



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Baden-Württemberg

Wer will Wasserstoff? Akzeptanz von Wasserstofftechnologien in Deutschland und Baden-Württemberg

Forschungsbericht im Rahmen von H2-Companion
Meilenstein 10, AP 3.3

Auftraggeber

Europäischer Fond für regionale Entwicklung (EFRE) in Baden-Württemberg
2021-2027

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Forschungsnehmer/ Auftragnehmer

IREES Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien GmbH
im Konsortium mit

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI

ifeu Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg gGmbH

AutorInnen

Dr. Sophie Lohmann, IREES

Milena Caspari, IREES

HauptansprechpartnerIn:

Dr. Sophie Lohmann

s.lohmann@irees.de

+49 721 915263635

Karlsruhe, 10.07.2023

IREES GmbH Institut für Ressourceneffizienz und Energiestrategien

Durlacher Allee 77

D - 76131 Karlsruhe

Telefon: +49 721 – 915 2636 – 36

www.irees.de

info@irees.de

Geschäftsführung: Dr. Jan Steinbach

Amtsgericht Mannheim, Handelsregisternummer: HRB 111193

Grafiken und weitere Inhalte dieses Dokuments dürfen mit Namensnennung „IREES“ und Jahr der Veröffentlichung weiterverbreitet und zitiert werden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
Executive Summary.....	2
1 Einleitung	1
1.1 Warum Akzeptanz?	1
1.2 Zweck und Ziel dieses Berichts	2
1.3 Der Akzeptanzbegriff.....	2
1.4 Übersicht.....	3
2 Erkenntnisse aus der Theorie	4
2.1 Übergreifende Theorien.....	4
2.2 Individuelle Faktoren	7
2.3 Strukturelle und institutionelle Faktoren	9
2.4 Lokal vs. national	11
2.5 Zusammenfassung	12
3 Nationale Ergebnisse	14
3.1 Bekanntheit höher als Wissen	14
3.2 Hohe Befürwortung der Energiewende und (grünen) Wasserstoffs	19
3.3 Gebremste Kauf- und Nutzungsbereitschaft	26
3.4 Positive Zukunftserwartungen.....	32
3.5 Zusammenfassung	36
4 Regionale Ergebnisse.....	38
4.1 Forschungsprojekte und Umfragen	38
4.2 Ergebnisse aus Bürgerbeteiligungsformaten	41
4.3 Medienberichte zu H2-Wandel und H2-GeNeSis.....	43
4.4 Zusammenfassung	44
5 Ausblick	46
5.1 Akzeptanz: Die Datenlage	46
5.2 Entwicklungshorizonte	49
5.3 Fazit	50
Literaturverzeichnis.....	51
Abbildungsverzeichnis.....	64
Tabellenverzeichnis	65

Zusammenfassung

Akzeptanz ist unabdingbar für Projekte zur Energiewende: VertreterInnen aus Lokalpolitik, Unternehmen, Verbänden und der Gesamtbevölkerung müssen das Projekt akzeptieren, damit es Erfolg haben kann. Dieser Bericht geht hierbei insbesondere auf Wasserstofftechnologien ein. Er erläutert, was Akzeptanz ist, unter welchen Umständen Menschen ein Projekt annehmen oder ablehnen, und zeigt dann den aktuellen Akzeptanzstand von (grünem) Wasserstoff in Deutschland allgemein sowie spezifisch in Baden-Württemberg.

Akzeptanz ist ein vielschichtiges Phänomen und spielt sich auf verschiedenen Ebenen ab, die von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden. Neben verschiedenen persönlichen Faktoren sind im Austausch zwischen Institutionen und anderen Akteuren besonders Vertrauen und Gerechtigkeit in der Durchführung von Projekten wichtig. Viele Deutsche haben zwar schon von Wasserstoff gehört, wissen aber wenig darüber und haben bisher keine Alltagserfahrungen mit Wasserstofftechnologien. Dennoch ist die Akzeptanz momentan eher hoch, sowohl in ganz Deutschland als auch in Baden-Württemberg. In konkreten Projekten vor Ort kristallisieren sich erste Konfliktfelder wie Flächenverbrauch, LKW-Transport und Zweifel am Mehrwert gegenüber Vergleichstechnologien heraus. Im Zuge des Markthochlaufs der deutschen Wasserstoffwirtschaft dürften diese Themen zukünftig stärker in den Fokus rücken. Zusätzlich wird, mit zunehmendem Kontakt mit Wasserstofftechnologien im täglichen Leben, die konkrete Ausgestaltung von Projekten und Prozessen vor Ort beeinflussen, wie sich die Akzeptanz zukünftig entwickelt.

Executive Summary

Acceptance is indispensable for projects on the transition to renewable energy: Actors from local politics, companies, NGOs, and the general population must accept a project if it is to succeed. This report focuses on hydrogen technologies. It explains what acceptance is, reviews the conditions under which people accept or reject a project, and then shows the current state of acceptance of (green) hydrogen in Germany nationally as well as locally in Baden-Württemberg.

Acceptance is a multi-layered concept and takes place on multiple levels that are influenced by different factors. In addition to various individual factors, the interaction between institutions and other actors shows that trust and fairness are particularly important in the implementation of projects. Many Germans have heard of hydrogen before but have little knowledge of and no everyday experience with hydrogen technologies. Acceptance is nonetheless rather high at the moment, both in Germany as a whole and in Baden-Württemberg. Specific local projects are beginning to reveal the first areas of conflict, such as land use, transport in trailers, and doubts about the added value compared to other technologies. As the market ramp-up of the German hydrogen economy unfolds, these issues are likely to come into sharper focus. In addition, as contact with hydrogen technologies in everyday life increases, the specific ways that local projects and processes are designed will influence how acceptance develops in the future.

1 Einleitung

Damit ein neues Projekt zur Energiewende erfolgreich umgesetzt werden kann, braucht es Zustimmung auf vielen Ebenen. Dazu gehört die Unterstützung von politischen EntscheidungsträgerInnen, Unternehmen, Verbänden, EndnutzerInnen, AnwohnerInnen und anderen beteiligten Gruppen. Dies gilt besonders für neue Technologien, die sich erst noch etablieren müssen, wie den Einsatz von grünem Wasserstoff für die Energiewende. Umgekehrt wird sich jedes neue Wasserstoffprojekt auf die Akzeptanz in diesen verschiedenen Gruppen auswirken, je nachdem wie Planung, Bau und Betrieb verlaufen. Der Ausbau der Wasserstoffwirtschaft und jedes einzelne dazugehörige Projekt ist daher untrennbar mit Fragen der Akzeptanz verwoben.

Seit 2022 werden in Baden-Württemberg zwei Modellregionen ([H2-GeNeSiS](#) und [H2-Wandel](#) (ehemals Hy-FIVE)) aufgebaut, die eine integrierte Wasserstoffwirtschaft in der Praxis demonstrieren sollen. Auch hierfür wird breite Akzeptanz benötigt werden. Dieser Bericht bietet daher einen Überblick über den aktuellen Wissensstand zur Akzeptanz von Wasserstofftechnologien in Deutschland sowie spezifisch in Baden-Württemberg. Im Folgenden werden wir darauf eingehen, warum Akzeptanz in die Planung und Durchführung von Wasserstoffprojekt einbezogen werden muss, den Akzeptanzbegriff erläutern und schließlich einen Ausblick auf die restlichen Kapitel geben.

1.1 Warum Akzeptanz?

Was passiert mit einem geplanten Projekt, wenn die Politik nicht die nötigen Rahmenbedingungen schafft? Wenn Genehmigungsbehörden Sicherheitsrisiken befürchten? Wenn AnwohnerInnen durch das Projekt von sinkender Lebensqualität betroffen sind? Wenn Naturschutzverbände in Medienberichten negative Umweltauswirkungen befürchten oder kritisieren? Wenn die Akzeptanz aus verschiedensten Gründen niedrig ist, kann dies zu Verzögerungen, Protesten, Vertrauensverlust und im schlimmsten Fall zu Rechtsstreitigkeiten und dem Scheitern des Projekts führen. Im Gegensatz dazu kann hohe Akzeptanz zu aktiver Unterstützung, einem reibungslosen Ablauf und zu gemeinsamem Stolz auf ein erfolgreiches Vorzeigeprojekt in der Region beitragen. Wenn die verschiedenen Akteursgruppen unterstützend mobilisiert werden können, bereichern ihre unterschiedlichen Perspektiven und Wissensquellen das Projekt.

Einerseits ist Akzeptanz für alle Unter Aspekte der Energiewende relevant, für den Bau von Windrädern ebenso wie von Wasserstoffpipelines. Andererseits ist der großflächige Einsatz von Wasserstofftechnologien eine deutlich neuere Entwicklung als zum Beispiel der Bau von Windrädern. Das heißt, dass es sich um eine neue Technologie handelt, die vielen Akteuren kaum oder gar nicht bekannt ist und für die wichtige Erfahrungswerte noch nicht existieren. Wir befinden uns also an einem Schwellenmoment: durch die Fortschritte in der Energiewende und die aktuell stark zunehmende Förderung von Wasserstoff werden in den nächsten Jahren immer mehr Akteure Erfahrungen mit Wasserstoff sammeln, sich Meinungen bilden und diese wieder ändern. Ein Fokus auf Akzeptanz ist in dieser neuen und sich dynamisch ändernden Situation also von besonderer Bedeutung.

1.2 Zweck und Ziel dieses Berichts

Dieser Bericht wird als Teil der Begleitforschung zu den Modellregionen H2-Wandel und H2-GeNeSiS erstellt. Zusammen decken diese beiden Modellregionen eine große Bandbreite an Akteuren und Technologien ab. Im Zuge von **H2-GeNeSiS** soll in der Region Stuttgart ein Marktplatz für Wasserstoff entstehen, darunter zwei neue Elektrolyseure sowie eine Pipeline von Stuttgart nach Esslingen, um Wasserstoff an regionale Abnehmer (Industrie, Wasserstofftankstellen, die u.a. von Bussen, LKWs und Privat-PKWs genutzt werden sollen, sowie perspektivisch ein Heizkraftwerk) zu verteilen. **H2-Wandel** beinhaltet vier Unterprojekte: In **H2-Factory** soll in Ulm an zwei Standorten mit neuen Elektrolyseuren grüner Wasserstoff für existierende Verbraucher hergestellt sowie zeitweise gespeichert werden **H2-ToGo** wird ebenfalls in Ulm Wasserstoff im Straßenverkehr, vor allem im Schwerlastverkehr einsetzen. Schwerpunkt des Projekts bildet der Bau einer öffentlichen Tankstelle, die für die Betankung von Schwerlastverkehren geeignet ist. Weiter wird ein LKW für Versuchszwecke beschafft. In **H2-Aspen** wird in Schwäbisch Gmünd ein neuer Wasserstofftechnologiepark gebaut werden, bei dem ein Elektrolyseur neben industriellen Abnehmern angesiedelt wird. Dafür sind auch die Errichtung einer Wasserstofftankstelle sowie der Neubau von Windrädern und Photovoltaikanlagen für die Stromversorgung des Elektrolyseurs geplant. In **H2-Grid** findet in den Landkreisen Reutlingen und Tübingen eine dynamische und sektorübergreifende Vernetzung statt, um eine dezentrale Wasserstoffherzeugung aufzubauen. Dafür sind zehn v. a. kleinere Elektrolyseure geplant, deren produzierter Wasserstoff dann u.a. in Zügen, Bussen, einer Wasserstofftankstelle, sowie Industriebetrieben genutzt werden wird. In mehreren Teilen der Modellregionen ist zusätzlich der Wasserstofftransport mithilfe von LKWs geplant, solange es (noch) keine Pipelineverbindungen gibt.

Im Laufe dieser Projekte werden Daten zur Akzeptanz verschiedener Akteure erhoben und ausgewertet werden. Das Ziel dieses Berichtes ist es daher, zuerst den bisherigen Wissensstand zur Akzeptanz festzustellen, zunächst einen methodologischen Rahmen für die kommenden Akzeptanzerhebungen zu bieten und zuletzt einen interpretativen Rahmen für die Einordnung der daraus entstehenden Ergebnisse zu schaffen.

1.3 Der Akzeptanzbegriff

Akzeptanz ist ein nützlicher Überbegriff, der aber in jedem Anwendungsfall spezifiziert werden muss: wer (Subjekt) akzeptiert was (Objekt) in welchem Kontext (Kontext)? Das Akzeptanzsubjekt ist also die Person, Institution, oder Gruppe, deren Akzeptanz erfasst werden soll. Dies kann z.B. die Gruppe von AnwohnerInnen einer Wasserstofftankstelle sein. Das Akzeptanzobjekt ist der Gegenstand, der akzeptiert oder abgelehnt wird. Der Ausbau eines Wasserstofftankstellennetzes in Deutschland allgemein, der Bau einer Wasserstofftankstelle gegenüber vom eigenen Haus, oder die Bereitschaft, ein eigenes Brennstoffzellfahrzeug oder einen Leihwagen dort zu betanken, wären alles unterschiedliche Akzeptanzobjekte. Der Hintergrund, vor dem sich Akzeptanz abspielt, bildet den Akzeptanzkontext. Diese situativen Faktoren beinhalten beispielsweise, wer ein Projekt durchführt (die Gemeinde, ein Unternehmen, eine Bürgergenossenschaft?), welche Flächen davon betroffen sind (Wohngebiet, Industriegebiet, Naturschutzgebiet?)

und wie der Prozess abläuft (Wird transparent informiert? Wer ist wie eingebunden? Werden diejenigen, die Kosten tragen, auch an Gewinnen beteiligt und umgekehrt?).

Diese Unterscheidungen sind besonders in Pilotprojekten wichtig. Beispielsweise können Akteure ihre Erfahrung mit einem Projekt als gut genug für eine Pilotphase, aber gleichzeitig als nicht gut genug für einen größeren Markthochlauf oder für den täglichen Gebrauch bewerten. Bei Fragen zu dem spezifischen Projekt wäre die Akzeptanz daher hoch, bei Fragen zum weiteren Einsatz der Technologie aber nicht, wie beispielsweise unter BusfahrerInnen nach einer Wasserstofftestphase in mehreren europäischen Städten beobachtet (Hoelzinger & Luedi-Geoffroy, 2013). Die betrachteten Akzeptanzobjekte und -kontexte müssen daher sorgfältig ausgewählt werden.

In diesem Bericht werden wir eine breite Linse nutzen, und die Diversität an Akteuren (Akzeptanzsubjekten), Technologien (Akzeptanzobjekten), sowie zumindest einen kleinen Teil der Diversität an Kontexten in den Modellregionen abzubilden. Je nach Definition kann sich Akzeptanz zusätzlich auf eine Einstellung oder ein Verhalten beziehen. In diesem Bericht definieren wir sie als eine Einstellung, das heißt als eine wertende Evaluierung auf einem Spektrum von negativ (Ablehnung) bis positiv (Akzeptanz). Diese Einstellung kann dann in Verhalten übersetzt werden, muss es aber nicht. Zusammen mit der Verhaltensdimension kann die Ablehnung bzw. Akzeptanz daher dann in aktiv (z. B. Protestbriefe schreiben; Brennstoffzellauto kaufen) oder passiv (Ablehnung vs. Befürwortung ohne entsprechendes Handeln) unterteilt werden.

1.4 Übersicht

Zunächst werden wir in Kapitel 2 grundlegende Prozesse skizzieren, durch die Akzeptanz zustande kommt. Diese gelten für eine Vielfalt von Akteuren sowie Akzeptanzobjekten. Hier werden wir bereits wichtige Kontextfaktoren wie das Vertrauen in durchführende Institutionen einführen. Dafür werden wir Ergebnisse und theoretische Modelle aus der internationalen Forschung heranziehen.

Kapitel 3 wird den Fokus auf die Bevölkerung als Akzeptanzsubjekt legen und eine systematische Übersicht über repräsentative Umfragen zu Wasserstoff in Deutschland bieten. Wo verfügbar werden wir auch relevante Daten zu anderen Akzeptanzsubjekten einbeziehen, der Großteil der Daten bezieht sich aber auf die Gesamtbevölkerung. Dabei werden wir die Akzeptanzobjekte differenzierter betrachten und die Aspekte verschiedener Technologien genauer beleuchten.

In Kapitel 4 werden wir regionale Daten aus Baden-Württemberg vorstellen. Hierzu werden wir eine Vielzahl von größtenteils qualitativen Quellen heranziehen, die sich auch hier größtenteils auf die breite Bevölkerung beziehen. Wir werden aber ebenfalls vereinzelt Perspektiven anderer Akteure und der Medien darstellen. Dieses Kapitel wird tiefer in Kontextfaktoren und Bedingungen von Akzeptanz einsteigen.

Schließlich wird Kapitel 5 die Erkenntnisse der vorhergehenden Kapitel zusammenfassen, Schlussfolgerungen ziehen und einen Ausblick auf aktuelle und künftige Entwicklungen geben.

2 Erkenntnisse aus der Theorie

Die wissenschaftliche Forschung befasst sich seit über vier Jahrzehnten mit der Frage, unter welchen Umständen neue Technologien und Bauprojekte akzeptiert oder abgelehnt werden. Diese Forschung hat viele Einzelerkenntnisse sowie eine große Bandbreite an systematischen Theorien produziert. Im Folgenden werden wir zunächst ausgewählte Theorien vorstellen, die einen besonderen Einfluss auf die bisherige Literatur gehabt haben und für das vorliegende Projekt besonders relevant sind. Dabei ist es nicht unser Ziel, die komplette Bandbreite aller vorliegenden Theorien abzudecken oder einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Unser Ziel ist stattdessen, wichtige Frameworks einzuführen, die die zukünftige Strategieplanung und Evaluierung von Akzeptanz in den H2-Wandel und H2-GeNeSis Modellregionen strukturieren und informieren können. Nach diesen übergreifenden Frameworks werden wir tiefer auf eine Reihe spezifischer Faktoren eingehen, die als wichtige Einflussfaktoren auf Akzeptanz identifiziert wurden.

2.1 Übergreifende Theorien

2.1.1 Das Akzeptanzdreieck

Eine der am weitesten verbreiteten Theorien von Akzeptanz unterteilt den Überbegriff „Akzeptanz“ in drei Ebenen: die soziopolitische Akzeptanz, die Marktakzeptanz, sowie die lokale Akzeptanz (Wüstenhagen et al., 2007; Abb. 2-1).

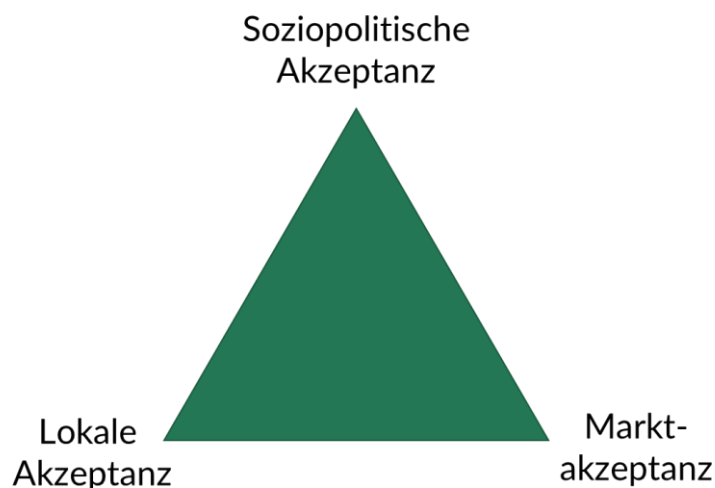


Abbildung 2-1: Akzeptanzdreieck nach Wüstenhagen et al. (2007).

Quelle: Wüstenhagen et al. (2007)

Soziopolitische Akzeptanz bildet dabei die breiteste Ebene. Sie beinhaltet die Akzeptanz durch politische und wirtschaftliche EntscheidungsträgerInnen und die allgemeine Öffentlichkeit. Auf dieser Makroebene geht es typischerweise um die Akzeptanz einer Technologie oder einer politischen Maßnahme (Upham et al., 2015). Ein Beispiel wäre eine nationale Umfrage dazu, ob die Bevölkerung Wasserstoffautos und -tankstellen unterstützen würde. Wichtig ist hierbei, dass die soziopolitische Ebene nicht ausschließlich auf die Akzeptanz durch BürgerInnen reduziert werden muss, sondern auch die Akzeptanz durch andere Akteure auf der Makroebene einbezieht.

Lokale Akzeptanz bildet die Meso-Ebene ab: Wie stehen die Akteure einer Gemeinschaft zu einer geplanten oder bereits umgesetzten Anlage oder Infrastruktur? Auch hier werden diese Akteure breit gedacht: Neben AnwohnerInnen wird auch die Akzeptanz beispielsweise durch die kommunale Verwaltung miteinbezogen. Ein Beispiel wäre, ob und unter welchen Umständen ein örtlicher Nachbarschaftsverband den Bau einer geplanten Wasserstofftankstelle akzeptiert.

Schließlich bildet Marktakzeptanz die Mikroebene. Hier geht es darum, ob und wie KonsumentInnen und InvestorInnen die spezifische Anwendung einer Technologie auf dem Markt annehmen. Dies kann den Kauf von PKW mit Wasserstoffbrennzellantrieb durch Privatpersonen ebenso beinhalten wie den Kauf einer Flotte an Wasserstoff-LKW durch ein Logistikunternehmen oder die Nutzungs- und Tankhäufigkeit bereits vorhandener Fahrzeuge.

Der Vorteil dieser Theorie liegt darin, dass sie die verschiedenen Ebenen beleuchtet, auf denen Akzeptanz vorhanden sein muss, damit eine Technologie erfolgreich eingesetzt werden kann. In Studien und Projekten vor der Entwicklung dieses Modells wurde häufig ausschließlich die Akzeptanz unter BürgerInnen erfasst. Dabei wurden andere wichtige Akteure wie nationale Politik, Kommunalverwaltung, oder Marktinvestoren ausgeblendet, obwohl schon die mangelnde Akzeptanz bei nur einem dieser Akteure ausreichen kann, um ein Energieprojekt scheitern zu lassen. Die Anwendung des Akzeptanzdreieckes hilft, solche toten Winkel zu vermeiden und dadurch Stärken und Schwächen in der Akzeptanz auf verschiedenen Ebenen frühzeitig zu erkennen.

2.1.2 Die Theorie des geplanten Verhaltens und das Comprehensive Technology Acceptance Framework

Während das Akzeptanzdreieck die verschiedenen Ebenen von Akzeptanz beleuchtet, bietet es keine Erklärungen dafür an, wie genau Akzeptanz (oder Ablehnung) entsteht. An genau diesem Punkt setzt eine andere Kategorie an Modellen an, die in der Tradition der Theorie des geplanten Verhaltens (Ajzen, 1991; Fishbein & Ajzen, 1975, 2010) steht (s. z. B. auch Bamberg, 2013). In der Forschung zu erneuerbaren Energien ist das umfassendste dieser Modelle das Comprehensive Technology Acceptance Framework (Huijts et al., 2012). Auf der Grundlage eines Literaturreviews (Huijts et al., 2012) und einer empirischen Studie zum Thema Wasserstofftankstellen (Huijts et al., 2014) definiert dieses Modell eine Reihe an Faktoren, die direkt und indirekt zu Akzeptanz beitragen (Abb. 2-2).

Der Grundgedanke ist, dass akzeptanzrelevantes Verhalten durch Verhaltensvorsätze produziert wird. Ein Verhaltensvorsatz wäre beispielsweise „Ich werde Wasserstoff-LKW für mein Unternehmen bestellen“ oder „Ich werde im Gemeinderat gegen dieses Projekt stimmen“. Einen Vorsatz fassen heißt natürlich nicht automatisch, auch zu handeln; dennoch bietet ein Vorsatz die beste verfügbare Vorhersage darüber, ob jemand das Verhalten dann tatsächlich ausführt oder nicht. Ob man einen Verhaltensvorsatz fasst, ist hauptsächlich durch die eigenen Einstellungen, die wahrgenommenen Einstellungen anderer (soziale Normen), sowie die wahrgenommene Kontrolle, die man über das Verhalten hat, bestimmt. Einstellungen werden hier als utilitaristische Kosten-Nutzen-

Abwägung konzipiert. Sie bilden sich aus der Gesamtheit aller erwarteten Folgen, die sich die Zielgruppe von dem geplanten Projekt verspricht (z. B. Kosten, Nutzen, oder Risiken) und wie positiv bzw. negativ sie diesen jeweils gegenübersteht. Der Stellenwert von erwartetem Nutzen wird z.B. durch ein Pilotprojekt zu Wasserstoffbussen in mehreren europäischen Städten illustriert: die Akzeptanz von Stakeholdern sogar aus Kommunen mit begrenztem Budget wurde vor allem durch Zweifel am Mehrwert der Technologie eingeschränkt und weniger durch einen Mangel an Geld (Hoelzinger & Luedi-Geoffroy, 2013). Der Mehrwert wird dabei mit dem Mehrwert von alternativen Technologien oder anderen Politikbereichen verglichen, in die stattdessen investiert werden könnte (Flynn et al., 2006; Hoelzinger & Luedi-Geoffroy, 2013). Erwartete Kosten werden also nicht absolut, sondern in Relation zu erwartetem Nutzen und zu Vergleichstechnologien evaluiert.

