematik rund um die Förderbedingungen diskutiert. Hier konnten die Komplexität und Langwierigkeit abermals belegt werden. So wurde beispielsweise angeführt, dass »selbst das einfachste Förderprogramm vielleicht zu kompliziert« sei. Außerdem würde dadurch die Konkurrenz mit anderen Ländern verstärkt, da Förderprogramme in diesen oftmals deutlich unkomplizierter und schneller seien. Erschwert werde dies zusätzlich durch fehlendes Wissen zu  $H_2$  seitens der Behörden.

### 3.3.2 Lokale Akzeptanz

Die Akzeptanzfaktoren unternehmensspezifische Charakteristika und Akzeptanz unter Beschäftigten wurden auf der lokalen Ebene hervorgehoben. Bezüglich der Eigenmotivation der Unternehmen wurde im Workshop angeführt, dass diese beispielsweise den Erhalt von Arbeitsplätzen beinhalten könne. Wenn ein Unternehmen stark von der Transformation betroffen ist, sei das Engagement in die  $H_2$ -Wirtschaft von hoher Relevanz für die Existenz des Unternehmens. Insgesamt stimmten die Expertinnen und Experten den in den Interviews identifizierten Einflüssen weitestgehend zu. Ausschließlich das Klimawandelbewusstsein wurde ausführlich diskutiert. Einerseits seien Unternehmen wichtige gesellschaftliche Akteure, die eine zentrale Rolle in der Transformation einnehmen könnten, da sie über viele einflussreiche Möglichkeiten verfügen würden. Dies müsse allerdings gut gestaltet und umgesetzt werden, damit Klimaschutzmaßnahmen nicht als scheinheilig wahrgenommen werden. Außerdem sei Klimaschutz als alleiniger Anreiz zur Transformation nicht ausreichend.

### 3.3.3 Marktakzeptanz

Auf der Marktebene wurden besonders die Akzeptanzfaktoren ökonomischer Mehrwert und die Planungssicherheit als sehr wichtig empfunden. Letztere sei besonders relevant, da H<sub>2</sub>-Lösungen für mehr als 20 Jahre geplant würden. Allerdings wurde im Workshop an diesem Punkt erneut die oben genannte Problematik der unsicheren Entwicklung von H<sub>2</sub> angeführt. Eine dauerhafte Verfügbarkeit müsste festgestellt und geklärt werden, damit Planungssicherheit entstehe. Hier seien zu wenige Informationen für Unternehmen zu H<sub>2</sub>-Anschlüssen, -Tankstellen und -Kosten verfügbar.

Des Weiteren wurden besonders umfassend die Marktbedingungen als Einflussfaktor auf die H<sub>2</sub>-Akzeptanz diskutiert. Es sei ein Zusammenspiel zwischen Angebot an und Nachfrage nach H<sub>2</sub>-Lösungen und H<sub>2</sub> wichtig. Die Technologie werde aktuell stark entwickelt, der Markthochlauf müsse allerdings noch erfolgen. Die dafür notwendige Nachfrage sei jedoch schwierig zu erfassen, da Unternehmen oftmals gar nicht wüssten, wie viel H<sub>2</sub> sie brauchen. Es brauche mehr mutige Menschen, die in den Markt investieren. Eine Risikobereitschaft sei hierbei notwendig. Das Aufzeigen der Bekanntheit und des Mehrwertes von H<sub>2</sub> könne dafür hilfreich sein. Außerdem wurde angeführt, dass viele Unternehmen in die Transformation investieren wollten, sich aber oftmals überfordert und politisch nicht unterstützt fühlten.

Darüber hinaus wurden in dem Workshop Handlungsempfehlungen validiert und identifiziert. Diese sind in Kapitel 4 beschrieben.

## 3.4 Integriertes Akzeptanzdreieck

Durch die Interviews und den Workshop konnten einige aus der Literatur bekannte Akzeptanzfaktoren bestätigt und weitere Akzeptanzfaktoren identifiziert werden. In der folgenden Abbildung 16 werden die aus der Literatur bekannten Faktoren mit den aus den Interviews und dem Workshop abgeleiteten Faktoren zu einem Akzeptanzdreieck zusammengeführt.



### Soziopolitische Akzeptanz

- **Kontextfaktoren**  
(Politischer Rahmen, Herkunft und Verfügbarkeit von H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>-Infrastruktur, bedarfsorientierter Einsatz, gesamtgesellschaftlicher Wissensstand)
- **Formelle Hürden**  
(Verfügbarkeit und Übersichtlichkeit von Förderungen, Planungs- und Genehmigungsverfahren, Zertifizierungen, Zeitaufwand)
- **Unsicherheit**  
(Politischer Rahmen, Kostenentwicklung, Einschätzung der Verfügbarkeit, wahrgenommene Sicherheit)
- **Vertrauen in andere Industriepartner, Institutionen und die Politik**



### Lokale Akzeptanz

- **Unternehmenscharakteristika**  
(Größe, finanzielle Situation, Zahlungsbereitschaft, Kapazitäten, Energiebedarf)
- **Eigenmotivation der Unternehmen**  
(Klimaschutzziele, Klimaschutz-Bewusstsein, Sicherung der Arbeitsplätze, Wunsch nach Autarkie, Technologieoffenheit)
- **Wissen**  
(Kenntnisse, Erfahrungen, Bekanntheit)
- **Unternehmensinterne Beteiligung**  
(Mitbestimmungsstrukturen, Teilhabe der Mitarbeitenden, Selbstwirksamkeit)
- **Sorgen der Mitarbeitenden**  
(Konsequenzen für die eigene Lebenswelt, Gefährdungspotenzial)

