

Reality-Check der Nationalen Wasserstoffstrategie

**Erforderliche Rahmenbedingungen für Deutschlands Industrie
zur Implementierung der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung**

Reality-Check der Nationalen Wasserstoffstrategie

**Erforderliche Rahmenbedingungen für Deutschlands Industrie
zur Implementierung der Wasserstoffstrategie der Bundesregierung**

Daniel Dantine, Bernd Weber, Robin Reh

Auf einen Blick

Um die in der deutschen Wasserstoffstrategie gesetzten Ziele zu erreichen, brauchen insbesondere die Unternehmen aus energieintensiven Industriesparten geeignete Rahmenbedingungen. Nur so werden die erforderlichen Investitionen für die klimaneutrale Transformation der Wirtschaft bei gleichzeitigem Erhalt der Industriestruktur getätigt, zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen und Wachstums- und Wertschöpfungspotenzial realisiert. Deutschlands Unternehmen sind hierfür in einer guten Ausgangsposition. Sie sind stark aufgestellt was die Forschung und Entwicklung von Spitzentechnologie sowie den Anlagen- und Maschinenbau angeht. Die Transformation der energieintensiven Industrien in Richtung klimaneutrale Produktion mit Wasserstofftechnologien hat allerdings noch nicht vollumfänglich begonnen, denn es erfolgen derzeit in erster Linie Investitionen in Pilotanlagen. Um die Hürden für den Hochlauf von Wasserstoff im deutschen Industriesektor zu identifizieren, wurden im Rahmen der vorliegenden Studie Interviews mit Vertreterinnen und Vertretern der energieintensiven Industrie und ergänzend mit weiteren relevanten Akteuren entlang der Wertschöpfungskette in Bezug auf den Einsatz von grünem Wasserstoff geführt. Dabei wurde darauf Wert gelegt, dass die Interviewpartnerinnen und -partner nicht nur die offiziellen politisch-regulatorischen Positionen der Unternehmen kennen, sondern zudem vor allem Kenntnisse über bzw. Verantwortung für die strategischen Planungsschritte im Bereich Wasserstoff haben.¹ Bei den Industrieunternehmen lag der Fokus auf Chemie-, Stahl- und Zementindustrie, also jenen CO₂-intensiven Branchen, für die Wasserstoff eine Schlüsseltechnologie im Rahmen der Dekarbonisierung darstellt. Aus den Interviews lassen sich drei wesentliche Erkenntnisse ableiten:

Impressum

Autoren:

Daniel Dantine, Dr. Bernd Weber, Robin Reh

Herausgegeben von:

Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.

EPICO Klimainnovation

(Energy and Climate Policy and Innovation Council e. V.)

Gestaltung und Satz: yellow too Pasiek Horntrich GbR

Korrektur: Marianne Graumann, Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.

Titelbild und Kapitelrenner: iStock by Getty Images/Olemedia; yellowtoo

Kontakt: Sabina Wölkner, sabina.woelkner@kas.de

Die Printausgabe wurde bei der Druckerei Kern GmbH, Bexbach, klimaneutral produziert und auf FSC-zertifiziertem Papier gedruckt. Printed in Germany.

Gedruckt mit finanzieller Unterstützung der Bundesrepublik Deutschland.

Danksagung:

Wir danken den Expertinnen und Experten und Entscheidungsträgern aus den Unternehmen, die im Rahmen der Interviews die Entstehung dieser Studie ermöglicht haben. Dies sind u. a. ArcelorMittal, Covestro, Evonik, H&R GmbH & Co KGaA, HeidelbergCement, Holcim, Ineos, LyondellBasell, NSG, Raffinerie Heide, RWE, Salzgitter AG, SHS – Stahl-Holding-Saar, Aca-tech, African Hydrogen Partnership, Bilfinger, European Green Hydrogen Acceleration Center, Hydrogen Europe, Sunfire.

Wir danken darüber hinaus den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Teams „Wasserstoff“ sowie den Challengerinnen und Challengern des Policy Accelerators for Climate Innovation für die wertvollen, konstruktiven Beratungen zu Lösungsansätzen für den Wasserstoffhochlauf.



Der Text dieses Werkes ist lizenziert unter den Bedingungen von „Creative Commons Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 international“, CC BY-SA 4.0 (abrufbar unter: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.de>).

ISBN 978-3-95721-994-7

1. Die Rahmenbedingungen für die Umstellung auf Wasserstofftechnologien im industriellen Maßstab sind für Industrieunternehmen aktuell nicht gegeben.

Aufgrund hoher Kosten und fehlender Skalierbarkeit kann die Wasserstoffwirtschaft derzeit noch nicht auf eigenen Füßen stehen. Neben den üblichen Unsicherheiten betreffend zukünftiger Preisannahmen bestehen auch Fragezeichen bezüglich des für die Wettbewerbsfähigkeit zentralen künftigen Anstiegs von CO₂-Preisen bzw. CO₂-Zertifikatspreisen sowie weiterer regulatorischer Rahmenbedingungen. Hinzu kommen Zweifel bezüglich noch nicht definierter Anreizregime, der unklaren Verfügbarkeit von Wasserstoff in ausreichenden Mengen, dem Vorhandensein notwendiger Infrastruktur sowie der Fähigkeit des Marktes, Mehrkosten für grüne Produkte² preislich anzunehmen.

2. Die meisten der genannten Investitionshürden können durch politisch-regulatorische Maßnahmen überwunden werden, dazu müssen aber wichtige Weichenstellungen auf dem Weg zu einem sich selbsttragenden Wasserstoffmarkt getroffen werden.

Beispiele sind etwa der Umgang mit blauem Wasserstoff für den Markthochlauf oder die Entscheidung über eine mögliche sektorale Priorisierung für den Einsatz von Wasserstoff. Je länger diese Rahmenbedingungen unklar sind, desto später wird die Dekarbonisierung stattfinden.

3. Die besondere Herausforderung besteht im sogenannten Henne-Ei-Problem: Beim Aufbau einer deutschen Wasserstoffindustrie bedarf es des gleichzeitigen Hochlaufs von Angebot, Nachfrage und Infrastruktur.

Konsortien unterschiedlicher Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette sind eine Möglichkeit, Angebot und Nachfrage zusammenzubringen und die unterschiedlichen Risiken auszugleichen. Allgemein wird als wesentlicher Schlüssel zur Lösung dieses Henne-Ei-Problems die Stärkung der Nachfrage nach Wasserstoff bzw. grünen Produkten gesehen. Mit der Sogwirkung des Marktes werden die Herausforderungen der Versorgung und der Infrastruktur als lösbar gesehen. Dennoch kann es durch die geographische Orientierung hin zu grünen Stromproduktionskapazitäten zu deutlichen Verschiebungen von Standortvor- bzw. -nachteilen kommen.

Als Konsequenz aus den aktuellen Hürden für den Hochlauf von Wasserstoff wird das Erreichen des deutschen Klimazieles aus dem Klimaschutzgesetz für die Industrie im Jahr 2030 skeptisch gesehen. Statt der angestrebten Reduktion auf 140 Mio. t CO₂-Äquivalente (CO₂e) erwarten die Interviewpartner Emissionen in Höhe von ca. 160 Mio. t CO₂e.

Zur Bewältigung der genannten Hindernisse und Herausforderungen werden auf Basis der Erkenntnisse aus den Interviews mit der Industrie und den Beratungen in den Workshops des Policy Accelerators for Climate Innovation konkrete Handlungsempfehlungen vorgeschlagen. Die übergreifende Zielsetzung ist dabei, im ersten Schritt Wasserstofftechnologien kosteneffizient in einem Hochlauf zu etablieren und im zweiten Schritt zu einem sich selbsttragenden, möglichst grenzüberschreitendem Wasserstoffmarkt zu kommen, auf dem der CO₂-Fußabdruck Grundlage für einen grünen Leitmarkt wird. Dabei lassen sich drei politisch-regulatorische Handlungsfelder unterscheiden:

Kostennachteile ausgleichen, Markthochlauf beschleunigen:

Genannt wurden Förderungen für Opex (z. B. *Carbon Contracts for Difference* – CCFD) oder CAPEX, eine ausreichend hohe CO₂-Bepreisung gekoppelt an Maßnahmen zum Schutz vor Carbon Leakage (z. B. über einen Klima-Club von Staaten mit ähnlich hoher CO₂-Bepreisung oder über einen CO₂-Grenzausgleichsmechanismus) sowie Maßnahmen zur Senkung der Stromkosten aus erneuerbaren Energien. Hierbei sollte der vorübergehende Charakter des Instruments CCFD von Anfang an klar sein und eine Kopplung an die Entwicklung der CO₂-Bepreisung erfolgen, um so den Pfad für ein Auslaufen des Instrumentes und Überführung in einen sich selbst tragenden Marktrahmen vorzuzeichnen. Wichtig ist zudem die Verfügbarkeit von günstiger erneuerbarer Energie als Grundvoraussetzung, wofür die Ausbauziele angehoben und erreicht werden müssen

Nachfrage stärken, CO₂-Transparenz schaffen: Zum Anschlag der Nachfrage wurden einerseits das Schaffen von Instrumenten für eine höhere Transparenz des CO₂-Fußabdrucks bzw. eine Zertifizierung für grüne Produkte und andererseits, für Flugbenzin, Quoten vorgeschlagen. Ein offener, pragmatischer Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft, in der auch blauer und türkiser Wasserstoff als Brückentechnologien eine Rolle spielen, würde dabei von einer digitalen Zertifizierung als Nach-

frageanreiz profitieren. Ein verlässlicher, vertrauenswürdiger CO₂-Fußabdruck würde im nächsten Schritt ermöglichen, den CO₂-Gehalt pro Mengeneinheit bei den Kundinnen und Kunden sichtbar zu machen und so diesen die Möglichkeit geben, sich für das klimafreundlichere Produkt zu entscheiden. Eine digitale Umsetzung z. B. mit Blockchain-Technologie verspricht zudem, für die Unternehmen möglichst unbürokratisch zu funktionieren.

Versorgung sichern, Infrastruktur aufbauen: Als zentral für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft wurde der Ausbau von grünen Stromkapazitäten und erforderlicher Infrastruktur für Import und Transport von Wasserstoff beschrieben. Auch wurde die Schaffung einer integrierten Roadmap mit Koordinationsfunktion gefordert. Ziel einer solchen Roadmap wäre, den Versorgungsbedarf der verschiedenen Sektoren und Standorte mit den Planungen der Marktteilnehmer auf der Angebots- und der Infrastrukturseite zu koordinieren und Investitionsrisiken zu minimieren.

Klar ist: Der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft erfordert entschlossenes Handeln unmittelbar nach Konstituierung der neuen Bundesregierung. Zugleich ist von großer Bedeutung, dass die maßgeblichen Entscheidungen zur Dekarbonisierung der Industrie und zur Wasserstoffwirtschaft parteiübergreifend anschlussfähig sind. Ohne einen solchen Konsens, der die Implementierung einer Strategie über mehrere Legislaturperioden hinweg sicherstellt, fehlt den Unternehmen die unabdingbare Planungssicherheit für die relativ kurze Zeitspanne bis zur Klimaneutralität. Dies gilt besonders für die Weichenstellungen zu temporären Fördermechanismen wie CCfDs, die Rolle der Brückentechnologien des blauen und türkisen Wasserstoffs und für die Weiterentwicklung des CO₂-Zertifikatehandels und des Carbon-Leakage-Schutzes.

-
- 1 Beispiele für Positionsbezeichnungen der Interviewpartner sind Country Manager, CTO, Geschäftsführer bzw. Leiter Nachhaltigkeit/Dekarbonisierung.
 - 2 Grüne Produkte in diesem Zusammenhang sind jene Produkte, die durch Wasserstoff mit keinem/einem niedrigen CO₂-Fußabdruck produziert werden: z. B. grüner Stahl, grüner Zement (bzw. als deren Folgeprodukte ein mit grünem Stahl gebauter PKW, mit grünem Beton gebautes Haus etc.).

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	8
Vorwort	10
1 Einleitung	12
1.1 Zielsetzung	13
1.2 Ausgangslage	13
1.3 Methodische Herangehensweise	15
1.4 Interviews	15
1.5 Handlungsempfehlungen	17
2 Dekarbonisierung für die deutsche Industrie in den betroffenen Branchen	18
2.1 Klimaneutralität im Zielbild der Unternehmen	19
2.2 GHG-Emissionsziele	20
2.3 Bedeutung der Dekarbonisierungsziele	21
3 Wasserstoff – Rolle und konkrete Planungsschritte	22
3.1 Rolle von Wasserstoff	23
3.2 Status der Planung	24
3.3 Zielerreichung	25
4 Herausforderungen für den Einsatz von Wasserstoff	28
4.1 Fehlende Wirtschaftlichkeit	29
4.2 Henne-Ei-Problem	31
4.3 Technologie	37
4.4 Standortfrage	37
5 Erforderliche regulatorische Rahmenbedingungen aus Sicht der Unternehmen	40
5.1 Kostennachteil ausgleichen	41
5.2 Nachfrage stärken	46
5.3 Versorgung und Infrastruktur	48
6 Handlungsempfehlungen für die Politik	52
Autoren	60

Abkürzungs- verzeichnis

CAPEX	Investitionsausgaben (capital expenditure)
CfDs	Contracts for Difference (Differenzverträge)
CCfDs	Carbon Contracts for Difference (CO ₂ -Differenzverträge)
CO₂e	CO ₂ -Äquivalente
DRI-Verfahren	Direktreduktionsverfahren (direct reduced iron)
EU	Europäische Union
GHG	<i>Greenhouse Gas</i> (Treibhausgas)
OPEX	operative Betriebsausgaben (operating expenditure)
PPA	Stromabnahmevertrag (Power Purchase Agreement)
RED II	Erneuerbare-Energien-Richtlinie (Renewable Energy Directive)
SBTi	Science-Based Targets Initiative

Info: Wasserstoff- „Farbenlehre“

Grauer Wasserstoff: Aus fossilen Energieträgern produzierter, nicht-klimaneutraler Wasserstoff.

Grüner Wasserstoff: Mithilfe von Elektrolyse von Wasser hergestellter klimaneutraler Wasserstoff, wobei für die Elektrolyse ausschließlich Strom aus erneuerbaren Energiequellen zum Einsatz kommt.

Blauer Wasserstoff: Mithilfe fossiler Energieträger produzierter klimaneutraler Wasserstoff, wobei die entstandenen CO₂-Emissionen mithilfe von *Carbon Capture and Storage* (CCS) abgeschieden und unterirdisch gespeichert werden.

Türkiser Wasserstoff: Mithilfe von Methanpyrolyse (thermische Spaltung von Methan) produzierter Wasserstoff. Bei der Produktion entsteht fester Kohlenstoff und kein gasförmiges CO₂. Der Strom für die Wärmeversorgung des Hochtemperaturreaktors muss aus erneuerbaren oder CO₂-neutralen Energiequellen stammen und der Kohlenstoff dauerhaft gebunden werden, damit das Verfahren klimaneutral ist.