Zusätzlich fügt das Modell persönliche Normen hinzu. Diese moralischen Standards basieren darauf, ob die Zielgruppen den Klimawandel und das aktuelle Energiesystem als ein Problem ansehen und wie sehr sie davon überzeugt sind, dass das geplante Technologieprojekt die Situation verbessern wird.

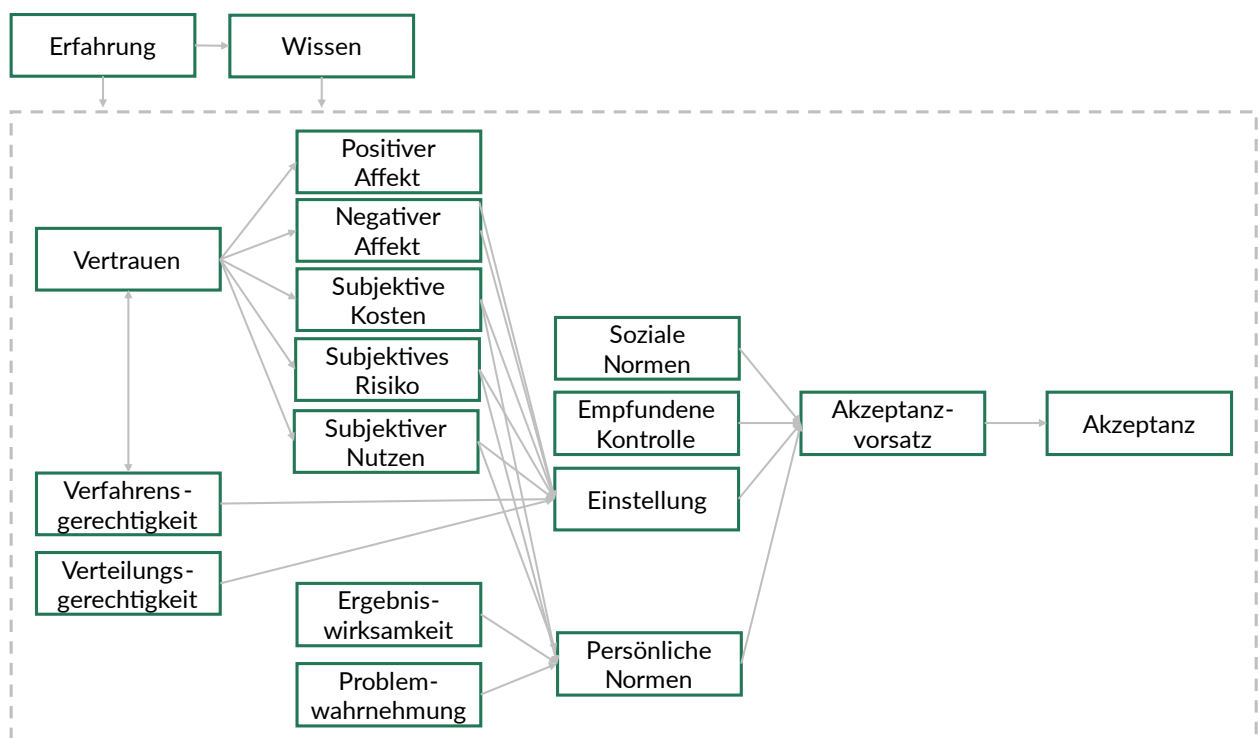


Abbildung 2-2. Comprehensive Technology Acceptance Framework nach Huijts et al. (2012).

Quelle: Huijts et al. (2012)

Weitere Faktoren sind affektive Merkmale: Werden positive oder negative Gefühle mit der geplanten Technologie verbunden? Zusätzlich betont das Modell die Rolle von Gerechtigkeit, die unabhängig von allen Gefühlen und Kosten-Nutzen-Rechnungen die Akzeptanz eines Projektes beeinflusst: Wenn AnwohnerInnen beispielsweise im Entscheidungsprozess übergangen wurden oder das Gefühl haben, die Kosten der Energiewende zu tragen, während der Nutzen an andere geht, werden sie dem Projekt gegenüber höchstwahrscheinlich negativ eingestellt sein, ganz egal wie nützlich und

sicher sie die Technologie selbst finden. Als Basis für alle genannten Faktoren muss daher Vertrauen dienen: Beispielsweise ist Vertrauen in EntscheidungsträgerInnen dafür wichtig, um den mitgeteilten Informationen über Kosten, Nutzen und Sicherheit Glauben zu schenken. Vertrauen und Gerechtigkeit beeinflussen sich hierbei gegenseitig.

Zuletzt werden alle genannten Komponenten durch das Wissen über die Technologie beeinflusst, sowohl durch das theoretische Wissen als auch durch das Wissen, das aus persönlicher Erfahrung resultiert.

Das Comprehensive Technology Acceptance Framework bietet also eine sehr umfassende Auswahl an Faktoren, die direkt oder indirekt die Akzeptanz eines neuen Energietechnologieprojektes beeinflussen. Es ist daher sehr gut dafür geeignet, Befragungen von Zielgruppen zu strukturieren, um die wahrscheinliche Akzeptanz noch vor der Umsetzung eines Projektes vorhersagen zu können. Es ist außerdem spezifisch für Wasserstoffprojekte geeignet, da es für den Energiesektor entwickelt wurde und bereits am Beispiel von Wasserstofftankstellen validiert wurde (Huijts et al., 2014).

2.2 Individuelle Faktoren

Als nächstes geben wir einen Überblick über Einzelvariablen, die von besonderer Bedeutung für das Verständnis von Akzeptanz sind. Wir teilen diese Betrachtung nachfolgend in die individuelle Ebene (2.2.1), die sich auf Einzelpersonen bezieht, die strukturelle Ebene (2.2.2), in der Einzelpersonen in soziale, situative und politische Kontexte eingebettet sind, und in den Vergleich zwischen der lokalen und der nationalen Ebene (2.2.3).

Neben individuellen Faktoren der Akteure (Akzeptanzsubjekt) und strukturellen Faktoren der Organisationen, mit und in denen sie interagieren (Akzeptanzkontext), sind selbstverständlich auch Faktoren der Technologie (Akzeptanzobjekt) ausschlaggebend für Akzeptanz. Da wir uns hier auf Wasserstofftechnologien beschränken, ohne in den Vergleich mit anderen Technologien zu gehen, und da bisher keine theoretischen Modelle zu Unterschieden zwischen den verschiedenen Anwendungsfeldern von Wasserstoff bestehen, präsentieren wir hier keinen eigenen Abschnitt zu technologischen Faktoren. Stattdessen behandeln wir die sicherheitsrelevanten technologischen Faktoren im Abschnitt zu individueller Risikowahrnehmung und werden dann in Kapitel 3 einen umfassenden Vergleich der verschiedenen Anwendungsfelder vorstellen.

Wie bereits im Comprehensive Technology Acceptance Framework dargelegt, sind Einstellungen einer der grundlegendsten Faktoren, die der Akzeptanz oder Nichtakzeptanz einer Technologie zugrunde liegen. Diese Einstellungen beruhen unter anderem auf konkreten Informationen über (Molin, 2005) oder Erfahrungen mit (Huijts et al., 2019) einer Technologie, was häufig (aber nicht zwingend) zu einer U-förmigen Kurve in der Lokalakzeptanz führt: (1) Während eine Technologie noch abstrakt ist, sind Einstellungen sehr positiv (2) wenn es dann um den Bau eines konkreten Projektes mit konkreten Problemen geht, sinkt die Akzeptanz; (3) wenn der Bau dann abgeschlossen ist, man Erfahrungen mit ihm gesammelt hat und er als sicher empfunden wird, steigt die Akzeptanz wieder (Devine-Wright, 2005; Wolsink, 2007). Auch für NutzerInnen

(Marktakzeptanz) hat direkte Erfahrung mit dem Produkt, zum Beispiel eine Testfahrt mit einem Brennstoffzellenauto, meistens positive Auswirkungen (Martin et al., 2009; Zimmer, 2013). Konkrete Informationen und Erfahrungen aus erster Hand sind also wichtige Faktoren, damit Menschen sich eine Meinung bilden können.

Die Herausforderung bei Wasserstofftechnologien ist dabei, dass diese so neu sind, dass die meisten Menschen noch nie mit ihnen interagiert haben und kaum etwas über sie wissen. Die meisten Deutschen haben also entweder keine Einstellungen zu Wasserstofftechnologien oder haben Einstellungen, die nur auf sehr begrenzten Informationen basieren. Wenn solche neugebildeten Einstellungen in einer Umfrage erhoben werden, sind die Antworten oftmals instabil (d.h. sie können kurze Zeit später schon ganz anders ausfallen) und sind weniger stark mit späterem Verhalten assoziiert als Einstellungen, die schon etablierter sind und auf mehr Informationen oder eigener Erfahrung basieren (Glasman & Albarracín, 2006; Regan & Fazio, 1977). Diese Unterschiede können auf einem Kontinuum beschrieben werden: auf der linken Seite gibt es gar keine Einstellung und auf der rechten Seite gibt es eine starke, und etablierte Meinung, derer man sich sehr sicher ist (Fazio, 2007; Fazio et al., 1986). Einstellungen zu Wasserstoff in der breiten Öffentlichkeit befinden sich dabei aktuell eher auf der linken Seite des Spektrums.

Wenn eine Einstellung noch nicht auf direkter Erfahrung basieren kann, worauf basiert sie dann? Während Einstellungen zu bekannten Technologien häufiger auf kognitiver Information fußen (d. h. Wissen, das z. B. aus Nachrichtenartikeln oder Rezensionsberichten gelernt wurde), sind Einstellungen zu neuen, unbekanntem Technologien stärker affektiv, das heißt von Gefühlen beeinflusst (Giesen et al., 2015; Merk & Pönitzsch, 2017; Siegrist & Cvetkovich, 2002). Sie können also einerseits von Kontextfaktoren in der Situation abhängen, z. B. von spontanen Bauchgefühlen oder davon, wie emotional die Technologie in einem Nachrichtenartikel beschrieben wird (Ryffel et al., 2014). Diese Kontextfaktoren können erklären, warum solche Einstellungen manchmal instabil sind: Sobald sich der Kontext ändert, ändert sich dann auch die Einstellung. Andererseits können neue Einstellungen aber auch auf unseren Werten beruhen, z.B. ein Leben im Wohlstand führen zu wollen, Hilfsbereitschaft, Sicherheit oder Naturverbundenheit (Rokeach, 1973; Schwartz, 2012). Wenn eine neue Technologie also so präsentiert wird, dass sie einen unserer Werte anspricht (z.B. Sicherheit oder Nachhaltigkeit), wird dieser Wert wahrscheinlich als Bewertungsgrundlage für unsere Einstellung dienen (z.B. negativ vs. positiv belegt; Stern et al., 1995; Thøgersen & Grunert-Beckmann, 1997). Im Falle von Wasserstofftechnologien ist also das Framing von Informationen sehr wichtig dafür, welche Gefühle und welche Werte aktiviert werden.

Einstellungen zu Technologien werden außerdem maßgeblich durch Risikowahrnehmungen beeinflusst. Ebenso wie Einstellungen sowohl eine kognitive als auch eine affektive Basis haben können, kann das wahrgenommene Risiko einer Technologie sowohl durch Fakten und rationale Abwägung als auch durch Gefühle und Intuition beeinflusst werden (Siegrist & Cvetkovich, 2002; Slovic et al., 2004). Je nachdem, für wie schwerwiegend und wie wahrscheinlich wir das Risiko halten, werden wir der Technologie eher zustimmend oder eher ablehnend gegenüberstehen (s. auch den entsprechenden Pfad im Comprehensive Technology Acceptance Framework, Abb.

2-2). Während ExpertInnen ihre Kommunikation häufig auf die Risiken beschränken, die bekannt sind und erforscht werden, ist die Öffentlichkeit häufig auch um Risiken besorgt, die noch unbekannt sind (z. B. unabsehbare Nebenwirkungen, Unfälle, oder Makro-Auswirkungen auf Gesellschaft und Umwelt; Flynn et al., 2006). Einerseits ist die Kommunikation von Wissenslücken und Unsicherheiten also sehr wichtig für erfolgreiche Risikovermittlung und Akzeptanzmanagement, andererseits werden Organisationen, die einen Mangel an Wissen eingestehen, schnell als inkompetent wahrgenommen (Flynn et al., 2006). Informationen über mögliche Risiken oder tatsächliche Vorfälle erhöhen das subjektive wahrgenommene Risiko vor allem dann, wenn sie implizieren, dass das Risiko selbst von ExpertInnen schlecht verstanden wird, nicht oder nur schwer kontrollierbar ist, oder nicht kompetent behandelt und eingedämmt wird (Kasperson et al., 1988). Daher ist das Vertrauen in Handlungswillen und Kompetenz von Organisationen und ExpertInnen von zentraler Bedeutung. Vertrauen spielt besonders dann eine große Rolle, wenn Einzelpersonen wenig eigenes Wissen zu möglichen Risiken haben (Earle et al., 2012), wie es aktuell für Wasserstoff der Fall ist (siehe Kapitel 3). Als nächstes betrachten wir daher Vertrauen und seine Determinanten näher.

2.3 Strukturelle und institutionelle Faktoren

Täglich interagieren verschiedene Akteure zum Thema Wasserstofftechnologien miteinander: BürgerInnen mit Kommunalverwaltung, Energieproduzenten mit Industrie, Politik mit Medien, und so weiter. Diese Interaktionen gelingen dann besonders gut, wenn sie auf gegenseitigem Vertrauen basieren. Am besten erforscht ist dabei die Rolle des Vertrauens von BürgerInnen in politische und gewerbliche Institutionen. Hohes Vertrauen in diese Institutionen führt beispielsweise dazu, dass offiziellen Informationen zu Sicherheit und Risiken Glauben geschenkt wird, die Risikowahrnehmung sinkt und die Akzeptanz dadurch steigt (z. B. Frewer, 1999; Siegrist & Cvetkovich, 2002). Auch abgesehen von Risikoeinschätzungen spielt Vertrauen eine wichtige Rolle dabei, eine neue, unbekannte Technologie wie Brennstoffzellenfahrzeuge oder Power-to-Gas-Speicherung am Markt und in der Gesellschaft zu etablieren (z. B. König et al., 2018; Zimmer, 2013). Deutsche BürgerInnen bringen Behörden und anderen sicherheitsrelevanten Einrichtungen wie zum Beispiel dem TÜV im Schnitt großes Vertrauen entgegen, sodass die Akzeptanz von Wasserstofftechnologien bisher hoch ist (Zaubrecher et al., 2016; Zimmer, 2013); Busfahrer in einem Wasserstoffpilotprojekt berichteten ähnliches Vertrauen (Hoelzinger & Luedi-Geoffroy, 2013). Da all diese Evaluierungen aber bisher fast ausschließlich hypothetisch waren, weil die meisten BürgerInnen in ihrem Leben keine Berührungspunkte zu Wasserstofftechnologien hatten, ist es eine offene Frage, ob dieser Vertrauensvorsprung in relevante Institutionen auch bei, während, und nach der Umsetzung eines konkreten Projektes beispielsweise am eigenen Wohnort bestehen bleibt. Zusätzlich kann sich Vertrauen zukünftig durch breitere gesellschaftliche Trends ändern, die nicht in der Kontrolle eines einzelnen Projektteams sind, z.B. wenn das Vertrauen in eine ganze Technologie oder Branche durch einen einzigen Vorfall an einer anderen Anlage erschüttert wird (wie bspw. nach Unfällen an Nuklearreaktoren oder Rückrufen in der Lebensmittelbranche beobachtet; Kasperson et al., 1988).

Vertrauen wird dabei maßgeblich durch die tatsächliche und empfundene Gerechtigkeit in einem Projekt beeinflusst (s. z. B. das Comprehensive Technology Acceptance Framework, Abb. 2-2). Dabei wird zwischen drei Formen der Gerechtigkeit unterschieden (Jenkins et al., 2016; Schlosberg, 2004).

(1) Verteilungsgerechtigkeit (engl. *distributional justice*) bezieht sich darauf, wie Kosten, Nutzen, Schäden und Verantwortung zwischen verschiedenen Gruppen verteilt sind (Jenkins et al., 2016). Das kann, spezifisch und lokal gedacht, einkommensschwache AnwohnerInnen betreffen, in deren Viertel wegen der niedrigeren Kosten neue Energieinfrastruktur gebaut werden soll und die daher höhere Risiken auf sich nehmen müssen als reichere BewohnerInnen derselben Stadt. In Deutschland empfinden beispielsweise 50,5% der BürgerInnen, dass die Kosten und Nutzen energiepolitischer Maßnahmen ungerecht verteilt sind (Wolf et al., 2022). Verteilungsgerechtigkeit beinhaltet aber auch ein breiteres Blickfeld auf den gesamten Prozess der Energietechnologie (inklusive Gewinnung von Rohmaterialien und den Umgang mit Abfallprodukten, auch über Stadt- und Landesgrenzen hinaus) sowie das ganze Spektrum an gesellschaftlichen Auswirkungen (beispielsweise, wessen Arbeitsplätze durch die Umstellung von Energiegewinnung auf grünen Wasserstoff geschaffen werden oder verloren gehen) (Schlosberg, 2004).

(2) Verfahrensgerechtigkeit (engl. *procedural justice*) bezieht sich darauf, durch welchen Prozess Entscheidungen getroffen werden und ob die Rechte der Beteiligten gewahrt werden. Es geht darum, Entscheidungen fair, transparent und nachvollziehbar zu treffen und allen Beteiligten die Möglichkeit zu geben, ihre Meinungen und Interessen vorzubringen (Jenkins et al., 2016; Schlosberg, 2004). Verfahrensgerechtigkeit ist wichtig, weil sie dazu beiträgt, dass Entscheidungen akzeptiert und umgesetzt werden: Wenn die Beteiligten das Gefühl haben, dass der Prozess fair und transparent war, sind sie eher bereit, sich mit dem Ergebnis zufrieden zu geben. Ein verfahrensgerechter Prozess bei dem die Beteiligten, ihre Meinungen und Interessen einbezogen werden kann dazu beitragen, dass die Akzeptanz des Projekts erhöht wird und dass es zu weniger Widerstand und Rechtsstreitigkeiten kommt.

(3) Anerkennungsgerechtigkeit (engl. *recognition justice*) bezieht sich darauf, dass die verschiedenen Gruppen, die Berührungspunkte mit dem Projekt haben, anerkannt werden sollen – dies beinhaltet, dass sie als Akteure und/oder Betroffene identifiziert und ihre Meinungen, Wissen, Bedürfnisse und Identitäten respektiert werden sollen (Jenkins et al., 2016; Schlosberg, 2004). Anerkennungsgerechtigkeit ist daher eine nötige Bedingung für die anderen beiden Formen von Gerechtigkeit sowie von Akzeptanz: Wer ignoriert wird, wer sich nicht wertgeschätzt fühlt, oder wessen Bedürfnisse im Planungsprozess falschverstanden werden, wird vermutlich nicht in der Verteilung berücksichtigt, kann sich nicht kompetent am Prozess beteiligen und wird das Projekt wahrscheinlich nicht akzeptieren. Ein Beispiel dafür ist es, wenn die Einwände von AnwohnerInnen als „NIMBYismus“ abgetan werden (engl. *not in my backyard*, die Vorstellung, dass AnwohnerInnen zwar erneuerbare Energien möchten, ihnen der Ausbau vor der eigenen Haustür aber zu unbequem ist) ohne auf ihre tieferen Beweggründe und Bedenken einzugehen. Eine solche Antwort kann als

mangelnder Respekt verstanden werden und führt dazu, dass die Anliegen dieser Gruppe nicht korrekt repräsentiert werden (Batel & Devine-Wright, 2015; Jenkins et al., 2016).

2.4 Lokal vs. national

„NIMBYismus“ ist ein Erklärungsansatz für das Phänomen, das als soziale Lücke oder als national-örtliche Lücke (engl. *national-local gap*) bezeichnet wird: In nationalen Umfragen wird der Ausbau von erneuerbaren Energien normalerweise von einer Mehrheit der Befragten begrüßt, wenn es in Umfragen vor Ort aber um konkrete Projekte am eigenen Wohnort geht, ist die Akzeptanz meistens deutlich niedriger (Bell et al., 2005, 2013). In einer repräsentativen Umfrage aus dem Jahr 2022 wurde die allgemeine Förderung von Wasserstoff, Solarkraft auf Freiflächen und on-shore Windkraft in Deutschland beispielsweise von jeweils 84%, 80% und 76% der Befragten unterstützt. Den Bau von neuen Erneuerbare-Energien-Anlagen oder Hochspannungsleitungen in ihrem eigenen Wohnumfeld befürworteten dagegen nur 60% der Befragten (Wolf et al., 2022). Die am weitesten verbreitete Erklärung dafür war lange, dass Menschen aus Selbstinteresse zwar die Vorteile, nicht aber die Nachteile der Energiewende tragen möchten – also NIMBYismus (z.B. Bell et al., 2005). Im Sinne von Anerkennungsgerechtigkeit wurden aber in den letzten Jahren die Gründe für diese national-örtliche Diskrepanz weiter untersucht und es haben sich weitere Erklärungen entwickelt.

Es hat sich beispielsweise gezeigt, dass die Gründe von örtlicher Ablehnung anders als vom NIMBY-Ansatz vermutet meist nicht an Selbstinteresse und Informationsdefiziten liegen, sondern an Ortsbindung (engl. *place attachment*): Der Sorge um die Landschaft, in der ein Projekt geplant ist, und der in ihr verankerten Umweltbedingungen, Lebensweisen und Gemeinschaften (Bridge et al., 2013; Devine-Wright, 2009; Scott & Powells, 2020). Die Energiewende ist in diesem Kontext nicht nur eine Transformation des Energiesystems, sondern auch und vor allem eine Transformation von Landschaften (Nadaï & van der Horst, 2010). Ortsbindung führt insbesondere dann zu geringerer Akzeptanz, wenn die geplanten Veränderungen die positive Besonderheit eines Ortes verringern (z.B. indem Alleinstellungsmerkmale wegfallen), die Kontinuität von bedeutsamen Erfahrungen unterbrechen, oder die Selbstbestimmung der Gemeinschaft gefährden (Devine-Wright, 2009). Umgekehrt kann Ortsbindung aber auch zu höherer Akzeptanz führen, wenn die geplante Veränderung zu einem höheren Wert des Ortes führt, die sich positiv auf die dessen Umweltbedingungen, Lebensweisen und Gemeinschaften auswirkt. Das Konzept von Ortsbindung bietet also eine Uminterpretation von örtlichem Widerstand, vor allem von Menschen, deren Identität stark an dem Ort verankert ist. Zusätzlich gibt es aber Ansätze, die die Existenz einer national-örtlichen Lücke an sich hinterfragen.

Einer davon ist das demokratische Defizit (Bell et al., 2005, 2013). Es ist möglich, dass der Widerstand gegen ein örtliches Projekt nur von einer kleinen, aber lautstarken Minderheit vorangetrieben wird. Diese könnte ihre Meinung sehr präsent in den Medien vertreten und ihre Gruppenmitglieder mobilisieren, um ihren Widerstand in Umfragen und Bürgerbeteiligungsverfahren kundzutun. Wenn BefürworterInnen nicht ähnlich

lautstark sind, kann dies den Anschein erwecken, als wäre die Mehrheit vor Ort ablehnend, obwohl die Mehrheit sowohl national als auch örtlich hohe Akzeptanz zeigt.