### Marktakzeptanz

- **Ökonomischer Mehrwert**  
(Wirtschaftlichkeit, Kosten Umstieg, Kosten H<sub>2</sub>, Kosten CO<sub>2</sub>, Wettbewerbsvorteil/Konkurrenz, Image- und Interessenwahrung)
- **Alternativmöglichkeiten**  
(Entscheidungsspielraum, Diversifizierung)
- **Regulierungsbedingungen**  
(Politische Rahmenbedingungen auf dem Markt, Förderoptionen)
- **Planungssicherheit**
- **Marktbedingungen** (Angebot, Nachfrage)

Abbildung 16: Akzeptanzdreieck basierend auf Literatur und Interviews

## 4. Ableitung und Erläuterung der Handlungsempfehlungen

---

Aus der Umfrage und den Expertinnen- und Expertengesprächen ergibt sich ein umfassender Eindruck der Vorstellungen und Probleme von Akteurinnen und Akteuren mit Interesse an der Verwendung von Wasserstofftechnologien. Aus diesen können einige Handlungsempfehlungen zur Unterstützung der Transformation und Steigerung der Akzeptanz abgeleitet werden. Diese wurden zusätzlich in dem Expertinnen- und Expertenworkshop validiert und basierend auf den Workshopergebnissen um weitere Empfehlungen ergänzt.

Bei der Analyse der ermittelten Einflussfaktoren wird deutlich, dass nur ein Teil dieser direkt durch Unternehmen beeinflussbar ist. So ist es für Unternehmen schwierig, kurzfristig Einfluss auf eventuelle Kosten oder Förderungen von H<sub>2</sub> zu nehmen. Ein vielversprechenderer Ansatz zur Förderung der Akzeptanz von Wasserstoff innerhalb eines Unternehmens ist die Konzentration auf Information, Kommunikation und Vernetzung. Hier sind die Akteurinnen und Akteure unabhängig handlungsfähig und können Einfluss auf Entscheidungen über und den Verlauf von H<sub>2</sub>-Vorhaben nehmen.

Im Folgenden werden die abgeleiteten Handlungsempfehlungen dargestellt und diskutiert. Es wird unterschieden zwischen Handlungsempfehlungen, die sich an Unternehmen direkt oder an die Politik und Intermediäre richten. Zur besseren Übersicht wird dabei erneut in soziopolitische, lokale und Marktebene unterteilt. Anzumerken ist, dass die Zuordnung der Handlungsempfehlungen nicht immer trennscharf ist und einige Empfehlungen über mehrere Ebenen hinweg akzeptanzförderlich wirken.

### 4.1 Soziopolitische Ebene

#### 4.1.1 Handlungsempfehlungen für Unternehmen

##### **Expertinnen und Experten für Wasserstoff konsultieren**

Zu den Hauptproblemen einer möglichen Adaption von H<sub>2</sub>-Technologien gehören die Unsicherheit über mögliche Anwendungsbereiche von Wasserstoff, die Unsicherheit über notwendige Handlungsschritte zur Transformation sowie die Unsicherheit über die zeitliche Entwicklung der politischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen von H<sub>2</sub>. Auch bezüglich der zu erwartenden Kosten, der Verfügbarkeit von H<sub>2</sub> und der Sicherheit der Verwendung existieren Bedenken. Besonders bei Unsicherheiten bezüglich der nötigen Schritte zur Anwendung von H<sub>2</sub> kann die Konsultation von Expertinnen und Experten helfen. Diese können bei der Erörterung

möglicher Anwendungsfälle, der Ermittlung von nötigen Qualifizierungsbedarfen der Belegschaft, dem Prozess der Zertifizierung von H<sub>2</sub>-Anwendungen, aber auch bei der Beantragung von potenziellen Fördermitteln beratend unterstützen. Einschränkend muss jedoch angemerkt werden, dass die Anzahl und Verfügbarkeit von Expertinnen und Experten begrenzt sind. Eine Alternative kann das Besuchen von Informationsveranstaltungen, Fachvorträgen, Messen, Online-Plattformen, Podiumsdiskussionen etc. zum Thema Wasserstoff darstellen, um benannte Unsicherheiten zu überwinden.

### **Schulungs- und Qualifizierungsangebote nutzen**

Eine weitere Möglichkeit der Reduzierung von Unsicherheiten ist das Wahrnehmen von Schulungs- und Qualifizierungsangeboten. Der Aufbau von Wissen und Kompetenzen im Bereich Wasserstoff ist für Unternehmen eine wesentliche Voraussetzung, um die Akzeptanz zu stärken. Die Studienergebnisse haben gezeigt, dass es aktuell Kompetenzlücken seitens der Unternehmen gibt. Diese zu schließen, ist entscheidend, um den Wandel erfolgreich gestalten zu können. Bestätigt wurde die Relevanz von Bildung und Aufklärung im Kontext von H<sub>2</sub> auch im durchgeführten Workshop. Hier wurde nochmal verdeutlicht, dass der Bedarf vom Aufbau rudimentärer Kenntnisse bis hin zum Betreiben von H<sub>2</sub>-Systemen und Produkten reicht.