Vorwort

Im Juni 2020 hat die Bundesregierung die Nationale Wasserstoffstrategie auf den Weg gebracht. Mit Spannung war sie erwartet worden, versprechen sich doch Politik und Wirtschaft nichts weniger als die Zukunftssicherung des Industriestandorts Deutschland und enormes Wertschöpfungspotenzial im In- und Ausland von diesem klimaneutralen Energieträger, Speicher und Grundstoff. Wasserstoff ist ein zentraler Baustein, um in Deutschland in allen Sektoren Klimaneutralität zu erreichen, allen voran im Bereich Industrie.

Prozesse wie die Gewinnung von Stahl aus Eisenerz oder die Ammoniakproduktion sind ohne Wasserstoff nicht dekarbonisierbar. Für die Industrie vor Ort ist der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft und die Umstellung fossiler Produktionsprozesse mithilfe von Innovationen deshalb von existenzieller Bedeutung.

Umso wichtiger ist es, nach einem Jahr Wasserstoffstrategie die konkreten Aktivitäten zur Erreichung der angestrebten Ziele einem Reality-Check zu unterziehen. Ziel der vorliegenden Studie war es, herauszufinden, ob die Nationale Wasserstoffstrategie der Bundesregierung die Anreize zur Umstellung von Produktionsprozessen auf Wasserstoff und Investitionen in neue Technologien im nötigen Maßstab setzt und wo noch nachgesteuert werden muss. Die Decision Advisory Group hat zu diesem Zweck Interviews mit 25 mit der Materie vertrauten Unternehmensvertreterinnen und -vertretern durchgeführt, um mithilfe dieser Entscheider aus der Praxis die Knackpunkte zu identifizieren, die die Politik angehen muss, um den Markthochlauf von Wasserstoff in Deutschland zügig und nachhaltig auf den Weg zu bringen.

Mit dem *Policy Accelerator for Climate Innovation* haben EPICO Klimainnovation und die Konrad-Adenauer-Stiftung aufbauend auf den Erkenntnissen aus den Interviews in einem innovativen Design-Thinking-Prozess in fünf Veranstaltungen mit zehn Experten aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft unter Einbezug von Entscheidungsträgern wie **Ursula Heinen-Esser**, Ministerin für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-

Westfalen, **Tanja Gönner**, Vorstandssprecherin der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, **Carsten Müller MdB**, Mitglied im Ausschuss Wirtschaft und Energie, und **Noé van Hulst**, Special Special Advisor Hydrogen, Internationale Energieagentur, umsetzungsorientierte Konzepte erarbeitet, die der Wasserstoffstrategie zum Erfolg verhelfen können. Die Policy-Empfehlungen, die am Ende des Dokuments übersichtlich zusammengefasst sind, sind dabei als Angebot und Aufforderung an die nächste Bundesregierung zu verstehen, das Thema schnellstmöglich nach ihrer Konstituierung anzugehen, um die Zukunftsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Deutschland zu stärken und die Wachstumschancen zu nutzen.

Bernd Weber
Gründer und Geschäftsführer
EPICO Klimainnovation

Peter Fischer-Bollin
Leiter der Hauptabteilung
Beratung und Analyse
Konrad-Adenauer-Stiftung e.V.

1 Einleitung

1.1 Zielsetzung

Zum Einsatz von Wasserstoff im Rahmen der Energiewende sind in den letzten Jahren zahlreiche Abhandlungen erschienen. Die vorliegende Studie soll gezielt Risiken und Hürden für die Implementierung der deutschen Wasserstoffstrategie im Industriesektor identifizieren und geeignete Handlungsoptionen aus politisch-regulatorischer Sicht aufzeigen, um diese in Folge adressieren zu können. Damit sollen die notwendigen Rahmenbedingungen insbesondere mit Blick auf die energieintensive Industrie skizziert werden, um die anstehenden Entscheidungen und Maßnahmen für die Umsetzung der Wasserstoffstrategie zu unterstützen. Der Fokus liegt damit im Vergleich zu anderen Studien auf den spezifischen Herausforderungen aus Unternehmenssicht im Sinne eines *Reality Checks* sowie Vorschlägen für notwendige Anpassungen des politisch-regulatorischen Rahmens und daraus ableitbaren, konkreten politischen Handlungsempfehlungen, die im Rahmen des Policy Accelerators for Climate Innovation erarbeitet und beraten wurden (siehe 1.5). Ein Schwerpunkt liegt dabei insbesondere auf konkreten Maßnahmen zur Stärkung der Nachfrage nach grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten.

1.2 Ausgangslage

Für Deutschland und Europa spielt Wasserstoff im Rahmen der Erfüllung des Ziels der Treibhausgasneutralität bis 2045 bzw. 2050 sowie des Reduktionsziels bis 2030 eine zentrale Rolle. Wasserstoff hat überdies im industriellen Wirtschaftskreislauf der Zukunft mehrere Aufgaben, und zwar als:

- › Energieträger,
- › Energiespeicher,
- › wesentliches Element der Sektor-Kopplung,
- › Grundstoff für die Industrie sowie
- › Ergänzung zu abgefangenen CO₂-Emissionen aus bestimmten Industriequellen.

In den letzten Monaten haben sowohl Deutschland (10. Juni 2020) als auch die Europäische Union (EU) im Rahmen des European Green Deals (8. Juli 2020) ihre Wasserstoffstrategie mit ambitionierten Zielen präsentiert. Dabei werden im Wesentlichen die folgenden fünf politischen Ziele verfolgt:

1. Dekarbonisierung des Energieverbrauchs in der EU sowie der energieintensiven Industrie,
2. Schaffung von wirtschaftlichem Wachstum und Arbeitsplätzen,
3. Etablierung von europäischen/deutschen Technologie- und Marktführern im Bereich Wasserstoff,
4. Schaffung von internationalen Märkten für Wasserstoff mit Europa als zentralem Handelspartner,
5. globale Kooperationen für den Import von Wasserstoff bzw. Export von Wasserstofftechnologien.

Der Weg zu einer sich selbst tragenden, CO₂-neutralen Wasserstoffwirtschaft ist noch weit und es gilt dabei große Hindernisse zu überwinden. Neben der Technologie- und Kostenentwicklung, der Versorgung mit Wasserstoff in ausreichenden Mengen und dem Aufbau von Infrastruktur geht es vor allem um die Unterstützung für das Entstehen eines Markts mit Angebot und Nachfrage (Überwindung des sogenannten Henne-Ei-Problems). Das Ingangsetzen einer Wasserstoffwirtschaft braucht daher einen enormen Anschlag mithilfe klarer Leitlinien für nahezu alle Stufen der Wertschöpfungskette. Nachdem die prognostizierte Wettbewerbsfähigkeit von Wasserstoff aber auf einer Reihe von unsicheren Annahmen basiert, gilt es, diese Unsicherheiten und die damit verbundenen Risiken im Rahmen der Implementierung im Auge zu behalten, um folgende Entwicklungen zu evaluieren:

- › Entsteht eine eigenständige, sich selbst tragende Wasserstoffwirtschaft?
- › Inwieweit werden die anvisierten Klimaziele erreicht?
- › Werden die öffentlichen Mittel im Rahmen einer Anschubfinanzierung sinnvoll eingesetzt?

1.3 Methodische Herangehensweise

Angesichts der vorhandenen Vielzahl und des Umfangs der Unsicherheiten aus Sicht der Industrie sowie der großen Anzahl an Marktteilnehmern und Stakeholdern beleuchtet die Studie insbesondere folgende Aspekte:

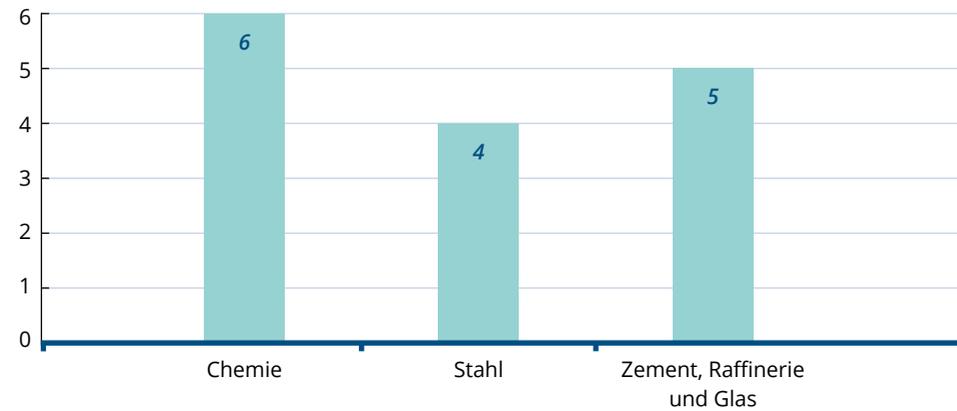
- › eine möglichst umfassende Berücksichtigung der Unsicherheiten und Risiken (inkl. Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeiten), insb. auch durch die Einbeziehung der Sichtweise (Mikrosicht) der relevanten deutschen Industrie (insb. Stahl, Zement, Chemie),
- › die Offenlegung möglicher, insbesondere politischer Zielkonflikte sowie, davon ausgehend,
- › das Aufzeigen von politisch-regulatorischen Handlungsoptionen.

1.4 Interviews

Anhand eines einheitlichen Fragebogens wurden mit Ansprechpartnerinnen und -partnern aus verschiedenen Branchen rund einstündige, strukturierte Interviews geführt. Dabei wurden sowohl geschlossene Fragen zur erwarteten Entwicklung der deutschen Wasserstoffwirtschaft gestellt als auch offene Fragen, die eine qualitative Bewertung der Erwartungen zuließen.

Darüber hinaus wurden zahlreiche Kriterien anhand skaliertter Fragen mit diskreten Auswahlmöglichkeiten hinsichtlich der Relevanz und Zuversicht über das Eintreten abgefragt. Abschließend wurden Prognosen für verschiedene zentrale Werte der Energiewende, etwa die erwartete Höhe der CO₂-Bepreisung oder die Kosten für grünen Wasserstoff, erhoben und damit die Größenordnung der Unsicherheit hinsichtlich der damit zusammenhängenden Entwicklungen abgefragt.

Die Interviewpartnerinnen und -partner vertraten Industrieunternehmen aus folgenden Branchen:



15 Industrieunternehmen

Zusätzlich wurden zehn weitere Unternehmen bzw. Stakeholder befragt, die ergänzende Perspektiven einbrachten (z. B. Versorger, Technologieanbieter etc.). Um die Studie um eine Außenperspektive zu bereichern, wurden dabei auch Interviews mit möglichen Wasserstoffproduzenten außerhalb Deutschlands (einem gesamtafrikanischen Wasserstoffverband und einem australischen Energieunternehmen) sowie einem Investor eines innovativen grünen Stahlwerks in Schweden gehalten.

Neben Auswertungen der Antworten werden in dieser Studie auch wörtliche Zitate aus den Interviews wiedergegeben. Zur deutlichen Unterscheidung erfolgt deren Abdruck in Farbe und mit vorangestelltem Symbol (»).

1.5 Handlungsempfehlungen

Im Rahmen des Policy Accelerators for Climate Innovation wurden die Ergebnisse der Interviews als Impuls genutzt für eine vierteilige Workshop-Reihe, in der zehn ausgewählte Experten aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft und sieben politische und wirtschaftliche Entscheidungsträger konkrete politische Handlungsempfehlungen für den Aufbruch in die Wasserstoffwirtschaft erarbeitet bzw. diskutiert haben. Die Beratungsergebnisse der Workshops wurden sodann weiterführend verdichtet und in konkrete politische Handlungsempfehlungen für die Umsetzung zu Beginn der neuen Legislaturperiode übersetzt (siehe Kapitel 6). Diese Empfehlungen stellen somit nicht einen Teil der Interviews, sondern eine daran anschließende, auf gewonnenen Erkenntnissen aufbauende Ergänzung dar mit dem Ziel, der Politik konkrete, parteiübergreifend umsetzungsfähige Konzepte für die erforderlichen Weichenstellungen an die Hand zu geben.

2 Dekarbonisierung für die deutsche Industrie in den betroffenen Branchen

2.1 Klimaneutralität im Zielbild der Unternehmen

Alle befragten Industrieunternehmen haben das Thema Dekarbonisierung auf ihrer strategischen Agenda weit oben platziert. Zum Teil haben sie bereits ein klimaneutrales Zielbild kommuniziert. Wo dieses noch nicht kommunizierbar ist, wird – mit einer Ausnahme – daran gearbeitet. Häufig wurde dabei eine erwartete Außenkommunikation noch für das Jahr 2021 genannt. Eine ansteigende Dynamik in Richtung konsequenter Ausrichtung der unternehmerischen Tätigkeit auf das Ziel Klimaneutralität ist deutlich erkennbar; als wesentlicher Grund dafür wurde zunehmender Druck von Seiten der Kunden und Kundinnen sowie Investoren und Investorinnen genannt.

Branchenspezifisch gab es dabei einige Besonderheiten. So gaben in den Branchen Stahl und Zement alle befragten Unternehmen an, über eine *Net-Zero Vision* zu verfügen, zum Teil wurde auf einen *Net-Zero Pledge*, basierend auf den wissenschaftlich fundierten Zielen der *Science-Based Targets initiative* (SBTi) verwiesen. In der Chemiebranche gibt es aufgrund der Komplexität der Wertschöpfungsketten mit zum Teil sehr hochwertigen und langlebigen Produkten eine Erweiterung des Ziels bzw. Unschärfen in der Definition von *Net Zero*. Dabei geht es um Ressourceneffizienz durch Maßnahmen wie Recycling, aber auch den Einsatz nachhaltiger Grundstoffe und Energie. Alternativ wird auch auf Maßnahmen des Unternehmens verwiesen, einen Beitrag zur Erreichung einer *Net-Zero Economy* zu leisten.

Bei einigen Unternehmen werden für Scope-3-Emissionen die CO₂-Ersparnisse in nachgelagerten Wertschöpfungsketten (z. B. CO₂-Einsparungen durch Dämmstoffe) für die Net-Zero-Kalkulation miteinbezogen. Scope-1-Emissionen sind laut Treibhausgasprotokoll Emissionen aus Quellen, die direkt aus dem eigenen Besitz oder Geltungsbereich stammen (z. B. Betrieb des eigenen Heizkessels oder Fuhrparks). Bei Scope-2-Emissionen handelt es sich hingegen um indirekte Emissionen aus eingekaufter Energie (Strom, Dampf, Wärme und Kühlung). Zu Scope 3 zählen sodann alle anderen indirekten Emissionen, die in der Wertschöpfungskette eines Unternehmens entstehen (also durch Vorprodukte). In der Raffineriebranche wurde zudem auf die *Vision 2050* von Fuels-

Europe verwiesen. In dieser Strategie geht es um die Rolle der Mineralölwirtschaft für die Reduzierung der CO₂-Intensität der (z. B. im Flugverkehr) benötigten flüssigen Kraft- und Brennstoffe.