Ein weiterer Erklärungsansatz ist die bedingte Akzeptanz. Bedingte Akzeptanz bedeutet, dass jemand einer Projektkategorie (z. B. einer neuen Pipeline) allgemein offen gegenübersteht, aber nur, wenn bestimmte Bedingungen erfüllt sind. Solche Bedingungen könnten zum Beispiel sein, dass Naturschutzgebiete umgangen werden, dass AnwohnerInnen angemessen entschädigt werden, wenn ihre Grundstücke von dem Projekt betroffen sind, oder dass sie im Sinne von Verfahrensgerechtigkeit ein Mitspracherecht bei der Ausgestaltung des Projektes bekommen (s. z. B. Tabelle 1 in Devine-Wright, 2005, für eine Auflistung an möglichen Faktoren). Die meistens sehr allgemein gehaltenen Fragen in nationalen Umfragen decken solche spezifischen Faktoren allerdings nicht ab. Die gleiche Person könnte also in einer solchen Umfrage sagen, dass sie neue Wasserstoffpipelines allgemein gut findet, aber gegen ein örtliches Projekt sein, bei dem diese Bedingungen nicht erfüllt sind. In empirischen Studien hat sich gezeigt, dass bedingte Akzeptanz für einen Großteil der national-örtlichen Lücke verantwortlich ist (Bell et al., 2013).

Teilweise können also auch methodologische Faktoren hinter der Lücke stecken. Wenn nationale Umfragen nur generelle Fragen stellen (z.B. zu Wasserstoffpipelines) und örtliche Umfragen nur spezifische Fragen stellen (z.B. zu überirdischen Wasserstoffpipelines innerhalb von 3 km des eigenen Wohnortes gebaut von einem bestimmten Energiedienstleister) sind die Ergebnisse nicht vergleichbar. Man kann also nicht schlussfolgern, dass die Gesamtbevölkerung höhere Akzeptanz zeigt als die örtliche Bevölkerung, da beiden unterschiedliche Fragen gestellt worden. Dieses Prinzip ist aus der Meinungsforschung gut bekannt: nur spezifische Fragen sagen spezifisches Verhalten vorher (z.B. ob man das konkrete Projekt im eigenen Ort unterstützt oder ablehnt) (Fishbein & Ajzen, 1974). Wenn nationalen und örtlichen Stichproben ähnlich spezifische Fragen gestellt werden, verschwindet ein Großteil der vermeintlichen Lücke (Batel & Devine-Wright, 2015).

2.5 Zusammenfassung

Akzeptanz spielt sich auf mehreren Ebenen ab, die alle gemeinsam betrachtet werden müssen: soziopolitische, lokale, und Marktakzeptanz. Jede dieser Ebenen ist komplex: Individuen und Institutionen, Gefühle und rationale Abwägungen, gute Vorsätze und Normen tragen alle dazu bei, ob ein spezifischer Akteur ein spezifisches Energieprojekt am Ende annimmt oder ablehnt. Diese und andere Faktoren sind im Comprehensive Technology Acceptance Framework zusammengefasst, das einen breiten Überblick über die Pfade gibt, die zu Akzeptanz führen können.

Auf der intraindividuellen Ebene sind dabei Einstellungen und Risikowahrnehmungen besonders wichtig. Spezifisch im Bereich Wasserstofftechnologien gibt es aber in der Allgemeinbevölkerung bisher einen Mangel an Erfahrung aus erster Hand, sodass Meinungen und Risikoeinschätzungen aus aktuellen Umfragen vermutlich instabil sind und sich ändern können, wenn Wasserstoff ein größerer Teil des Alltags wird.

In der Interaktion von Akteuren mit Institutionen ist es wichtig, dass die Akteure den Institutionen vertrauen können und dass sie die Verteilung von Ressourcen, die

Anerkennung ihrer Meinungen und Identitäten, sowie den Verlauf des Verfahrens als gerecht ansehen. Ein Mangel an wahrgenommener Gerechtigkeit führt meistens zu einem Mangel an Vertrauen und umgekehrt, und beide führen zu sinkender Akzeptanz.

Zuletzt ist es wichtig, nicht nur die generellen Meinungen, sondern auch die spezifischen Akzeptanzbedingungen von betroffenen Akteuren zu erfragen sowie die Methodologie von Umfragen genau zu untersuchen, bevor man von nationalen Umfragen auf die Akzeptanz von spezifischen örtlichen Projekten schlussfolgert. Im folgenden Kapitel werden wir solche nationalen Umfragen zu Wasserstoff im deutschen Kontext untersuchen und allgemeine Trends identifizieren.

3 Nationale Ergebnisse

Der folgende Bericht gibt einen Überblick über die Akzeptanz der deutschen Bevölkerung bezüglich grüner Wasserstofftechnologien. Hierfür werden repräsentative sowie qualitative Studien- und Umfrageergebnisse zu Wasserstofftechnologien im Allgemeinen sowie im Speziellen zu grünem Wasserstoff aus dem Zeitraum von 2015 bis 2022 analysiert.

Die Befragungsgegenstände der Studien lassen sich den drei Sektoren (I) allgemeine Aussagen zu (grünen) Wasserstoff (-technologien), (II) Verkehr sowie (III) Industrie/Energie zuordnen. Innerhalb dieser drei Sektoren können die Erkenntnisse wiederum unterschiedlichen Kategorien zugeteilt werden. Diese Kategorien beziehen sich auf die Bekanntheit, das Wissen sowie die Wahrnehmung der Bevölkerung bezüglich (grünen) Wasserstoff (-technologien). Abgesehen davon beschreiben sie die Kauf- und Nutzungsbereitschaft, wahrgenommene Herausforderungen, die Risikobewertung der Befragten sowie deren Zukunftserwartung.

Bei Betrachtung der Ergebnisse für die einzelnen Kategorien können Gemeinsamkeiten für alle Sektoren festgestellt werden. Diese sektorübergreifende Tendenzen lassen Aussagen über die Akzeptanz der Bevölkerung gegenüber (grünen) Wasserstoff (-technologien) zu. Der Bericht orientiert sich an den folgenden vier sektorübergreifenden Erkenntnissen:

- (1) Die Bekanntheit ist im Vergleich zum Wissen über (grüne) Wasserstoff (-technologien) in allen drei Sektoren höher;
- (2) Die Bevölkerung befürwortet die Umsetzung der Energiewende stark und steht dem Einsatz von (grünen) Wasserstoff (-technologien) in allen Sektoren mehrheitlich positiv gegenüber;
- (3) Die vorhandene Kauf- und Nutzungsbereitschaft wird durch wahrgenommene Risiken und Herausforderungen gebremst;
- (4) Trotz der wahrgenommenen Herausforderungen glaubt die Bevölkerung an eine realistische Etablierung von (grünen) Wasserstoff (-technologien) in der Zukunft.

Diese kategoriespezifischen Tendenzen werden für die Sektoren („Allgemeine Aussagen“, „Verkehr“ und „Industrie/Energie“) genauer ausgeführt. Die eingefügten Tabellen dienen als detaillierte Übersicht für spezifische sektorale sowie kategoriale repräsentative Ergebnisse und enthalten Informationen über die Erhebungsmethode, die Stichprobengröße sowie die Grundgesamtheit der dazugehörigen Studien.

3.1 Bekanntheit höher als Wissen

Eine vergleichsweise hohe Zahl an Repräsentativumfragen hat in den letzten Jahren die Bekanntheit von Wasserstoff erfasst. Viele davon fragen ebenfalls nach Wissen, was einen Vergleich dazwischen, einmal von Wasserstofftechnologien gehört zu haben versus konkretem Wissen ermöglicht.

Tabelle 3-1: Repräsentative Studien zu Bekanntheit und Wissen von Wasserstoff in Deutschland

Repräsentative Studien	Methode	N	Befragte	Befragungsgegenstand	Einstellung/Antwort in Prozent		
					positiv	negativ	Einflussfaktoren
Bekanntheit und Wissen für den Sektor „Allgemeine Aussagen“							
H2-Chancendialog (2020); (Häußermann, 2020)	online	2054	≥18 Jahre	Bekanntheit Wasserstofftechnologien	85%		
				Bekanntheit grüner Wasserstoff	21%		eher jüngere mit hohem
				In der Lage, sich Meinung zur Anwendung von Wasserstoff zu bilden	37%		Bildungsabschluss
Hyacinth (2016); (Geitmann, 2017)	online	D: n = 1011 Gesamt (7 Länder): 7148	≥16 Jahre	Bekanntheit Wasserstofftechnologien in Europa	40%		In 7 Ländern auf niedrigem bis mittlerem Level; Deutschland und Norwegen überdurchschnittlich positiv, Spanien unterdurchschnittlich
				Bekanntheit Brennstoffzellenheizsysteme in Europa	25%		in D vergleichsweise gut
				Wissen ü. Wasserstofftechnologien in Europa	6%		in allen 7 Ländern gering
				Wissen Brennstoffzellenheizsysteme in Europa	5%		
bdew (2020); (bdew, 2020) (Konrad et al., 2021)	telefonisch	1200	In Privathaushalt Verantwortliche für Energieversorgung	Bekanntheit grüner Wasserstoff	21%		

YouGov (2021) für Hydrogen Business for Climate; (Windkraft-Journal, 2021)	online	2093	≥18 Jahre	Wissen über Wasserstoff			Bremen, Thüringen, Bayern: Wissen besonders ausgeprägt
				Bekanntheit von mindestens einer Art der Wasserstoffherstellung	36%		48% aller Männer; 24% aller Frauen
Invisible Kids (2018); (Epp & Bellmann, 2019)	online	1546	n = 1036: 16-25 Jahre n = 510: ≥26 Jahre	Wissen über Wasserstofftechnologien	Ca.20%	Ca. 30%	
Ariadne (2021); (Wolf et al., 2021)	online	6822	deutsche Bevölkerung	Bekanntheit Wasserstofftechnologien		5,5%	
				Wissen über Wasserstofftechnologien	16,4%		Für 18-29-Jährige am höchsten; Für (Fach-) Hochschulreife > Mittlere Reife/Volks- /Hauptschulabschluss; steigt mit zunehmendem Einkommen (27,7% d. einkommensreichen P. besitzen Wissen), unabhängig von der Sorge um den Klimawandel
Wissenschaftskommunikation Energiewende (2021); (Arlt et al., 2022)	online	2025	14-65 Jahre	Wissen, dass reiner Wasserstoff in der Natur nicht „nahezu unendlich vorhanden“ ist	34%	26%	Richtig/falsch Aussage
				Wissen, dass Herstellung von H2 nicht „nur wenig Energie“ benötigt	37%	22%	Richtig/falsch Aussage
				Wissen zu Herstellung und Kosten von Wasserstoff (Mittelwert aus 2 Fragen)	49%	10%	Richtig/falsch Aussagen
Bekanntheit und Wissen für den Sektor „Verkehr“							
H2-Chancendialog (2020); (Häußermann, 2020)	online	2054	≥18 Jahre	Bekanntheit Wasserstofftechnologien für Anwendungsbereich Mobilität	70%		
Invisible Kids (2018); (Epp & Bellmann, 2019)	online	1546	n = 1036: 16-25 Jahre n = 510: ≥26 Jahre	Wissen über Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeuge	50%		
Forsa (2019) im Auftrag von dena; (dena & forsa, 2019)	telefonisch	1002	≥18 Jahre	Wissen über Wasserstoff-, brennstoffzellbetriebene Pkw-Antriebsarten	27%	47%	

Wissenschaftskommunikation Energiewende (2021); (Arlt et al., 2022)	online	2025	14-65 Jahre	Wissen, dass mit Wasserstoff synthetischer Kraftstoff hergestellt werden kann	52%	13%
Norddeutsches Reallabor (2022); (Arndt, 2022)	online	848	Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenb.-Vorp., Bremen	Bekanntheit Wasserstoff als Kraftstoff für PKW Kraftstoff für Busse Kraftstoff für LKW	79% 74% 62%	
Bekanntheit und Wissen für den Sektor „Industrie/ Energie“						
H2-Chancendialog (2020); (Häußermann, 2020)	online	2054	≥18 Jahre	Bekanntheit Wasserstofftechnologien nach Anwendungsbereich Energieversorgung Industrielle Nutzung	56% 48%	
Norddeutsches Reallabor (2022); (Arndt, 2022)	online	848	Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern, Bremen	Bekanntheit Wasserstoff In d. Stromversorgung In d. Wärmeversorgung In d. Stahlindustrie In d. Kupferindustrie	36% 33% 24% 15%	
Invisible Kids (2018); (Epp & Bellmann, 2019)	online	1546	n = 1036 16-25 Jahre n = 510 ≥26 Jahre	Wissen über den Einsatz von Wasserstoff und CO2 als Grundstoff in der chemischen Industrie	11%	Erwachsene 10%
Innofact Ag (2021) im Auftrag von Energate; (Innofact Ag, 2021)	online	1000	18-69 Jahre	Konkrete Vorstellung von Wasserstoff als Energieträger?	40%	Positiv vor allem jüngere Personen, Männer, Eigentümer

Quelle: Eigene Darstellung

3.1.1 Allgemeine Aussagen

Wasserstofftechnologien sind in Deutschland bei 85% der Befragten bekannt (Häußermann, 2020). Fast genauso viele gaben jedoch an, kein oder lediglich ein vages Wissen über Wasserstofftechnologien zu besitzen (Epp & Bellmann, 2019) und weniger als die Hälfte der Deutschen sah sich dazu in der Lage, ihren Standpunkt bezüglich der Anwendung von Wasserstoff zu formulieren (Häußermann, 2020). Sofern die Befragten nur die Richtigkeit bzw. Falschheit einer einzelnen Aussage bezüglich der Wasserstoffherstellung bewerten mussten, antworteten im Mittel 44% korrekt (Arltd et al., 2022). Abgesehen davon existieren regionale Unterschiede im vorhandenen Wissen, den dieses ist in Bremen, Thüringen und Bayern überdurchschnittlich gut (Windkraft-Journal, 2021). Im europäischen Vergleich werden diese Ergebnisse als hoch eingestuft. Große Unterschiede zwischen dem Bekanntheits- und Wissensbestand sind aber auch international sichtbar. Diese Niveaus sind für das Thema „Brennstoffzellenheizsysteme“ nochmal geringer (Geitmann, 2017). Speziell grüner Wasserstoff ist in Deutschland lediglich bei 1/5 der Befragten bekannt, vor allem bei jüngeren Befragten mit hohem Bildungsabschluss (bdew, 2020; Häußermann, 2020). Wissen über Wasserstoff im Allgemeinen ist ebenfalls für 18 bis 29-Jährige sowie für Personen mit (Fach-) Hochschulreife am höchsten. Das Wissen steigt zusätzlich mit zunehmendem Einkommen (27,7% bei einkommensreichen Personen) und ist unabhängig von der Sorge um den Klimawandel (Wolf et al., 2021).

Auf europäischer sowie deutscher Ebene sind also eine hohe Bekanntheit und ein niedriger Wissensbestand erkennbar, welche mit steigender Detailliertheit der Frage abnehmen. Das Wissen ist höher, wenn einzelne Aussagen als richtig oder falsch bewertet werden sollen, als wenn das eigene Gesamtwissen zu Wasserstoff eingeschätzt werden soll. Für junge, männliche und gebildete Personen ist grüner Wasserstoff in diesem Sektor vergleichsweise bekannter. Zusätzlich ist das Wissen für jüngere, gebildete und einkommensstärkere Personen ausgeprägter.

3.1.2 Verkehr

In dem Sektor „Verkehr“ sind Wasserstofftechnologien ebenfalls für bis zu 3/4 der Befragten bekannt (Häußermann, 2020). In Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Bremen gilt das vor allem für Wasserstoff als Kraftstoff im Mobilitätsbereich (Arndt, 2022). Deutschlandweit wissen die Hälfte der 14 bis 65-Jährigen, dass Wasserstoff als Kraftstoff verwendet wird (Arltd et al., 2022). Das Wissen über wasserstoff- bzw. brennstoffzellbetriebene Pkw-Antriebsarten ist allerdings auch nur bei weniger als 1/3 der Befragten „eher gut“ und knapp bei der Hälfte „eher schlecht“ (dena & forsa, 2019). Die Invisible Kids Studie identifizierte bei 50% der 16 bis 25-Jährigen Wissen über Wasserstoff- und Brennstoffzellenfahrzeuge (Epp & Bellmann, 2019).

Auch im Verkehrssektor fällt die Bekanntheit mit circa 70% wesentlich höher aus als das Wissen. Die positiven Befragungsergebnisse der Invisible Kids Studie zeigen, dass jüngere Generationen mehr über Wasserstoff im Verkehrssektor wissen als ältere Generationen.

3.1.3 Industrie/Energie

Die Bekanntheit von Wasserstofftechnologien ist für den Sektor „Industrie/Energie“ circa 20 bis 30% niedriger als in den vorherigen Sektoren (Häußermann, 2020). Die Bekanntheit für die Anwendungsbereiche Industrie und Energie liegen bei ungefähr 50%. Spezifische Verwendungen von Wasserstoff als Energieversorger und in der Metallindustrie sind deutlich unbekannter (Arndt, 2022). Das Wissensniveau ist auch hier niedriger, unterscheidet sich vergleichsweise aber weniger stark von dem der Bekanntheit. 40% der 18 bis 69-Jährigen gaben an, eine konkrete Vorstellung von Wasserstoff als Energieträger zu besitzen. Vor allem männliche Befragte, EigentümerInnen sowie 18 bis 34-Jährige beantworteten diese Frage positiv (Innofact Ag, 2021). Wissen über den spezifischen Einsatz von Wasserstoff und CO₂ in der chemischen Industrie besitzt nur ein Bruchteil der Jugendlichen und Erwachsenen (Epp & Bellmann, 2019).

Die Bekanntheit von Wasserstofftechnologien ist für den Sektor „Industrie/Energie“ circa 20 bis 30% niedriger als in den vorherigen Sektoren (Häußermann, 2020). Bekanntheit und Wissen unterscheiden sich aber weniger stark voneinander. Je spezifischer die Fragestellung (Energieversorger, Metall- und Chemieindustrie), umso niedriger sind aber auch hier die Bekanntheit und das Wissen. Zusätzlich geben Männer deutlich mehr Wissen an als Frauen.

Wasserstofftechnologien sind in allen drei Sektoren bekannt (48-95%). Im Sektor „Industrie/Energie“ am geringsten. Das Wissen bezüglich Wasserstofftechnologien ist allerdings sehr niedrig (6-50%) und ähnelt nur im Sektor „Industrie/Energie“ dem Bekanntheitsniveau. Grüner Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologien sind deutlich unbekannter (21-25%) und das Wissen über diese spezifischen Befragungsgegenstände ist nochmal geringer. Gleiches gilt für die Verwendungen von Wasserstoff in der Energieversorgung (Bekanntheit: circa 35%) und in der Metall- sowie Chemieindustrie (Wissen: circa 11%). Sofern die Befragten nur die Richtigkeit bzw. Falschheit einer Aussage bezüglich Wasserstoffes bewerten müssen, ist das Wissen höher (34-52%). Zusätzlich ist ersichtlich, dass jüngere, männliche, einkommensstärkere und Personen mit hohem Bildungsabschluss allgemein über mehr Wissen verfügen. Im Sektor „Industrie/Energie“ gilt das auch für Männer.

3.2 Hohe Befürwortung der Energiewende und (grünen) Wasserstoffs

3.2.1 Allgemeine Aussagen

Für die Umsetzung der Energie- und Klimaschutzpläne der Bundesregierung glaubt fast die Hälfte der Befragten (doppelt so viele Männer wie Frauen) an den Einsatz von Wasserstoff (Innofact Ag, 2021). In Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern und Bremen glauben sogar über 60% der BürgerInnen an den positiven Einfluss von Wasserstofftechnologien auf die erfolgreiche Energiewende (Arndt, 2022). Allgemein werden P2X-Technologien (Power-to-X) von über 60% der Befragten akzeptiert (Ausfelder & Dura, 2021). Vor allem 16 bis 25-Jährige setzen zum Kampf gegen den

Klimawandel Hoffnung in P2X-Technologien (Ausfelder & Tran, 2022). Über 70% befürworten Investitionen in die Wasserstoffwirtschaft, da Wasserstoff als entscheidende Technologie für die erfolgreiche Energiewende angesehen wird (OGE, 2020).

In dem Sektor „Allgemeine Aussagen“ zeigt sich die Tendenz, dass Männer von der Technologie überzeugter sind als Frauen. Auffällig ist für diesen Sektor zudem, dass ältere Befragte (>25 Jahre) häufiger keine Aussagen zu P2X-Technologien machen können.

Der Einsatz von Wasserstoff beziehungsweise von P2X-Technologien für die Umsetzung der Energiewende sowie Investitionen dafür werden also insgesamt stark befürwortet. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei qualitativen Fokusgruppen mit ExpertInnen aus Politik, Wissenschaft, NGOs und Industrie (Glanz & Schönauer, 2021). Obwohl die unterschiedlichen Akteursgruppen unterschiedliche Diskurse zur Energiewende vertraten, und trotz Uneinigkeiten zu Fragen der technischen Machbarkeit und zur Verteilung der Kosten, waren die Positionen all dieser Akteure grundsätzlich kompatibel mit der stärkeren Nutzung von Wasserstoff im Zuge der Energiewende. Diese Ergebnisse wurden auch in systematischen Textanalysen von Medienberichten sowie den Positionstatements anderer Akteure aus Industrie, Wissenschaft, Politik und zivilgesellschaftlichen Organisationen bestätigt (Schmidt & Donsbach, 2016); Argumente für Wasserstoff waren hier deutlich häufiger als Argumente dagegen. Die höhere Unabhängigkeit von zentralen Netzen sowie von anderen Ländern wurden in diesen Dokumenten nur sehr selten genannt, diese Argumente hatten aber einen der stärksten Einflüsse auf die Akzeptanz von BürgerInnen. Die Medien betonten dabei häufiger das hohe Innovationspotential, aber auch die hohen Kosten, während die Positionstatements anderer Akteure häufiger die Nachhaltigkeit, die Speichermöglichkeiten und den bisher ungenügenden Infrastrukturausbau betonten.

In einer weiteren systematischen Studie zu deutschen Medienberichten zum Thema Wasserstoff zeigte sich ebenfalls, dass die Berichterstattung zu Wasserstoff größtenteils positiv ist (Belova et al., 2023). In Aussagen von Industrie (die in den Berichten dominierte, ca. 60% der Aussagen), Politik (20-30%) und Wissenschaft (10-25%) sank der Anteil an kritischen Aussagen von 2018 bis 2021 auf fast null, während der Anteil an kritischen Aussagen von zivilgesellschaftlichen Organisationen (3-9%) mit der Zeit anstieg. Die meisten dieser kritischen Aussagen kritisierten die Herstellung von Wasserstoff mit Erdgas oder Nuklearenergie und forderten stattdessen grünen Wasserstoff. Im gleichen Zeitraum veränderte sich der thematische Fokus von einer Betonung von Brennstoffzell-PKWs zur Betonung einer Nutzung nur für Anwendungen, in denen die direkte Elektrifizierung nicht oder nur schwer möglich ist (spezifisch Industrie, Flugverkehr und Schwerlast-LKWs). Insgesamt gab es wenig Konflikte in den Positionen von Akteuren in Medienberichten. Auch eine weitere systematische Medienanalyse von 2016 bis 2020 zeigte sich, dass vor allem NGOs sowie einige politische und wissenschaftliche Organisationen für eine ausschließliche Nutzung von grünem Wasserstoff plädierten sowie eine eingeschränkte Nutzung nur in schwer zu dekarbonisierbaren Anwendungen befürworteten (Ohlendorf et al., 2023). Im Gegensatz dazu forderten vor allem Industrieunternehmen sowie einige andere Forschungsinstitute die übergangsweise Nutzung von blauem Wasserstoff sowie breite Anwendungsgebiete für Wasserstoff (u. a. auch für PKWs und Wohngebäudewärme).

Insgesamt waren NGOs aber in Medienberichten zu Wasserstoff nur selten repräsentiert. Eine qualitative Interviewstudie zu den Positionen von deutschen Umweltverbänden ging dafür näher auf die Rolle von NGOs ein (Schmidt et al., 2019). Die Verbände vertraten keine eindeutige Position: grundsätzlich wurde Wasserstoff für sinnvoll erachtet, aber die Verbände waren skeptisch, ob er sich gegenüber anderen Technologien wie der direkten Elektrifizierung durchsetzen kann. Die benötigte Flächennutzung sowie der Einsatz im Individualverkehr wurden kritisch gesehen. Eine naturverträgliche Umsetzung, die kommunikative Einbindung von BürgerInnen sowie finanzielle Vorteile für AnwohnerInnen wurden als Voraussetzungen für soziopolitische und lokale Akzeptanz genannt.

