







# Präambel

Im Juni 2020 hat die Bundesregierung die Nationale Wasserstoffstrategie (NWS) veröffentlicht und damit erstmals konkrete Ziele für Deutschlands Einstieg in eine Wasserstoffwirtschaft benannt. Zudem hat sie den Nationalen Wasserstoffrat (NWR) begründet, dessen Mitglieder aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft die Bundesregierung bei der weiteren Konkretisierung und Implementierung der NWS unterstützen. Der folgende Wasserstoff Aktionsplan Deutschland 2021–2025 trägt zur Erfüllung dieses Mandats bei: Er fasst die Diskussionen und Analysen des NWR in den vergangenen Monaten zusammen und leitet auf dieser Grundlage Handlungsempfehlungen für die nächste Legislaturperiode ab.

Die Empfehlungen des NWR stützen sich auf eine Vielzahl von Analysen. Eine davon ist die „Metastudie Wasserstoff“, durchgeführt von Fraunhofer ISI, ISE und IEG. Sie zeigt künftige Erzeugungs- und Verbrauchsszenarien sowie damit verbundene Infrastrukturbedarfe auf. Darüber hinaus haben Ratsmitglieder verschiedene branchenspezifische Informationen und Daten zur Verfügung gestellt. Der NWR und seine Arbeitsgruppen haben sämtliche Analysen intensiv diskutiert. Wo die bestehende Informationslage keine ausreichende Konkretisierung erlaubt, hat der NWR Empfehlungen zur Verbesserung der Informations- und Datenlage erarbeitet.

Die Entwicklungen rund um das Thema Wasserstoff und seine Derivate sind ausgesprochen dynamisch. Allerdings kristallisieren sich Anwendungsfelder heraus, in denen ein signifikanter Wasserstoffbedarf als gesichert gilt. Die Empfehlungen des NWR sind vor dem Hintergrund der aktuellen Erkenntnisse zu verstehen. Sollte sich die Studien- und Analysegrundlage ändern, wird der NWR zu gegebener Zeit auch Anpassungen an den Empfehlungen vornehmen.

Der Aktionsplan gliedert sich in drei wesentliche Teile. Zunächst wird die Ausgangslage in Bezug auf Klimaschutzziele, Industriepotenziale und rechtliche Rahmenbedingungen diskutiert. Der zweite Teil fasst die Diskussion um den zu erwartenden Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft bis 2030 zusammen – getrennt nach Bedarfen, Aufkommen (Erzeugung) und notwendiger Infrastruktur. Entlang dieser Kategorien leitet der dritte und letzte Teil konkrete Handlungsempfehlungen zur effizienten Umsetzung und gegebenenfalls Anpassung der NWS ab – jeweils priorisiert nach Dringlichkeit. Der Aktionsplan zeigt damit nicht nur eine technologiespezifische Perspektive auf das Thema Wasserstoff, sondern bettet es auch in den übergeordneten energie-, klima- und industriepolitischen Rahmen ein.\*

---

\* Siehe auch das Sondervotum von Klima-Allianz Deutschland und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) am Ende des Dokuments.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Der Nationale Wasserstoffrat</b> .....	<b>3</b>
<b>Präambel</b> .....	<b>4</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Ausgangslage</b> .....	<b>8</b>
1.1 Klimaschutzziele .....	8
1.2 Wirtschaftliche Motivation .....	9
1.3 Nationale Wasserstoffstrategie .....	10
1.4 Aktuelle gesetzliche Rahmenbedingungen .....	11
<b>2 Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft</b> .....	<b>13</b>
2.1 Wasserstoffbedarfe .....	14
2.1.1 Industrie .....	14
2.1.2 Mobilität .....	15
2.1.3 Wärme .....	17
2.1.4 Energie .....	18
2.2 Wasserstoffaufkommen .....	18
2.3 Wasserstoffinfrastruktur .....	20
<b>3 Rahmenbedingungen</b> .....	<b>21</b>
3.1 Rechtliche und politische Rahmenbedingungen .....	22
3.1.1 Aufkommen .....	22
3.1.2 Industrie .....	27
3.1.3 Mobilität .....	30
3.1.4 Wärme .....	33
3.1.5 Infrastruktur .....	35
3.1.6 Forschung und Entwicklung, Innovation und Bildung .....	37
3.2 Deutsche Positionierung im internationalen Kontext .....	43
3.2.1 Erzeugung .....	44
3.2.2 Klassifizierung und Zertifizierungsmechanismen .....	45
3.2.3 Infrastruktur .....	46
<b>4 Haltepunkte für die Umsetzung</b> .....	<b>47</b>
<b>5 Zeitliche Dimension des Aktionsplans</b> .....	<b>50</b>
<b>Glossar</b> .....	<b>52</b>
<b>Anhang Sondervotum</b> .....	<b>53</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>54</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>54</b>