### **Ausreichend Zeit für die Beantragung von Fördermitteln einplanen**

Sowohl aus den Gesprächen mit Expertinnen und Experten als auch aus der Umfrage kann entnommen werden, dass die Übersicht, die Beantragung und der Bewilligungsprozess möglicher Förderungen von H<sub>2</sub>-Anwendungen komplex und langwierig sind. Unternehmensvertreterinnen und -vertretern empfehlen wir aus diesem Grund, ausreichend Zeit für diesen Prozess einzuplanen und sich frühzeitig über die Möglichkeiten und Voraussetzungen einer Förderung zu informieren.

### **Öffentliche Beratungen nutzen, um den Zugang zu Förderungen zu erleichtern**

Aus der erwähnten Komplexität von Förderangeboten und -prozessen folgt die zweite Handlungsempfehlung: das Aufsuchen von öffentlicher Beratung. Regionale Wirtschaftsförderungen und andere Einrichtungen können dafür eine zentrale Anlaufstelle sein, da diese über Kenntnisse und Erfahrung mit der Beantragung von Förderungen, typischerweise auftretenden Hürden und Problemen und der form-, frist- und sachgerechten Kommunikation mit Fördergeberinnen und Fördergebern verfügen.

## **4.1.2 Handlungsempfehlungen für Politik und Intermediäre**

### **Ausbau und Vereinfachung von Förderprogrammen**

In der Umfrage wird deutlich, dass seitens der Unternehmen die initialen Kosten der Umstellung auf Wasserstoff insgesamt als hoch eingeschätzt werden. Dieses Bild wird durch die Aussagen in den Interviews verfestigt, in denen angemerkt wird, dass insbesondere KMU nicht in der Lage seien, diese hohen Kosten abzubilden. Für eine großflächige Nutzung von H<sub>2</sub> ist es demnach nötig, die Eintrittshürde für Unternehmen und Kommunen durch gezielte Förderangebote zu senken. Diese können sich gezielt auf H<sub>2</sub> richten oder auch eine Förderung des Strompreises zur Wasserstoffherstellung beinhalten.

Ein weiteres Problem sind die Komplexität und die Langwierigkeit der Beantragung von Fördermitteln. Sowohl aus den Expertinnen- und Expertengesprächen als auch aus der Umfrage lässt sich eine hohe Frustration seitens der Unternehmen, bedingt durch den Prozess der Beantragung von Fördermitteln, ableiten. Auch in dem Workshop wurde dies bestätigt: Laut der Expertinnen und Experten seien die Förderbedingungen zu strikt und oftmals unpassend für Unternehmensanforderungen. Um die Frustration seitens der Unternehmen zu reduzieren, sollten Fördergeberinnen und Fördergeber ihre Programme vereinfachen, sodass sie den Unternehmen zugänglicher sind.

**Kommunikation von Förderprogrammen**

Festzustellen ist außerdem, dass Unternehmen regelmäßig nur lückenhaft über bestehende Fördermöglichkeiten informiert sind. Demnach kommt auch der Kommunikation potenzieller Förderungen eine wichtige Rolle in der Unterstützung der Transformation zu. Hier bedarf es eines Ausbaus des Informationsflusses in Richtung der betroffenen Unternehmen. Die Einrichtung einer offiziellen und systematisch angelegten Website mit Informationen über Fördermöglichkeiten für Unternehmen ist laut der Expertinnen und Experten eine zentrale Maßnahme, um die Auffindbarkeit von Förderprogrammen zu verbessern.

**Wissensaufbau in formalen Instanzen**

In dem Expertinnen- und Expertenworkshop wurde angeführt, dass formale Instanzen (Behörden, Bauämter etc.) oftmals nicht über das nötige Wissen zu Wasserstoff und über ein angepasstes Regelwerk verfügen, um Unternehmen zu unterstützen. Ein Wissensaufbau ist hier von großer Bedeutung, um den Unternehmen mit ausreichend Informationen zur Hilfe zu stehen.

**Standards und Normen für den Einsatz von Wasserstoff**

Einheitliche Standards mit klaren Grenzen, an denen sich Unternehmen orientieren können und müssen, wurden in dem Workshop als besonders hilfreich für eine Akzeptanzsteigerung angesehen. Das Fehlen von Regularien und Normen führt derzeit noch zu großer Unsicherheit bei den Unternehmen.

## 4.2 Lokale Ebene

### 4.2.1 Handlungsempfehlungen für Unternehmen

**Unternehmensinterne Kommunikation und Informationsweitergabe stärken**

Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld zur Akzeptanzförderung stellt die interne Unternehmenskommunikation dar. Die Akzeptanz der Beschäftigten ist eine wesentliche Voraussetzung der erfolgreichen Umstellung (Borgnäs et al. 2023, S. 48). Diese kann durch Mitbestimmungsstrukturen positiv beeinflusst werden. Neben einer insgesamt höheren Zufriedenheit und Zustimmung tragen Kommunikation und Information auch zur effizienteren Umsetzung der Transformation bei. Außerdem wirkt sich ein hoher Wissens- und Kompetenzstand der Belegschaft zu den Themen H<sub>2</sub> und (erneuerbare) Energie positiv auf die Akzeptanz aus.