3.2.2 Verkehr

Der Wasserstoffeinsatz im Verkehrssektor kann laut 70% der Befragten zum Erreichen der Klimaziele beitragen (Innofact Ag, 2021). Der größte Nutzen wird im öffentlichen Nahverkehr und in der Schifffahrt erwartet (Nord Wirtschaft, 2023). Durch P2X-Technologien gewonnene Kraftstoffe werden im Mobilitätsbereich auch von über 70% der BürgerInnen akzeptiert (Ausfelder & Tran, 2022). Über die Hälfte (mehr Männer) bejahen Investitionen in die Wasserstoffwirtschaft vor allem aufgrund von CO₂-neutralem Verkehr und der Förderung alternativer Antriebstechniken. Lediglich 24% stehen Investitionen negativ gegenüber (AutoScout24, 2020). Der Umstieg auf emissionsfreie Fahrzeuge (Batterieelektrische, Brennstoffzellen- bzw. Wasserstoffantriebe) wird lediglich von 17,3% abgelehnt. Die Zustimmung steigt mit der Sorge um den Klimawandel und etwas geringer mit zunehmendem Bildungsabschluss an. Sie ist am höchsten für 18 bis 29-Jährige und für Personen aus der oberen Mittelschicht (Wolf et al., 2022). Trotzdem sprach sich die große Mehrheit der deutschen Bevölkerung in den Jahren 2019 und 2020 noch gegen ein Verkaufsverbot für Pkw mit reinen Verbrennungsmotoren aus (dena & forsa, 2019, 2021).

Der Ausbau von Wasserstofftechnologien im Verkehrssektor, vor allem im öffentlichen Nahverkehr und in der Schifffahrt, kann laut der Bevölkerung einen vielversprechenden Beitrag zum Erreichen der Klimaziele leisten. Investitionen werden dementsprechend, besonders von Männern, begrüßt. Gebildete, um den Klimawandel Besorgte, Jüngere und Personen der einkommensstarken Mitte begrüßen die Etablierung emissionsfreier Fahrzeuge am stärksten. Trotz des Wunsches, eines CO₂-neutralen Verkehrs möchten Privathaushalte (noch) nicht auf reine Verbrennungsmotoren verzichten. Wesentliche Gründe werden im späteren Verlauf analysiert.

3.2.3 Industrie/Energie

Der Einsatz von Wasserstoff im Sektor „Industrie“ kann laut 74% der BürgerInnen zum Erreichen der Klimaziele beitragen (Innofact Ag, 2021). Circa die Hälfte der Befragten geht davon aus, dass P2X-Technologien eine CO₂-neutrale Produktion für energieintensive Industrien ermöglichen (Ausfelder & Tran, 2022). Vor allem in den Bereichen Energie und Chemie werden P2X-Technologien von circa 70% der Befragten akzeptiert (Ausfelder & Dura, 2021). Der größte Nutzen von Wasserstoff in diesem Sektor wird im Energie- und Logistikbereich erwartet (Nord Wirtschaft, 2023). Demnach sind knapp die Hälfte der

BürgerInnen der Meinung, grüner Wasserstoff sollte verstärkt in der Energieversorgung eingesetzt werden (Arlt et al., 2022). Die Erzeugung von grünem Wasserstoff halten knapp 3/4 der Befragten für wichtig (Innofact Ag, 2021) und knapp über die Hälfte der Befragten akzeptiert die Produktion grünen Wasserstoffs in Deutschland (Lichter, 2021).

Das Potential von grünem Wasserstoff in der Industrie/Energiebranche (vor allem im Energie- und Logistikbereich) zur Erfüllung der Klimaziele wird erkannt und die Produktion begrüßt. P2X-Technologien werden deutlich akzeptiert. Deutschland als Produktionsstandort erfährt jedoch eine etwas geringere Zustimmung.

Der Einsatz von Wasserstoff zur Umsetzung der Energiewende und der Klimaziele wird mehrheitlich in allen Sektoren als sehr wichtig wahrgenommen (42-74%). Für den Befragungsgegenstand „P2X-Technologien“ lässt sich diesbezüglich ebenfalls in allen drei Sektoren eine große allgemeine Akzeptanz ausmachen (52-74%). Die Wasserstofferzeugung aus erneuerbaren Energien erfährt eine hohe Zustimmung (72%), der Produktionsstandort Deutschland jedoch eine etwas geringere. Mögliche Gründe dafür werden im nächsten Abschnitt diskutiert. Investitionen werden in allen Sektoren mehrheitlich begrüßt (63-76%). Die positive Wahrnehmung kann nicht ausreichend durch kognitive Informationen erklärt werden, da das Wissen niedrig ist (s. Kapitel 3.1). Dies impliziert (auch für die folgenden Erkenntnisse) u.a. einen affektiven und wertorientierten Einfluss (s. Kapitel 2.2.1). Allgemein genießen Wasserstofftechnologien von männlichen und jüngeren StudienteilnehmerInnen mehr Zustimmung. Im Verkehrssektor gilt dies zudem für gebildete, um den Klimawandel besorgte und aus der einkommensstarken Mitte kommenden Personen.

Tabelle 3-2: Repräsentative Studien zur Wahrnehmung von Wasserstoff in Deutschland

Repräsentative Studien	Methode	N	Befragte	Befragungsgegenstand	Einstellung/ Antwort in Prozent		
					positiv	negativ	Einflussfaktoren
Wahrnehmung für den Sektor „Allgemeine Aussagen“							
YouGov (2021) im Auftrag von Hydrogen Business for Climate; (Windkraft-Journal, 2021)	online	2093	≥18 Jahre	Glaube an Wasserstoff	nicht berichtet		Stark in Bremen, Rheinland-Pfalz, Bayern
Innofact Ag (2021) im Auftrag von Energate; (Innofact Ag, 2021)	online	1000	18-69 Jahre	Einsatz von Wasserstoff zum Erreichen der Klimaziele	42%		38% aller Männer, 21% aller Frauen; 34% aller Eigentümer, 27% aller Mieter
Wissenschaftskommunikation Energiewende (2021); (Arltdt et al., 2022)	online	2025	14-65 Jahre	Einsatz von grünem Wasserstoff trägt zum Klimaschutz bei	56%	6%	
				Förderung von Wasserstofftechnologien ist Chance für die wirtschaftl. Entwicklung in D.	54%	5%	
Open Grid Europe (2020); (OGE, 2020)	telefonisch	1014	≥14 Jahre	Ist Wasserstoff eine entscheidende Technologie für eine erfolgreiche Energiewende?	69%		
				Investitionen in Wasserstoffwirtschaft?	76%		
P2X (2022); (Ausfelder & Tran, 2022)	online	2752	n = 1076 16-25 n = 1676 >25	P2X-Technologien tragen zum Kampf gegen den Klimawandel bei	63%	4%	Personen > 25 Jahre: niedrigere Zustimmung, können schlechter beurteilen
				P2X-Technologien tragen dazu bei, fossile Ressourcen einzusparen	72%	4%	Personen > 25 Jahre: niedrigere Zustimmung, können schlechter beurteilen
P2X (2021); (Ausfelder & Dura, 2021)	online	2257	n = 1123 16-25 n = 1134 >25	Allgemeine Akzeptanz von P2X-Technologien	62%	8%	Personen > 25 Jahre: gering weniger, eher unentschlossen

Norddeutsches Reallabor (2022); (Arndt, 2022)	online	1624	Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenb.-Vorp., Bremen	Welchen Einfluss hat der Ausbau von Wasserstofftechnologien auf Gelingen d. Energiewende?	62%		
Wahrnehmung für den Sektor „Verkehr“							
Innofact Ag (2021) im Auftrag von Energate; (Innofact Ag, 2021)	online	1000	18-69 Jahre	Einsatz von Wasserstoff in dem Sektor „Verkehr“ zum Erreichen der Klimaziele	70%		
Ariadne (2022); (Wolf et al., 2022)	online	3310	deutsche Bevölkerung	Einstellung zu verkehrspolitischer Zielsetzung: Umstieg auf emissionsfreie Fahrzeuge (Batterieelektrische, Brennstoffzellen- bzw. Wasserstoffantriebe)	67,1%	17,3%	Zustimmung höher bei Sorge um Klimawandel und mit Bildung (mind. 55%, aber am höchsten bei SchülerInnen (91,7%) für 18-29-Jhr. wenig höher; für obere Mittelschicht am stärksten (aber kein linearer Anstieg)
Civey (2021) im Auftrag von E.ON; (Nord Wirtschaft, 2023)	online	5001	Privatwirtschaftliche EntscheiderInnen ≥ 18	Größter Nutzen von Wasserstoff im Sektor... Öffentlicher Nahverkehr Schifffahrt Luftfahrt	38,6% 27,7% 14,5%		
P2X (2022); (Ausfelder & Tran, 2022)	online	2752	$n = 1076$ 16-25 $n = 1676$ >25	Akzeptanz für durch PtX Technologien gewonnene Kraftstoffe in:			
				In allen Bereichen	74%	8%	
				ÖPNV	79%	6%	
				Im privaten Mobilitätsbereich	58%	13%	
Forsa (2019) im Auftrag von dena; (dena & forsa, 2019)	telefonisch	1002	≥ 18 Jahre	Verkaufsverbot für Pkw mit reinen Verbrennungsmotoren	18%	79%	
Forsa (2020) im Auftrag von dena; (dena & forsa, 2021)	telefonisch	1002	≥ 18 Jahre	Verkaufsverbot für Pkw mit reinen Verbrennungsmotoren	25%	74%	

AutoScout24 (2020); (AutoScout24, 2020)	online	1000	Autohalter 18 - 65 Jahre	Investitionen in Wasserstoffwirtschaft?	63%	24%	davon 45% wg. CO2 neutralen Verkehrs, 35% generell für alternative Antriebstechniken, 15% sagen gute Anlage, zukünftig nur H2-Antriebe; 72% (55%) bei Männern (Frauen)
Wahrnehmung für den Sektor „Industrie/Energie“							
Innofact Ag (2021) im Auftrag von Energate; (Innofact Ag, 2021)	online	1000	18-69 Jahre	Einsatz von Wasserstoff in Industrie zum Erreichen der Klimaziele	74%	3%	
				Wasserstoffherzeugung aus erneuerbaren Energien?	72%		vor allem Jüngere positiv
Wissenschaftskom- munikation Energie- wende (2021); (Arlt et al., 2022)	online	2025	14-65 Jahre	Grüner Wasserstoff sollte verstärkt in der Energieversorgung eingesetzt werden	52%	6%	
Civey (2021) im Auftrag von E.ON; (Nord Wirtschaft, 2023)	online	5001	Privatwirtscha ftliche EntscheiderIn nen ≥18	Größter Nutzen von H2 in Energie Logistik Industrie Chemie	34% 32% 30% 20%		
YouGov (2021); (Lichter, 2021)	online	2039	≥18 Jahre	Produktion grünen Wasserstoffs in Deutschland?	65%		
P2X (2022); (Ausfelder & Tran, 2022)	online	2752	n = 1076 16-25 n = 1676 >25	P2X-Technologien ermöglichen energieintensiven Industrien eine CO2-neutrale Produktion	52%		Personen > 25 Jahre: ähnlich
P2X (2021); (Ausfelder & Dura, 2021)	online	2257	n = 1123 16-25 n = 1134 >25	Allgemeine Akzeptanz von P2X im Anwendungsbereich Energie Chemie	73% 67%		Personen > 25 Jahre: ähnlich

Quelle: Eigene Darstellung

3.3 Gebremste Kauf- und Nutzungsbereitschaft

Tabelle 3-3: Repräsentative Studien zur Kauf-, Nutzungsbereitschaft und Risikobewertung von Wasserstoff in Deutschland

Repräsentative Studien	Methode	N	Befragte	Befragungsgegenstand	Einstellung/Antwort in Prozent		
					positiv	negativ	Einflussfaktoren
Kauf- und Nutzungsbereitschaft und Risikobewertung für den Sektor „Allgemeine Aussagen“							
H2-Chancendialog (2020); (Häußermann, 2020)	online	2054	≥18 Jahre	Stärkere Nutzung von grünem Wasserstoff in ihrer Stadt/Gemeinde	86%	14%	
YouGov (2022) (Agentur für Erneuerbare Energien, 2022)	online	1026	≥16 Jahre	Wasserstoff sinnvoll für klimafreundliche Nahwärme an Ihrem Wohnort?	30%		Im Mittelfeld im Vergleich zu anderen Erneuerbaren
Ariadne (2022); (Wolf et al., 2022)	online	3305	deutsche Bevölkerung	Nutzung von Wasserstoff	84%	3%	Steigt mit Alter, unabhängig von Klimawandelsorgen (Ablehnung am höchsten bei überhaupt nicht besorgt: 12,3%); unabhängig von Einkommen, Bildung
P2X (2022); (Ausfelder & Tran, 2022)	online	2752	<i>n</i> = 1076 16-25 <i>n</i> = 1676 >25	Unterstützung der Nutzung von P2X-Technologien in Deutschland	65%	5%	Personen > 25 Jahre: ähnlich, können schlechter beurteilen
P2X (2021); (Ausfelder & Dura, 2021)	online	2257	<i>n</i> = 1123 16-25 <i>n</i> = 1134 >25	Einschätzung von P2X-Nutzung auf den Wirtschaftsstandort Deutschland	>55%		Vor allem >25 Jahre können schlechter beurteilen
YouGov (2021); (Lichter, 2021)	online	2039	≥18 Jahre	Würden Sie eine Elektrolyseanlage zur Produktion von Grünem Wasserstoff in der Nähe Ihrer Wohnung akzeptieren? Abstand:			unsicher: 25% Skepsis korreliert mit Lebensalter; Akzeptanz ≤5km in M-V niedriger als in S-H und Niedersachsen
				1km	14%		
				>1 - 2 km	5%		
				>2 - 3 km	8%		
				>3 - 5 km	9%		
				>5 - 10 km	17%		
				Gesamt	53%	20%	
Wissenschaftskommunikation Energiewende (2021);	online	2025	14-65 Jahre	Bedenken, in der Nähe einer unterirdischen Speicherstätte von Wasserstoff zu wohnen	25%	27%	

(Arlt et al., 2022)				Um Wasserstoff in großem Umfang nutzen zu können sind Importe aus Ausland nötig	16%	24%	
Innofact Ag (2021) im Auftrag von Energate; (Innofact Ag, 2021)	online	1000	18-69 Jahre	Herausforderungen/Risiken bzgl. Wasserstoff	54%		
				Mangelnde Infrastruktur	32%		
				Zu teuer	34%		
				Gefahrgut			
Kauf- und Nutzungsbereitschaft und Risikobewertung für den Sektor „Verkehr“							
AutoScout24 (2020); (AutoScout24, 2020)	online	1000	AutohalterInnen 18 - 65 Jahre	Können Sie sich vorstellen mal ein Wasserstoffauto zu kaufen?	38% d. Männer		
					23% d. Frauen		
Forsa (2019) im Auftrag von dena (dena & forsa, 2019)	telefonisch	1002	≥18 Jahre	Auto mit Wasserstoff/Brennstoffzellenantrieb bei identischem Kaufpreis?	34%		+19% im Vergleich zu 2018
P2X (2022); (Ausfelder & Tran, 2022)	online	2752	n = 1076 16-25 n = 1676 >25	(mehr) Zahlungsbereitschaft für durch P2X gewonnene Kraftstoffe			
				Flugticket	42%		
				Eigenes Fahrzeug	34%		
				ÖPNV	30%		
				Unterstützung der Nutzung von P2X-Technologien im Verkehrssektor	71%	4%	Personen > 25 Jahren: etwas geringere Zustimmung, können schlechter beurteilen
P2X (2021); (Ausfelder & Dura, 2021)	online	2257	n = 1123 16-25 n = 1134 >25	Bereitschaft, Verkehrsmittel mit Wasserstoffantrieb zu nutzen			
				Auto	67%		
				Zug	76%		
Norddeutsches Reallabor (2022); (Arndt, 2022)	online	1624	Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenb.-Vorp., Bremen	Nächster Fahrzeugkauf vielleicht ein Wasserstoff/Brennstoffzellenauto?	19%	21%	Nein, aber E-Auto: 17%

Ariadne (2022); (Wolf et al., 2022)	online	6615	deutsche Bevölkerung	Zukünftig Kauf eines E-Autos (Hybrid-, Brennstoffzellen- oder batterieelektrischer Antrieb)?	45%	43%	Zustimmung steigt mit Schulbildung, Einkommen (außer bei den reichsten) und Sorge um Klimawandel: Ablehnung steigt mit Alter
				Wieso keine Anschaffung eines E-Autos (Hybrid-, Brennstoffzellen- oder batterieelektrischer Antrieb)? Fraglich, ob umweltfreundlicher Zu hoher Anschaffungspreis Zu geringe Reichweite Nicht von Technologie überzeugt	53% 43% 41% 36%	Wahrgenommene Herausforderungen steigen mit Alter und Sorge um Klimawandel	
Hyacinth (2016); (Geitmann, 2017)	online	D: n = 1011 Gesamt (7 Länder): 7148	≥16 Jahre	Interesse Kauf Wasserstofffahrzeug?	nicht berichtet		Vor allem Männer; Personen zw. 35 und 44 Jahren oder mit Hochschulabschluss
				Ziehen Sie einen Kauf realistisch in Erwägung?	20%		
				Wieso kein Kauf v. Wasserstofffahrzeug?			Anschaffungspreis, Zweifel an der technologischen Reife, Fehlen v. Tankstellen
Kauf- und Nutzungsbereitschaft und Risikobewertung für den Sektor „Industrie/Energie“							
YouGov (2021); (Lichter, 2021)	online	2039	≥18 Jahre	Nutzung von Wasserstoff als Energieträger?	70%		55≤: 75%; 18-24-Jährige: 64%
P2X (2022); (Ausfelder & Tran, 2022)	online	2752	n = 1076 16-25 n = 1676 >25	Unterstützung der Nutzung von P2X- Technologien im Industriesektor	68%		Beide Altersgruppen
				Unterstützung der Nutzung von P2X- Technologien im Chemiesektor in Deutschland	>50%		Beide Altersgruppen
				Würden Sie P2X-basierte Produkte kaufen (Kosmetik, Matratze, Kleidung, Sneaker)?	>60%		>25 Jahre etwas weniger, können schlechter beurteilen
				Bereitschaft, für solche Produkte mehr zu bezahlen?	31%	26%	>25 Jahre: weniger, können schlechter beurteilen

Quelle: Eigene Darstellung

3.3.1 Allgemeine Aussagen

86% der volljährigen deutschen BürgerInnen sprechen sich für eine stärkere Nutzung von grünem Wasserstoff in ihrer jeweiligen Stadt beziehungsweise Gemeinde aus (Häußermann, 2020). Diese Zustimmung scheint weitgehend unabhängig von der Besorgnis über den Klimawandel, dem Einkommen und dem Schulabschluss zu sein (Wolf et al., 2022). Die Befürwortung ist in allen Altersgruppen hoch und es zeigt sich hier die Tendenz, dass die Ablehnung mit steigendem Alter sinkt (Wolf et al., 2022). 65% möchten die Nutzung von P2X-Technologien in Deutschland unterstützen (Ausfelder & Tran, 2022). Zur Lokalakzeptanz würden über 50% der Befragten Elektrolyseanlagen zur Produktion von grünem Wasserstoff in der Nähe ihrer Wohnung ($\leq 10\text{km}$) akzeptieren (lokale Akzeptanz), 20% lehnten dies ab und 25% waren sich unsicher (Lichter, 2021). Jeder Vierte hat Bedenken, in der Nähe einer unterirdischen Speicherstätte von Wasserstoff zu wohnen, ein weiteres Viertel würde dies annehmen und die Hälfte konnte sich keine klare Meinung bilden („teils/teils“ oder „weiß nicht“; Arldt et al., 2022). Dem gegenüber stehen eine andere Umfrage, in der 86% sich mehr grünen Wasserstoff in ihrer eigenen Gemeinde wünschen würden (Häußermann, 2020) sowie eine nicht-repräsentative Umfrage, in der 69% dem Bau einer Wasserstofftankstelle an ihrem Wohnort zustimmen würden und nur 11% dies ablehnten (Baur et al., 2022). In der gleichen Studie lag die soziopolitische Akzeptanz bei 75%, also nur unwesentlich höher als die lokale Akzeptanz. Die häufigsten Befürchtungen waren Explosions- und Feuergefahr sowie Lärmbelastung, aber das Vertrauen in Industrie und die eigene Kommune beim Bau einer örtlichen Wasserstofftankstelle war relativ hoch (63-69% Vertrauen, 6-9% kein Vertrauen, Rest unentschlossen). Es ist daher insgesamt unklar, ob eine national-örtliche Lücke in der Akzeptanz besteht (s. Kapitel 2.2.3 für mögliche Erklärungsansätze). Als Risiken und Herausforderungen bezüglich (grüner) Wasserstoff (-technologien) wurden unter anderem hohe Anschaffungskosten, hohe Sicherheitsrisiken sowie eine mangelnde Infrastruktur angegeben (Innofact Ag, 2021).

Eine Studie unter HausbesitzerInnen aus dem Jahr 2021 identifizierte als Herausforderung zusätzlich die unzureichende Förderung und einen zu hohen Wartungsaufwand von Wasserstofftechnologien (EUPD Research, 2021). Eine weitere qualitative Stakeholderbefragung von Personen aus der Wirtschaft, Unternehmen, Verwaltung und Forschung im selben Jahr stellte ähnliche Herausforderungen wie die repräsentativen Studien fest. Abgesehen von der fehlenden Infrastruktur wurden unzureichende Flächen für Strom aus erneuerbaren Energien sowie die mangelnde Anzahl von unter anderem Elektrolyseuren bemängelt (acatech & DECHEMA, 2022). Die Wahrnehmung von Herausforderungen und Risiken wurde auch qualitativ im Rahmen des HyTrustPlus-Projektes abgefragt. AkteurInnen und ExpertInnen, welche zugleich FördernehmerInnen der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstofftechnologie sind, erklärten die schleppende Markteinführung aktuell zwar auch durch technologische Hemmnisse, sehen die zukünftig größten Probleme aber in der Produktion, Speicherung und Distribution von Wasserstoff sowie in den Technologiekosten. Genauso haben die AkteurInnen Angst, dass sie ihre Umsatzziele aufgrund negativer politischer Rahmenbedingungen und mangelnder Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff nicht erfüllen können. Abgesehen davon kann eine potentielle

Reduktion direkter monetärer Förderung eine große Herausforderung darstellen (HyTrustPlus Projekt, 2015).

Zusammenfassend würde die große Mehrheit der Bevölkerung Wasserstoff (-technologien) sowie P2X-Technologien nutzen, fast die Hälfte würde aber keine Produktion dergleichen in ihrem Lebensumfeld akzeptieren oder zeigt sich dahingehend skeptisch. Die dafür möglichen verantwortlichen Herausforderungen und Risiken beeinflussen auch die Kauf- und Nutzungsbereitschaft der nächsten Sektoren. Die Nutzungsbereitschaft ist unabhängig von der Besorgnis über den Klimawandel, dem Einkommen, Schulabschluss und Alter.

3.3.2 Verkehr

Allgemein liegt die Bereitschaft wasserstoffbetriebene Verkehrsmittel zu nutzen bei circa 70% (Ausfelder & Dura, 2021). Knapp 33% der Befragten würden sich für ein Auto mit Wasserstoff/Brennstoffzellenantrieb entscheiden, sofern der Kaufpreis sich mit dem von Pkws mit Verbrennungsmotoren decken würde. Im Vergleich zum Jahr 2018 ist damit ein Anstieg von 18% zu verzeichnen (dena & forsa, 2019). Die P2X-Studie kam sogar zu dem Ergebnis, dass 30-40% der Befragten auch mehr für ein Flugticket, Fahrzeug und für die ÖPNV zahlen, sofern die Kraftstoffe durch P2X-Technologien gewonnen werden (Ausfelder & Tran, 2022). Etwas weniger als die Hälfte der Befragten gaben an, zukünftig den Kauf eines E-Autos (Hybrid-, Brennstoffzellen- oder batterieelektrischer Antrieb) (stark) zu erwägen (vor allem jüngere, gebildete, um den Klimawandel besorgte und tendenziell einkommensstärkere Personen) (Wolf et al., 2022). Vor allem Männer, Personen zwischen 35 und 44 Jahren oder mit Hochschulabschluss gaben an, sich für den Kauf eines Wasserstofffahrzeuges zu interessieren (Geitmann, 2017). Abgesehen davon können sich knapp 40% der männlichen Autohalter vorstellen, künftig ein Wasserstoffauto zu kaufen (AutoScout24, 2020). Einer realistischen Käuferwägung stimmten nur 20% zu (Arndt, 2022; Geitmann, 2017). Gründe sind unter anderem der hohe Anschaffungspreis, die unsichere Technologie und fehlende Tankmöglichkeiten (Hyacinth, 2017). Dieses Ergebnis deckt sich mit einer nicht-repräsentativen Umfrage unter an Brennstoffzellenautos Interessierten (überwiegend ältere, hochgebildete Männer, die auch beruflich mit Wasserstoff arbeiten): die wichtigsten Hemmnisse beim Kauf eines solchen Autos waren die mangelnde Infrastruktur an Tankstellen, hohe Anschaffungskosten und hohe Betriebskosten (Specht & Fabianek, 2022, als Teil des ENSURE Kopernikusprojektes).