2.2 GHG-Emissionsziele

Die überwiegende Mehrheit der befragten Unternehmen gab an, konkrete Treibhausgas-Reduktionsziele (GHG-Reduktionsziele) für die Jahre 2025 oder 2030 zu haben. Allerdings gibt es auch hier sektorale Unterschiede. So hatten alle Unternehmen der Stahl-, Zement- und Glasindustrie Ziele für das Jahr 2030, zum Teil orientieren sich diese an den politischen Sektorzielen des Klimaschutzgesetzes.

Im Chemiebereich wurde bei den meisten Unternehmen zwischen Scope 1+2 sowie Scope 3 unterschieden: Scope-1+2-Ziele wurden bei allen Unternehmen gesetzt, bei je drei Unternehmen mit Zieljahr 2025 oder 2023. Bei Scope-3-Emissionen stehen viele Unternehmen erst am Anfang, da die Erfassung dieser Emissionen mit Schwierigkeiten wie komplexen Wertschöpfungsketten behaftet ist.³ Einige Unternehmen gaben an, dass die Erfassung der Scope-3-Emissionen aktuell in Arbeit sei. Es gab auch den Hinweis, dass die Chemieunternehmen aufgrund der vielen petrochemischen Rohstoffe in den Zulieferprodukten auf die Dekarbonisierungsbemühungen der Vorlieferanten angewiesen sind. Es ist daher zentral, dass Chemieunternehmen perspektivisch die Möglichkeit an die Hand bekommen, den CO₂-Fußabdruck der petrochemischen Vorprodukte zertifiziert nachzuvollziehen.

Im Raffineriebereich gab es bei den befragten Unternehmen keine dezidierten CO₂-Einsparziele. Die gesetzten Ziele beziehen sich hier auf der einen Seite auf die Energieeffizienz, andererseits aber auch auf den Aufbau von grünen Produkten (z. B. durch Erhöhung des Anteils von Bio- und synthetischen Kraftstoffen).

Für die Periode nach 2030 hatte keines der befragten Unternehmen konkrete Ziele abseits einer Unternehmensvision bzw. Leitlinien. Längerfristig haben fast alle Unternehmen quantitative Modellierungen zur Ermittlung des Wasserstoffbedarfs für zum Teil unterschiedliche Dekarbonisierungspfade entwickelt.

» Dekarbonisierung gewinnt innerhalb wirtschaftlicher Rahmenbedingungen an Bedeutung.

» Es führt kein Weg an der Dekarbonisierung vorbei; wie das Ziel erreicht wird, ist aber noch nicht klar (technisch machbar, kommerziell nicht).

» Nachhaltigkeit ist kritisch und mittlerweile Bestandteil der licence to operate.

Die Auswahl der konkreten Lösung und die Implementierungsgeschwindigkeit sind aber noch nicht abschätzbar und abhängig von den Rahmenbedingungen.

2.3 Bedeutung der Dekarbonisierungsziele

Die Bedeutung einer Reduktion der CO₂-Emissionen hat sich in den Unternehmen verfestigt und ist mittlerweile fest verankert. Die nebenstehenden Zitate untermauern diesen Eindruck.

3 Es gibt jetzt Ansätze, diese Herausforderung durch Standards zu beseitigen, siehe auch <https://www.wbcsd.org/Programs/Climate-and-Energy/Climate/SOS-1.5/News/WBCSD-launches-new-Pathfinder-to-enable-Scope-3-emissions-transparency-and-accelerate-decarbonization> [letzter Abruf: 04.10.2021].

3 Wasserstoff – Rolle und konkrete Planungsschritte

3.1 Rolle von Wasserstoff

Der Einsatz von grünem Wasserstoff im Rahmen der Dekarbonisierung spielt in allen betrachteten Branchen eine große Rolle. Es gibt aber branchenspezifische Unterschiede, ob und wie viele Alternativen es neben Wasserstoff für die Dekarbonisierung gibt.

In der **Stahlindustrie** haben alle Unternehmen für die Primärstahlerzeugung auf der Basis von Eisenerz den Einsatz von grünem Wasserstoff im Direktreduktionsverfahren als fest eingeplante Technologie genannt. Ein Unternehmen hat daneben auch die Route über Kohlenstoffabscheidung und -speicherung bzw. -verwendung (*Carbon capture and storage/utilisation – CCS/CCU*) als Option genannt.

Für Unternehmen in der **Zementindustrie** ist die Technologie der Kohlenstoffabscheidung als wesentliche Option gesetzt. Neben der Sequestrierung in unterirdische Lagerstätten oder der Mineralisierung kann CO₂ auch als Rohstoff genutzt werden. Dabei wird aus dem CO₂ zusammen mit Wasserstoff Synthesegas produziert, was im Rahmen einer zirkulären Kohlenstoffwirtschaft als Basis für flüssige Treibstoffe oder chemische Grundstoffe (bis zu Olefinen) dient.

Bei den befragten **Chemieunternehmen** spielt der Einsatz von grünem Wasserstoff im Rahmen der Dekarbonisierung eine vielfältige Rolle. Bei allen Teilnehmern werden aktuell bereits große Mengen von (zum Großteil selbst produziertem) Wasserstoff als Grundchemikalie eingesetzt. Die Dekarbonisierung erfolgt hier durch den Ersatz von grauem durch grünen Wasserstoff bzw. durch den Umstieg auf grünen Strom bei Unternehmen, die bereits Elektrolyse betreiben. Daneben wurde der Einsatz von Wasserstoff als Ersatz für Erdgas im Rahmen der Wärmeversorgung als Option neben der Elektrifizierung genannt. Wasserstoff wurde jedoch auch als *Enabler* für viele der kohlenstoffarmen Technologien im Chemiebereich identifiziert, wo von fossilen auf wasserstoffbasierte Prozesse umgestellt wird, oder für die Hydrierung im Rahmen von Kunststoff-Recycling. Auch in der Chemiebranche wurden neben Wasserstoff andere mögliche Pfade zur Dekarbonisierung, etwa mittels Elektrifizierung, CCUS und biogenen Energieträgern, genannt.

Der Ersatz von grauem durch grünen Wasserstoff und die Verwendung von Wasserstoff zusammen mit abgedichtetem CO₂ sind auch für die befragten **Raffinerien** die Schlüsselwege in Richtung Dekarbonisierung.

Für die **Glasindustrie** schließlich spielt Wasserstoff als Ersatz für Erdgas in den Brennöfen eine mögliche Rolle. Als alternative Wege wurden biogene Brennstoffe, Elektrifizierung, Kohlenstoffabscheidung oder der Umstieg auf andere Rohstoffe für die Glaserzeugung genannt.

3.2 Status der Planung

Alle Unternehmen gaben an, Entwicklungs- bzw. Investitionsprojekte zum Thema Wasserstoff voranzutreiben, wobei sich die Anlagengröße meist auf Pilotanlagen bezieht; vereinzelt wurde auch von Demonstrationsanlagen gesprochen. Genanntes Ziel für diese Projekte war dabei meistens das Testen des Verfahrens mit Wasserstoff in größerer Skalierung. Die genannten Projekte sind entweder schon in Umsetzung oder zumindest konkret geplant, wobei ein starker Fokus auf integrierte Pilotanlagen mit Skalierungspotenzial besteht.

Zur Erreichung der Wirtschaftlichkeit wird vor allem auf Förderungen und Anreize verwiesen. Einige Unternehmen gaben auch an, dass die erzeugten Produkte in Nischenmärkten verkauft werden können, wodurch die Mehrkosten zumindest zum Teil an den Kunden bzw. die Kundin weitergereicht werden könnten.

Für die längerfristige Planung sind die theoretischen Wasserstoffmengen bekannt, die finanziellen Effekte durchsimuliert, zum Teil (unverbindliche) Roadmaps erstellt und teilweise bereits kommuniziert. Da Wasserstoff aber meistens nur eine von mehreren Optionen ist, ist der finale Einsatz von Wasserstofftechnologien abhängig von den Rahmenbedingungen. Dementsprechend konnte kein einziges Unternehmen einen konkreten, verbindlichen Fahrplan mit eingesetzter Technologie, benötigter Wasserstoffmenge und einem Zeitplan für die vollständige Dekarbonisierung nennen.

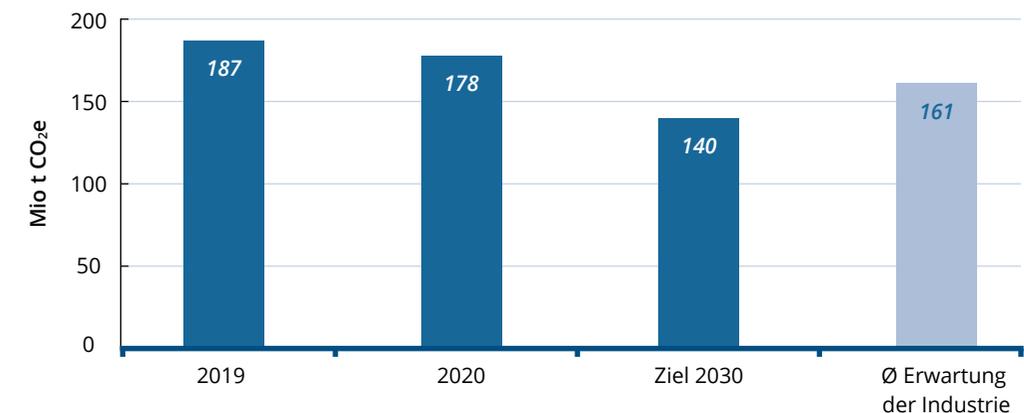
Trotz dieser Unsicherheiten bereiten sich einige Unternehmen bereits auf den Einsatz von Wasserstofftechnologien vor und tätigen Investitionen in diese Richtung. Genannt sei hier insbesondere die Umstellung auf das Direktreduktionsverfahren (oft auch DRI-Verfahren für „direct reduced iron“) in der Stahlerzeugung, wobei die Anlagen zunächst mit Erdgas betrieben werden können und dieses dann stufenweise durch Wasserstoff ersetzt werden kann.

3.3 Zielerreichung

Die Zielerreichung des deutschen Sektorziels laut Klimaschutzgesetz für die Industrie wird eher skeptisch gesehen. Darauf angesprochen, wie wahrscheinlich die Erreichung des angepeilten Sektorziels von 140 Mio. t CO₂e im Jahr 2030 sei, ergibt sich folgendes Stimmungsbild:

Antworten der befragten Industrieunternehmen

Wie hoch erwarten Sie die Emissionen der Industrie im Jahr 2030?

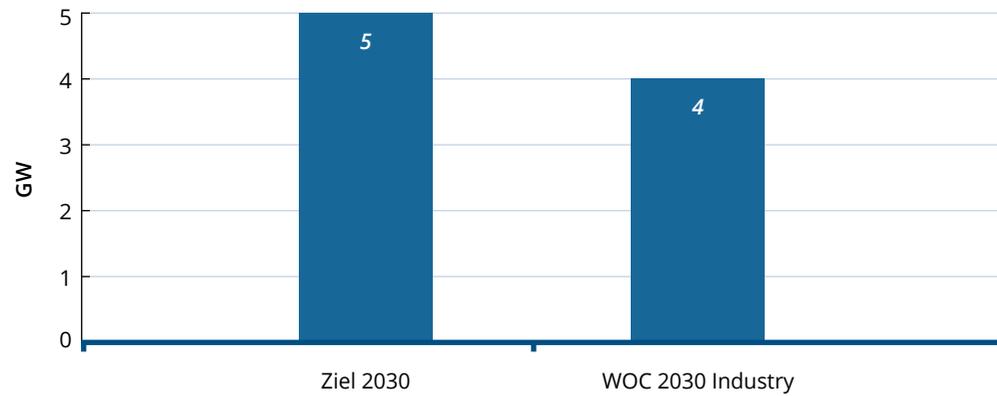


Von den rund 40–50⁴ Mio. t CO₂e-Einsparungen bis 2030 werden nach Einschätzung der Industrie nur rund 20–30 Mio. t CO₂e erreicht, das entspricht einer Zielerreichung von nur 50–60 Prozent.

Etwas optimistischer sind die Antworten die Zielerreichung der deutschen Wasserstoffstrategie betreffend. Angesprochen auf die Wahrscheinlichkeit, das angestrebte Ziel der deutschen Wasserstoffstrategie für eine Gesamt-Elektrolyseleistung in Höhe von 5 GW in 2030 zu erreichen, ergibt sich aus den Antworten der Gruppe der Stakeholder folgendes Bild:

Antworten der befragten Organisationen

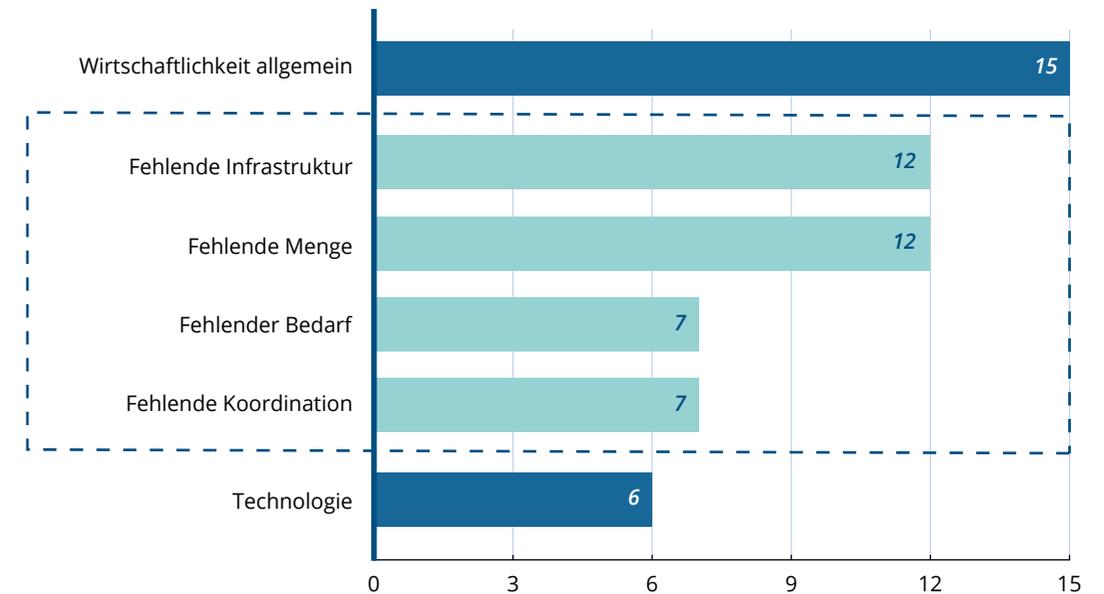
Wie hoch erwarten Sie die Gesamtkapazität der Elektrolyseanlagen in Deutschland im Jahr 2030?



4 Unter Berücksichtigung des pandemiebedingt schwachen Emissionsjahres 2020 wird für diese Berechnung eine Basis von 180–190 Mio. t CO₂e angenommen.