# Abkürzungsverzeichnis

<b>AFID</b>	Alternative Fuels Infrastructure Directive (Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe)
<b>BAFA</b>	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
<b>BImSchG</b>	Bundes-Immissionsschutzgesetz
<b>BImSchV</b>	Bundes-Immissionsschutzverordnung
<b>BMU</b>	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
<b>BMVI</b>	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
<b>BMWi</b>	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
<b>BOS</b>	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
<b>BUND</b>	Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
<b>CAPEX</b>	Capital Expenditures (Investitionsausgaben)
<b>Ccfd</b>	Carbon Contracts for Difference (CO <sub>2</sub> -Differenzverträge)
<b>CO<sub>2</sub></b>	Kohlenstoffdioxid
<b>CVD</b>	Clean Vehicles Directive (Richtlinie über die Förderung sauberer und energieeffizienter Straßenfahrzeuge)
<b>DRI</b>	Direct Reduced Iron (Direktreduktion von Eisenerz)
<b>DVGW</b>	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
<b>EastMed</b>	Eastern Mediterranean Natural Gas Pipeline
<b>ECH2A</b>	European Clean Hydrogen Alliance
<b>EEG</b>	Erneuerbare-Energien-Gesetz
<b>EFTA</b>	European Free Trade Association (Europäische Freihandelsassoziation)
<b>EnWG</b>	Energiewirtschaftsgesetz
<b>EU</b>	Europäische Union
<b>EU-ETS</b>	European Union Emissions Trading System (EU-Emissionshandelssystem)
<b>Fraunhofer IEG</b>	Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geothermie
<b>Fraunhofer ISE</b>	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme
<b>Fraunhofer ISI</b>	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung
<b>FuE</b>	Forschung und Entwicklung
<b>G20</b>	Gruppe der zwanzig wichtigsten Industrie- und Schwellenländer
<b>G7</b>	Gruppe der Sieben
<b>GW</b>	Gigawatt
<b>H<sub>2</sub></b>	Dimerisierte Form von bzw. molekularer Wasserstoff
<b>IEA</b>	International Energy Agency (Internationale Energieagentur)
<b>IPCEI</b>	Important Project of Common European Interest
<b>IPHE</b>	International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy
<b>IRENA</b>	International Renewable Energy Agency
<b>KMU</b>	Kleine und mittlere Unternehmen
<b>KWK</b>	Kraft-Wärme-Kopplung

<b>LOHC</b>	Liquid Organic Hydrogen Carriers (flüssige organische Wasserstoffträger)
<b>MEDREG</b>	Association of Mediterranean Energy Regulators
<b>Med-TSO</b>	Association of the Mediterranean Transmission System Operators
<b>MPa</b>	Megapascal
<b>NIMBY</b>	Not in my backyard (Nicht in meinem Bereich) – Redewendung
<b>NSEC</b>	North Seas Energy Cooperation
<b>NWR</b>	Nationaler Wasserstoffrat
<b>NWS</b>	Nationale Wasserstoffstrategie
<b>OPEX</b>	Operational Expenditure (Betriebskosten)
<b>PCI</b>	Project of Common Interest
<b>PFAS</b>	Per- and Polyfluoroalkyl Substances (per- und polyfluorierte Alkylverbindungen)
<b>PtL</b>	Power-to-Liquid
<b>PtX</b>	Power-to-X
<b>REACH</b>	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien)
<b>RED I</b>	Renewable Energy Directive I (Erneuerbare-Energien-Richtlinie I)
<b>RED II</b>	Renewable Energy Directive II (Erneuerbare-Energien-Richtlinie II)
<b>RED III</b>	Renewable Energy Directive III (Erneuerbare-Energien-Richtlinie III)
<b>t</b>	Tonne (Maßeinheit)
<b>UN</b>	United Nations (Vereinte Nationen)
<b>USA</b>	United States of America (Vereinigte Staaten von Amerika)
<b>THW</b>	Technisches Hilfswerk
<b>TWh</b>	Terawattstunde
<b>WTO</b>	World Trade Organization (Welthandelsorganisation)





# 1

## Ausgangslage

### 1.1 Klimaschutzziele

Die Europäische Union (EU) verfolgt das Ziel der Klimaneutralität bis spätestens 2050, Deutschland strebt an, bereits 2045 klimaneutral zu sein.