Eine qualitative Stakeholderbefragung unter FlottenbetreiberInnen in Deutschland ergab, dass die Reduktion von CO₂-Emissionen eine wichtige Motivation für den Kauf eines Fahrzeuges mit alternativer Antriebsart war. Die FlottenfahrerInnen und -betreiberInnen berichteten durchaus über positive Erfahrungen mit Brennstoffzell- bzw. Wasserstoffantrieben. Beispielsweise gaben fast alle FlottenfahrerInnen an, keine Probleme mit den Fahrzeugen oder Pannen erlebt zu haben. Sie bemängelten allerdings auch die zu niedrige Anzahl an Tankmöglichkeiten (Chatterji et al., 2021). Die Befragten hatten auch Zweifel, ob alternative Antriebsarten tatsächlich umweltfreundlicher sind im Vergleich zu konventionellen Verbrennungsmotoren (Wolf et al., 2022). Die wahrgenommenen Herausforderungen/Risiken steigen mit

zunehmendem Alter und mit steigender Besorgnis um den Klimawandel (Wolf et al., 2022). Hausbesitzer bemängelten zudem die geringe Auswahl an Wasserstofffahrzeugen (EUPD Research, 2021).

Die Nutzungsbereitschaft von Wasserstoff- und P2X-Technologien ist in diesem Sektor vorhanden, die Kaufbereitschaft allerdings weniger. Zusammenfassend ziehen weniger als die Hälfte der Befragten den Kauf von Wasserstofftechnologien im Verkehrssektor realistisch in Erwägung (mehr männliche, jüngere, gebildete und um den Klimawandel besorgte Personen). Verantwortlich dafür sind wahrgenommene Herausforderungen, vor allem für ältere und klimabesorgte Personen.

3.3.3 Industrie/Energie

Für diesen Sektor sind lediglich Studienergebnisse verfügbar, welche die Nutzungs- und Kaufbereitschaft von Wasserstofftechnologien abfragten. 70% der volljährigen Bevölkerung steht der Nutzung von Wasserstoff als Energieträger positiv gegenüber. Hier lässt sich sogar eine leicht höhere Zustimmung von über 55-jährigen als von 18 bis 24-jährigen Personen erkennen (Lichter, 2021). Die Nutzung von P2X-Technologien wird im Sektor „Industrie“ von 68% und speziell in der Chemieindustrie von circa 50% unterstützt. Die Mehrheit der deutschen Bevölkerung, vor allem Personen unter 25 Jahren ist bereit P2X-basierte Produkte zu kaufen. Allerdings möchten für solche Produkte knapp 30% der Befragten nicht mehr bezahlen als für nicht P2X-basierte Produkte (Ausfelder & Tran, 2022).

Die Kauf- und Nutzungsbereitschaft wasserstoff- und P2X-basierter Produkte kann für diesen Sektor demnach als hoch eingestuft werden, wird aber auch durch vergleichsweise hohe Preise gehemmt.

Die Nutzungsbereitschaft von Wasserstofftechnologien und speziell von P2X-Technologien ist in allen drei Sektoren hoch (55-86%), im Sektor „Verkehr“ jedoch am niedrigsten. Auch die Kaufbereitschaft ist im Sektor „Verkehr“ deutlich geringer (19-44,9%). Diese Bereitschaft steigt nicht bei der Annahme identischer Kaufpreise von wasserstoffbasierten und konventionellen Antrieben. Die Kaufbereitschaft P2X-basierter Produkte liegt in dem Sektor „Industrie/Energie“ über 60% und über 30% der Befragten sind in beiden Sektoren dazu bereit, für solche Produkte mehr zu bezahlen. Sektorübergreifend bremsen ähnliche wahrgenommene Herausforderungen und Risiken die Kauf- und Nutzungsbereitschaft. Vor allem die mangelnde Infrastruktur (54%), die hohen Preise (32-43%), Sicherheitsaspekte (34%) und der Zweifel an der Umweltfreundlichkeit (53%). Es wäre plausibel, dass die Risikowahrnehmung die Einstellung der Bevölkerung beeinflusst (s. Kapitel 2.2.1). Zu dem Befragungsgegenstand „P2X-Technologien“ können ältere Befragte im Vergleich zu jüngeren Befragten öfter keine Aussage tätigen. Dies impliziert eine niedrigere Bekanntheit von P2X-Technologien bei den älteren Befragten. Die Kaufbereitschaft im Verkehrssektor ist bei männlichen, jüngeren, gebildeteren und um den Klimawandel besorgten Personen höher.

3.4 Positive Zukunftserwartungen

3.4.1 Allgemeine Aussagen

Grüner Wasserstoff besitzt für 64% der privatwirtschaftlichen EntscheiderInnen über 18 Jahren Potenzial (Nord Wirtschaft, 2023). Die Hälfte aller jungen Erwachsenen ist der Meinung, dass sich P2X-Technologien in den nächsten 10 bis 15 Jahren positiv auf die berufliche Tätigkeit und Ausbildung auswirken (Epp & Bellmann, 2019). Ähnliches zeigte sich in qualitativen Interviews mit Stakeholdern aus mehreren europäischen Ländern (davon 40% aus Deutschland), die im Wasserstoffsektor arbeiteten (Upham et al., 2018, im Rahmen des Hyacinth-Projektes). Alle TeilnehmerInnen, vor allem jedoch die deutschen Befragten, bewerteten Wasserstofftechnologien für die Wärme- und Stromgewinnung generell als positiv und umsetzbar. Gleichzeitig befanden die deutschen Stakeholder, dass der Markt noch nicht für die Umsetzung bereit sei, gingen aber vorsichtig optimistisch davon aus, dass politische Förderprogramme dies in den nächsten Jahren ändern könnten. Die schon zuvor angesprochene Stakeholderbefragung aus dem Herbst 2021 bestätigte diese Erkenntnisse: Von dem Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland bis zum Jahr 2030 erwarteten die Befragten vor allem die Senkung der Treibhausgasemissionen und die Produktion und den Export von Elektrolyseuren. Speziell WissenschaftlerInnen erhofften sich die Erschließung neuer Forschungsfelder. Abgesehen davon glaubten circa 50% der Stakeholder, dass klimaneutral erzeugter Wasserstoff sich positiv auf die Anzahl der Netto-Arbeitsplätze auswirkt. Die Befragten waren der Ansicht, dass bis zum Jahr 2050 durchschnittlich 86% des genutzten Wasserstoffs in Deutschland klimaneutral sein sollte (acatech & DECHEMA, 2022).

In diesem und in den folgenden Sektoren wird ersichtlich, dass die Bevölkerung (vor allem jüngere Generationen) an die zukünftige Etablierung grüner Wasserstofftechnologien und dessen positive Auswirkungen glaubt.

Tabelle 3-4: Repräsentative Studien zu Zukunftserwartungen für Wasserstoff in Deutschland

Repräsentative Studien	Methode	N	Befragte	Befragungsgegenstand	Einstellung/Antwort in Prozent		
					positiv	negativ	Einflussfaktoren
Zukunftserwartung für den Sektor „Allgemeine Aussagen“							
Civey (2021) im Auftrag von E.ON; (Nord Wirtschaft, 2023)	online	7502	Privatwirtschaftliche EntscheiderInnen ≥18	Potenzial grüner Wasserstoff	64%		30-39-Jrg.: 68% 40-49-Jrg.: 62,8%
Invisible Kids (2018); (Epp & Bellmann, 2019)	online	1546	n = 1036 16-25 n = 510 >25	Positiver Einfluss von P2X-Technologien auf berufliche Tätigkeit und Ausbildung in den nächsten 10 - 15 Jahren	49%		Erwachsene weniger
Zukunftserwartung für den Sektor „Verkehr“							
Civey (2021) im Auftrag von E.ON; (E.ON, 2021)	online	5001	Privatwirtschaftliche EntscheiderInnen ≥18	Potential von grünem Wasserstoff für die deutsche Wirtschaft Bereich ÖPNV (für Baden-Württemberg) aus Sicht von UnternehmerInnen	40%		
YouGov (2021) im Auftrag von Hydrogen Business for Climate; (Windkraft-Journal, 2021)	online	2093	≥18 Jahre	Zukünftig Wasserstoffmobilität?	48%		57% aller Männer 39% aller Frauen 54% bei 18-24-Jrg. 46% bei 25-34-Jrg. 29% bei >55-Jrg.
Invisible Kids (2018); (Epp & Bellmann, 2019)	online	1546	n = 1036 16-25 n = 510 >25	Positiver Einfluss von P2X-Technologien auf Auswahl Verkehrsmitteln in den nächsten ...			
				10-15 Jahren	83%		
				20-30 Jahren	91%		
Forsa (2019) im Auftrag von dena; (dena & forsa, 2019)	telefonisch	1002	≥18 Jahre	Benziner und Diesel sollten verboten werden ab			
				sofort	20%		
				2025	35%		
				2030	28%		
				2035	5%		
				später	7%		
				Marktdominanz Wasserstoff- / Brennstoffzelle (Antrieb Pkw) im Jahr 2030?	28%		+16% im Vergleich zu 2018

Forsa (2020) im Auftrag von dena; (dena & forsa, 2021)	telefonisch	1002	≥18 Jahre	Benziner und Diesel sollten verboten werden ab sofort	12%		
				2025	21%		
				2030	47%		
				2035	11%		
				später	9%		
Ariadne (2022); (Wolf et al., 2022)	online	5673	deutsche Bevölkerung	Ab 2035 sollen keine Neufahrzeuge mit Benzin- und Dieselmotoren mehr zugelassen werden	34,9%	49,9%	am höchsten für 18-29-Jrg. (45,6%); unabhängig von Einkommen; höher mit (Fach-) Hochschulreife + Klimawandelsorgen
				Halten sie diese Maßnahme für wirksam, um das Klima zu schützen?	37,5%	38,5%	
Zukunftserwartung für den Sektor „Industrie/Energie“							
Civey (2021) im Auftrag von E.ON; (E.ON, 2021)	online	5001	Privatwirtschaftliche EntscheiderInnen ≥18	Potential von grünem Wasserstoff für deutsche Wirtschaft (für Baden-Württemberg) aus Sicht von UnternehmerInnen			
				Energiebereich	32,4%		
				Logistikbereich	30,6%		
Invisible Kids (2018); (Epp & Bellmann, 2019)	online	1546	n = 1036 16-25 n = 510 >25	Positiver Einfluss von P2X auf die genutzten Produkte der chemischen Industrie in 10-15 Jahren	>80%		beide Altersgruppen
				die genutzten Produkte der chemischen Industrie in 20-30 Jahren	>90%		beide Altersgruppen

Quelle: Eigene Darstellung

3.4.2 Verkehr

Für den Sektor „Verkehr“ ist die Erkenntnis zentral, dass der öffentliche Personennahverkehr in Baden-Württemberg für 40% der UnternehmerInnen Potential besitzt (E.ON, 2021). Die Hälfte aller Befragten glaubt an die zukünftige Wasserstoffmobilität (mehrheitlich Männer, Personen zwischen 18 und 24 Jahren) (EUPD Research, 2021; Windkraft-Journal, 2021). Weitere Studien präzisierten die Aussage „zukünftig“: Knapp 80% der jungen Erwachsenen erwarten in 10 bis 15 Jahren positive Auswirkungen von P2X-Technologien auf die Verkehrsmittelauswahl. Diese Erwartungen steigen für die nächsten 20 bis 30 Jahre weiter an (Epp & Bellmann, 2019). Weitere Studien fragten die Einstellung bezüglich des Verbotes von Benzin- und Dieselantrieben ab. 2019 stimmten 35% der Befragten einem solchen Verbot ab dem Jahr 2025 zu (dena & forsa, 2019). Ein Jahr später befürwortete jedoch fast die Hälfte der Befragten ein Verbot ab dem Jahr 2030 (dena & forsa, 2021). Knapp 40% der BürgerInnen halten dieses Verbot für eine wirksame Maßnahme zum Schutz des Klimas (vor allem 18 bis 29-Jährige, um den Klimawandel Besorgte und Personen mit (Fach-) Hochschulreife) (Wolf et al., 2022). Erwähnenswert ist, dass nur 28% an die Marktdominanz von Wasserstoffantrieben für Pkws im Jahr 2030 glauben. Dieser Prozentsatz stieg im Vergleich zum Vorjahr aber deutlich an (dena & forsa, 2019). Die wachsende Zustimmung mit steigendem Etablierungszeitraum wurde auch von qualitativen Studien bestätigt. Für das Jahr 2025 erwarteten 7% und für 2030 bereits 18% einen großflächigen Einsatz von CO₂-arm erzeugtem Wasserstoff im PKW-Bereich. Trotzdem gingen 46% davon aus, dass dieser nicht vor Ablauf des Jahres 2040 großflächig etabliert wird (acatech & DECHEMA, 2022). 35% der Hausbesitzer glaubten hingegen, dass sich Wasserstoff als Speichermedium in der Mobilität in den nächsten fünf Jahren etablieren wird (EUPD Research, 2021). Im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge, Busse, des schienengebundenen ÖPNV und des Schiffsverkehrs erwarteten hingegen über 70% der Befragten diese großflächige Etablierung bis 2040 (acatech & DECHEMA, 2022).

Circa die Hälfte der Bevölkerung, verstärkt Männer und junge Erwachsene, sind von der zukünftigen Wasserstoffmobilität überzeugt. Auffällig ist, dass die Zustimmung der Bevölkerung mit einem steigenden Etablierungszeitraum wächst. Für die Mehrheit der Befragten wird sich Wasserstoff in spätestens 30 Jahren positiv auf den Verkehr auswirken. Solange das nicht geschieht, möchte die Bevölkerung nicht auf Benzin- und Diesel verzichten. Ähnliche Tendenzen sind in dem letzten Sektor ersichtlich.

3.4.3 Industrie/Energie

Knapp 30% der UnternehmerInnen aus Baden-Württemberg glauben an das Potential von grünem Wasserstoff im Energiesektor und Logistikbereich (E.ON, 2021). 90% der Befragten gehen davon aus, dass P2X-Technologien die Produkte der chemischen Industrie in spätestens 30 Jahren positiv beeinflussen. Diese Schätzungen gelten für alle Altersklassen (Epp & Bellmann, 2019). Qualitative Studien zeigten ähnliche Ergebnisse. Knapp die Hälfte der Befragten Personen aus der Wirtschaft, Unternehmen, Verwaltung und Forschung erwarteten den großflächigen Einsatz von CO₂-arm

erzeugtem Wasserstoff bis 2040 in dem Bereich Gebäudeheizung. In der Chemie-, Eisen- und Stahlbranche war sogar die große Mehrheit dieser Meinung (acatech & DECHEMA, 2022). Eine weitere Studie unter Hausbesitzern aus dem Jahr 2021 zeigte, dass fast die Mehrheit der Befragten zukünftig von einer verstärkten Nutzung von Wasserstoff als Speichermedium im Haushalt ausging. Diese Etablierung wurde mehrheitlich in frühestens fünf Jahren erwartet (EUPD Research, 2021).

Auch in dem Sektor „Industrie/Energie“ ist die Bevölkerung von dem zukünftigen Einsatz grünen Wasserstoffs überzeugt. Auch hier wächst die Zustimmung mit steigendem Etablierungszeitraum.

Die Studienergebnisse in der Kategorie „Zukunftserwartung“ zeigen für die Sektoren, dass die Bevölkerung mehrheitlich positive Entwicklungen erwartet. Das Potential von (grünen) Wasserstofftechnologien wird von 40-60% der Befragten erkannt. Genauso geht die Bevölkerung (49-91%) davon aus, dass sich P2X-Technologien in spätestens 30 Jahren positiv auf gesellschaftliche und wirtschaftliche Bereiche (bspw. Auswahl von Verkehrsmitteln, Beruf, Produkte der chemischen Industrie) auswirken. Die Ergebnisse implizieren, dass die Bevölkerung der Bewältigung der oben analysierten Herausforderungen und wahrgenommenen Risiken zuversichtlich gegenübersteht. Positive Entwicklungen werden vor allem von jüngeren Befragten erwartet und spezifisch im Sektor „Verkehr“ von Männern.

3.5 Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigt sich, dass Wasserstofftechnologien dem Großteil der deutschen Bevölkerung bekannt sind (ca. 50-95%). Allerdings ist das Wissen über diese deutlich geringer ausgeprägt und kann nur bei etwa 5-50% der Befragten festgestellt werden. Diese große Kluft zwischen Bekanntheit und Wissen ist im Sektor „Industrie/Energie“ kleiner als in den Sektoren „Allgemeine Aussagen“ und „Verkehr“. Im Besonderen grüner Wasserstoff ist bei den Befragten noch unbekannt. Der Bekanntheitsgrad liegt hier bei nur ca. 20%. Eine niedrige Bekanntheit und ein noch geringeres Wissen kann auch für die Befragungsgegenstände „Brennstoffzellentechnologien“, „Verwendungen in der Energieversorgung“ sowie in der „Metall- und Chemieindustrie“ festgestellt werden. Jüngere, männliche und einkommensstärkere Personen mit hohem Bildungsabschluss verfügen im Mittel über mehr Wissen. Trotz des niedrigen Wissens befürwortet die deutsche Bevölkerung größtenteils den Einsatz von (grünen) Wasserstofftechnologien und P2X-Technologien (Zustimmung: ca. 40-75%) sowie dafür notwendige Investitionen (Zustimmung: ca. 65-75%) zur Umsetzung der Energiewende in allen Sektoren. Die positive Wahrnehmung kann nicht ausreichend durch kognitive Informationen erklärt werden, da das Wissen niedrig ist. Daher kann man u.a. von einem affektiven und wertorientierten Einfluss ausgehen (s. Kapitel 2.2.1). Allgemein ist die positive Wahrnehmung bei männlichen und jüngeren StudienteilnehmerInnen höher. Im Verkehrssektor ist diese Tendenz zusätzlich für gebildete, um den Klimawandel besorgte und aus der oberen Mittelschicht kommenden Personen sichtbar. Die stärkere Nutzung von Wasserstoff wird deutschlandweit also befürwortet, allerdings lassen sich nur schwer Aussagen

bezüglich der lokalen Akzeptanz nahe dem eigenen Wohnort treffen (variiert zwischen 25 und 85% und viele Befragte haben weder Akzeptanz noch Ablehnung berichtet; sie hatten noch keine klare Meinung).

In allen drei Sektoren liegt die Nutzungsbereitschaft von Wasserstofftechnologien und speziell von P2X-Technologien über 55%. Die Kaufbereitschaft im Sektor „Industrie/Energie“ ist für P2X-basierte Produkte (bspw. Kosmetik, Matratze, Kleidung, Sneaker) hoch (>60%). Die Kaufbereitschaft im Sektor „Verkehr“ hingegen ist deutlich geringer (ca. 20-45%). Allerdings sind in beiden Sektoren circa 1/3 der Bevölkerung dazu bereit, für solche Produkte mehr zu bezahlen. Die Marktakzeptanz ist im Vergleich zu der soziopolitischen Akzeptanz deutlich niedriger (s. Kapitel 2.2.3 für mögliche Erklärungsansätze). Herausforderungen und Risiken, welche die Kauf- und Nutzungsbereitschaft (noch) bremsen sind vor allem die mangelnde Infrastruktur, hohe Preise, Sicherheitsaspekte sowie auch der Zweifel an der tatsächlichen Umweltfreundlichkeit der Technologien (vor allem im Verkehrssektor). Es wäre plausibel, dass die Risikowahrnehmung die Einstellung der Bevölkerung beeinflusst (s. Kapitel 2.2.1). Die Kaufbereitschaft im Verkehrssektor ist bei männlichen, jüngeren, gebildeteren und um den Klimawandel besorgten Personen höher. Bei dem Befragungsgegenstand „P2X-Technologien“ können ältere Befragte im Vergleich zu jüngeren Befragten öfter keine Aussage tätigen, was wiederum impliziert, dass P2X-technologien bei älteren Befragten unbekannter sind.

Deutlich zu erkennen ist der Glaube, dass diese Risiken und Herausforderungen zukünftig bewältigt werden. 40-60% der Befragten glauben an das Potential von (grünen) Wasserstoff (-technologien) und annähernd die gesamte Bevölkerung (ca. 50-90%) erwartet positive Auswirkungen von P2X-Technologien auf die Wirtschaft und Gesellschaft (bspw. Auswahl von Verkehrsmitteln, Beruf, Produkte der chemischen Industrie) in 5 bis 30 Jahren. Positive Entwicklungen werden vor allem von jüngeren Befragten erwartet und spezifisch im Sektor „Verkehr“ von Männern.

4 Regionale Ergebnisse

Bisher haben wir zusammengefasst, warum Akzeptanz wichtig ist, welche Faktoren Akzeptanz beeinflussen und wie die Akzeptanz von Wasserstofftechnologien in verschiedenen Sektoren ausgeprägt ist. Die bisherigen Ergebnisse bezogen sich alle auf internationale Forschung oder bundesweite Projekte. Im folgenden Kapitel werden wir diese Erkenntnisse mit Erkenntnissen aus dem regionalen Kontext von H₂-Wandel und H₂-GeNeSis erweitern: aus Baden-Württemberg sowie, sofern verfügbar, aus den Landkreisen und Städten der Modellregionen. Wir stellen diese Ergebnisse in der Reihenfolge abnehmender Repräsentativität dar, angefangen mit breiter angelegten Forschungsprojekten und Umfragen, Daten aus relevanten Bürgerbeteiligungskonzepten in Baden-Württemberg und schließlich Ergebnisse aus Medienberichten zu den zwei Modellregionen.

4.1 Forschungsprojekte und Umfragen

Das Ariadne-Projekt im Rahmen der Kopernikus Forschungsinitiative zeigt, dass lediglich 4,1% der BürgerInnen in Baden-Württemberg noch nie von Wasserstofftechnologien gehört hatten. Diese und alle folgenden Erkenntnisse decken sich mit den deutschlandweiten Trends. Die Bekanntheit war also hoch, das Wissen allerdings gering: Lediglich 17,8% gaben an, sich mit dem Thema auszukennen oder Fachwissen zu Wasserstofftechnologien zu besitzen, darunter vor allem 18 bis 29-Jährige. Zusätzlich ist ersichtlich, dass das Wissen mit steigendem Einkommen und bei Personen mit (Fach-) Hochschulreife zunahm (39,4% der einkommensreichen Personen verfügen über Wissen) (Wolf et al., 2021). Trotzdem wurde die Nutzung von Wasserstoff von der Mehrheit der Befragten befürwortet. Von Personen über 60 Jahren sogar zu 87,6%. Es zeigte sich die Tendenz, dass die Ablehnung mit zunehmendem Alter sank. Die Nutzungsbereitschaft war weitgehend unabhängig von dem Bildungsabschluss und dem Einkommen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Einstellung weniger von kognitiven Informationen und mehr von affektiven Komponenten beeinflusst wird (s. Kapitel 2.2.1). Auffällig ist, dass weder die positive Einstellung noch das Wissen von der Sorge um den Klimawandel abhing. Das Wissen war also auch bei denjenigen niedrig, die sich sehr um den Klimawandel sorgten und die Akzeptanz war auch bei denjenigen hoch, die sich weniger um den Klimawandel sorgten. Beispielsweise lehnten diejenigen Personen, die angaben, sich keine Sorgen um den Klimawandel zu machen, Wasserstofftechnologien nur zu 14,3% ab und befürworteten die Nutzung zu über 70% (Wolf et al., 2022). Eine Erklärung dafür kann das Desinteresse am Thema und in der Konsequenz eine allgemeine Zustimmung oder Gleichgültigkeit sein. Generell begrüßten fast 70% der Befragten in Baden-Württemberg den Umstieg auf emissionsfreie Fahrzeuge, was neben Brennstoffzellen- bzw. Wasserstoffantrieben auch E-Autos beinhaltet. Die Zustimmung war bei den BürgerInnen am höchsten, die sich sehr und äußerst um den Klimawandel sorgten. Unter 40-Jährige, einkommensstarke Personen und/oder mit Hochschulreife stimmten dem Umstieg stärker zu als über 40-Jährige (Wolf et al., 2022). Emissionsfreie Fahrzeuge wurden allgemein auf dem Level der soziopolitischen Akzeptanz also gebilligt. Trotzdem sprach sich auf dem Level der Marktakzeptanz nur knapp die Hälfte der Befragten für den Kauf eines E-Autos (mit

Hybrid,-Brennstoffzellen- oder batterieelektrischem Antrieb) aus. 18 bis 39-Jährige, um den Klimawandel Besorgte und diejenigen mit (Fach-) Hochschulreife bzw. höherem Einkommen (ausgenommen einkommensreiche Personen) stimmten einem Kauf stärker zu als die über 40-Jährigen und diejenigen mit niedrigerem Einkommen. Fast 40% lehnten den Kauf eines Fahrzeuges mit alternativem Antrieb ab (Wolf et al., 2022), vor allem da sich circa 50% dieser Gruppe unsicher war, ob alternative Antriebsarten tatsächlich umweltfreundlicher seien als konventionelle Technologien. Etwas weniger als die Hälfte begründeten die Ablehnung mit dem zu hohen Anschaffungspreis. Diese Erkenntnis deckt sich mit der zuvor genannten Tendenz, nach der einkommensschwächere Menschen sich im Vergleich zu einkommensstärkeren Personen weniger für einen Kauf interessierten. Knapp 25% lehnten den Kauf explizit aufgrund der finanziellen Situation ab. Abgesehen davon waren über 30% nicht von der Technologie überzeugt und bemängelten die geringe Reichweite sowie zu wenige Ladestationen (Wolf et al., 2022). Die lokale Akzeptanz für Erneuerbare-Energie-Anlagen allgemein war überwiegend hoch, 67% würden dem Neubau einer solchen Anlage in ihrem Wohnumfeld zustimmen.