**Möglichkeiten zur Öffentlichkeitsarbeit nutzen**

Des Weiteren sind die öffentliche Kommunikation und Verbreitung von Erfahrungen und Ergebnissen an die Öffentlichkeit von großer Bedeutung, um das Bewusstsein für H<sub>2</sub>-Technologien zu stärken und lokal Vertrauen zu schaffen. Durch die Organisation von Infoveranstaltungen, Vorträgen, Messen und Podiumsdiskussionen können Unternehmen ihre Erkenntnisse teilen, Stakeholder einbinden und die öffentliche Diskussion vorantreiben. Eine gezielte Medienpräsenz und ein effektives Kommunikationsmanagement, einschließlich Kampagnen und Pressearbeit, sind weitere Wege, um die breite Öffentlichkeit anzusprechen und Informationen über H<sub>2</sub> zugänglich zu machen.

### **Vernetzungs- und Austauschangebote aufbauen und nutzen**

Möglichkeiten, dem festgestellten Informationsdefizit zum Thema H<sub>2</sub> zu begegnen, sind die brancheninterne oder -externe Vernetzung von Unternehmen mit anderen Unternehmen sowie der engere Austausch zwischen Unternehmen und der Wissenschaft. Der Zusammenschluss in einem Netzwerk ist eine geeignete Strategie, um beispielsweise Informationen zu Förderungen, H<sub>2</sub>-Know-how und Best Practices auszutauschen. Dadurch können sowohl Vorbehalte aufgrund mangelnder Erfahrung und Kenntnis abgebaut als auch das individuelle Risiko durch das Initiieren gemeinsamer Projekte reduziert werden. Besonders attraktiv ist dies für KMU, die allein nicht über die finanziellen, personellen oder Wissensressourcen verfügen, um selbstständig ein H<sub>2</sub>-Projekt zu verwirklichen. Hier kann eine Kooperation mit größeren Unternehmen oder wissenschaftlichen Akteurinnen und Akteuren eine große Chance darstellen. In der Umfrage gaben bereits einige Unternehmen an, in brancheninternen oder -externen Netzwerken engagiert zu sein.

### **Schaffen von Bewusstsein für das Thema Klimaschutz**

Um die Akzeptanz des Themas Wasserstoff auch in der eigenen Belegschaft zu stärken, ist es ratsam, auch dort ein Bewusstsein für Klimaschutz zu wecken oder das bestehende zu steigern. Mitarbeitende mit einem solchen Bewusstsein sind eher bereit, konstruktiv an der Umstellung auf klimaneutrale Technologien mitzuwirken oder sich an Maßnahmen zur Nachqualifizierung zu beteiligen. Dabei können zum Beispiel die Schaffung und Kommunikation unternehmensinterner Nachhaltigkeitsziele hilfreich sein. Im Validierungsworkshop wurde der Ratschlag, die Bedeutung von Klimaschutz und Klimaschutzzielen im Unternehmen zu kommunizieren, gemischt aufgenommen. Aus Sicht der Expertinnen und Experten bestehen häufig Vorbehalte gegenüber umfangreichen Klimaschutzmaßnahmen oder diese werden von der Belegschaft als scheinheilig empfunden. Aktiver Klimaschutz sollte daher nicht als einziges Argument für die Einführung von Wasserstoff genannt werden. Neben einer geringeren Klima- und Umweltbelastung lassen sich hier auch die Schaffung neuer beruflicher Perspektiven und das Bewahren oder Verbessern der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens als Gründe zur Umstellung anführen.

### **Schaffen einer neuen Perspektive für die Belegschaft**

Ebenfalls positiv auf die Akzeptanz in der eigenen Belegschaft wirkt sich die Schaffung von neuen Perspektiven durch bereits genannte Maßnahmen zur Qualifizierung im Umfang mit H<sub>2</sub>-Technologien aus. Dies kann auch Ängsten vor dem Wegfall des Arbeitsplatzes oder einer Ersetzung vorbeugen und signalisiert keine Gefährdung von Arbeitsplätzen durch die unbekannte Technologie.

## 4.3 Marktebene

### 4.3.1 Handlungsempfehlungen für Unternehmen

#### **Kooperationen mit Unternehmen aufbauen**

Bei der Entscheidung bezüglich des Umstiegs auf H<sub>2</sub> steht für die Unternehmen häufig die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Die hohen Kosten der Transformation stellen für Unternehmen ein Hindernis dar. Eine Umstellung auf H<sub>2</sub> muss sich demnach für sie rentieren. Das in 4.2 angeführte Netzwerken, um von finanzieller Unterstützung durch Kooperationen mit Unternehmen profitieren zu können, stellt folglich auch auf der Marktebene eine wichtige Handlungsempfehlung dar. Gemeinsame Umsetzungsprojekte mit anderen Unternehmen ermöglichen die Verteilung von Kosten auf mehrere Akteurinnen und Akteure, wodurch das individuelle Risiko gesenkt wird.

#### **Nutzung von Förderprogrammen zur Bewältigung der Umstiegskosten**

Zentral für die Entscheidung für oder gegen H<sub>2</sub> ist in der Regel die Frage, inwiefern durch die Umstellung ein ökonomischer Mehrwert realisiert werden kann. Dies hängt auch davon ab, welche Kosten für einen Umstieg aufgebracht werden müssen. Um diese Hürde zu überwinden, sind von der EU und dem Bund hohe Fördersummen bereitgestellt worden. So hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz allein 1 Milliarde Euro an Förderung für die Dekarbonisierung von Industrieanlagen zugesagt (Elsner, 2023). Weitere Fördersummen werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr, der Europäischen Union oder der KfW-Bankengruppe bereitgestellt.