4 Herausforderungen für den Einsatz von Wasserstoff

Henne-Ei-Problem



Anzahl Nennungen von 15 Unternehmen auf offene Frage nach den wesentlichen Herausforderungen

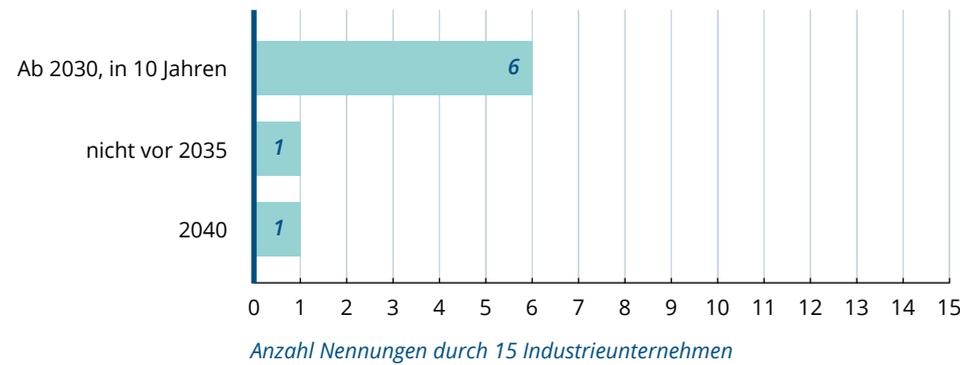
4.1 Fehlende Wirtschaftlichkeit

» Es gibt 2 Wege:
Entweder die Kosten für CO₂ gehen so weiter rauf, dass grüner Wasserstoff kompetitiv wird oder die Produktionskosten von grünem Wasserstoff gehen durch die Effizienz hinunter, das wird aber mindestens zehn Jahre dauern.

Die aktuell hohen Produktionskosten von klimaneutralem bzw. grünem Wasserstoff werden am häufigsten als Herausforderung genannt, da sie den Einsatz von grünem Wasserstoff unwirtschaftlich machen. Da nicht erwartet wird, dass die Mehrkosten an Kunden und Kundinnen weitergereicht werden können, sind Unternehmen bei Investitionen auf Förderungen und Anreize angewiesen.

Langfristig wird positive Wirtschaftlichkeit durch Skaleneffekte, Technologiefortschritt sowie höhere CO₂-Kosten für grauen Wasserstoff und für fossile Industrieproduktion (Stahl, Chemie etc.) gesehen:

Ab wann rechnen Sie damit, dass ein Umstieg auf die Wasserstofftechnologie(n) für Ihre Industrie selbst tragend ist (d. h. eine insgesamt positive und ihren Renditeansprüchen genügende Wirtschaftlichkeit aufweist)?

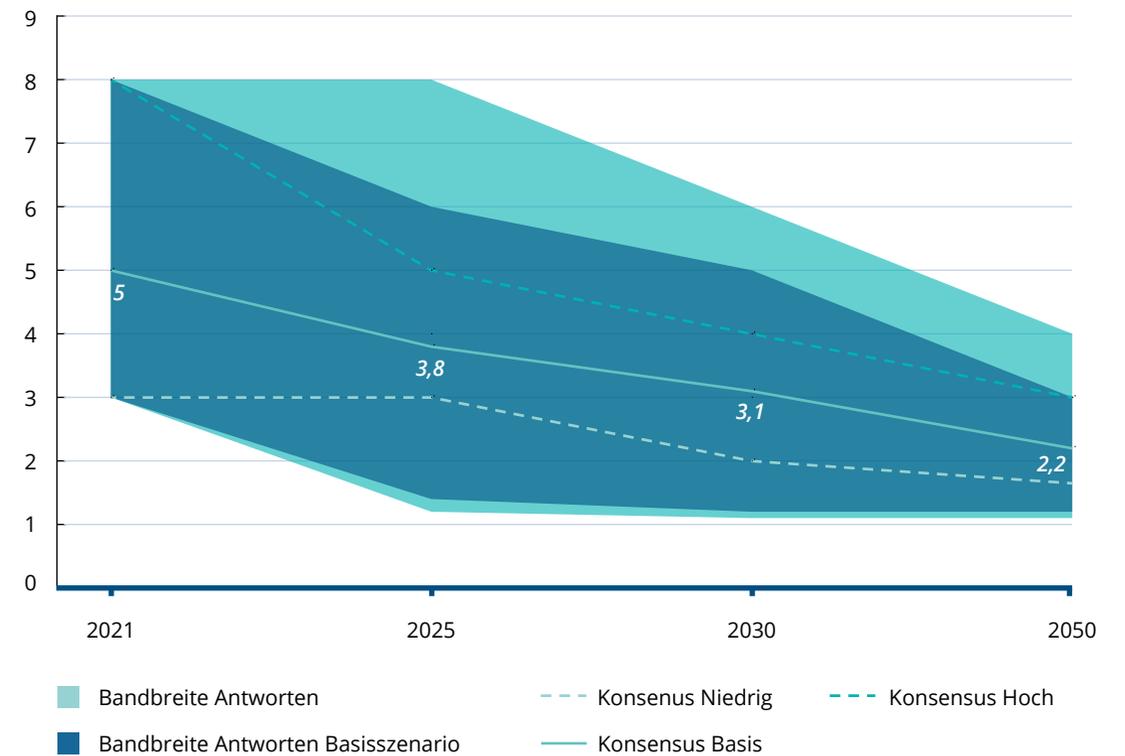


» Die Benchmark ist grauer Wasserstoff + CO₂, das wird im Jahr 2030 erreicht, eher früher (1,5 EUR/kg grün plus Transport).

Ein wesentlicher Treiber für die erwartete positive Entwicklung in Richtung Wirtschaftlichkeit ist die Reduktion der Preise für grünen Wasserstoff, auch wenn diese Reduktion mit großer Unsicherheit behaftet ist:

» Mehrere Anbieter sagen, sie können (aus Spanien, Südfrankreich) bis 2030 für 1,5–2 EUR H₂ produzieren; dazu kommen Transportkosten.

Kosten/Marktpreise für klimaneutralen Wasserstoff



4.2 Henne-Ei-Problem

Als besondere Herausforderung für den Aufbau der Wasserstoffwirtschaft wird jedoch das zentrale Henne-Ei-Problem genannt: Es müssen gleichzeitig sowohl die Nachfrage, das Angebot und die notwendige Infrastruktur für Wasserstoff geschaffen werden, was zum Teil große Investitionen erfordert. Ohne gesicherte Versorgung (inkl. Infrastruktur) für grünen Wasserstoff bzw. Abnahmemärkte für grüne Produkte stellen diese Investitionen aber ein (zu) großes Risiko dar.

Perspektive von Produzenten außerhalb Europas

Wir sehen nicht, wie die deutsche Wasserstoffstrategie die Umwandlung der Industrie berücksichtigt. Ein Beispiel ist die Kapazitätserweiterung des deutschen Stromnetzes: Das ist nur ein Tropfen auf den heißen Stein, wenn man die Elektrifizierung der Industrie berücksichtigt. Das sind strategische Fragestellungen, die beantwortet werden müssen; es muss entschieden werden, in welcher Form die Energie für Industrieunternehmen in Deutschland zukünftig zur Verfügung steht.

Die Ergebnisse aus den Interviews mit Marktteilnehmern aus unterschiedlichen Ländern Afrikas und aus Australien sind in den folgenden Punkten zusammengefasst:

- › Sowohl von den interviewten Vertretern eines gesamt-afrikanischen Wasserstoffverbands als auch von dem australischen Energieunternehmen wird signifikantes Potenzial für die Versorgung von Wasserstoff in Europa gesehen. Europa wird dabei auch als Zugpferd für die Entwicklung einer grünen Wasserstoffwirtschaft wahrgenommen. Australien ist mit einer im Jahr 2019 publizierten Wasserstoffstrategie schon wesentlich konkreter als die meisten afrikanischen Länder.
 - › Das Marktpotenzial und die Bereitschaft zu investieren ist insbesondere in Australien in jüngster Zeit auf Basis konkreter Kundenanfragen (vor allem aus Japan) stark gestiegen. Für die Entwicklung der Wasserstoffproduktion zu günstigeren Kosten wird gleich auf großskalige Anlagen gesetzt.
 - › Eine international gültige Zertifizierung mit klaren Standards ist essenziell, um einen internationalen Markt für grünen Wasserstoff zu schaffen. Die Möglichkeit, bei der Elektrolyse Strom aus dem Netz zu beziehen (mit grünen PPA), wird die Produktionskosten aus Sicht der Interviewpartner weiter senken (durch Kapazitätsauslastung der Elektrolyseanlage).
- › Sowohl für Standorte in Australien als auch für afrikanische Länder ist es wichtig, neben dem Export auch lokale Anwendungen für grünen Wasserstoff zu entwickeln. Für den Aufbau einer lokalen Wasserstoffwirtschaft wird auch Zugang zu deutscher Technologie gewünscht.
 - › Es wird erwartet, dass sowohl in Australien als auch in Afrika produzierter grüner Wasserstoff in Deutschland kompetitiv angeboten werden kann. Die höheren Transportkosten werden dabei durch die potenziell sehr günstigen Produktionskosten kompensiert. Die Art der finalen Anwendung des Wasserstoffs ist dabei entscheidend für die Wahl des Transports und möglicher notwendiger Umwandlungsschritte (z. B. flüssig vs. Ammoniak) und damit auch für die Konkurrenzfähigkeit des nach Europa importierten Wasserstoffs.
 - › Bis zur Entwicklung eines globalen Wasserstoffmarkts sind langfristige Lieferverträge zur Risikoabdeckung von zentraler Bedeutung.

» Der Ausbau der Erneuerbaren und Elektrolysen sind Engpässe, da muss mehr getan werden. Wenn die Stahlindustrie ambitioniert 30 Prozent der Primärstahlproduktion bis 2030 auf 100 Prozent DRI mit H₂ umstellen will (ca. 10 mn t. Rohstahl), dann entspricht der Wasserstoffbedarf dafür alleine den geplanten 5 GW Elektrolyseleistung ohne andere Anwendungen.

Fehlende (Wasserstoff-)Menge

Der Hochlauf der deutschen Wasserstoffproduktion mittels Elektrolyse wird als große Herausforderung gesehen. Vor allem wird der damit verbundene notwendige Ausbau von erneuerbaren Stromkapazitäten (insbesondere Offshore-Wind) als zu langsam eingeschätzt.

Die notwendige signifikante Importmenge an grünem Wasserstoff betreffend ist unklar, wie der Wasserstoff nach Deutschland kommen soll.

Auch wenn grüner Wasserstoff langfristig als einzige Lösung gesehen wird, kann, nach Einschätzung einiger Interviewpartner, auch blauer bzw. türkiser Wasserstoff für eine klar definierte Übergangsperiode eine wichtige Rolle spielen, idealerweise auch mit einem transparenten CO₂-Fußabdruck. Ziel sei es, den Markthochlauf für Wasserstoff nicht nur mit der notwendigen Menge, sondern auch mit billigerem Wasserstoff zu unterstützen. Die gesellschaftliche Akzeptanz wird aber als Hürde gesehen.

Infrastruktur

Die Umstellung auf grünen Wasserstoff braucht signifikante Infrastrukturinvestitionen, um die Energie von der grünen Stromproduktion zum industriellen Abnehmer zu transportieren, vor allem unter Berücksichtigung des Umstandes, dass Logistik für den Import der signifikanten grünen Energiemengen (von innerhalb, aber auch außerhalb Europas) aufzubauen ist.

Es herrscht Skepsis, ob sich die politischen Entscheidungsträger der diesbezüglichen Herausforderung bewusst sind. Es wurde auch weiter angemerkt, dass die Infrastrukturplanung integrativ zu betrachten sei; konkret wurde die Abstimmung der Ausbaupläne für Strom- und Gas-H₂-Netzplanung angesprochen.

» Wir tätigen Investitionen ohne Gewissheit, dass wir zusätzliches Geld vom Markt erhalten: Es muss bewusst überlegt werden, wie der Markt gestaltet werden kann, damit umweltfreundlichere Produkte zu ihrem tatsächlichen Wert auf dem Markt bewertet werden können, es wird aber keinen Standardansatz geben.

» Das Henne-Ei-Problem: Ohne Subventionen finden viele Kunden die grünen Produkte zu teuer. Dann brauchen wir Förderungen, aber wir bekommen nicht alles, was wir brauchen, sodass es eine Lücke gibt: Ist der verbleibende Mehrpreis, den wir zur Abdeckung der Mehrkosten brauchen, für die Kunden akzeptabel?

» Man hat den Eindruck: Es wird immer an Schrauben der Zielvorgaben gedreht, aber nicht an den begleitenden Rahmenbedingungen, um die Transformation zu ermöglichen.

Fehlender Bedarf

Auch wenn fast alle Unternehmen Signale vom Markt sehen, dass grüne Produkte gefragt sind, ist die Nachfragemenge nach diesen Produkten meistens nur von untergeordneter Größe.

Die Bereitschaft der Kunden und Kundinnen, für diese grünen Produkte mehr zu zahlen, wird überdies sehr skeptisch gesehen. Jedenfalls muss die Transparenz des CO₂-Fußabdrucks von Produkten erhöht und ggf. über eine geeignete Zertifizierung nachgedacht werden.

Fehlende Koordination

Angesichts der oben genannten Herausforderungen wurde von mehreren Interviewpartnern eine Koordination bzw. zumindest ein einheitliches Vorgehen gefordert.

Ohne Koordination des Aufbaus von Markt, Infrastruktur und Produktion ist es sehr wahrscheinlich, dass sich einzelne Unternehmen angesichts des hohen Risikos nicht zu einer Investitionsentscheidung durchringen können. Dabei geht es auch um die Frage, ob es eine politische Priorisierung für den Einsatz von grünem Wasserstoff in Deutschland gibt, insbesondere was den Einsatz in der Industrie gegenüber dem Einsatz in anderen Sektoren wie Wärme oder Mobilität betrifft.

Es wurde auch auf mehrere, zum Teil nicht miteinander abgestimmte Roadmaps unterschiedlicher legislativer Ebenen bzw. unterschiedlicher Ministerien verwiesen, einerseits zwischen der EU und Deutschland, aber auch innerhalb Deutschlands.