In Fokusgruppen und Experteninterviews zum Potential von Power-to-Gas (PtG) Elektrolyse in Baden-Württemberg äußerten sich 36 TeilnehmerInnen, die Vorkenntnisse zu Wasserstoff besaßen, insgesamt optimistisch über diese Technologie und ihre Akzeptanz (König et al., 2018; Köppel et al., 2017). Zwei Drittel gingen davon aus, dass die PtG-Technologie von der breiten Öffentlichkeit unterstützt werden würde, das letzte Drittel antwortete mit „teils/teils“ und niemand ging von einer grundsätzlichen Ablehnung aus. Die TeilnehmerInnen betonten die Bedeutung von Vertrauen, nachhaltigen Energiequellen und politischer Unterstützung, um Akzeptanz zu gewährleisten und wiesen auf die Vorteile der Dezentralität und Unabhängigkeit von anderen Ländern hin. Die in den Fokusgruppen am stärksten erwarteten Probleme waren zuerst der lokale Widerstand gegen Windkraftanlagen, sodass die zusätzliche Stromerzeugung für PtG als größte Herausforderung identifiziert wurde. Dennoch gingen 78% der Befragten nicht davon aus, dass es dadurch zu Akzeptanzproblemen der PtG-Technologie kommen würde. Ein weiteres erwartetes Hindernis stellte der Transport von Wasserstoff dar, da das dadurch potenziell zunehmende Verkehrsaufkommen Unmut bei AnwohnerInnen auslösen könnte. Die Berücksichtigung von finanziellen Interessen der BürgerInnen (z.B. durch Energiegenossenschaften; Verteilungsgerechtigkeit) könne hingegen laut den TeilnehmerInnen die Akzeptanz erhöhen.

In Grenzach-Wyhlen wird seit 2019 auf dem Gelände eines bestehenden Wasserkraftwerks ein PtG-Elektrolyseur betrieben. Dort sorgte eine Bürgerinitiative von AnwohnerInnen für Schlagzeilen, die wegen Sicherheitsbedenken aufgrund der Nähe zu einem Wohngebiet zuerst den Bau zu verhindern versuchte und nun (u.a. durch eine Klage gegen das Land Baden-Württemberg) die Abschaltung des Elektrolyseurs fordert (*BI - Wasserkraftwerk am Altrhein*, 2022). Nachdem im Sommer 2021 200 Liter Kalilauge aus der Anlage ausgeflossen waren, stand der Elektrolyseur monatelang still (Schöls, 2021). Die Lauge gelangte nicht an die Umwelt und verletzt wurde niemand, dennoch war das Sicherheitsrisiko neben wiederholter Lärmbelastung einer der Gründe, warum

die Bürgerinitiative kurze Zeit später die AnwohnerInnen im Nachbarort Augst (CH) vor der auch dort geplanten Wasserstoffproduktion warnte (Wieland, 2021). Eine von der Begleitforschung des Projektes in Grenzach-Wyhlen durchgeführte repräsentative Umfrage zeigte, dass sich nach dem Störfall der Anteil an enthusiastischen UnterstützerInnen um fast zehn Prozentpunkte verringerte und sich der Anteil an eher vorsichtig eingestellten Befragten dementsprechend erhöhte (Konrad et al., 2022a). Dennoch befürworteten immer noch 3/4 der Befragten die Anlage, darunter vor allem ältere und männliche Befragte, und circa 90% würden wieder dafür stimmen, die Anlage zu genehmigen. Die Auswirkungen des Elektrolyseurs wurden insgesamt positiv gesehen, bei den Auswirkungen auf Naherholung, technisches Risiko und das Landschaftsbild waren die Meinungen aber gespalten. Interessanterweise sahen diejenigen, die sich selbst als AnwohnerInnen der Anlage betrachteten ($n = 73$ von $N = 300$ Befragten), die Auswirkungen gelassener und zeigten höhere Lokalakzeptanz (74%) als Nicht-AnwohnerInnen (56%). Dieses Muster kehrte sich aber bei der Sorge um Unfälle und Gesundheitsschäden um, AnwohnerInnen waren hier häufiger besorgt (19-34%) als Nicht-AnwohnerInnen (14-21%). Der Transport des Wasserstoffs per LKW weckte ebenfalls bei 25-40% der Befragten Sorgen um die Sicherheit, wurde aber vor allem wegen Verkehrsaufkommen, Abgasen und Lärm von über 50% abgelehnt. Die Befragten brachten den involvierten Akteuren insgesamt mäßig positives Vertrauen entgegen; das höchste Vertrauen galt dabei den von der Gemeinde zur Verfügung gestellten Informationen, das niedrigste denen von Bürgerinitiativen. Insgesamt stellte die ablehnende Haltung der Bürgerinitiative also nur eine Minderheitenposition dar. Ähnliches zeigte sich in Stakeholderinterviews in der Gemeinde, in der Akteure aus Politik, Verwaltung, Wirtschaft und Zivilgesellschaft den Elektrolyseur überwiegend positiv betrachteten (Konrad et al., 2022b). Dennoch kritisierten sie, dass eine unzureichende Informationspolitik von Seiten des Betreibers in der Planungsphase schon früh zu vermeidbar Ablehnung geführt hatte.

Im Projekt Es_West_P2G2P entsteht in Esslingen aktuell ein klimaneutrales Quartier u.a. mit einem PtG-Elektrolyseur, einem Wasserstoff-Speicher, bivalenten Blockheizkraftwerken, einer Einspeisestation in das Erdgasnetz, einer Wasserstoffabfüllstation und einer Wasserstofftankstelle. Die vorläufigen Befragungen von 52 größtenteils jungen und gut gebildeten BewohnerInnen zeigten eine hohe lokale Akzeptanz von Wasserstoffinfrastruktur an ihrem Wohnort: ca. 85% stimmten stark oder sehr stark zu, dass die Entwicklung von Wasserstofftechnologien stärker gefördert werden sollte. Weiter würden ca. 90% der Befragten eine Wasserstofftankstelle nahe ihres Wohnortes unterstützen und nur ein geringer Prozentsatz würde dies ablehnen (BIS, 2022). Allerdings gab es Bedenken bezüglich der Sicherheit von Wasserstoff als Energiespeicher, denn etwa gleich viele BewohnerInnen bejahten bzw. verneinten die Frage, ob die Sicherheit ausgereift genug sei.

4.2 Ergebnisse aus Bürgerbeteiligungsformaten

Die Wasserstoff-Roadmap Baden-Württemberg ist der Fahrplan, um Baden-Württemberg zu einem führenden Standort für Wasserstoff- und Brennstofftechnologien zu machen. Bis zum 05. August 2020 hatten Akteure aller Gesellschafts- und Berufsgruppen im Rahmen einer Online-Diskussion die Möglichkeit, ihre Meinung zu Themen wie beispielsweise der Wasserstofferzeugung oder Wasserstoff in der Mobilität zu äußern. Die circa 250 Rückmeldungen deuten auf ein großes Interesse und eine breite Akzeptanz bezüglich Wasserstofftechnologien hin. Ein Großteil der Feedbackgebenden befürwortete den Ausbau eines flächendeckenden, nationalen Wasserstoffnetzwerkes und eines Wasserstoffökosystems und hierfür notwendige Investitionen beziehungsweise die Förderung durch Anreizmechanismen wie die Novellierung der Erneuerbaren-Energien-Umlage. Trotz der hohen Befürwortung hatten die antwortenden Akteure Zweifel, ob die Klimaziele bis zum Jahr 2030 durch den Aufbau einer grünen Wasserstoffinfrastruktur eingehalten werden können. Deshalb diskutierten die Akteure auch über Alternativen wie die Nutzung von Biomasse zur Herstellung von Wasserstoff und die Erzeugung von Biogas für Erdgasfahrzeuge. Einige Feedbackgebende bevorzugten deshalb Wasserstoff im Allgemeinen und weniger speziell grünen Wasserstoff, umso schneller positive Resultate zu erzielen. Daher wurde flüssiger Wasserstoff von einigen als vorübergehender Schwerpunkt gefordert. Abgesehen davon forderten die Akteure, dass die Partizipation kleiner und mittelständischer Unternehmen aus Baden-Württemberg, die Ausbildung von Fachkräften sowie Demonstrationsprojekte und Modellregionen gefördert werden. Für die Mehrheit war sehr wichtig, dass Wasserstoff regional und umweltfreundlich erzeugt wird, um die klimaschützende Energieversorgung zu gewährleisten. Viele sprachen sich auch für eine vor allem dezentrale Wasserstofferzeugung aus. Die Mehrheit der TeilnehmerInnen verlangt eine umfangreiche Analyse, welche identifiziert, wo Wasserstoff am effizientesten und effektivsten eingesetzt werden kann. Vor allem wollten die teilnehmenden BürgerInnen darüber aufgeklärt werden, welche Chancen und Grenzen sich aus der Wasserstoffversorgung ergeben. Der Ausbau von Wasserstofftechnologien genoss vor allem im Mobilitätssektor eine hohe Zustimmung. Speziell im Verkehrssektor, Güterverkehr, öffentlichen Nahverkehr sowie im Bereich der Bau- und Landmaschinen wurde großes Potential gesehen. Viele Feedbackgebende waren allerdings auch der Meinung, dass Wasserstofftechnologien noch nicht die erforderliche Marktreife erlangt haben. Passend dazu forderten die Akteure Sicherheitsstandards für die Erzeugung, den Transport sowie die Lagerung von Wasserstoff und eine standardisierte Tankinfrastruktur (Beteiligungsportal Baden-Württemberg, 2020).

Tabelle 4-1: BürgerInnenvorschläge zu Wasserstoff im „Bürgerhaushalt Stuttgart“

Jahr	Thema	N	für unsere Stadt ist der Vorschlag			Vorschlagsnummer
			gut	weniger gut	% gut	
2013	Erbauen eines Elektrolyseurs zur Speicherung von überschüssigem Strom	263	137	126	52%	3079
2013	Wasserstoff-Antrieb von Bussen	309	196	113	63%	5185
2019	Wasserstoffbetriebene E-Bikes anschaffen	476	252	224	53%	50485
2019	Wasserstoff-Tankstellennetz einrichten	476	415	61	87%	50910
2019	Busse mit Wasserstoff einführen	670	600	70	90%	52300
2021	Wasserstoffforschungsstelle einführen	630	495	135	79%	60765
2021	Blockheizkraftwerk auf Wasserstoffbasis bauen (inkl. Elektrolyseur)	524	393	131	75%	61837
2021	Neue Kleinbuslinie erstellen und mit Wasserstoff fahren lassen	511	364	147	71%	62322
2021	Wasserstoff-Tanks für Flughafen	455	305	150	67%	62777
2023	Grünen Wasserstoff in Klärwerken erzeugen	782	705	77	90%	70497

Quelle: Eigene Darstellung; <https://www.buergerhaushalt-stuttgart.de/vorschlag/{Vorschlagsnummer}>

Auf der Onlineplattform „Bürgerhaushalt Stuttgart“ können Stuttgarter BürgerInnen seit 2011 alle zwei Jahre Vorschläge dazu abgeben, wofür die finanziellen Mittel des kommenden Haushalts eingesetzt werden sollen. Sie können außerdem bereits eingereichte Vorschläge kommentieren und über sie abstimmen. Zwischen 2013 und 2023 wurden zehn Vorschläge zu Wasserstoffthemen eingereicht (s. Tabelle 4-1). Diese Daten sind besonders interessant, weil es hier nicht nur um Akzeptanz im Sinne einer passiven Hinnahme von außen gegebener Projekte handelt, sondern um eine aktive Forderung nach mehr Wasserstofftechnologien. Über die Jahre ist sowohl die Beteiligung als auch die Akzeptanz gestiegen: Während 2013 rund 300 BürgerInnen abstimmten und maximal 63% der abgegebenen Stimmen die Vorschläge guthießen, stimmten ab 2019 regelmäßig über 450 Menschen ab, von denen im Schnitt 77% die Wasserstoffvorschläge unterstützten. Da die Vorschläge anders als Surveyfragen aber nicht standardisiert sind und sowohl in ihrer Machbarkeit als auch im Detailreichtum der Erklärungen stark variieren, könnten diese Unterschiede natürlich auch eine steigende Qualität der Vorschläge anstatt steigender Akzeptanz widerspiegeln. Insgesamt wurden die abgegebenen Vorschläge ernsthaft diskutiert und in ihrem Für und Wider abgewägt. Vorschläge, deren zusätzlicher Nutzen nicht klar war (z.B. Wasserstoffantrieb von Fahrrädern oder die Einrichtung einer Forschungsstelle, obwohl eine ähnliche Forschungsstelle bereits bestand), wurden in den Kommentaren kritisiert und erhielten auch weniger prozentuale Zustimmung. Eine generelle Ablehnung von Wasserstofftechnologien war also nicht zu beobachten, aber der Nutzen eines konkreten Projektes muss demonstriert werden, um Zustimmung zu erhalten.

4.3 Medienberichte zu H2-Wandel und H2-GeNeSis

Dadurch, dass die meisten Akteure in Baden-Württemberg bisher kaum Erfahrungen aus erster Hand mit Wasserstoff sammeln konnten, ist Akzeptanz aktuell maßgeblich durch die Informationen beeinflusst, die aus zweiter Hand vermittelt werden. Für den Großteil der Bevölkerung dürften dies keine Fachjournale oder Pressekonferenzen, sondern Berichte in öffentlichen Medien sein. Die geplanten Projekte in den Modellregionen wurden bisher in kleineren und größeren regionalen Zeitungen erwähnt, besonders als die finanzielle Förderung verkündet wurde und nachdem der Startschuss für H2-Wandel fiel. Die Berichterstattung war dabei überwiegend neutral bis positiv, in vielen Fällen wurden die Pressemitteilungen der Modellregionen direkt übernommen (z.B. Reutlinger General-Anzeiger, 2022; Schwäbische Zeitung, 2022; Süddeutsche, 2022; Zollern Alb Kurier, 2022a, 2022b). Darunter waren aber teilweise auch falsche Informationen: eine Meldung, die von mehreren Medien (darunter Zeit Online und der Webseite des Landtags) aus dem dpa infocom Newskanal übernommen wurde, behauptete, die an H2-Wandel beteiligten Landkreise und Städte „wollen die nächsten Jahre *ausschließlich* Wasserstoff als Energieträger verwenden“ (Hervorhebung hinzugefügt; Augsburger Allgemeine, 2022; Klemm, 2022; Landtag von Baden-Württemberg, 2022; Süddeutsche, 2022; ZEIT Online, 2022). Solche Übertreibungen können bei LeserInnen falsche Hoffnungen wecken, die unter Umständen in Enttäuschung umschlagen, wenn sich dann abzeichnet, dass die Projekte, obwohl ambitioniert, doch nicht ganz so ambitioniert sind.

H2-GeNeSis wurde bisher vergleichsweise selten als Hauptthema in Medienberichten aufgegriffen (z.B. Schunder, 2022), wird aber regelmäßig kurz in anderen Berichten erwähnt (z.B. Polifke, 2022; SWR, 2021). H2-Wandel stand bisher im Mittelpunkt der Medienaufmerksamkeit, vor allem das Leuchtturmprojekt H2-Aspen in Schwäbisch Gmünd. Auch die Förderung durch mehrere HyLand-Projekte in den Modellregionen fand Erwähnung (z.B. Heidenheimer Zeitung, 2022; Schwäbische Post, 2022).

Teilweise drückten prominente Akteure ihre Unterstützung für die Projekte vor einer besonders großen Öffentlichkeit aus. In Ulm war die Rede des Oberbürgermeisters zum Schwörmontag 2022 sicherlich eine der öffentlichkeitswirksamsten Erwähnungen von H2-Wandel, die auch schriftlich in einer Lokalzeitung wiedergegeben wurde. Zu diesem beliebten Ulmer Volksfest, das jährlich tausende BesucherInnen anzieht, hält der Bürgermeister traditionell in einer öffentlichen Rede Rechenschaft über sein Amt und die Entwicklung der Stadt ab. 2022 beinhaltete diese Rede nicht nur das generelle Ziel, erneuerbare Energien und grünen Wasserstoff stärker auszubauen, sondern auch eine kurze Einführung in das Projekt H2-Wandel (Czisch, 2022). In Schwäbisch Gmünd bekam der geplante Technologiepark H2-Aspen besondere Aufmerksamkeit, als Ministerpräsident Kretschmann dem Projekt einen Besuch abstattete und sich beeindruckt zeigte (z. B. SWR, 2022). Solche Arten des öffentlichen Zuspruchs durch führende und bekannte PolitikerInnen können für erheblich höhere Akzeptanz und Offenheit für die Projekte sorgen, insbesondere bei Menschen, die noch keine gefasste Meinung zu den Projekten und ggf. wenig Wissen zu Wasserstoff haben.

Gleichzeitig gab es Kritik, vor allem im Zuge des Besuches von Herrn Kretschmann. Der Technologiepark Aspen wird auf neu erschlossener Fläche errichtet, was einerseits zu Protesten einiger GrundstückseigentümerInnen und LandwirtInnen führte (Fischer, 2022; Vaas, 2022b) und andererseits auch zu generellerer Kritik an der Versiegelung bisher un bebauter Flächen statt der Wiederverwertung bereits bestehender, leerstehender Industrieflächen (Gässler, 2022; Müller, 2022). Dabei wurde u.a. kritisiert, dass Vertreter der LandwirtInnen ihrer Ansicht nicht ausreichend vorbringen durften (siehe Kapitel 2.2.2: mangelnde Verfahrensgerechtigkeit; Vaas, 2022c). Der Flächenverbrauch für den Aspen-Technologiepark wurde unter anderem auch vom Bauernverband Ostalb/Heidenheim und vom Arbeitskreis Naturschutz Ostwürttemberg ANO innerhalb des Landesnaturschutzverbandes (inkl. örtlichen Gruppen von NABU und BUND) kritisiert (Gmünder Tagespost, 2021a, 2021b; Länge, 2023).

Andere Medienberichte zu H₂-Aspen äußerten sich dagegen kritisch zur Nutzung von Wasserstoff allgemein, besonders im Mobilitätssektor, und führten dabei die mangelnde Effizienz an: „Wie man Menschen angesichts stark steigender Stromkosten erklärt, dass der Strom von sechs Windkraftanlagen nicht bei ihnen aus der Steckdose kommt, sondern für einen Elektrolyseur verwendet wird, für dessen Wasserstoff es weder eine Infrastruktur, noch einen Markt gibt, sollte die Politik noch schlüssig erklären“ (Vaas, 2022a). Dass trotz der höheren Effizienz von batteriebetriebenen Elektroautos die Wasserstofftechnologie in Deutschland und in Aspen vorangetrieben wird, wurde in einem Artikel mit den Bemühungen der Industrielobby erklärt (Vaas, 2023). Diese Kommentare klingen ganz anders als die Laudatio, die mit Blick auf die in Schwäbisch Gmünd benötigten Arbeitsplätze noch zwei Jahre vorher zur Ankündigung des Projektes in der gleichen Zeitung veröffentlicht wurde: „Die Präsentation der Idee eines nachhaltigen, grünen Technologieparks ist eine frohe Botschaft in finsterner Zeit und das schönste Weihnachtsgeschenk, das Oberbürgermeister Richard Arnold und Wirtschaftsbeauftragter Alexander Groll der Stadt Schwäbisch Gmünd und dem gesamten Ostalbkreis beschere n konnten.“ (Schütte, 2020a). Gleichzeitig erfährt das Projekt große Unterstützung aus Stadtverwaltung und Gemeinderat, der Entscheidungen zu H₂-Aspen bei bisherigen Abstimmungen einstimmig akzeptiert hat (Beuther, 2021; Schütte, 2020b). Die bisher eher niedrige Anzahl an Medienberichten reicht nicht aus, um eindeutige Trends zu identifizieren, dennoch passen diese Beobachtungen zu dem u-förmigen Muster, das in der Literatur beschrieben wird (s. Kapitel 2.2.1): die allgemeine Akzeptanz für ein Projekt kann hoch sein; wenn es dann in die konkrete Umsetzung geht, werden aber auch konkrete Probleme wie Flächenverbrauch oder (noch) nicht schlüssig nachvollziehbare Anwendungspotentiale sichtbar.

4.4 Zusammenfassung

Aus verschiedenen Datenquellen ergibt sich ein ähnliches Bild: unter Akteuren in Baden-Württemberg ist die Akzeptanz von Wasserstofftechnologie im Allgemeinen hoch, im Spezifischem zeichnen sich hingegen erste Bedenken und Umsetzungsprobleme ab. Diese Bedenken sind aktuell vergleichsweise gering ausgeprägt und die Akzeptanz ist dennoch hoch. Dies ist aber umso mehr Grund, die

Bedenken in diesen frühen Phasen der Wasserstoffwirtschaft in Baden-Württemberg ernst zu nehmen und zu adressieren, bevor sie die grundsätzliche Befürwortung von Wasserstoffprojekten trüben. Wie sich in Grenzach-Wyhlen zeigte, kann zum Beispiel selbst ein einzelner und vergleichsweise harmloser Vorfall (ohne Umwelt- oder Personenschäden) die Akzeptanz deutlich senken.

Es ist daher wichtig, Informationen zur Sicherheit von Wasserstoff in der Nähe von Wohnanlagen zu gewährleisten und diese zu kommunizieren. Ebenfalls ist es wichtig, Medienberichte im Auge zu behalten, um ggf. faktisch falsche Informationen (z.B. zur Zielsetzung der Modellprojekte) zu identifizieren und dementsprechend korrigieren zu können, auch im Sinne eines angemessenen Erwartungsmanagements. Wenn BürgerInnen als EndnutzerInnen von Brennstoffzellfahrzeugen anvisiert werden sollen (Marktakzeptanz), müssen zudem die Anschaffungskosten gesenkt und der Umweltmehrwert gegenüber alternativen und konventionellen Antrieben kommuniziert werden. Auch für die Lokalakzeptanz ist es von großer Wichtigkeit, dass der Nutzen von geplanten Wasserstoffprojekten verdeutlicht wird, insbesondere im Vergleich zu konventionellen und elektrifizierten Technologien. Zuletzt muss die verantwortungsvolle Nutzung von verfügbaren Flächen beachtet werden, sowohl beim Bau von Wasserstoffinfrastruktur an sich (z.B. Elektrolyseuren) als auch beim Ausbau von dafür benötigten erneuerbaren Energien (z.B. Photovoltaikanlagen). Die Flächennutzung kann ansonsten zu Konflikten mit den Interessen von GrundstücksbesitzerInnen sowie Umweltverbänden führen. Dabei ist es ausschlaggebend, dass diese verschiedenen Interessen in dem Projektprozess Gehör finden und die verschiedenen Aspekte von Gerechtigkeit berücksichtigt werden (s. Kapitel 2.2.2).