#### **Mitteilung der Nachfrage: Ohne verbindliche Zusagen kann es zu keinem Angebot kommen**

In den Interviews wurde von Unternehmen oftmals angeführt, dass es nicht genügend Angebote von Wasserstoff auf dem Markt gebe. Andererseits wird jedoch vonseiten der Anbieter eine fehlende Nachfrage berichtet, ohne die eine schnelle Planung und Umsetzung von Wasserstoffprojekten nicht möglich sei. Folglich ist es wichtig, dass Unternehmen ihre Nachfrage an H<sub>2</sub> mitteilen. Eine Möglichkeit, die das Land Baden-Württemberg dafür bereitstellt, ist die Website H<sub>2</sub> für Baden-Württemberg. In dem Workshop wurde seitens der Expertinnen und Experten betont, dass die Anbieter über den notwendigen Mut verfügen sollten, den ersten Schritt zu machen.

### 4.3.2 Handlungsempfehlungen für Politik und intermediäre Akteurinnen und Akteure

#### **Durch internationale Zusammenarbeit Wasserstoffangebot sichern**

In dem Validierungsworkshop haben die Expertinnen und Experten darauf verwiesen, dass der Aufbau internationaler Kooperationen entscheidend ist, um künftig das Wasserstoffangebot zu sichern.

#### **Wasserstoff auf dem Kapitalmarkt platzieren**

Laut der Expertinnen und Experten bedarf es außerdem eines Umdenkens beim Handel von Wasserstoff. Aktuell wird H<sub>2</sub> als Medium zum Energiespeichern angesehen. Dabei wird nicht beachtet, dass H<sub>2</sub> auch ein Rohstoff für verschiedene Zweige der Industrie ist, zum Beispiel bei der Eisenverarbeitung zum Aufreinigen des Erzes oder in der Chemieindustrie als Grundstoff zur Herstellung von Synthesegas. Folglich kann H<sub>2</sub> wie viele andere Rohstoffe, zum Beispiel Erdgas, behandelt werden. Mit einer Platzierung auf dem Kapitalmarkt entsteht die Möglichkeit, eine Überproduktion von H<sub>2</sub> weiterzuverkaufen.

# 5. Abschluss

---

Ziel der vorliegenden Studie war es, einen Überblick zu den akzeptanzbedingenden Faktoren im Hinblick auf die Transformation hin zu einer Wasserstoffwirtschaft aus Sicht von Unternehmen zu geben. Im Folgenden werden Untersuchungsergebnisse zusammenfassend dargestellt, abgeleitete Handlungsempfehlungen diskutiert und weitere Forschungsperspektiven erörtert.

## 5.1 Diskussion

Viele der aus der Literatur bekannten Akzeptanzfaktoren konnten durch die Studie bestätigt werden. Darüber hinaus konnten aus der durchgeführten Umfrage, dem Expertinnen- und Experteninterview sowie dem durchgeführten Workshop weitere Faktoren abgeleitet werden. Anzumerken ist, dass die Ergebnisse der Studie im Wesentlichen auf einer Stichprobe an Probanden beruhen, die grundsätzlich eine positive Einstellung gegenüber Wasserstoff aufweisen. Daher ist anzunehmen, dass es weitere Sichtweisen auf das Thema der H<sub>2</sub>-Akzeptanz gibt, die nicht in der durchgeführten Studie berücksichtigt werden konnten. Alle im Rahmen dieser Studie befragten Expertinnen und Experten gaben an, H<sub>2</sub> positiv wahrzunehmen. Lediglich vereinzelt wurde Skepsis gegenüber der konkreten Umsetzung von Projekten geäußert. In nachfolgenden Untersuchungen wären daher weitere Gespräche mit Expertinnen und Experten interessant, die sich explizit gegen die Nutzung von H<sub>2</sub> entschieden haben.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Anwendbarkeit des Akzeptanzdreiecks nach Wüstenhagen et al. (2007) im Kontext der Transformation hin zu einer Wasserstoffwirtschaft einen guten Rahmen bietet, um die akzeptanzbedingenden Faktoren zu ordnen und einen Überblick über die bedingenden Faktoren zu erlangen. Die Ergebnisse der Untersuchung bestätigen einige relevante Faktoren wie geltende politische Rahmenbedingungen, die Verfügbarkeit von H<sub>2</sub> und infrastrukturelle Voraussetzungen als akzeptanzbedingend auf der soziopolitischen Ebene. In dem durchgeführten Workshop wurde darüber hinaus deutlich, dass insbesondere die Planungssicherheit sowie das Vertrauen in die Politik einen Einfluss auf die Akzeptanz haben, da Investitionen in H<sub>2</sub>-Lösungen auf Langwierigkeit ausgelegt sind. Zudem wurde in den Interviews und dem Workshop eine Unzufriedenheit bezüglich öffentlicher Förderungen betont, da diese für Unternehmen zu kompliziert, zeit- und ressourcenintensiv seien. Zusammenfassend lässt sich ableiten, dass die Unsicherheit in den Unternehmen bezüglich der H<sub>2</sub>-Transformation insgesamt noch sehr groß ist. Dies ist hauptsächlich aufgrund der unklaren und komplexen gesetzlichen und politischen Rahmenbedingungen sowie der fehlenden Informationen zur Verfügbarkeit, Herkunft und Kostenentwicklung von H<sub>2</sub> der Fall. In dem Validierungsworkshop wurde auf Ebene der soziopolitischen Einflussfaktoren insbesondere die Komplexität rund um Förderprogramme diskutiert. Wesentliche Handlungsempfehlungen zur Überwindung der