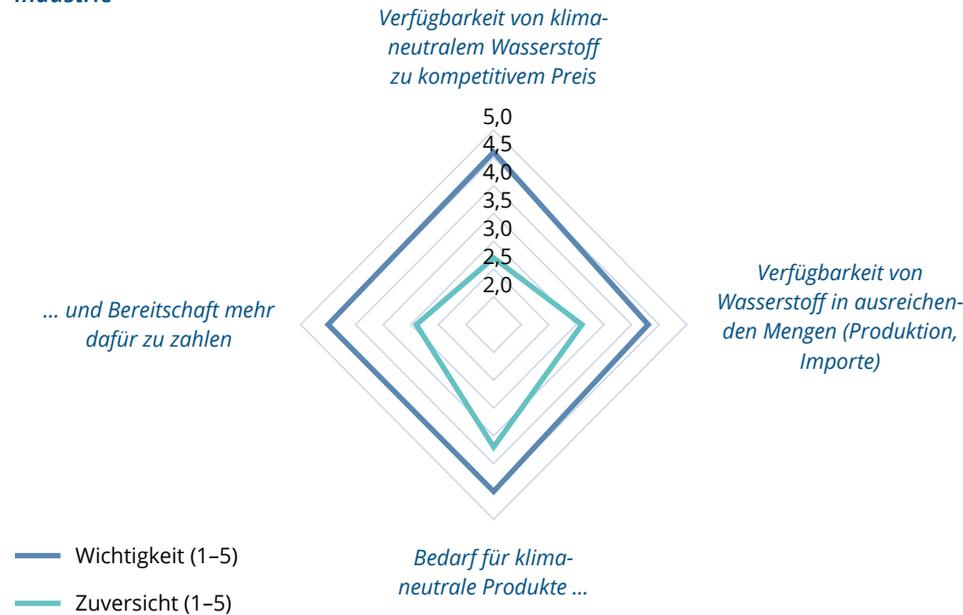
Einschätzung über Lösung des Henne-Ei-Problems

Die befragten Interviewteilnehmer wurden auch zu ihrer Einschätzung der zukünftigen Verfügbarkeit grünen Wasserstoffs und des zukünftigen Bedarfs für grüne Produkte befragt (sowohl Menge als auch Preis).

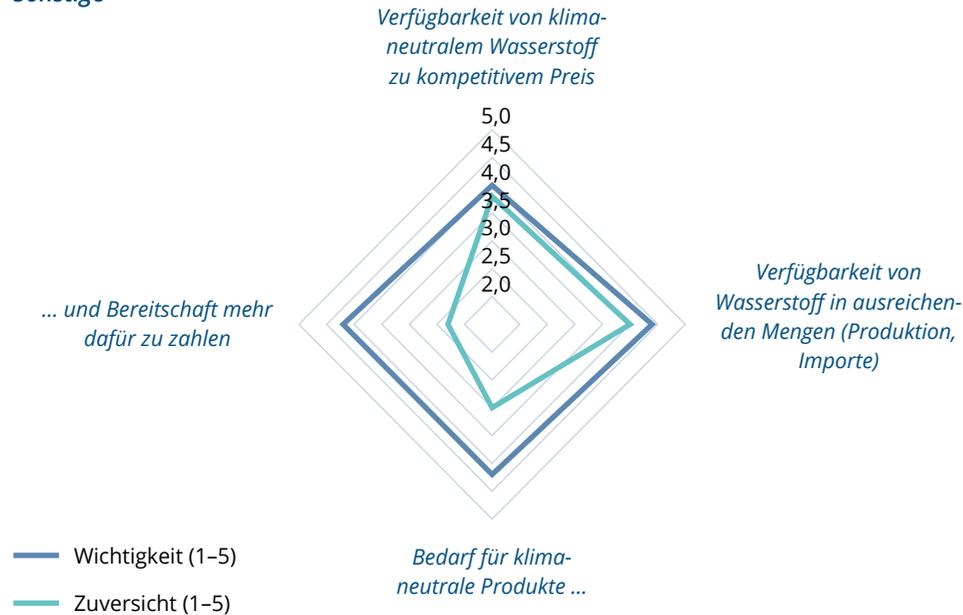
Während die Industrie die geringste Zuversicht bezüglich der ausreichenden Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff zu einem kompetitiven Preis hat, fehlt der Gruppe der sonstigen Stakeholder hauptsächlich das Vertrauen in die Bereitschaft, für grüne Produkte mehr zu zahlen. Ein möglicher Lösungsansatz, der insbesondere in der Stahlindustrie erste Großprojekte⁵ nach sich gezogen hat, besteht darin, dass Unternehmen aus unter-

schiedlichen Stufen der Wertschöpfungskette, die für sich alleine aufgrund des zu hohen Risikos keine Investition tätigen würden, diese Hürde im Rahmen von Konsortien überwinden. Die unterschiedlichen Marktperspektiven der Konsortialpartner bzw. Investoren gleichen dabei Teile des Investitionsrisikos aus.

Industrie



Sonstige



» *Es ist nicht ganz einfach, von etablierten Syntheserouten auf neue Verfahren umzustellen; das erfordert viel Know-how und Forschungsgelder. Das sind sehr hohe Hürden.*

4.3 Technologie

In einzelnen Branchen wurde auch auf Herausforderungen hinsichtlich der Verfügbarkeit geeigneter Technologien verwiesen. Bei der Technologie für Elektrolyse und für die Produktion synthetischer Produkte gibt es Risiken im Zusammenhang mit der Skalierung auf industrielle Größen – diese Risiken werden allerdings nicht als unlösbares Problem gesehen. Außerdem werden in jenen Bereichen, in denen es durch den Einsatz von Wasserstoff zu Verfahrensänderungen in der Produktion kommt, Risiken gesehen. Insbesondere im Chemiebereich ist die Umstellung auf Wasserstoffverfahren ein großes, mit Chancen, aber auch Risiken behaftetes Thema.

4.4 Standortfrage

Besonderes Augenmerk legt die Studie auf die Frage nach individuellen Standortvor- bzw. nachteilen. Die Veränderung von Standortvorteilen wird wie folgt eingeschätzt:

- » Der Zugang zu ausreichend grünem Strom bzw. Wasserstoff (via Pipeline) und auch CO₂-Infrastruktur ergibt völlig neue Standortvorteile.
- » Im Gegenzug könnte dies zu einem Risiko für bestehende Standorte werden, insbesondere, da es als schwierig angesehen wird, kapitalintensive Industrien „überzusiedeln“.
- » Angesprochen wurde mehrfach, dass eventuell Teile der Wertschöpfungskette in die Nähe von großen grünen Stromproduktionskapazitäten („an die Küste“) verlagert werden könnten, auch ins Ausland.

» *Unsere bestehenden Standorte werden nicht beeinflusst, der Weg von der Küste ist nicht so groß. Man wird eine Lösung finden, um den Energieträger dort hinbekommen.*

» *Wenn es darum geht, eine Produktion aufzubauen, macht es Sinn, darüber nachzudenken, die Nähe von grünem Strom zu suchen.*

» *Im Süden Deutschlands wird es schwierig, wenn es keinen Zugang zu grünem Strom gibt.*

Der potentielle Konflikt zwischen den politischen Zielen der Dekarbonisierung und dem **Erhalt eines wettbewerbsfähigen Industriestandorts Deutschlands** sowie den damit verbundenen Arbeitsplätzen wurde mehrfach genannt. Es gab jedoch dazu auch folgende ergänzende Kommentare:

- » Zum einen wurde ein möglicher negativer Effekt als kurzfristig eingeschätzt. Längerfristig wird eher damit gerechnet, dass die Vorreiterrolle Deutschlands in Klimatechnologien wieder mehr Arbeitsplätze schafft.

» *International werden die Wertschöpfungsketten neu gemischt.*

» *Energieintensive Teile der Wertschöpfungskette werden verschoben; aber es gibt nach wie vor einen Mehrwert durch Integration – Standorte wie Ludwigshafen werden bleiben, da die Integration hohen Mehrwert schafft; ein isolierter petrochemischer Standort könnte aber ein Problem bekommen.*

- › Ein weiterer Einwand gegen den Zielkonflikt zwischen Dekarbonisierung und Erhalt der Industrie ist jener, dass dieser Zielkonflikt minimiert werden kann, wenn die einzelnen Strategien (vor allem innerhalb Europas) gut abgestimmt und mit klaren Meilensteinen versehen sind.

5 Vergleiche dazu etwa das Setup des Projektes „H2 Green Steel“.

6 Zu den Investoren von H2 Green Steel gehören unter anderem Mercedes-Benz und Scania.

7 Unter dem Greenfield-Ansatz versteht man eine Neuimplementierung („auf der grünen Wiese“). Das Gegenbeispiel ist der Brownfield-Ansatz, bei dem eine bestehende Anlage konvertiert wird.

Perspektive von außen: Reif für Disruptoren?

» *Integrierter Ansatz entlang der Wertschöpfungskette von der Stromproduktion bis zum Endkunden.*

» *Risiken werden geteilt und schaffen so eine Lösung für das Henne-Ei-Problem.*

Im Rahmen eines Interviews wurde anhand eines konkreten Beispiels auf die Rolle von Disruptoren hingewiesen, die in diesem herausfordernden Umfeld mittels Innovationen – auch ihres Geschäftsmodells – erfolgreich sein können.

Bestehende Industrieunternehmen („incumbents“) haben die Herausforderungen der fehlenden Wirtschaftlichkeit – vor allem, weil der Markt grüne Mehrkosten nicht zu zahlen bereit scheint – und des fehlenden Zugangs zu grünem Wasserstoff am Standort. Eine Verlagerung von Standortvorteilen wird zwar für möglich gehalten, allerdings eher langfristig. Diese Ausgangslage eröffnet Möglichkeiten für Disruptoren mit Greenfield-Ansatz,⁶ wie zum Beispiel der Aufbau von H₂ Green Steel in Schweden zeigt:

- › Ansiedelung an einem neuen Standort mit perfekten Bedingungen für die Erzeugung von grünem Stahl (v. a. Zugang zu Erz und ausreichend grüner Energie).
- › Transformative Elemente wie Zirkularität und Digitalisierung werden im Greenfield-Ansatz von Beginn an mit eingeplant.
- › Nachfrageorientierte Positionierung inkl. Zusammenarbeit mit Kunden aus unterschiedlichen Marktsegmenten wie Automobil-, Nutzfahrzeug-, Haushaltsgeräte- und Möbelproduzenten.⁷

Die Interviews spiegeln die hohe Bedeutung regulatorischer Maßnahmen wider. Auf die offene Frage nach den gewünschten politisch-regulatorischen Maßnahmen kam eine Reihe von Vorschlägen. Die genannten Maßnahmen wurden von den Interviewteilnehmern auch nach Wichtigkeit und der Zuversicht, dass die Maßnahmen eingeführt werden, bewertet.

Die Maßnahmen wurden anschließend von den Autoren in drei Gruppen zusammengefasst:

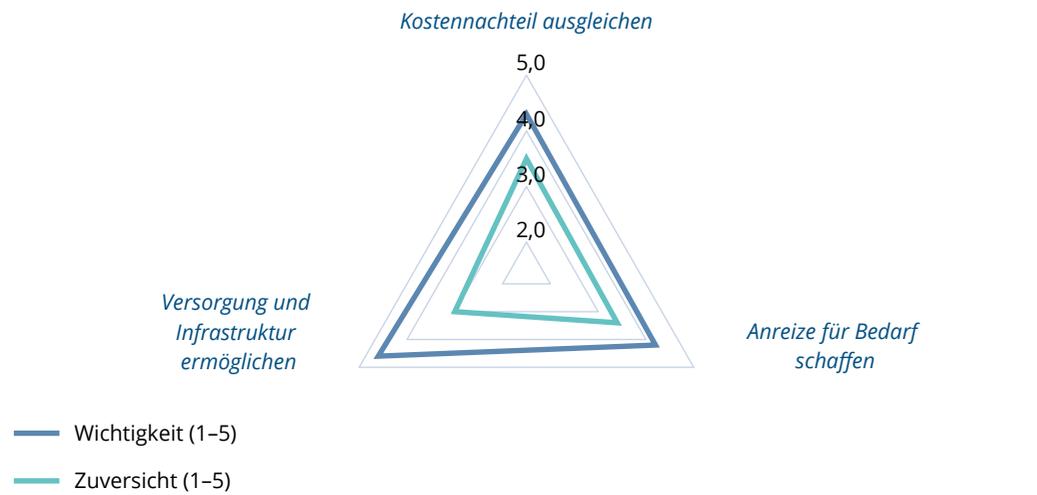
1. Maßnahmen zur Reduktion des Kostennachteils beim Einsatz von grünem Wasserstoff,
2. Maßnahmen, die den Bedarf nach grünen Produkten anreizen,
3. Maßnahmen, die die Versorgung von Wasserstoff ermöglichen, inkl. der Schaffung der dazu notwendigen Infrastruktur.

Angesprochen auf die Zuversicht bezüglich der Einführung der Maßnahmen, hinkt diese der Relevanz bei allen Themen hinterher. Beim Thema Versorgung und Infrastruktur ist diese Lücke am stärksten ausgeprägt.

5.1 Kostennachteil ausgleichen

Die mangelnde Wirtschaftlichkeit wird (zumindest in den Anfangsjahren)⁸ durch die hohen Produktionskosten für grünen Wasserstoff verursacht. Es gilt daher, die Produktionskosten für grüne Produkte so weit wie möglich zu senken bzw. den Kostennachteil gegenüber Produkten mit hohem CO₂-Fußabdruck auszugleichen.