5 Ausblick

Das Ziel dieses Berichtes war es, den Forschungsstand zur Akzeptanz von Wasserstofftechnologien in Deutschland zu untersuchen. Hierbei wurden in den vergangenen Kapiteln akademische Theorien und Konzepte aus der internationalen Forschung herangezogen, um ein fundiertes Verständnis der Akzeptanzforschung zu vermitteln. Zudem wurden repräsentative Umfragen in Deutschland ausgewertet, um empirische Daten zur Akzeptanz von Wasserstofftechnologien in der Bevölkerung zu erfassen. Neben den repräsentativen quantitativen Daten wurden auch nicht-repräsentative und qualitative Daten aus Projekten und Medienberichten aus Baden-Württemberg analysiert, um auch den Wissensstand zu regionalen Meinungen und Einstellungen zur Wasserstofftechnologie abzubilden. Durch die Zusammenführung der Ergebnisse aus den verschiedenen Quellen können wir ein differenziertes Bild zur Akzeptanz von Wasserstofftechnologien in Deutschland erstellen.

Im vorliegenden Kapitel werden wir die wichtigsten Ergebnisse zusammenfassen und diskutieren. Dabei werden wir nicht nur auf die Faktoren eingehen, die die Akzeptanz beeinflussen, sondern auch mögliche Gründe für hohe bzw. niedrige Akzeptanz und die Implikationen dieser Ergebnisse für zukünftige Entwicklungen diskutieren.

5.1 Akzeptanz: Die Datenlage

Kapitel 2 beschäftigte sich mit Mechanismen von Akzeptanz. Akzeptanz wird dabei von individuellen (Akzeptanzsubjekt), strukturellen (Akzeptanzkontext) und technologischen (Akzeptanzobjekt) Faktoren beeinflusst. Unabhängig von technologischen Spezifikationen unterscheidet sich das Akzeptanzobjekt auch je nach Ebene: die Technologie an sich in der soziopolitischen Akzeptanz; Herstellung, Kauf und Nutzung eines bestimmten Produktes in der Marktakzeptanz; Bau und Betrieb einer bestimmten Anlage in der lokalen Akzeptanz. Die individuellen und strukturellen Faktoren, die Akzeptanz beeinflussen, sind in Tabelle 5-1 zusammengefasst.

Kapitel 3 beschäftigte sich mit repräsentativen deutschlandweiten Umfragen. Obwohl meist unter 20% der Befragten konkretes Wissen zu (grünen) Wasserstofftechnologien hatten, war die soziopolitische Akzeptanz von Wasserstoff allgemein hoch und in fast allen Umfragen sprachen sich 60-80% der Befragten für den Einsatz, den Ausbau und für finanzielle Investitionen in Wasserstofftechnologien aus. Vom restlichen Prozentsatz waren die meisten Befragten nicht aktiv ablehnend, sondern hatten eine neutrale oder gar keine Meinung. Die meisten Befragten wären bereit, Verkehrsmittel mit Brennstoffzellantrieb zu nutzen, würden aber bei den aktuellen Preisen kein eigenes Brennstoffzellauto kaufen. Die Mehrheit wünschte sich eine stärkere Nutzung von Wasserstoff deutschlandweit, die lokale Akzeptanz nahe dem eigenen Wohnort wurde in nationalen Umfragen bisher allerdings selten erhoben und variierte dort stark (30-85%). Medienberichte und Stakeholderpositionspapiere zeigten, dass die Akzeptanz auch in anderen Akteursgruppen generell hoch war. Meinungsverschiedenheiten zwischen Akteuren bestanden vor allem zur Nutzung von nicht-grünem Wasserstoff sowie dazu, ob Wasserstoff in Anwendungsgebieten, die stattdessen elektrifiziert werden könnten, einen Mehrwert hat (Tabelle 5-2).

Tabelle 5-1: Ergebniszusammenfassung Theorie (Kapitel 2)


<p>Akzeptanzdreieck:</p> 		<p>National-örtliche Lücke</p> <ul style="list-style-type: none"> • NIMBYismus (?) • Ortsbindung • Demokratisches Defizit • Bedingte Akzeptanz
<p>Individuelle Faktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einstellungen <ul style="list-style-type: none"> ○ affektiv ○ kognitiv ○ U-Kurve • Risikowahrnehmung 	<p>Strukturelle Faktoren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vertrauen • Gerechtigkeit <ul style="list-style-type: none"> ○ Verteilung ○ Verfahren • Anerkennung 	<p>Weitere Faktoren im Comprehensive Technology Acceptance Framework</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erfahrung + Wissen • Affekt • Kosten + Nutzen • Normen • Empfundene Kontrolle • Problemwahrnehmung • Ergebniswirksamkeit

Tabelle 5-2: Ergebniszusammenfassung nationale Daten aus Deutschland (Kapitel 3)

Repräsentative Bevölkerungsumfragen			Analysen von Medienberichten und Stakeholderpositionen
Allgemeine Tendenzen	Hindernisse Marktakzeptanz	Demografische Unterschiede	
1. Hohe Bekanntheit, niedriges Wissen	• Geringe Akzeptanz von Mehrkosten	• Männer > Frauen (Wissen + Akzeptanz)	<ul style="list-style-type: none"> • Insgesamt positiv • Konfliktthemen Industrie vs. NGOs: <ul style="list-style-type: none"> ○ blauer vs. nur grüner Wasserstoff ○ breite Nutzung vs. nur für schwer dekarbonisierbare Anwendungen
2. Hohe soziopolitische Akzeptanz	• Infrastruktur fehlt	• Jüngere > Ältere (Wissen + Akzeptanz)	
3. Mittlere Markt-, unklare Lokalakzeptanz	• Ökologischer Mehrwert z. T. angezweifelt	• Höhere Bildung/ Einkommen = mehr Wissen	
4. Hohe Zukunftserwartungen			

Tabelle 5-3: Ergebniszusammenfassung regionale Daten aus Baden-Württemberg (Kapitel 4)

Regionale Studien	Bürgerbeteiligung	Medienberichte H2-Wandel/H2-GeNeSis
<ul style="list-style-type: none"> • Ähnliche Ergebnisse wie national (s. Tabelle 5-2), allgemein hohe Akzeptanz • Hindernisse <ul style="list-style-type: none"> ○ Flächennutzung für benötigte Wind-/PV-Anlagen 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbau von H2-Erzeugung, Infrastruktur und Nutzung aktiv gefordert • Hat Zukunftspotential aber evtl. noch nicht ausgereift • Mehrwert muss deutlich sein 	<ul style="list-style-type: none"> • Überwiegend neutral bis positiv • Teilweise Falschinformationen zu geplanten Projekten • Kritik <ul style="list-style-type: none"> ○ Flächenverbrauch ○ Mangelnde Einbindung von KritikerInnen in den Prozess

-
- Sicherheitsfragen bei Speicherung in Wohnortsnähe
 - LKW-Transport: Verkehrsaufkommen und Sicherheit
 - Mehrwert ggü. Elektrifizierung z. T. angezweifelt
-

Kapitel 4 beschäftigte sich mit regionalen Einblicken in Wasserstoffprojekte. Wo quantitative Daten vorlagen, war die Akzeptanz in Baden-Württemberg ähnlich hoch wie die deutschlandweite Akzeptanz. Aus den verschiedenen quantitativen und qualitativen Datenquellen ergaben sich ähnliche Schlussfolgerungen: Allgemein wird der Ausbau der Wasserstoffwirtschaft im Bundesland begrüßt, der Mehrwert von Wasserstofftechnologien gegenüber alternativen Technologien oder dem Status Quo muss dafür aber deutlich erkennbar sein. Wo Zweifel an diesem Mehrwert bestehen, fehlt auch die Akzeptanz. Zuletzt kristallisiert sich in diesen frühen Phasen der Modellprojekte die Flächennutzung für Wasserstoffinfrastruktur sowie für die benötigten erneuerbaren Energien als ein erstes Konfliktfeld heraus. Weitere Ergebnisse sind in Tabelle 5-3 zusammengefasst.

Insgesamt lassen sich also gemeinsame Tendenzen feststellen: Einstellungen zu Wasserstofftechnologien sind insgesamt positiv, vor allem auf Ebene der soziopolitischen Akzeptanz und vor allem zu grünem Wasserstoff. Der Großteil der Bevölkerung hat aber kaum Wissen zu und kaum Erfahrung mit Wasserstofftechnologien, so dass davon ausgegangen werden muss, dass diese Einstellungen nur vorläufig sind und sich ggf. mit fortschreitender Ausbreitung der Wasserstoffwirtschaft ändern können. Negative Vorfälle oder schlechte Erfahrungen mit konkreten Projekten könnten die Risikowahrnehmung erhöhen und das Vertrauen in relevante Institutionen schädigen. Bisher befindet sich die Wasserstoffwirtschaft in Deutschland aber in der glücklichen Lage eines Vertrauensvorschlusses – Sicherheitsbedenken sind vergleichsweise selten, u.a. weil das Vertrauen in deutsche Behörden und Standards hoch ist. Hohe Sicherheitsstandards zur Vermeidung von Vorfällen, gute Wissensvermittlungsstrategien und gerechte Beteiligungsprozesse können dazu beitragen, diesen Vertrauensvorschluss aufrechtzuerhalten. Die Marktakzeptanz von Brennstoffzellfahrzeugen in der breiten Bevölkerung ist dahingegen eher mäßig ausgeprägt: die Nutzungsbereitschaft ist hoch, die Kaufbereitschaft nicht. Dieses Ergebnis ist aber für die Modellregionen weniger relevant, da BürgerInnen hier aktuell nicht als KäuferInnen vorgesehen sind. Die Daten zu lokaler Akzeptanz sind unstimmig, deuten aber darauf hin, dass die Akzeptanz von Anlagen am Wohnort häufig hoch ist, sich viele Menschen dazu aber noch keine Meinung bilden können. Bisher gibt es also aufgrund der Datenlage keine klaren Anzeichen für eine national-örtliche Lücke. Die verschiedenen Erklärungsansätze wie Ortsbindung oder bedingte Akzeptanz, die für solche Lücken herangezogen wurden, können aber dennoch nützlich sein, um die Ablehnung von kleineren Minderheiten zu erklären. Übergreifend zeigt sich, dass der erwartete Nutzen eines Projektes immer in Relation zu Kosten, Risiken und Alternativtechnologien bewertet wird; der Mehrwert muss also deutlich werden, um Akzeptanz zu gewährleisten.

5.2 Entwicklungshorizonte

Die zuverlässigsten Daten, die uns zur Verfügung stehen, stammen aus den nationalen Umfragen. Da diese Umfragen repräsentativ für die deutsche Bevölkerung sind, bilden sie die Meinungen der BürgerInnen sehr genau ab. Andererseits erlauben sie keine Rückschlüsse auf andere Akteursgruppen wie Verwaltung oder NGOs. Systematische und vor allem quantitative Akzeptanzerhebungen für diese Gruppen sind rar. Für andere Akteure lagen teilweise qualitative Daten vor, beispielsweise Medienberichte, Befragungen von BusfahrerInnen, oder Interviews mit IndustrieexpertInnen, die aber aufgrund der mangelnden Repräsentativität nur schwer zu verallgemeinern sind. Insgesamt ist die Datenlage stark auf die breite Bevölkerung in ihren Rollen als BürgerInnen, AnwohnerInnen und EndnutzerInnen konzentriert. Im Vergleich dazu sind Stimmen aus Industrie (v. a. von ArbeitnehmerInnenseite), Wissenschaft, Verwaltung oder NGOs in diesem Bericht weniger repräsentiert. In Bezug auf Akteure (Akzeptanzsubjekte) fehlen also systematische Daten für mehrere Akteursgruppen. Derartige Studien sollten künftig ausgeweitet werden, um die breitere gesellschaftliche Akzeptanz abbilden zu können.

In Bezug auf Technologien (Akzeptanzobjekte) beziehen sich fast alle verfügbaren Daten entweder auf die Grundsatzfrage, ob Wasserstoff überhaupt genutzt werden sollte oder auf Brennstoffzellefahrzeuge. Daten zu spezifischen Anwendungen außerhalb des Verkehrssektors sind deutlich seltener, insbesondere zur lokalen Akzeptanz von Anlagen zu Herstellung (v. a. Elektrolyseure), Speicherung (z. B. Kavernenspeicher) und Transport (v. a. Pipelines) von Wasserstoff. Dies ist eine Lücke, die in Zukunft gefüllt werden muss, da solche Anlagen perspektivisch eine der wichtigsten Rollen in der Wasserstoffwirtschaft spielen werden (nicht zuletzt, da Herstellung am und/oder Transport zum Einsatzort die zwingende Voraussetzung für die Wasserstoffnutzung in allen anderen Sektoren sind).

Die überwältigende Mehrheit der Daten zu Akzeptanz wurde vor dem Angriffskrieg Russlands auf die Ukraine erhoben, der zur aktuellen Energiekrise geführt hat, die voraussichtlich bis mindestens 2024 anhalten wird (BMWK ExpertInnen-Kommission Gas und Wärme, 2022). Eine Analyse, ob diese Preisentwicklungen und die Energieknappheit mittelfristig zu mehr oder zu weniger Nutzung von (grünem) Wasserstoff in Deutschland führen werden, geht über den Rahmen dieses Berichtes hinaus. In Bezug auf Akzeptanz zeigte sich aber in Erhebungen zu den Vorteilen einer regionalen Wasserstoffwirtschaft (Kapitel 4), dass die Dezentralität und die energetische Unabhängigkeit von anderen Ländern als zwei der wichtigsten Vorteile gesehen wurden. Wir können davon ausgehen, dass verschiedene Akteure sich dieses Aspekts vor dem Hintergrund der Gaspreiskrise nun besonders bewusst sind, was zu erhöhter Akzeptanz führen könnte. Gleichzeitig zeigte sich aber vor allem in der Marktakzeptanz nur eine geringe Toleranz von Mehrkosten, sodass die tatsächliche Akzeptanzentwicklung voraussichtlich auch von der tatsächlichen Kostenentwicklung von (grünem) Wasserstoff abhängen wird.

Zuletzt ist Wasserstoff für die meisten Menschen immer noch eine neue Technologie, zu der sie wenig wissen und mit der sie wenig Erfahrung haben. Durch die vermehrte

Förderung auf europäischer, bundesdeutscher und Landesebene werden in den nächsten Jahren und Jahrzehnten immer mehr Menschen Berührungspunkte mit Wasserstofftechnologien haben. Wie zuvor erläutert wird die Entwicklung von Akzeptanz daher von der konkreten Ausgestaltung dieser Erfahrungen – u. a. der Gerechtigkeit von Bürgerbeteiligung, finanziellen Auswirkungen, oder Framing in den Medien – abhängen.

5.3 Fazit

Wenn all diese Erkenntnisse zur Akzeptanz von Wasserstofftechnologien in Deutschland in nur einem Satz zusammengefasst werden müssten, wäre vielleicht dieser Satz am geeignetsten: „Die Akzeptanz ist bisher größtenteils hoch.“ Es ist also eine positive Grundeinstellung zu erkennen, dennoch lassen sich jetzt schon Hindernisse wie Flächenverbrauch, Kosten und Zweifel am Mehrwert identifizieren, die zu Ablehnung bei kleineren Gruppen von KritikerInnen führen („größtenteils“) und die generelle Grundeinstellung wird sich zukünftig in Abhängigkeit von konkreten Erfahrungen mit Wasserstoffprojekten verändern („bisher“). Der vorliegende Bericht hat dabei eine ganze Reihe von Faktoren und Mechanismen identifiziert, die zur Akzeptanz beitragen und die daher auch im Sinne eines prospektiven Akzeptanzmanagements eingesetzt werden können, um diese zukünftige Entwicklung so erfolgreich wie möglich mitzugestalten.

Die Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft ist darauf angewiesen, dass sie von der Bevölkerung sowie von anderen Akteursgruppen unterstützt und mitgetragen wird. Es ist daher von zentraler Bedeutung, deren Akzeptanz auf allen ihren Ebenen ebenso zu analysieren wie die Gründe für ihre Akzeptanz oder Ablehnung. Letztlich wird der Erfolg der Wasserstoffwirtschaft davon abhängen, ob es gelingt, die Akzeptanz aller relevanten Akteure zu gewinnen und zu erhalten.

Literaturverzeichnis

- acatech, & DECHEMA. (2022). *Auf dem Weg in die deutsche Wasserstoffwirtschaft: Resultate der Stakeholder*innen-Befragung*. Wasserstoff-Kompass. https://doi.org/10.48669/H2K_2022-1
- Agentur für Erneuerbare Energien. (2022). *Bioenergie: Starke gesellschaftliche Zustimmung während der Energiekrise*. Agentur für Erneuerbare Energien. <https://www.unendlich-viel-energie.de/themen/akzeptanz-erneuerbarer/akzeptanz-umfrage/bioenergie-starke-gesellschaftliche-zustimmung-waehrend-energiekrise>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-T](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-T)
- Arltdt, D., Schaller, S., & Wolling, J. (2022). *Die Energiewende aus Sicht der Bevölkerung. Ergebnisse einer bundesweiten Befragung im Vorfeld der Bundestagswahl 2021*. <https://d-nb.info/125603536X/34>
- Arndt, P. (2022). *Transformation & Gesellschaft: Ein Stimmungsbild—Studie zur Energiewende und der Akzeptanz von Wasserstoff*. https://norddeutsches-reallabor.de/wp-content/uploads/2022/07/NRL_3.1_AP-2_Studienbericht_FINAL.pdf
- Augsburger Allgemeine. (2022, Juli 4). Mehrere Regionen setzen voll auf Wasserstoff. *Augsburger Allgemeine*. <https://www.augsburger-allgemeine.de/baden-wuerttemberg/energie-mehrere-regionen-setzen-voll-auf-wasserstoff-id63189921.html>
- Ausfelder, F., & Dura, H. E. (Hrsg.). (2021). *Kopernikus-Projekt: Optionen für ein nachhaltiges Energiesystem mit Power-to-X-Technologien. Transformation—Anwendungen—Potenziale*. https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/CBE2878A53D522EEE0537E695E868061/live/document/DEC_P2X_II_V06_Online_small.pdf
- Ausfelder, F., & Tran, D. D. (Hrsg.). (2022). *Kopernikus-Projekt: Optionen für ein nachhaltiges Energiesystem mit Power-to-X-Technologien. Transformation—Anwendungen—Potenziale*. https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/EC7C18F68BCE7C0DE0537E695E86F60F/live/document/221025_DEC_P2X4_V08_Web.pdf

- AutoScout24. (2020). *Aktuelle Umfrage: Wasserstoffauto findet Zuspruch bei 63 Prozent*. <https://www.autoscout24.de/unternehmen/mediacenter/umfragen/aktuelle-umfrage-wasserstoffauto-findet-zuspruch-bei-63-prozent/>
- Bamberg, S. (2013). Changing environmentally harmful behaviors: A stage model of self-regulated behavioral change. *Journal of Environmental Psychology, 34*, 151–159. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2013.01.002>
- Batel, S., & Devine-Wright, P. (2015). A critical and empirical analysis of the national-local 'gap' in public responses to large-scale energy infrastructures. *Journal of Environmental Planning and Management, 58*(6), 1076–1095. <https://doi.org/10.1080/09640568.2014.914020>
- Baur, D., Emmerich, P., Baumann, M. J., & Weil, M. (2022). Assessing the social acceptance of key technologies for the German energy transition. *Energy, Sustainability and Society, 12*(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00329-x>
- bdew. (2020). *Umfrage zu Wasserstoff: Mehr als die Hälfte der Deutschen*. bdew. <https://www.bdew.de/presse/presseinformationen/umfrage-zu-wasserstoff-mehr-als-die-haelfte-der-deutschen/>
- Bell, D., Gray, T., & Haggett, C. (2005). The 'Social Gap' in Wind Farm Siting Decisions: Explanations and Policy Responses. *Environmental Politics, 14*(4), 460–477. <https://doi.org/10.1080/09644010500175833>
- Bell, D., Gray, T., Haggett, C., & Swaffield, J. (2013). Re-visiting the 'social gap': Public opinion and relations of power in the local politics of wind energy. *Environmental Politics, 22*(1), 115–135. <https://doi.org/10.1080/09644016.2013.755793>
- Belova, A., Quittkat, C., Lehotský, L., Knodt, M., Osička, J., & Kemmerzell, J. (2023). The more the merrier? Actors and ideas in the evolution of German hydrogen policy discourse. *Energy Research & Social Science, 97*, 102965. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.102965>
- Beteiligungsportal Baden-Württemberg. (2020). *Wasserstoff-Roadmap: Ihre Rückmeldungen*. <https://beteiligungsportal.baden-wuerttemberg.de/de/mitmachen/lp-16/wasserstoff-roadmap-bw/erste-online-diskussion/rueckmeldungen>
- Beuther, N. (2021, Dezember 22). Technologiepark Aspen: Der Aufstellungsbeschluss ist gefasst. *Rems-Zeitung*. <https://remszeitung.de/2021/12/22/technologiepark-aspen-der-aufstellungsbeschluss-ist-gefasst/>

- BI - Wasserkraftwerk am Altrhein. (2022). <https://www.bi-wasserkraftwerk-am-altrhein.de/#>
- BIS. (2022). *Lebenswertes Klimaquartier?! Ergebnisse der Umfrage für Bewohner:innen*. Berliner Institut für Sozialforschung. <https://es-public.bis-berlin.de/Poster%20Umfrageergebnisse.pdf>
- BMWK ExpertInnen-Kommission Gas und Wärme. (2022). *Sicher durch den Winter: Zwischenbericht der ExpertInnen-Kommission Gas und Wärme*. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/Gas-Kommission/zwischenbericht-expert-innen-kommission-gas-waerme.html>
- Bridge, G., Bouzarovski, S., Bradshaw, M., & Eyre, N. (2013). Geographies of energy transition: Space, place and the low-carbon economy. *Energy Policy*, 53, 331–340. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.10.066>
- Chatterji, P., Aldubush, A., & Lyons, S. (2021). *H2ME-D5.6 Report on vehicle user attitudes, driving behaviours and HRS network access trends (Interim 3)*. Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking. <https://h2me.eu/publications/d5-8-report-on-vehicle-user-attitudes-driving-behaviours-and-hrs-network-access-trends/>
- Czisch, G. (2022, Juli 18). *Schwörmontag Ulm: Die Schwörrede 2022 von OB Gunter Czisch* [Südwest Presse]. <https://www.swp.de/lokales/ulm/schwoermontag-ulm-schwoerrede-von-ob-gunter-czisch-2022-65495047.html>
- dena, & forsa. (2019). *Alternative Antriebe und Akzeptanz von Maßnahmen in der Verkehrswende*. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Bilder/Newsroom/Meldungen/2019Q4/dena-Umfrage_Alternative_Antriebe_und_Massnahmen_Verkehrswende.pdf
- dena, & forsa. (2021). *Verkehrswende-Umfrage: Verbraucher offen für politische Maßnahmen im Verkehrssektor*. dena. <https://www.dena.de/newsroom/meldungen/verkehrswende-umfrage-verbraucher-offen-fuer-politische-massnahmen-im-verkehrssektor/>
- Devine-Wright, P. (2005). Beyond NIMBYism: Towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy. *Wind Energy*, 8(2), 125–139. <https://doi.org/10.1002/we.124>
- Devine-Wright, P. (2009). Rethinking NIMBYism: The role of place attachment and place identity in explaining place-protective action. *Journal of Community & Applied Social Psychology*, 19(6), 426–441. <https://doi.org/10.1002/casp.1004>

- Earle, T., Siegrist, M., & Gutscher, H. (2012). Trust, Risk Perception and the TCC Model of Cooperation. In *Trust in Cooperative Risk Management: Uncertainty and Scepticism in the Public Mind*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781849773461>
- E.ON. (2021). *Grüner Wasserstoff. Wie schätzen Unternehmerinnen und Unternehmer das Potenzial von grünem Wasserstoff (aus Ökostrom) für die deutsche Wirtschaft ein? Der Überblick*. E.ON Energieatlas. <https://energieatlas.eon.de/unternehmen/wasserstoff>
- Epp, J., & Bellmann, E. (2019). Invisible Kids: Eine Akzeptanzuntersuchung zu Power-to-X-Technologien bei Jugendlichen. In C. Fraune, M. Knodt, S. Gölz, & K. Langer (Hrsg.), *Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation. Gesellschaftliche Herausforderungen jenseits von Technik und Ressourcenausstattung* (S. 323–352). Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-24760-7>
- EUPD Research. (2021). *Wasserstoff aus Sicht privater Haushalte mit grossem Potential insbesondere für die Mobilität*. <https://www.eupd-research.com/wasserstoff-aus-sicht-privater-haushalte-mit-grossem-potential-insbesondere-fuer-die-mobilitaet/>
- Fazio, R. H. (2007). Attitudes as Object-Evaluation Associations of Varying Strength. *Social cognition*, 25(5), 603–637. <https://doi.org/10.1521/soco.2007.25.5.603>
- Fazio, R. H., Sanbonmatsu, D. M., Powell, M. C., & Kardes, F. R. (1986). On the automatic activation of attitudes. *Journal of Personality and Social Psychology*, 50(2), 229. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.50.2.229>
- Fischer, W. (2022, September 27). „Fünf Aspen-Besitzer wollen derzeit nicht verkaufen“. *Gmünder Tagespost*. <https://www.gmuender-tagespost.de/ostalbk/schwaebisch-gmuend/fuenf-aspen-besitzer-wollen-derzeit-nicht-verkaufen-91814329.html>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1974). Attitudes towards objects as predictors of single and multiple behavioral criteria. *Psychological Review*, 81(1), 59–74. <https://doi.org/10.1037/h0035872>
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Addison-Wesley.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (2010). *Predicting and changing behavior: The reasoned action approach*. Psychology Press.