beschriebenen Herausforderungen sind zum einen die Vereinfachung der Förderprogramme und eine bessere Zugänglichkeit dieser sowie zum anderen der Ausbau von öffentlich zugänglichen Beratungsangeboten. Kritisch angemerkt wurde in diesem Zusammenhang jedoch, dass kostenpflichtige Angebote häufig insbesondere für KMU nicht finanzierbar seien. Zusätzlich sei die Verfügbarkeit von H<sub>2</sub>-Expertinnen und Experten aktuell ein limitierender Faktor zum Aufbau solcher Angebote. In diesem Zusammenhang haben die Expertinnen und Experten außerdem verdeutlicht, dass insbesondere in öffentlichen Instanzen häufig unzureichendes Wissen bezüglich H<sub>2</sub> bestehe und hier der Wissensaufbau elementar sei, um die Transformation der Unternehmen tatsächlich unterstützen zu können. Außerdem wurde die Entwicklung von Normen und Standards, an denen sich Unternehmen orientieren können, als wesentliche Handlungsempfehlung identifiziert.

Auch die lokale Ebene, also jene das direkte Unternehmensumfeld betreffenden Faktoren, beeinflusst die Akzeptanz von Wasserstoff. Die Interviews zeigten, dass Unternehmenscharakteristika wie Größe, finanzielle Situation und Zahlungsbereitschaft, Kapazitäten und Energiebedarf maßgeblich zur Entscheidung beitragen, ob die Unternehmen die Transformation zu H<sub>2</sub> als umsetzbar empfinden. Dies wurde auch in dem Expertinnen- und Expertenworkshop als besonders wichtig hervorgehoben. Mangelnde personelle und zeitliche Kapazitäten oder finanzielle Mittel sind frustrierend und demotivierend und wirken sich negativ auf die Akzeptanz von H<sub>2</sub> aus. Es wurde festgestellt, dass der Klimaschutzgedanke und die gesellschaftliche Erwartung, dass Unternehmen etwas für den Klimaschutz tun müssen, in Deutschland mittlerweile weit verbreitet sind. Der öffentliche Druck ist einer der wichtigsten Treiber für Unternehmen, sich für eine Umstellung auf H<sub>2</sub> zu entscheiden. Durch die Studie bestätigt werden konnte, dass verfügbares Wissen und Kompetenzen im Kontext von Wasserstoff sowie unternehmensinterne Mitbestimmungsstrukturen die Akzeptanz positiv bedingen können. Unternehmen sollten daher den Kompetenzaufbau bei den Mitarbeitenden stärken sowie eine transparente Kommunikation fördern. Auf lokaler Ebene wurde außerdem hervorgehoben, dass insbesondere der Aufbau und das Nutzen von Netzwerken die Transformation hin zu einer Wasserstoffwirtschaft unterstützen können. Die Nutzung von Netzwerken und Kooperationen wirkt sich darüber hinaus positiv auf die Marktebene aus, da finanzielle Risiken über mehrere Unternehmen bzw. Institutionen verteilt werden können. Insgesamt konnten auf Marktebene die im Forschungsdiskurs genannten Akzeptanzfaktoren bestätigt werden. Die Wirtschaftlichkeit ist besonders wichtig für Unternehmen. Wenn die Kosten einer H<sub>2</sub>-Transformation nicht rentabel sind, reicht eine allgemeine Akzeptanz im Unternehmen nicht aus, um sich für eine Umstellung zu entscheiden. Hervorzuheben ist, dass die Nutzung von Förderprogrammen hier eine wesentliche Unterstützung für Unternehmen darstellt.

Zusammenfassend lässt sich aus den Studienergebnissen ableiten, dass alle drei Ebenen (soziopolitische Ebene, lokale Ebene und Marktebene) einen Einfluss auf die Akzeptanz von Wasserstoff auf Unternehmensebene haben. Es bedarf dementsprechend einer Umsetzung von Maßnahmen auf allen drei Ebenen, um die Transformation erfolgreich gestalten zu können.

## 5.2 Fazit

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bieten einen umfangreichen Einblick in die Wahrnehmungen von Wasserstoff und die Faktoren, die die Akzeptanz von  $H_2$  in Unternehmen beeinflussen. Zusammenfassend hängt die Akzeptanz von  $H_2$  in Unternehmen von einer komplexen Kombination der oben genannten Faktoren ab. Unternehmen erkennen den Wert von  $H_2$  trotz Herausforderungen und Frustrationen und setzen vermehrt auf nachhaltige Energiequellen. Für die beschriebenen Herausforderungen und Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Wasserstofftechnologien bzw. den erfolgreichen Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft wurden im Rahmen dieser Arbeit Handlungsempfehlungen abgeleitet. Besonders relevant sind dabei Verbesserungen in der Zugänglichkeit von Förderprogrammen, eine Stärkung der unternehmensinternen Kommunikation, die Förderung von Netzwerken und die öffentliche Verbreitung von Erfahrungen und Ergebnissen. Die identifizierten Handlungsempfehlungen sollen Unternehmen, Kommunen und andere Akteurinnen und Akteure dabei unterstützen, durch eine Steigerung der unternehmensspezifischen Akzeptanz den Umstieg auf die klimafreundlichere Alternative des grünen  $H_2$  zu erleichtern. Für jedes Unternehmen ist dabei zu beachten, dass unterschiedliche und individuelle Startpunkte, Rahmenbedingungen, Ziele und Herausforderungen die Ausgangsbasis bilden, weshalb es kein allgemein gültiges Erfolgsrezept für die gelungene Transformation zu Wasserstoff geben kann. Gerade dies verdeutlicht den Bedarf und Mehrwert einer individuell angepassten Beratung für Unternehmen. Das im Anschluss an diese Studie ausgearbeitete Tool zur Messung und Stärkung der unternehmensinternen Akzeptanz bildet eine gute Ausgangsbasis, um unternehmensspezifisch Maßnahmen zur Förderung der Wasserstofftransformation abzuleiten.