5 Erforderliche regulatorische Rahmenbedingungen aus Sicht der Unternehmen

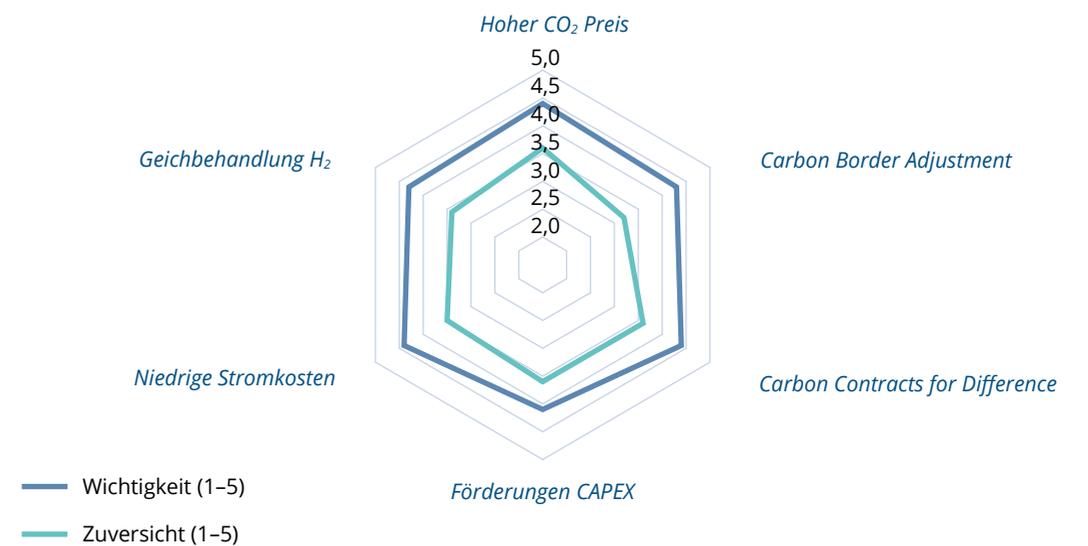
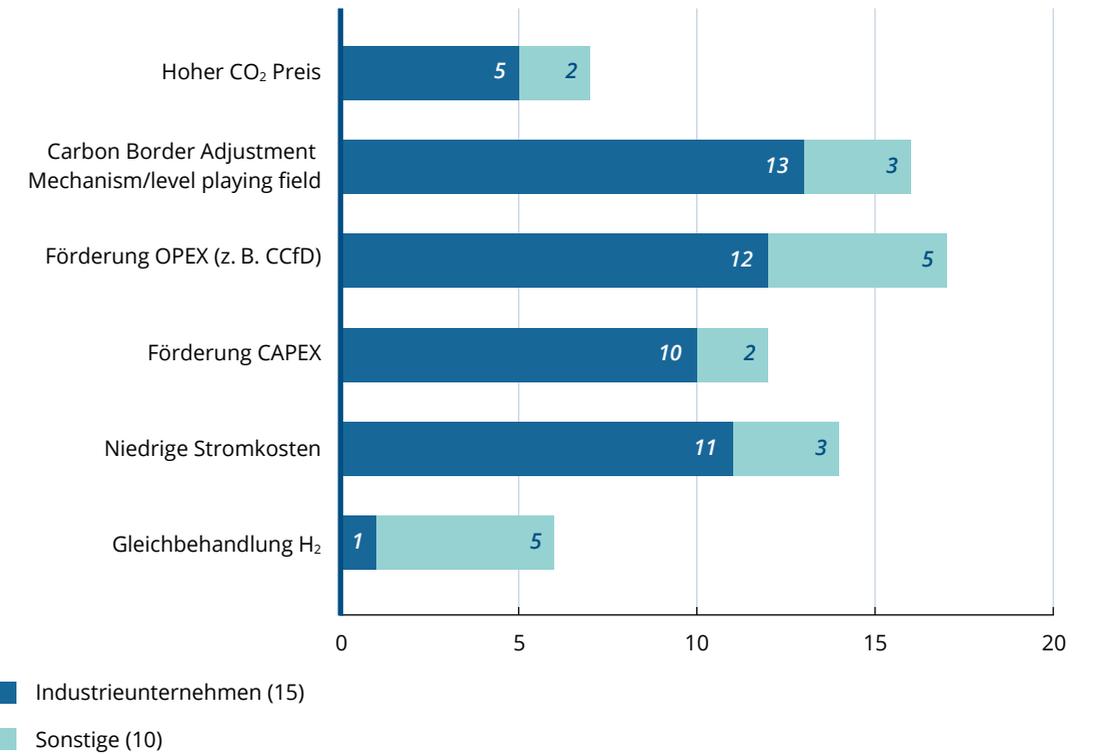


» Ich bin ein Verfechter davon, am Ende des Tages alles am CO₂-Preis festzumachen, damit haben wir ein marktwirtschaftliches Element. Carbon Border Adjustment Mechanism muss man gleichzeitig mitdenken, um Carbon Leakage zu verhindern. Contracts for difference gehen in dieselbe Richtung. Ich will mich gar nicht einmischen, welcher Mechanismus der Beste ist, am Ende des Tages brauchen wir eine Lösung: es geht um die Fähigkeit des Marktes, ein Premium für grüne Produkte zu bezahlen.

Fragt man nach den regulatorischen Maßnahmen zum Ausgleich von Kostennachteilen, so werden die folgenden Instrumente genannt:

- › hoher CO₂-Preis
- › Carbon Border Adjustment Mechanism/ Erhalt des Level-Playing-Fields
- › Förderung OPEX (z. B. CCfD)
- › Förderung CAPEX
- › niedrige Stromkosten
- › Gleichbehandlung H₂

Eine Übersicht über die Anzahl der Nennungen der gewünschten Maßnahmen und die Bewertung über deren Wichtigkeit bzw. Zuversicht über deren Eintreffen ist in folgender Grafik zu sehen:



» CfDs sind ein guter Weg für die Anlauffinanzierung, dieses Instrument muss so gestaltet sein, dass der Anreiz da ist, den Markt aktiv zu entwickeln (es braucht weiterhin Dynamik, Drive und Innovation), ansonsten besteht das Risiko, dass sich Unternehmen ausruhen.

» Wir haben bei CBAM die Sorge, dass die benötigte Flexibilität der Lieferkette eingeschränkt wird (für die Weiterverarbeitung von Zwischenprodukten). Wir erkennen an, dass es eine Art Mechanismus geben muss; es wird aber schwierig sein, einen guten, fairen Mechanismus zu entwickeln.

Eine hohe CO₂-Bepreisung wird als die effektivste Maßnahme für den Ausgleich von Kostennachteilen gesehen, wobei keine konkrete Höhe für den notwendigen Preis genannt wurde.⁹ Mehrfach wurde jedoch erwähnt, dass das CO₂-Regime fair sein, d. h. keine internationale Wettbewerbsverzerrung und damit Carbon Leakage¹⁰ schaffen sollte. Nachdem ein weltweit gültiger Preis für CO₂ aber unwahrscheinlich ist, wird der Außengrenzschutzmechanismus als eine mögliche Option erachtet. Bei diesem Instrument besteht jedoch die Sorge, dass einerseits die Flexibilität globaler Wertschöpfungsketten, wie in der Chemieindustrie, eingeschränkt wird und andererseits Handelskonflikte entstehen könnten. Insgesamt wird die Wirksamkeit dieses Schutzmechanismus eher angezweifelt. Es wird außerdem die Möglichkeit gesehen, dass Länder wie China ihre CO₂-freie Energie, wie günstigen Strom aus Kernenergie, für die Produktion von Exportprodukten wie z. B. Stahl verwenden, womit dieser CO₂-freie Stahl nach Europa käme.

Förderungen für Investitionskosten (CAPEX) sind aus Sicht der Interviewpartner wichtig, jedoch noch wichtiger ist eine zeitlich begrenzte Unterstützung für laufende Betriebsausgaben (OPEX), wie z. B. Carbon Contracts for Difference (CCfD), bis Investitionen in Wasserstoff wirtschaftlich sind bzw. bis der Markt die Mehrkosten für grüne Produkte abdeckt. Die richtige Gestaltung dieses Instruments wird als schwierig erachtet. Neben der zeitlichen Limitierung sollte es auch Anreize geben, den Markt mittels Dynamik und Innovation weiterzuentwickeln. Außerdem sollten die Preise für den Endkunden nach Ablauf der Förderung nicht steigen. Einige Interviewteilnehmer haben auch darauf verwiesen, dass es für die Ausgestaltung dieses Instrumentes einen branchenspezifischen Ansatz geben sollte. Das betrifft sowohl die Priorisierung der Fördermittel als auch die unterschiedlich hohen CO₂-Vermeidungskosten der einzelnen Sektoren.

Es wird allerdings beim Thema der Förderungen angezweifelt, ob ausreichend finanzielle Mittel zur Verfügung stehen. Dabei wird auch auf einen möglichen Konflikt zwischen dem Dekarbonisierungsziel und dem Ziel eines ausgeglichenen Haushalts hingewiesen, auch vor dem Hintergrund der gestiegenen öffentlichen Ausgaben durch die Corona-Hilfspakete.

» Wichtig sind Förderungen für CAPEX von Erstanlagen (da bei der Skalierung zunächst in kleinere, kostenmäßig ineffizientere Anlagen investiert wird, bevor die weiteren Schritte vorgenommen werden (z. B. von 20 auf 100 und schließlich 200 MW Anlagen).

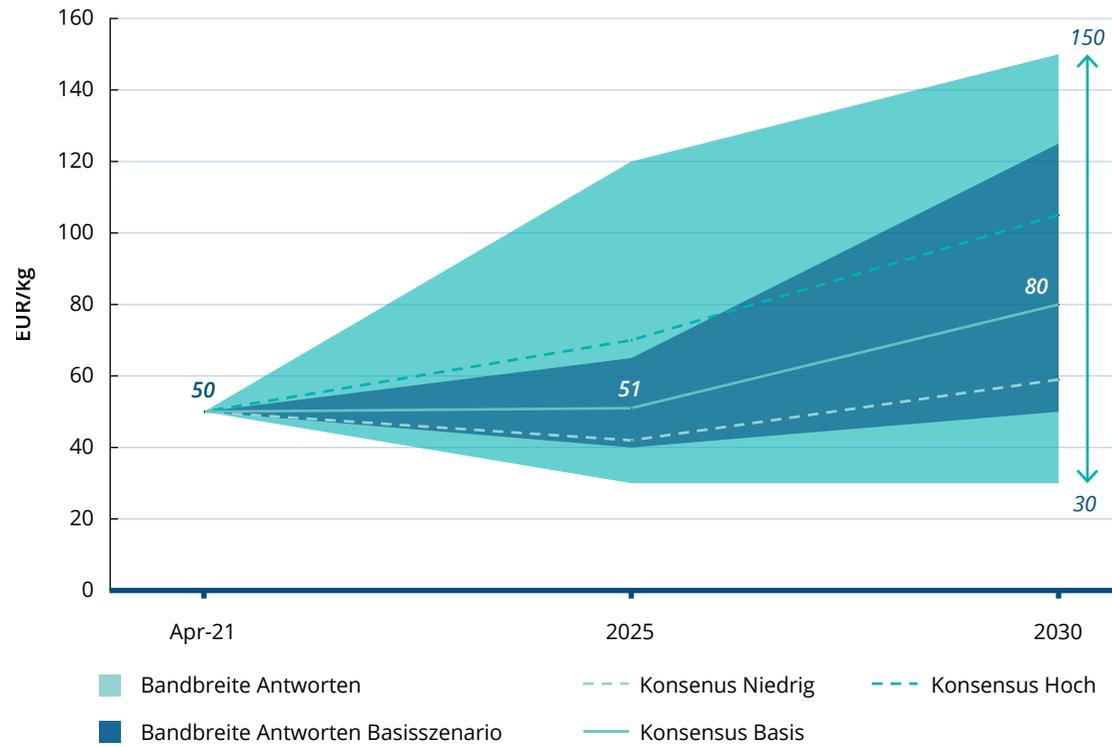
» Wasserstoffkosten müssen sinken: CAPEX-Förderung spielt in diesem Zusammenhang aber eine relativ geringe Rolle (50 % CAPEX-Förderung ist schön, hat aber geringe Auswirkungen auf den Preis); ein Großteil der Betriebskosten hängt am Strompreis inkl. Netzkosten und EEG.

Zur Senkung der Stromkosten fordern die Interviewpartner regulatorische Erleichterungen, etwa eine EEG-Befreiung oder die Beseitigung von Restriktionen wie der Nichtanerkennung von lokalem Windstrom als Eigenerzeugung (wenn die Anlage die Abstandsgrenze von 5 km übersteigt, womit Netzgebühren anfallen).

Für die Erzeugung von grünem Wasserstoff wurde auch der Wunsch nach der Gleichbehandlung von Wasserstoff und grünem Strom gefordert. Gemeint ist damit vor allem eine Lockerung der strengen Kriterien¹¹ für die Akzeptanz von produziertem Wasserstoff als erneuerbare Energie im Rahmen der Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II). Diese Restriktionen führen unter anderem dazu, dass die Elektrolyseanlagen nicht im Volllastbetrieb fahren können, was die Produktionskosten von Wasserstoff künstlich in die Höhe treibt.

Einschätzung der zu erwartenden Höhe der CO₂-Bepreisung

Eine zentrale Unsicherheit bei der Einschätzung künftiger Rahmenbedingungen stellt die zu erwartende Höhe der CO₂-Bepreisung dar. Für das Jahr 2030 liegt der Durchschnitt der Antworten für den erwarteten Preis¹² bei 80 EUR/t, die Bandbreite aber zwischen 30 und 150 EUR/t. Interessant ist, dass nur wenige Interviewpartner die gesamte Bandbreite abdecken (d. h. einige Unternehmen sind eher optimistischer oder pessimistischer was einen hohen CO₂-Preis betrifft). Während einige Interviewpartner einen Maximalwert von 70–80 EUR/t angeben, geben andere Teilnehmer einen erwarteten Minimalwert von 80–100 EUR/t als Antwort.



5.2 Nachfrage stärken

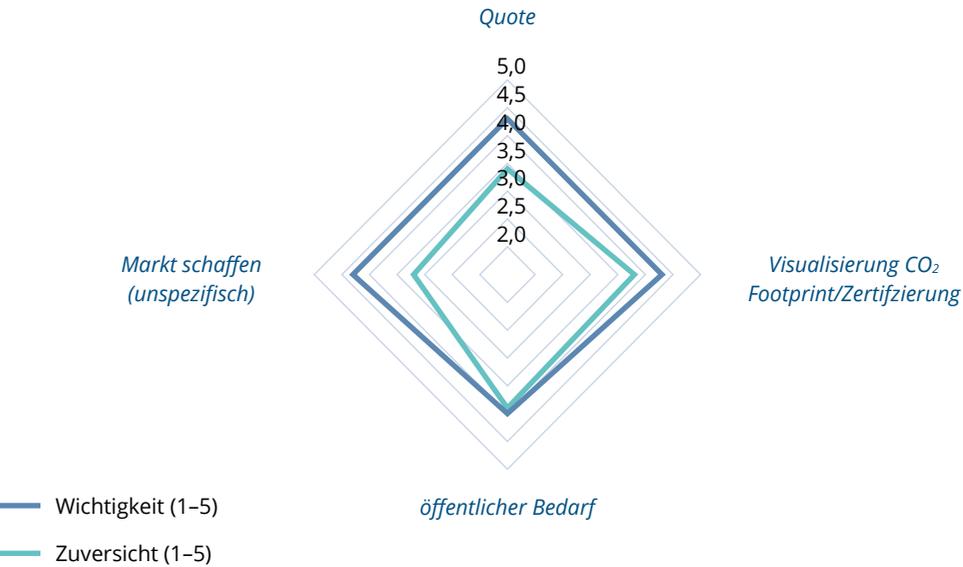
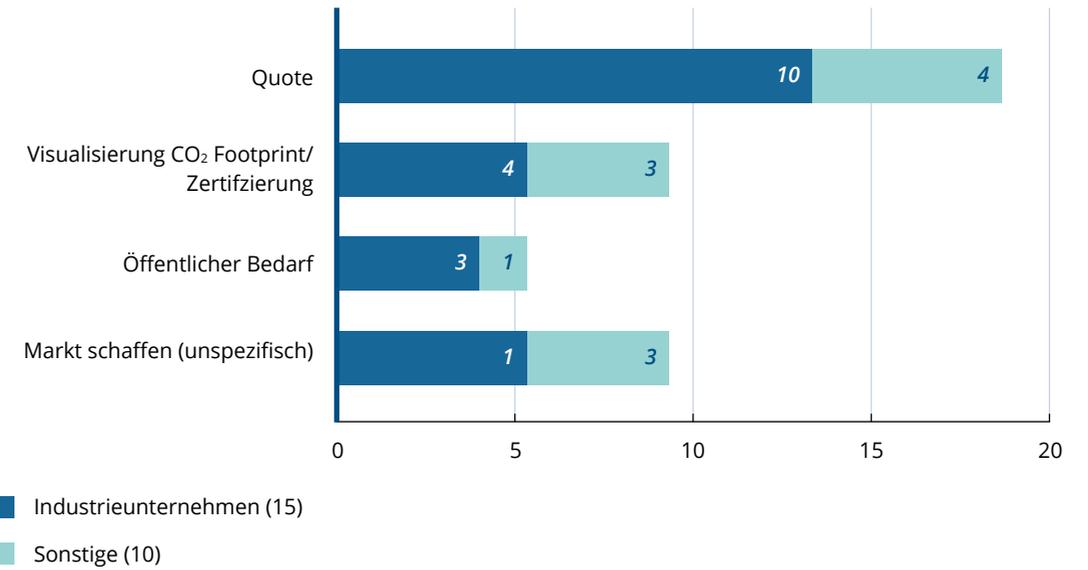
» Die Wertschöpfungskette muss vom Kunden aus gebaut werden: Es braucht den Zug vom Bedarf (bei Industrie wären das z. B. Quoten, Anrechnungssysteme...).