- Flynn, R., Bellaby, P., & Ricci, M. (2006). Risk Perception of an Emergent Technology: The Case of Hydrogen Energy. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 7(1). <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0601194>
- Frewer, L. (1999). Risk Perception, Social Trust, and Public Participation in Strategic Decision Making: Implications for Emerging Technologies. *Ambio*, 28(6), 569–574.
- Gässler, A. (2022, Juni 30). Technologiepark Aspen: Landwirte schlagen Alarm. *Rems-Zeitung*. <https://remszeitung.de/2022/6/30/technologiepark-aspen-landwirte-schlagen-alarm/>
- Geitmann, S. (2017). Wasserstoff als neuer Energieträger. Hyacinth: Europaweite Akzeptanzbefragungen. *HZwei. Das Magazin für Wasserstoff und Brennstoffzellen*, 17(1), 31–33.
- Giesen, R. I. van, Fischer, A. R. H., Dijk, H. van, & Trijp, H. C. M. van. (2015). Affect and Cognition in Attitude Formation toward Familiar and Unfamiliar Attitude Objects. *PLOS ONE*, 10(10), e0141790. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141790>
- Glanz, S., & Schönauer, A.-L. (2021). Towards a Low-Carbon Society via Hydrogen and Carbon Capture and Storage: Social Acceptance from a Stakeholder Perspective. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*, 9(1), 0–0. <https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d8.0322>
- Glasman, L. R., & Albarraçín, D. (2006). Forming Attitudes That Predict Future Behavior: A Meta-Analysis of the Attitude–Behavior Relation. *Psychological bulletin*, 132(5), 778–822. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.132.5.778>
- Gmünder Tagespost. (2021a, Juli 5). Nabu: Kein „gigantisches Gewerbegebiet“. *Gmünder Tagespost*. <https://www.gmuender-tagespost.de/ostalb/schwaebisch-gmuend/stadt-schwaebisch-gmuend/nabu-kein-gigantisches-gewerbegebiet-90843422.html>
- Gmünder Tagespost. (2021b, Dezember 21). Naturschützer zu Aspen: Versprechen halten. *Gmünder Tagespost*. <https://www.gmuender-tagespost.de/ostalb/schwaebisch-gmuend/stadt-schwaebisch-gmuend/naturschuetzer-zu-aspen-versprechen-halten-91193981.html>
- Häußermann, J. J. (2020). Grüner Wasserstoff: Wie steht es um die Akzeptanz in Deutschland? *Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation*. <https://blog.iao.fraunhofer.de/gruener-wasserstoff-wie-steht-es-um-die-akzeptanz-in-deutschland/>

- Heidenheimer Zeitung. (2022, Mai 26). Wie der Landkreis Heidenheim Wasserstoff aus erneuerbaren Energien nutzen will. *Heidenheimer Zeitung*.
<https://www.hz.de/meinort/heidenheim/nachhaltigkeit-wie-der-landkreis-heidenheim-wasserstoff-aus-erneuerbaren-energien-nutzen-will-64631263.html>
- Hoelzinger, N., & Luedi-Geoffroy, N. (2013). *Influencing factors to the acceptance process of FCH technologies in public transport (CHIC project) (D3.5)*. CHIC.
https://www.fuelcellbuses.eu/sites/default/files/documents/Influencing_Factors_to_the_Acceptance_Process_of_FCH_Technologies_in_Public_Transport_CHIC_3.5.pdf
- Huijts, N. M. A., de Vries, G., & Molin, E. J. E. (2019). A Positive Shift in the Public Acceptability of a Low-Carbon Energy Project After Implementation: The Case of a Hydrogen Fuel Station. *Sustainability*, 11(8), Article 8.
<https://doi.org/10.3390/su11082220>
- Huijts, N. M. A., Molin, E. J. E., & Steg, L. (2012). Psychological factors influencing sustainable energy technology acceptance: A review-based comprehensive framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 525–531.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.018>
- Huijts, N. M. A., Molin, E. J. E., & van Wee, B. (2014). Hydrogen fuel station acceptance: A structural equation model based on the technology acceptance framework. *Journal of Environmental Psychology*, 38.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.01.008>
- HyTrustPlus Projekt. (2015). *Geschäftsmodelle, Marktaussichten und die Rolle der Politik für die Brennstoffzellen- und Wasserstofftechnologie in Deutschland*. (F. Meißner, N. Hollmichel, S. Krüger, & M. Tschirley, Hrsg.). https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/150921_diskussionspapier_hytrustplus_vkpartner.pdf
- Innofact Ag. (2021). *Wasserstoff als Energieträger*. <https://docplayer.org/230546750-Wasserstoff-als-energietraeger.html>
- Jenkins, K., McCauley, D., Heffron, R., Stephan, H., & Rehner, R. (2016). Energy justice: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*, 11, 174–182.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.10.004>
- Kasperson, R. E., Renn, O., Slovic, P., Brown, H. S., Emel, J., Goble, R., Kasperson, J. X., & Ratick, S. (1988). The Social Amplification of Risk: A Conceptual Framework. *Risk Analysis*, 8(2), 177–187. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.1988.tb01168.x>

- Klemm, D. (2022, Juli 4). Mehrere Regionen setzen voll auf Wasserstoff. *Donau3FM*.
<https://www.donau3fm.de/mehrere-regionen-setzen-voll-auf-wasserstoff-452664/>
- König, S., Bchini, Q., McKenna, R., Köppel, W., Bachseitz, M., Entress, J., Ryba, M., Michaelis, J., Roser, A., & Schakib-Ekbatan, K. (2018). Analysing the regional potential and social acceptance of power-to-gas in the context of decentralized co-generation in Baden-Württemberg. *Journal of Energy Storage*, 16, 93–107.
<https://doi.org/10.1016/j.est.2017.12.011>
- Konrad, W., Kuhn, R., & Wist, S.-K. (2022a). *Zwischen Vorsicht und Enthusiasmus: Einstellungen zu Grünem Wasserstoff in der Gemeinde Grenzach-Wyhlen. Ergebnisse einer Repräsentativbefragung* (Forschungsprojekt Reallabor H2-Wyhlen). Dialogik. <https://www.dialogik-expert.de/sites/default/files/downloads/de/einstellungen-zu-grunem-wasserstoff-in-der-gemeinde-grenzach-wyhlen-ergebnisse-einer.pdf>
- Konrad, W., Kuhn, R., & Wist, S.-K. (2022b). *Die Gemeinde und der grüne Wasserstoff: Ein Stimmungsbild aus Stakeholder-Perspektive. Interviewergebnisse mit lokalen Akteuren in Grenzach-Wyhlen* (Forschungsprojekt Reallabor H2-Wyhlen). Dialogik. <https://www.dialogik-expert.de/sites/default/files/downloads/de/die-gemeinde-und-der-grune-wasserstoff-ergebnisse-von-stakeholder-interviews-in-grenzach-wyhlen.pdf>
- Konrad, W., Kuhn, R., Wist, S.-K., & Witzel, B. (2021). *Einstellungen in Deutschland zu Wasserstofftechnologien. Ergebnisse von Repräsentativbefragungen in der Übersicht*. (Forschungsprojekt Reallabor H2-Wyhlen). Dialogik. <https://www.dialogik-expert.de/sites/default/files/downloads/de/arbeitsbericht-wasserstoffumfragen.pdf>
- Köppel, W., Gubkina, N., McKenna, R., Jäger, T., Bchini, Q., Kunze, R., Leibfried, T., Suriyah, M., Meyer-Hübner, N., Wietschel, M., Michaelis, J., Entress, J., Bachseitz, M., Ryba, M., Trauth, R., Resch, H., Roser, A., & Schakib-Ekbatan, K. (2017). *PtG-Konzepte mit hoher gesellschaftlicher Akzeptanz für eine effiziente und flexible Speicher- und Energieinfrastruktur zur Integration Erneuerbarer Energien in Baden-Württemberg* [Abschlussbericht].

- Landtag von Baden-Württemberg. (2022, Juli 4). *Mehrere Regionen setzen voll auf Wasserstoff*. <https://www.landtag-bw.de/home/aktuelles/dpa-nachrichten/2022/Juli/KW27/Montag/5435f264-fa00-4304-860b-2907d487.html>
- Länge, M. (2023, Januar 14). Nabu: Flächenverbrauch ist zu hoch. *Gmünder Tagespost*, 11.
- Lichter, J. (2021). *Der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland. Herausforderungen und Lösungsansätze*. Handelsblatt Research Institute. <https://www.handelsblatt.com/downloads/27768652/3/wasserstoffstudie.pdf>
- Martin, E., Shaheen, S. A., Lipman, T. E., & Lidicker, J. R. (2009). Behavioral response to hydrogen fuel cell vehicles and refueling: Results of California drive clinics. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(20), 8670–8680. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2009.07.098>
- Merk, C., & Pönitzsch, G. (2017). The Role of Affect in Attitude Formation toward New Technologies: The Case of Stratospheric Aerosol Injection. *Risk Analysis*, 37(12), 2289–2304. <https://doi.org/10.1111/risa.12780>
- Molin, E. (2005). Causal Analysis of Hydrogen Acceptance. *Transportation Research Record*, 1941, 115–121.
- Müller, B. (2022, Juni 30). Kretschmann, die Technologie und der Flächenfraß – der Ministerpräsident zu Besuch in Gmünd. *Gmünder Tagespost*. <https://www.gmuender-tagespost.de/ostalbk/schwaebisch-gmuend/stadt-schwaebisch-gmuend/kretschmann-die-technologie-und-der-flaechenfrass-der-ministerpraesident-zu-besuch-in-gmuend-91641122.html>
- Nadaï, A., & van der Horst, D. (2010). Introduction: Landscapes of Energies. *Landscape Research*, 35(2), 143–155. <https://doi.org/10.1080/01426390903557543>
- Nord Wirtschaft. (2023). *E.ON Umfrage: Zwei Drittel der Unternehmer sehen großes Potenzial für grünen Wasserstoff*. Nord Wirtschaft. Unabhängige Zeitung für die Wirtschaft in der Metropolregion Hamburg. <https://www.nordwirtschaft.de/eon-wasserstoff-umfrage>
- OGE. (2020). *OGE Umfrage zeigt: Deutsche setzen auf Wasserstoff – und würden auch ein H2-Auto fahren*. Open Grid Europe. <https://oge.net/de/pressemitteilungen/2020/oge-umfrage-zeigt-deutsche-setzen-auf-wasserstoff-und-wuerden-auch-ein-h2-auto-fahren>
- Ohlendorf, N., Löhr, M., & Markard, J. (2023). Actors in multi-sector transitions—Discourse analysis on hydrogen in Germany. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 47, 100692. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2023.100692>

- Polifke, F. (2022, Juli 4). „Modellregion Grüner Wasserstoff“: Auftaktveranstaltung in Schwäbisch Gmünd. SWR. <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/ulm/schwaebisch-gmuend-modellregion-gruener-wasserstoff-100.html>
- Regan, D. T., & Fazio, R. (1977). On the consistency between attitudes and behavior: Look to the method of attitude formation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 13(1), 28–45. [https://doi.org/10.1016/0022-1031\(77\)90011-7](https://doi.org/10.1016/0022-1031(77)90011-7)
- Reutlinger General-Anzeiger. (2022, Juli 5). *Modell für grünen Wasserstoff: 32 Millionen Euro für die Region*. gea.de. https://www.gea.de/reutlingen_artikel,-modell-f%C3%BCr-gr%C3%BCnen-wasserstoff-32-millionen-euro-f%C3%BCr-die-region-_arid,6629332.html
- Rokeach, M. (1973). *The nature of human values*. Free Press.
- Ryffel, F. A., Wirz, D. S., Kühne, R., & Wirth, W. (2014). How Emotional Media Reports Influence Attitude Formation and Change: The Interplay of Attitude Base, Attitude Certainty, and Persuasion. *Media Psychology*, 17(4), 397–419. <https://doi.org/10.1080/15213269.2014.933850>
- Schlosberg, D. (2004). Reconceiving Environmental Justice: Global Movements And Political Theories. *Environmental Politics*, 13(3), 517–540. <https://doi.org/10.1080/0964401042000229025>
- Schmidt, A., Canzler, W., & Epp, J. (2019). Welche Rolle kann Wasserstoff in der Energie- und Verkehrswende spielen? Positionen und Einschätzungen von Verbänden zur Akzeptanz von Wasserstoff. In C. Fraune, M. Knodt, S. Gölz, & K. Langer (Hrsg.), *Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation: Gesellschaftliche Herausforderungen jenseits von Technik und Ressourcenausstattung* (S. 419–440). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24760-7_19
- Schmidt, A., & Donsbach, W. (2016). Acceptance factors of hydrogen and their use by relevant stakeholders and the media. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41(8), 4509–4520. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.01.058>
- Schöls, D. (2021, Juni 30). Ursache für Vorfall am Grenzach-Wyhlener Kraftwerk ist weiter unklar. *Badische Zeitung*. <https://www.badische-zeitung.de/ursache-fuer-vorfall-am-grenzach-wyhlener-kraftwerk-ist-weiter-unklar--203039812.html>
- Schunder, J. (2022, Juli 1). Wasserstoff für Stuttgart und Esslingen: Für die neue Pipeline fließen gut elf Millionen Euro. *Stuttgarter Nachrichten*. <https://www.stuttgarter->

- [nachrichten.de/inhalt.wasserstoff-fuer-stuttgart-und-esslingen-fuer-die-neue-pipeline-fliesen-gut-elf-millionen-euro.88e1c433-08b4-416d-8f57-388f9837f29f.html](https://www.sueddeutsche.de/nachrichten.de/inhalt.wasserstoff-fuer-stuttgart-und-esslingen-fuer-die-neue-pipeline-fliesen-gut-elf-millionen-euro.88e1c433-08b4-416d-8f57-388f9837f29f.html)
- Schütte, H. (2020a, Dezember 11). Technologiepark Aspen: Daimler und Volvo liebäugeln miteinander und mit Gmünd. *Rems-Zeitung*.
<https://remszeitung.de/2020/12/11/technologiepark-aspen-daimler-und-volvo-liebaeugeln-miteinander-und-mit-gmuend/>
- Schütte, H. (2020b, Dezember 17). Technologiepark ASPEN: Gemeinderat gibt grünes Licht für Wasserstoff-Kompetenzzentrum. *Rems-Zeitung*.
<https://remszeitung.de/2020/12/17/technologiepark-aspen-gemeinderat-gibt-gruenes-licht-fuer-wasserstoff-kompetenzzentrum/>
- Schwäbische Post. (2022, Mai 12). Die Region setzt auf Wasserstoff. *Schwäbische Post*.
<https://www.schwaebische-post.de/baden-wuerttemberg/wirtschaft-regional/die-region-setzt-auf-wasserstoff-91541720.html>
- Schwäbische Zeitung. (2022, Juli 7). Landkreis im Modellprojekt zur Wasserstoffwirtschaft. *Schwäbische Zeitung*.
<https://www.schwaebische.de/regional/ulm-alb-donau/ulm/landkreis-im-modellprojekt-zur-wasserstoffwirtschaft-48936>
- Schwartz, S. H. (2012). An Overview of the Schwartz Theory of Basic Values. *Online Readings in Psychology and Culture*, 2(1). <https://doi.org/10.9707/2307-0919.1116>
- Scott, M., & Powells, G. (2020). Towards a new social science research agenda for hydrogen transitions: Social practices, energy justice, and place attachment. *Energy Research & Social Science*, 61, 101346.
<https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101346>
- Siegrist, M., & Cvetkovich, G. (2002). Perception of Hazards: The Role of Social Trust and Knowledge. *Risk Analysis*, 20(5), 713–720. <https://doi.org/10.1111/0272-4332.205064>
- Slovic, P., Finucane, M. L., Peters, E., & MacGregor, D. G. (2004). Risk as Analysis and Risk as Feelings: Some Thoughts about Affect, Reason, Risk, and Rationality. *Risk Analysis*, 24(2), 311–322. <https://doi.org/10.1111/j.0272-4332.2004.00433.x>
- Specht, J. M., & Fabianek, P. (2022). *Vergleich von Wasserstoff- und Elektromobilität: Technische, ökonomische, soziale und ökologische Aspekte*. E.ON Energy Research Center. https://www.kopernikus-projekte.de/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/EBC6EB7FE10302

- [ADE0537E695E861880/live/document/FCN_2022_Vergleich_von_Wasserstoff-und_Elektromobilit%C3%A4t_final_02.pdf](https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/energie-stuttgart-mehrere-regionen-setzen-voll-auf-wasserstoff-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-220704-99-903162)
- Stern, P. C., Kalof, L., Dietz, T., & Guagnano, G. A. (1995). Values, Beliefs, and Proenvironmental Action: Attitude Formation Toward Emergent Attitude Objects. *Journal of Applied Social Psychology, 25*(18), 1611–1636. <https://doi.org/10.1111/j.1559-1816.1995.tb02636.x>
- Süddeutsche. (2022, Juli 4). Mehrere Regionen setzen voll auf Wasserstoff. *Süddeutsche*. <https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/energie-stuttgart-mehrere-regionen-setzen-voll-auf-wasserstoff-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-220704-99-903162>
- SWR. (2021, August 18). Ulm und Alb-Donau-Kreis Modellregion für grünen Wasserstoff. *SWR*. <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/ulm/modellregion-gruener-wasserstoff-100.html>
- SWR. (2022, Juni 30). Ministerpräsident Kretschmann besucht erneut Ostalbkreis. *SWR*. <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/ulm/kretschmann-besucht-ostalbkreis-und-wasserstoff-technologiepark-aspen-100.html>
- Thøgersen, J., & Grunert-Beckmann, S. C. (1997). Values and Attitude Formation Towards Emerging Attitude Objects: From Recycling to General, Waste Minimizing Behavior. *Advances in Consumer Research, 24*, 182–189.
- Upham, P., Dütschke, E., Schneider, U., Oltra, C., Sala, R., Lores, M., Klapper, R., & Bögel, P. (2018). Agency and structure in a sociotechnical transition: Hydrogen fuel cells, conjunctural knowledge and structuration in Europe. *Energy Research & Social Science, 37*(1), 163–174. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.040>
- Upham, P., Oltra, C., & Boso, Æ. (2015). Towards a cross-paradigmatic framework of the social acceptance of energy systems. *Energy Research & Social Science, 8*, 100–112. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.05.003>
- Vaas, T. (2022a, Juni 29). Gmünd: Ein Blick auf die Wasserstoff-Fakten. *Rems-Zeitung*. <https://remszeitung.de/2022/6/29/gmuend-ein-blick-auf-die-wasserstoff-fakten/>
- Vaas, T. (2022b, Juni 30). Gmünd: Kretschmann im Technologiepark Aspen. *Rems-Zeitung*. <https://remszeitung.de/2022/6/30/gmuend-kretschmann-im-technologiepark-aspen/>
- Vaas, T. (2022c, Juni 30). Kommentar: Landwirte ernst nehmen. *Rems-Zeitung*. <https://remszeitung.de/2022/6/30/kommentar-landwirte-ernst-nehmen/>

- Vaas, T. (2023, Januar 28). Die Zukunft steht still. *Rems-Zeitung*, 26–27.
- Wieland, B. (2021, Juli 5). Deutsche warnen Schweizer: Wasserstoffkraftwerk ist nicht harmlos. *Basellandschaftliche Zeitung*.
<https://www.bzbasel.ch/basel/baselland/augst-deutsche-warnen-schweizer-wasserstoff-kraftwerk-ist-nicht-so-harmlos-ld.2158170>
- Windkraft-Journal. (2021). 48 Prozent der Deutschen halten Wasserstoff für den Antrieb der Zukunft für Mobilität und Transport. *Windkraft-Journal*. Windenergie Erneuerbaren Energie Nachrichten. <https://www.windkraft-journal.de/2021/09/13/48-prozent-der-deutschen-halten-wasserstoff-fuer-den-antrieb-der-zukunft-fuer-mobilitaet-und-transport/166484>
- Wolf, I., Fischer, A.-K., & Huttarsch, J.-H. (2021). *Soziales Nachhaltigkeitsbarometer der Energie- und Verkehrswende 2021: Kernaussagen und Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse*.
https://snb.ariadneprojekt.de/sites/default/files/medien/dokumente/soziales_nachhaltigkeitsbarometer_2021.pdf
- Wolf, I., Huttarsch, J.-H., Fischer, A.-K., & Ebersbach, B. (2022). *Soziales Nachhaltigkeitsbarometer der Energie- und Verkehrswende 2022: Was die Menschen in Deutschland bewegt – Ergebnisse einer Panelstudie zu den Themen Energie und Verkehr*. Kopernikus-Projekt Ariadne (Wolf, Huttarsch, Fischer, & Ebersbach).
https://ariadneprojekt.de/media/2022/09/iass_soziales_nachhaltigkeitsbarometer_2022_web.pdf
- Wolsink, M. (2007). Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of ‘backyard motives’. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(6), 1188–1207. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.10.005>
- 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>
- Zaubrecher, B. S., Bexten, T., Wirsum, M., & Ziefle, M. (2016). What is Stored, Why, and How? Mental Models, Knowledge, and Public Acceptance of Hydrogen Storage. *Energy Procedia*, 99, 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.10.102>
- ZEIT Online. (2022, Juli 4). Energie: Mehrere Regionen setzen voll auf Wasserstoff. *Die Zeit*. <https://www.zeit.de/news/2022-07/04/mehrere-regionen-setzen-voll-auf-wasserstoff>

- Zimmer, R. (2013). *HyTrust: Auf dem Weg in die Wasserstoffgesellschaft: Endbericht*. Unabhängiges Institut für Umweltfragen. https://www.now-gmbh.de/wp-content/uploads/2020/09/hytrust_auf_dem_weg_in_die_wasserstoffgesellschaft.pdf
- Zollern Alb Kurier. (2022a, Juli 5). „HY-FIVE-Modellregion“: Rosenfelder Sülzle-Gruppe baut einen der größten Elektrolyseure. *Zollern Alb Kurier*. <https://www.zak.de/Nachrichten/HY-FIVE-Modellregion-Rosenfelder-Suelzle-Gruppe-baut-einen-der-groessten-Elektrolyseure-151343.html>
- Zollern Alb Kurier. (2022b, Dezember 12). „Green Innovation Park“: Fördermittel für Leuchtturmprojekt der Rosenfelder Firma Sülzle. *Zollern Alb Kurier*. <https://www.zak.de/Nachrichten/Green-Innovation-Park-Foerdermittel-fuer-Leuchtturmprojekt-der-Rosenfelder-Firma-Suelzle-153688.html>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Akzeptanzdreieck nach Wüstenhagen et al. (2007).	4
Abbildung 2-2. Comprehensive Technology Acceptance Framework nach Huijts et al. (2012).	6

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Repräsentative Studien zu Bekanntheit und Wissen von Wasserstoff in Deutschland.....	15
Tabelle 3-2:	Repräsentative Studien zur Wahrnehmung von Wasserstoff in Deutschland	23
Tabelle 3-3:	Repräsentative Studien zur Kauf-, Nutzungsbereitschaft und Risikobewertung von Wasserstoff in Deutschland.....	26
Tabelle 3-4:	Repräsentative Studien zu Zukunftserwartungen für Wasserstoff in Deutschland.....	33
Tabelle 4-1:	BürgerInnenvorschläge zu Wasserstoff im „Bürgerhaushalt Stuttgart“	42
Tabelle 5-1:	Ergebniszusammenfassung Theorie (Kapitel 2).....	47
Tabelle 5-2:	Ergebniszusammenfassung nationale Daten aus Deutschland (Kapitel 3)	47
Tabelle 5-3:	Ergebniszusammenfassung regionale Daten aus Baden-Württemberg (Kapitel 4)	47