# Literaturverzeichnis

---

- Andreas, J.-J. (2023). Bedarfsanalyse. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis (S. 167-173).
- Armbrecht, K., Fellhauer, J., Hartmann, M., Steinle, E. & Vogl, F. X. (2023). TRADITION TRIFFT ZUKUNFT. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis (S. 276-284).
- Ausfelder, F., Dura, H., Bauer, F., Fröhlich, T., Cadavid, A., Gawlick, J., La Rua, C. de, Hamacher, T., Kotzur, L., Hildbrand, J., López, L., Jupke, A., Patyl, A., Raab, M., Kortsch, T., Rau, I., Stenzel, P., Röver, L., Sterner, M., . . . Wyndorps, J. (2021). 3. Roadmap des Kopernikus-Projektes P2X Phase II - OPTIONEN FÜR EINNACHHALTIGES ENERGIE-SYSTEM MIT POWER-TO-XTECHNOLOGIEN (F. Ausfelder & H. Dura, Hg.).
- Bender, M. (2023). AUF DEM WEG ZUR KLIMANEUTRALEN STAHLINDUSTRIE: Herausforderung, Chancen und politischer Rahmen. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis.
- Bertsch, V., Hall, M., Weinhardt, C. & Fichtner, W. (2016). Public acceptance and preferences related to renewable energy and grid expansion policy: Empirical insights for Germany. *Energy*, 114, 465–477. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.08.022>
- Borg, A., Jakobs, E.-M. & Ziefle, M. (2018). Kommunikation und Akzeptanz. In M. Bauer, W. Freeden, H. Jacobi & T. Neu (Hrsg.), *Handbuch Oberflächennahe Geothermie* (S. 691–713). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-50307-2\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-662-50307-2_23)
- Borgnäs, K., Dupuis, I. & West, K. (2023). BESCHÄFTIGTENAKZEPTANZ IN GROSSEN-GESELLSCHAFTSTRANSFORMATIONEN. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis (S. 47-58).
- Bruns, A. (2023). Dekarbonisierung in der Kupferindustrie. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.). (2020). Die Nationale Wasserstoffstrategie.
- Die Bundesregierung (Hrsg.). (2024, 16. Januar). Bundesregierung beschließt aktualisiertes Klimaschutzgesetz | Bundesregierung. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/tipps-fuer-verbraucher/klimaschutzgesetz-2197410>
- Bundesverband der deutschen Industrie (Hrsg.). (2018). Klimapfade für Deutschland. <https://bdi.eu/publikation/news/klimapfade-fuer-deutschland>
- Canzler, W. & Deibel, I. (2011). Wasserstoffbasierte Technologien im Verkehr – auch eine Frage von Vertrauen und Vertrautsein. *TATuP - Zeitschrift für Technikfolgenabschätzung in Theorie und Praxis*, 20(1), 68–70. <https://doi.org/10.14512/tatup.20.1.68>