» Wir brauchen Normen und Standards mit Emissionsvorgaben (Bsp. CO₂-Emission pro Tonne Stahl).

Fragt man nach den regulatorischen Maßnahmen für den Anreiz der Nachfrage nach grünen Produkten, so werden die folgenden Instrumente genannt:

- › Visualisierung des CO₂-Fußabdrucks/Zertifizierung,
- › Einführung einer Quote,
- › öffentlicher Bedarf,
- › Schaffung eines Marktes (unspezifisch).

Eine Übersicht über die Anzahl der Nennungen der gewünschten Maßnahmen und die Bewertung von deren Wichtigkeit bzw. Zuversicht, dass sie eintreffen, ist in folgender Grafik zu sehen:



» Quote ist ein schwieriges Thema: Aus der Wirtschaft wollen wir freie Marktwirtschaft und das widerspricht dem Konzept Quote. Gleichwohl sehen wir, zum Beispiel im Bereich Flugkraftstoff, dass eine Quote in der Übergangsphase zeitlich begrenzt Sinn machen kann.

Den Interviewpartnern ist es wichtig, beim Bedarf anzusetzen. Die anderen Themen wie Aufbringung von Wasserstoff oder die Infrastruktur würden der Nachfrage folgen. Folglich muss eine Nachfrage geschaffen werden („demand pull“). Dafür wurden mehrere Möglichkeiten gesehen:

Eine wesentliche Maßnahme sei die Visualisierung des CO₂-Fußabdruckes beim Kunden. Ohne diese Transparenz bleibe häufig nur der Preis als alleiniges Entscheidungsmerkmal

» Es braucht eine Visualisierung des CO₂-Fußabdruckes entlang der Wertschöpfungskette für den Endkunden.

zwischen unterschiedlichen Angeboten. Durch diese Transparenz wird auch erwartet, dass die Zahlungsbereitschaft beim Endkunden für grüne Produkte mobilisiert wird. Sehr wichtig dabei sei die Akkreditierung bzw. Zertifizierung des Produktes, um Greenwashing zu vermeiden; dabei gelte es, die gesamte Wertschöpfungskette zu berücksichtigen. Als ein möglicher Weg wurde im Rahmen der Interviews auch der Einsatz von digitalen Technologien wie z. B. Blockchain für die Zertifizierung genannt. Die Zertifizierung für grünen Wasserstoff würde auch, ähnlich wie im Strommarkt, die schnelle Handelbarkeit von grünem Wasserstoff als Produkt herstellen, also den vereinfachten Kauf und Verkauf durch Standardisierung. Auch wenn das Thema einer Quote differenziert gesehen wird, sehen im Bereich von *Aviation Fuel* auch kritische Stimmen Vorteile einer (zeitlich begrenzten) Quote. Öffentliche Beschaffung wird von einigen Interviewteilnehmern als hilfreich, der Einfluss aber zum Teil als gering gesehen. Als sonstige mögliche Maßnahmen wurden allgemeine Anreize oder Steuererleichterungen für den Kauf von grünen Produkten oder auch Produktstandards genannt.

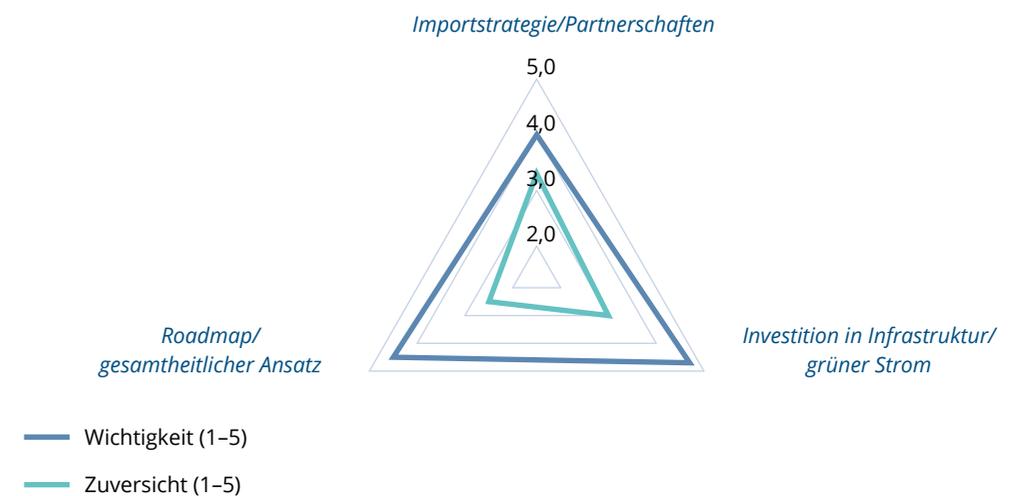
5.3 Versorgung und Infrastruktur

» Grüner Strom ist eine knappe Ressource und sollte priorisiert werden: Data Center generieren keine Arbeitsplätze. Wasserstoff sollte für die Dekarbonisierung jener Sektoren verwendet werden, die sonst keinen anderen Weg haben, also z. B. Stahl und Zement. Förderprojekte müssen priorisiert werden.

Fragt man nach den regulatorischen Maßnahmen, um die Versorgung und Infrastruktur für grünen Wasserstoff zu ermöglichen, so werden die folgenden Instrumente genannt:

- › Investition in Infrastruktur/grüner Strom
- › Roadmap/gesamtheitlicher Ansatz
- › Importstrategie/Partnerschaften

Eine Übersicht über die Anzahl der Nennungen der gewünschten Maßnahmen und die Bewertung von deren Wichtigkeit bzw. Zuversicht über deren Eintreffen ist in folgender Grafik zu sehen:



Wasserstoff wird als knappes Gut gesehen, weshalb der Ausbau von erneuerbarem Strom vorangetrieben werden sollte. Doch selbst im optimistischsten Fall werden zusätzlich enorme Mengen an Wasserstoff importiert werden müssen. Der Aufbau der notwendigen Infrastruktur wird als kritisch gesehen, um die notwendige Energie vom Produzenten (an der Küste, in Südeuropa oder von außerhalb Europas) zu den industriellen Standorten zu bringen. Dabei geht es auch um die gesamtheitliche Optimierung der Strom- und Wasserstoffinfrastruktur.

Als kritischer Erfolgsfaktor wird daher die Koordination über alle Sektoren hinweg gesehen, da sonst jeder Marktteilnehmer auf sich allein gestellt wäre. An einer individuellen Betrachtung würden jedoch übergreifende Infrastrukturprojekte scheitern, weil eben nicht integrativ genug gedacht würde. Ziel sei dabei vor allem, den H₂-Versorgungsbedarf der verschiedenen Sektoren und Standorte mit den Planungen der Marktteilnehmer der Angebots- und Infrastrukturseite zu koordinieren und Investitionsrisiken zu minimieren. Darüber hinaus wurde eine entsprechende politische Priorisierung für unterschiedliche Anwendungen von Wasserstoff ausdrücklich gewünscht (insbesondere was die Priorisierung des Einsatzes von Wasserstoff in der Industrie gegenüber anderen Sektoren wie Wärme oder Mobilität betrifft).

-
- 8 Siehe Einschätzung durch Interviewteilnehmer oben, dass eine positive Wirtschaftlichkeit nicht vor 2030 erwartet wird.
 - 9 In Studien wird für das Jahr 2030 eine notwendige CO₂-Bepreisung von bis zu 150 (manchmal sogar 180) EUR/t CO₂ genannt, z. B. in einer Studie des Energieberaters Wood Mackenzie mit einer notwendigen Bepreisung in Höhe von 160 USD/t CO₂.
 - 10 Der Begriff „Carbon Leakage“ bezeichnet eine Situation, die eintreten kann, wenn Unternehmen aufgrund der mit Klimamaßnahmen verbundenen Kosten ihre Produktion in andere Länder mit weniger strengen Emissionsauflagen verlagern.
 - 11 Die Kriterien für den Strombezug für Elektrolyseure sind erneuerbare Herkunft, Regionalität, Zeitgleichheit und Zusätzlichkeit.
 - 12 Die Unternehmen wählten für die Jahre 2025/2030 aus drei erwarteten CO₂-Preisniveaus aus: einem Basisszenario, einem Hoch- und einem Niedrigpreisszenario. Als Konsens wird der jeweilige Durchschnittswert der Antworten pro Szenario bezeichnet.

6 Handlungsempfehlungen für die Politik

Aus den in dieser Studie dargelegten Erkenntnissen und Herausforderungen gilt es, konkrete Schlüsse für die Politik zu ziehen, um den notwendigen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft voranzutreiben, Investitionen zu ermöglichen und die Industrie bei dem umfassenden Transformationsprozess in dieser Phase zu unterstützen. Basierend auf den vorherigen Kapiteln und den Beratungen in den Workshops des Policy Accelerators for Climate Innovation werden hierfür konkrete Handlungsempfehlungen vorgeschlagen.

Im Fokus der Umsetzung der Wasserstoffstrategie sollten dabei nicht staatliche Detailvorgaben, sondern ein möglichst grenzüberschreitender, marktwirtschaftlicher Rahmen für den Aufbau einer integrierten Wasserstoffwirtschaft mit kombinierten Herkunfts- und Verwendungsnachweisen stehen. In der Hochlaufphase zu Beginn ist ein koordiniertes, transparentes und zugleich weitsichtiges Zusammenwirken von Politik und Wirtschaft unverzichtbar, um das notwendige Vertrauen für langfristige Investitionsentscheidungen zu schaffen. Wichtig ist zudem, den deutschen Rahmen von Beginn an mit dem EU-Emissionshandel in Einklang zu bringen sowie hinsichtlich eines Grenzausgleichsmechanismus bzw. „Klima-Clubs“ offen und zukunftssicher zu gestalten.

Damit der Hochlauf gelingt und das Henne-Ei-Problem gelöst werden kann, sind von der neuen Bundesregierung gleich zu Beginn ihrer Amtszeit Richtungsentscheidungen zu treffen und konkrete Maßnahmen unmittelbar umzusetzen, um temporäre Kostennachteile in der Hochlaufphase auszugleichen, Angebot und insbesondere Nachfrage zu stärken und die erforderliche Infrastruktur aufzubauen. Entscheidend ist, dass diese Maßnahmen bereits jetzt auf den Pfad zur Überführung in einen sich selbst tragenden Marktrahmen ausgerichtet werden und möglichst parteiübergreifend anschlussfähig sind, um den Unternehmen Planungssicherheit für die zweieinhalb Jahrzehnte bis zur Klimaneutralität zu geben. Dies gilt insbesondere für Förderinstrumente wie CCfD, für Brückentechnologien wie blauen und türkisen Wasserstoff und für die Fortentwicklung von Emissionshandel und Carbon-Leakage-Schutz.

Handlungsfeld 1: Kostennachteile ausgleichen, Markthochlauf beschleunigen

Ein wesentliches Hindernis für die Entwicklung einer Wasserstoffwirtschaft ist in den Kostennachteilen von Wasserstoff gegenüber der Verwendung fossiler Energieträger zu finden. Eine klimaneutrale Wasserstoffwirtschaft kann nur entstehen, wenn aus diesen Nachteilen Vorteile werden. Der EU-Emissionshandel (ETS) ist das Leitinstrument, um Wasserstoff als klimaneutralem Energieträger, Speicher und Grundstoff ebendieses Vorteil zu verschaffen, da er den Ausstoß von Treibhausgasen in steigendem Maße bepreist. Im Moment reichen die Zertifikatspreise noch nicht allein aus, um, durch einen Grenzausgleichsmechanismus bzw. Klima-Club ergänzt, die notwendige Wettbewerbsfähigkeit von klimaneutralem Wasserstoff und Folgeprodukten sicherzustellen. Der Break-Even-Point von grünem mit grauem Wasserstoff wird gegenwärtig um das Jahr 2030 erwartet, blauer Wasserstoff kann sich bereits ab 2025 rechnen.¹³ Neben einer Bepreisung der fossilen Wasserstofferzeugung über den ETS ist hierfür die nötige Transportinfrastruktur zentral (s. u.). Temporär werden zu Beginn Maßnahmen zum Ausgleich der Investitionskosten der Unternehmen wie CCfDs vonnöten sein.

- › Auch wenn ein Großteil des benötigten Wasserstoffs perspektivisch importiert werden muss, ist die ausreichende Verfügbarkeit von bezahlbarem erneuerbarem Strom in Deutschland aus dem In- und Ausland ein wesentlicher Standortfaktor. Aufgrund der Sektorkopplung wird in nahezu allen Wirtschaftssektoren der Stromverbrauch steigen und macht ein zusätzliches Anheben der 2030-Ausbauziele von Erneuerbaren Energien notwendig. Für diesen Ausbau wird die Flächenfrage zentral werden. Es muss gelingen, das Flächenpotential für die Realisierung von neuen Erneuerbare-Energien-Projekten optimal auszuschöpfen. Um die Flächeneffizienz zu steigern, sollten auch Doppelnutzungskonzepte wie Agri-, Biodiversitäts-, Moor- und Floating-PV gestärkt werden.
- › Die EEG-Umlagenbefreiung für Elektrolyseure auf der einen und das Einfrieren bzw. leichte Absenken der EEG-Umlage mit Mitteln aus dem Bundeshaushalt nach Einführen des Brennstoffemissionshandelsgesetzes (BEHG) auf der anderen Seite sind Schritte in die richtige Richtung, reichen aber bei Weitem nicht aus. Ziel muss eine

baldige Abschaffung der EEG-Umlage und die Wegbereitung der Refinanzierung von Erneuerbaren am Markt sein. Ein weiterer Hebel ist die Stromsteuer, die es gilt, auf das europäische Mindestmaß zu reduzieren.