- Davis, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science*, 35(8), 982–1003.
- Deimel, K. (2008). Stand der strategischen Planung in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) in der BRD. *Zeitschrift für Planung & Unternehmenssteuerung*, 19(3), 281–298. <https://doi.org/10.1007/s00187-008-0061-4>
- Doner, J. (2007). Barriers to adoption of renewable energy technology. [https://www.researchgate.net/profile/timothy-coyne/post/what\\_hinders\\_the\\_utilization\\_of\\_algae\\_as\\_source\\_of\\_renewable\\_sustainable\\_energy/attachment/59d62c78c49f478072e9e028/as%3a273546473869314%401442229969499/download/barriers+to+adoption+of+renewable+energy+technology.pdf](https://www.researchgate.net/profile/timothy-coyne/post/what_hinders_the_utilization_of_algae_as_source_of_renewable_sustainable_energy/attachment/59d62c78c49f478072e9e028/as%3a273546473869314%401442229969499/download/barriers+to+adoption+of+renewable+energy+technology.pdf)
- Elsner, C. (2023). Grüner Wasserstoff: Milliarden schwere Förderung für Umstieg. <https://www.zdf.de/nachrichten/digitales/wasserstoff-foerderung-technologie-patente-100.html>
- Europäische Kommission (Hrsg.). (2020). Green Deal: Kommission legt Strategien für das Energiesystem der Zukunft und sauberen Wasserstoff vor. [https://germany.representation.ec.europa.eu/news/green-deal-kommission-legt-strategien-fur-das-energiesystem-der-zukunft-und-sauberen-wasserstoff-vor-2020-07-08\\_de](https://germany.representation.ec.europa.eu/news/green-deal-kommission-legt-strategien-fur-das-energiesystem-der-zukunft-und-sauberen-wasserstoff-vor-2020-07-08_de)
- Falke, J. (2021). Neue Entwicklungen im europäischen Umweltrecht. *Zeitschrift für Umweltrecht*.
- Gordon, J. A., Balta-Ozkan, N. & Nabavi, S. A. (2022). Beyond the triangle of renewable energy acceptance: The five dimensions of domestic hydrogen acceptance. *Applied Energy*, 324, 119715. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119715>
- Gorovoj, A. (2019). Technologieakzeptanz Digitaler Medien bei Universitätsstudierenden verschiedener Fächer und Berufstätigen gleichen Alters. DataCite. <https://dspace.ub.uni-siegen.de/handle/ubsi/1659>
- Hochschule Heilbronn & Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (Hrsg.). (2022). AUFBAU EINER WASSERSTOFFWIRTSCHAFT AM BEISPIEL VON BINNENHÄFEN: Ein Leitfaden.
- Isidoro Losada & Ana María. (2022). Wahrnehmung von Wasserstofftechnologien: Wahrnehmung von Wasserstofftechnologien: Untersuchungsergebnisse von Umfragen im bundesdeutschen Kontext.
- Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.). (2023). Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis. <https://www.klimaschutz-industrie.de/newsroom/publikationen/fachbuch-akzeptanzstrategien-in-den-energieintensiven-industrien/>
- Kurzweil, P. & Dietlmeier, O. K. (2018). *Elektrochemische Speicher*. Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21829-4>
- Mayring, P. (1994). *Qualitative Inhaltsanalyse*, 14, 159–175. <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/1456>
- Mohaupt, F., Macht, L., Dede, C. & Gähns, S. (2018). Mögliche Akzeptanzfaktoren für Flexibilitäten im Energiesystem. [https://www.ioew.de/publikation/moegliche\\_akzeptanzfaktoren\\_fuer\\_flexibilitaeten\\_im\\_energiesystem](https://www.ioew.de/publikation/moegliche_akzeptanzfaktoren_fuer_flexibilitaeten_im_energiesystem)
- Schäfer, J. & Ohle, L. (2023a). DEKARBONISIERUNG UND PLANUNGSRECHT. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), *Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis*.
- Schäfer, J. & Ohle, L. (2023b). VERFAHRENSFRAGEN BEI PRODUKTIONS PROZESSUMSTELLUNG. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), *Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis* (S. 101-118).
- Segreto, M., Principe, L., Desormeaux, A., Torre, M., Tomassetti, L., Tratzi, P., Paolini, V. & Petracchini, F. (2020). Trends in Social Acceptance of Renewable Energy Across Europe—A Literature Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(24), 9161. <https://doi.org/10.3390/ijerph17249161>

- Sprenger, T., Kopp, J. & Schäfer, F. (2023). Datengrundlage für die E.ON H2Bilanz 2023: Begleitdokument zur Einordnung der Ergebnisse. [https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2023/04/230421\\_EWI\\_Begleitdokument\\_Datengrundlage\\_H2Bilanz\\_02-2023.pdf](https://www.ewi.uni-koeln.de/cms/wp-content/uploads/2023/04/230421_EWI_Begleitdokument_Datengrundlage_H2Bilanz_02-2023.pdf)
- Töpler, J. & Lehmann, J. (Hrsg.). (2017). Wasserstoff und Brennstoffzelle. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53360-4>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward A Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478.
- Walther, M. & Witte, K. (2023). GESELLSCHAFTLICHE WAHRNEHMUNG UND AKZEPTANZ DER INDUSTRIETRANSFORMATION SOWIE EINZELNER TECHNOLOGIEPFADE: Grundverständnis, Annahmen und Formate. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), *Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis*.
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M. & Bürer, M. J. (2007). Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy*, 35(5), 2683–2691. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001>
- Zeiss, C., Franzen, D., Renz, A., Kahl, H., Bellmann, E. & Schwotzer, C. (2023). Transformation in der Industrie. In Kompetenzzentrum Klimaschutz in energieintensiven Industrien (Hrsg.), *Akzeptanzstrategien in den energieintensiven Industrien: Aus der Praxis in die Praxis*.
- Zimmermann, F., Kutz, J., Bienzeisler, B., Bernecker, T., Wolf, A., Werth, D., Haag, G., González, A. & Böhm, M. (2021). H2-Innovationslabor Heilbronn-Franken: Abschlussbericht.



# Impressum

---

## **Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO**

Bildungscampus 9  
74076 Heilbronn  
[www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)

## **Kontakt**

Felix Zimmermann  
Cognitive Distribution Systems  
Tel. +49 711 970-5263  
[felix.zimmermann@iao.fraunhofer.de](mailto:felix.zimmermann@iao.fraunhofer.de)

## **Satz und Layout**

Valentin Buhl

## **Titelbild**

© Lucija – Adobe Stock (KI-generiert)

## **Fraunhofer-Publica**

<http://dx.doi.org/10.24406/publica-3378>

## **Alle Rechte vorbehalten**

© Fraunhofer IAO, Juni 2024

## Kontakt

---

Felix Zimmermann  
Cognitive Distribution Systems  
Tel. +49 711 970-5263  
[felix.zimmermann@iao.fraunhofer.de](mailto:felix.zimmermann@iao.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft  
und Organisation IAO  
Bildungscampus 9  
74076 Heilbronn

[www.iao.fraunhofer.de](http://www.iao.fraunhofer.de)