- › CCfDs sind ein notwendiger Zwischenschritt auf dem Weg zur Wasserstoffwirtschaft und einem Markt für grüne Produkte, um das Risiko von Investoren abzufedern und so den Hochlauf zu beschleunigen. Zur Vermeidung von Pfadabhängigkeiten, Aufrechterhaltung von Innovationsanreizen und zur Sicherstellung von Planungssicherheit für Unternehmen, Investoren und öffentlichen Haushalten bei der Anwendung dieses Instruments muss der vorübergehende Charakter von Anfang an klar sein. Hierzu sind CCfDs vorab zunächst mit einer Laufzeit von ca. zehn Jahren zu versehen bzw. je nach Branche, den entsprechenden Investitionszyklen angepasst, auch länger. Nach Ablauf der Zeitspanne sollte eine Überprüfung stattfinden, ob der CCfD noch notwendig ist. Zugleich ist eine konsequente Kopplung der Differenzverträge an den europäischen Emissionshandel sicherzustellen, um ein Auslaufen bei steigendem CO₂-Preisniveau vorab zu ermöglichen. Die Umsetzung muss im Rahmen der Reform der EU-Beihilferichtlinien noch im Jahr 2021 erfolgen.
- › Bei der neuen Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED III) sollte auf das Kriterium der Zusätzlichkeit verzichtet werden. Sonst würde von Elektrolyseuren verlangt, dass sie mit neu errichteten Windparks verknüpft sein müssen und keinen Strom aus dem Netz verwenden dürfen. Aufgrund langer Genehmigungsverfahren wäre dies ein unnötiges Hemmnis beim Aufbau der europäischen Wasserstoffwirtschaft und deshalb kontraproduktiv. Der Weg über die digitale Nachverfolgbarkeit durch zeitlich granuliertete Herkunftsnachweise des verwendeten Stroms ist hier zunächst zielführender, da Strom und Wasserstoff noch für eine ganze Weile Mischformen aus fossilen und nicht-fossilen Anteilen sein werden. Zum Beispiel ein Stahlhersteller könnte so aber eine stetige Verbesserung seines CO₂-Fußabdrucks klar nachweisen.

Handlungsfeld 2: Nachfrage stärken, CO₂-Transparenz schaffen

Die Produktion von Wasserstoff und der Aufbau der Infrastruktur werden mittel- bis langfristig der Nachfrage folgen. Dementsprechend kommt von Beginn an der Stärkung der Nachfrage nach grünem und, temporär, anderweitig klimaneutralem Wasserstoff nebst Folgeprodukten höchste Priorität zu. Dazu bedarf es einer nachvollziehbaren Offenlegung des CO₂- bzw. des CO₂-Äquivalent-Fußabdrucks des erzeugten und auch in Produkten verwendeten Wasserstoffs. Denn der potenzielle Einsatz von Wasserstoff in den verschiedenen Sektoren ist kein Selbstzweck, sondern dient immer dem Ziel der Reduzierung des Ausstoßes von Treibhausgasen. Diese Transparenz ist Voraussetzung dafür, dass Kundinnen und Kunden eine bewusste Wahl zugunsten klimaschonender Produkte treffen können. Die Zertifizierung von grünem Wasserstoff ermöglicht, ähnlich wie im Strommarkt, dessen schnelle Handelbarkeit herzustellen. Ziel sollte es sein, mit einem Fahrplan in drei Schritten weg von der Farben-Diskussion und hin zu einem sich selbsttragenden Wasserstoffmarkt mit CO₂-Fußabdruck als grünem Leitmarkt zu gelangen.

- › **CO₂-Fußabdruck statt Farbediskussion im Mittelpunkt:** Mit der großskaligen Bereitstellung allein aus erneuerbaren Energien erzeugten grünen Wasserstoffs ist absehbar nicht vor 2030 zu rechnen. Klimapolitisch kann jedoch nicht bis dahin mit dem Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gewartet werden. Blauer und türkiser Wasserstoff sollten deshalb in einer klar definierten Übergangsphase zur Anwendung kommen können. Sie sind ein zentraler Baustein zur Überwindung des Henne-Ei-Problems und damit Steigbügelhalter der grünen Wasserstoffwirtschaft. Grundlage für den anzustrebenden frühestmöglichen Übergang zur alleinigen Anwendung von grünem Wasserstoff ist neben der steigenden CO₂-Bepreisung mit Blick auf die Stärkung der Nachfrage das Schaffen von CO₂-Transparenz.
- › **Digitale Zertifizierung als Nachfrageanreiz:** Eine glaubwürdige, internationale, digitale Zertifizierung ist die notwendige Voraussetzung für die Entstehung einer globalen Wasserstoffnachfrage. Die Verwendung von Blockchain-Technologie ist hilfreich, um den CO₂-Gehalt pro Mengeneinheit auch beim Endkunden sichtbar zu machen. Die

digitale Umsetzung ermöglicht niedrige Transaktionskosten und einen Herkunftsnachweis in Echtzeit. Wichtig ist eine unbürokratische Umsetzung, die idealerweise europäisch einheitlich ist, um „Zertifizierungsinself“ zu vermeiden. Deutschland und Europa haben durch ihr Vorangehen in diesem Bereich die Chance, international Maßstäbe zu setzen und eine Expertise aufzubauen, die auf der einen Seite Wettbewerbsvorteile schafft und auf der anderen Seite mit anderen geteilt werden kann. Die Einführung einer nachvollziehbaren, digitalen CO₂-Zertifizierung erfolgt dabei in unterschiedlichen Zwischenschritten.

- › Als erstes geht es darum, ein transparentes digitales CO₂-Zertifizierungssystem für Wasserstoff zu etablieren, das den CO₂-Fußabdruck (inkl. v. a. transportbedingter CO₂-Emissionen) ausweist.
- › In einem zweiten Schritt sollte die digitale Zertifizierung des CO₂-Fußabdrucks von wasserstoffbasierten Zwischenprodukten, wie z. B. CO₂-reduziertem bzw. -freiem Stahl oder synthetischen Kraftstoffen ermöglicht werden. Dabei muss das Zertifizierungssystem dezentral, administrierbar und interoperabel angelegt sein, um eine maschinen- und anlagenscharfe Dokumentation zu ermöglichen.
- › In einem dritten Schritt sollte dann die digitale Nachverfolgbarkeit von CO₂-Emissionen bis zum Endkunden im Mittelpunkt stehen. Sehr wichtig in allen drei Schritten ist die Akkreditierung bzw. Zertifizierung der Produkte, um Greenwashing zu vermeiden; dabei gilt es, schrittweise die gesamte Wertschöpfungskette zu berücksichtigen. Eine Verschränkung mit dem geplanten EU-Kreislaufwirtschafts-Siegel bzw. einem unbürokratischen Europäischen Digitalen Produktpass bietet sich an, da so umwelt- und klimarelevante Fußabdrücke in einem Instrument nachvollziehbar sind.
- › **Quote nur für klimaneutrales Kerosin:** Quoten erscheinen in den wenigsten Fällen ein geeigneter Weg, um den Markthochlauf von Wasserstoff anzureizen, da sie zu starr sind und wenig unternehmerischen Spielraum zulassen. Als Ausnahme ist hier die Verwendung synthetischen Kerosins zu nennen, wozu auch wasserstoffbasierte Formen gehören,

ohne welche der Luftverkehr nicht dekarbonisiert werden kann und wo eine Quote aufgrund der hohen Vermeidungskosten sinnvoll erscheint. Deutschland sollte sich dafür einsetzen, dass eine solche Quote EU-weit verbindlich eingeführt wird.

Handlungsfeld 3: Versorgung sichern, Infrastruktur aufbauen

Die Verfügbarkeit grünen Stroms und grünen Wasserstoffs wird in Zukunft zentral für jegliche industrielle Aktivität sein. Ein funktionierender Wasserstoffmarkt benötigt eine ausreichende Infrastruktur für die Energieflüsse zwischen Energiequellen, Wasserstoffproduzenten und Abnehmern. Zwischen Europa und den angrenzenden Regionen sowie innerhalb Europas (und Deutschlands) bedarf es sowohl entsprechender Stromnetze (um z. B. erneuerbaren Strom zu den Elektrolyseuren zu transportieren) als auch Gas- bzw. spezifischer Wasserstoffleitungsnetze (hin zu den Abnehmern des produzierten Wasserstoffs). Ebenso sind Andockstationen für den nichtleitungsgebundenen Wasserstofftransport nötig. Für den schnellen und effizienten Aufbau einer solchen Infrastruktur bzw. Umbau der bestehenden ist eine integrierte Strom- und Gasleitungsnetzplanung notwendig, inkl. Koordination des Wasserstoffversorgungsbedarfs der verschiedenen Sektoren und Standorte. Planungs- und Genehmigungsverfahren müssen möglichst kurz und unkompliziert gehalten werden.

- › Handlungsbedarf besteht darin, die wichtigen Akteure wie energieintensive Industrien, Wasserstoff- und Stromproduzenten sowie Wasserstoffnetzbetreiber stärker als bisher zusammenzubringen. Die internationale Beschaffung von grünem Wasserstoff wird, gerade in der Zeit der Knappheit in der Hochlaufphase, zentral für den weiteren Erfolg der deutschen und europäischen Industrie sein. Bundesregierung und Europäische Union müssen die Unternehmen bei dieser Herausforderung unterstützen, um das *Level Playing Field* zu erhalten.
- › Mit dem Hochfahren der Wasserstoffwirtschaft wird ein weltumspannender Markt dieses zukünftigen Energierohstoffs entstehen, auf dem Deutschland und Europa sich möglichst gut positionieren müssen. Ein erster richtiger Ansatz ist das Projekt H₂ Global, das es auszubauen gilt. Um in dem zur Verfügung stehenden engen Zeitrahmen

ein möglichst effizientes Handeln zu ermöglichen, bedarf es neben einer nationalen Koordination aller relevanten Player auch eines eng abgestimmten Vorgehens international tätiger Behörden wie des Bundesministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ) und der angeschlossenen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie des Auswärtigen Amtes (AA), um das vorhandene internationale Know-how einschließlich der zur Verfügung stehenden Ressourcen bei der Erschließung und Nutzung ausländischer Produktionsstandorte für Wasserstoff gezielt einzusetzen.

- › Das Vorhandensein der Infrastruktur für grünen Wasserstoff und erneuerbare Energie entscheidet über die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit gegenwärtiger Industrieregionen. Um sie zu erhalten, sind idealerweise auf europäischer Ebene die regulatorischen Voraussetzungen für den raschen Auf- und Ausbau dieser Infrastruktur zu schaffen. In der Anfangsphase geht es dabei insbesondere um die Infrastruktur in Häfen zur Anlieferung von Wasserstoff auf dem Seeweg, um Anlagen zur Regasifizierung sowie um Wasserstoff-Pipelines bzw. die Umrüstung bestehender Gas-Pipelines.
- › Bereits vorhandene Gasinfrastrukturen können aufgrund ihrer hohen Transport- und saisonalen Speicherfähigkeit zeitnah für Wasserstoff verwendet und perspektivisch umfassend für eine zukünftige Wasserstoffwirtschaft genutzt werden. Dazu muss es regulatorische Anreize geben, damit bestehende Gasnetze unter Berücksichtigung der möglichen Wechselwirkungen zwischen Wasserstoff- und Erdgasnetzen zügig „H₂-ready“ werden bzw. separate Transport- und Verteilnetze für Wasserstoff aufgebaut werden können. Ein künftiges Zusammendenken der Strom- und Gasnetzinfrastruktur führt zu einem optimierten System.

13 Hydrogen Insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness. McKinsey & Company. February 2021. S. 12 ff.

Autoren

Daniel Dantine ist Partner bei Decision Advisory Group GmbH, einem Beratungsunternehmen mit Sitz in Wien mit Fokus auf strategische Entscheidungsberatung. Das Unternehmen wurde im September 2020 gegründet und hat seinen Kernbranchenfokus auf die Energiewirtschaft, die kapitalintensive Industrie und den öffentlichen Sektor. Vor der Gründung seines Beratungsunternehmens verbrachte Daniel Dantine mehr als 20 Jahre in leitenden Positionen in den Bereichen Strategie, Business Development und Finanz in multinationalen Konzernen mit Arbeitserfahrung in Österreich, Schweiz, Neuseeland und Rumänien.

Dr. Bernd Weber ist der Gründer und Geschäftsführer von EPICO KlimaInnovation. Zuvor hat er den Bereich Industrie, Energie und Umwelt des Wirtschaftsrates geleitet. Mit dem European Energy Lab 2030 hat er eine agile energiepolitische Denkfabrik, zusammengesetzt aus 60 Persönlichkeiten aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft, gegründet und über vier Jahre geführt. Davor hat er für die Europäische Kommission in Brüssel in der Generaldirektion für Handel gearbeitet. Bernd Weber hat zu europäischer Energie- und Klimapolitik an Sciences Po Paris und der University of Oxford promoviert. Er ist Mitglied der Fakultät des College of Europe, wo er zu EU-Energiepolitik lehrt.

Robin Reh hat Politikwissenschaft, Internationale Beziehungen und Japanologie in London, Nagoya, Berlin und Potsdam studiert. Nach dem Studium war er beim Wirtschaftsrat als Referent für Energie- und Rohstoffpolitik tätig und dort u. a. verantwortlich für die Arbeit der Bundesarbeitsgruppe Energie für Mobilität und der Bundesarbeitsgruppe Rohstoffpolitik. Bei EPICO KlimaInnovation arbeitet er als Policy Specialist Energy and Mobility in den Bereichen Mobilität und Energiepolitik.



Eine Kooperation der Konrad-Adenauer-Stiftung e. V. mit EPICO KlimaInnovation. Erstellt von der Decision Advisory Group GmbH.

Decision Advisory Group GmbH
Döblergasse 4/6, 1070 Wien
T +43 1 905 11 10
office@decision-advisory.com

EPICO KlimaInnovation
Energy and Climate Policy and Innovation Council e. V.
Friedrichstr. 79, 10115 Berlin
T +49 (0) 30-985 024-88
office@epico.org

Konrad-Adenauer-Stiftung e. V.
Klingelhöferstr. 23, 10785 Berlin
T +49 (0) 30-269 96-0,
zentrale@kas.de

EPICO KlimaInnovation ist eine neue Denkfabrik, die nachhaltige, markt- und innovationsorientierte Lösungsansätze für Klimaneutralität aus der gesellschaftlichen Mitte heraus entwickelt. Als Netzwerk für Schlüsselakteure aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft stellen wir eine gesellschaftlich breit-verankerte Agenda für die Klima- und Energiepolitik auf und tragen zu deren Umsetzung bei, um Umwelt- und Klimaschutz, Wirtschaftswachstum und Sozialverträglichkeit miteinander in Einklang zu bringen.

Die Konrad-Adenauer-Stiftung (KAS) ist eine politische Stiftung, die bundesweit aktiv ist. KAS-Auslandsbüros betreuen weltweit mehr als 200 Projekte in über 120 Ländern. Als Think Tank und Beratungsagentur erarbeitet die KAS auf der Grundlage christlich-demokratischer Prinzipien wissenschaftliche Grundlagen, aktuelle Analysen und Empfehlungen für politisches Handeln. Einer der Schwerpunkte liegt dabei auf der Frage, wie ambitionierte Klimapolitik auf möglichst nachhaltige Weise erfolgen kann.