Treibhausgasneutralität ist die Voraussetzung, um die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter auf deutlich unter 2 Grad Celsius und – wie im Pariser Klimaübereinkommen festgelegt – möglichst sogar auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen.

Mit ihrem Klimagesetz hat die EU die Klimaneutralität bis zum Jahr 2050 gesetzlich verankert und mit dem European Green Deal ein umfassendes Maßnahmenpaket auf den Weg gebracht, um dieses Ziel zu erreichen. Entsprechend hat sich das Ambitionsniveau für das Zwischenziel im Jahr 2030 deutlich erhöht. Um 55 Prozent statt 40 Prozent gegenüber 1990 sollen die Treibhausgas-Emissionen nun EU-weit reduziert werden. In den vergangenen drei Jahrzehnten haben die EU-Mitgliedstaaten ihre Emissionen lediglich um rund 25 Prozent senken können. Daher werden bis 2030 signifikante Anstrengungen notwendig sein.

Mit einer Novelle des Klimaschutzgesetzes hat auch die Bundesregierung ihre nationalen Treibhausgas-minderungsziele bis 2030 erhöht: Um 65 Prozent statt 55 Prozent gegenüber 1990 sollen die Treibhausgas-Emissionen nun reduziert werden. Die gesetzliche Grundlage für die nationalen und europäischen Zielvorgaben wurde auf Bundesebene bereits im Dezember 2019 gelegt. Deutschland hat sich im Rahmen der Lastenteilung der EU und im Rahmen seiner nationalen Klimaschutzziele verpflichtet, eine vergleichsweise überdurchschnittlich hohe Treibhausgasreduktion zu erzielen. Die nun verschärften EU-Klimaziele erfordern auch für Deutschland ein höheres Ambitionsniveau in der Emissionseinsparung mit neuen Zwischenzielen für die Jahre 2030 und 2040 für alle Sektoren.

# 2020



Die Bedeutung von Wasserstoff wird durch diese neuen Zielvorgaben grundsätzlich steigen. Denn durch kontinuierliche Technologieverbesserungen während des Hochlaufs einer Wasserstoffwirtschaft werden sich Emissionen umfassender und effizienter reduzieren lassen. Weitgehend klimaneutraler Wasserstoff wird bei dieser Transformation eine zentrale Rolle spielen. Leitendes Prinzip muss dabei sein, Investitionen in Anlagen zu tätigen, die Klimaneutralität, Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit mit-

einander verbinden. Um Lock-in-Effekte zu vermeiden, sollte der Grundsatz der H<sub>2</sub>-Readiness gelten.

Für den konsequenten Einstieg in die Wasserstoffwirtschaft wird zunächst Erdgas eine zentrale Rolle spielen, um Kohle als Energieträger abzulösen. Ziel ist allerdings, auch das Erdgas – so bald wie möglich – sukzessive durch weitgehend klimaneutralen Wasserstoff zu ersetzen.

## 1.2 Wirtschaftliche Motivation

Wasserstofftechnologien spielen nicht nur eine zentrale Rolle bei der Erreichung von Klimaschutzziele, sondern bergen zudem ein enormes Potenzial für Deutschland in der globalen Wirtschaft. Wenn es gelingt, internationaler Vorreiter in der Entwicklung von Wasserstofftechnologien zu werden, können Null-Emissions-Technologien neue Wertschöpfungs- und Exportpotenziale für die deutsche und europäische Wirtschaft schaffen. Auf diese Weise kann Deutschland einerseits zur Dekarbonisierung in anderen Regionen der Welt beitragen, andererseits die heimische Wirtschaft stärken.

Wasserstoff ist Teil einer industriepolitischen Antwort auf das Pariser Klimaübereinkommen. Für einige deutsche Kernindustrien ist Wasserstoff angesichts der ambitionierten Klimaziele die einzige Möglichkeit, den Fortbestand der heimischen Produktion zu sichern. Damit Deutschland zugleich Klimavorreiter werden und Industrialisierung bleiben kann, muss der hiesige Markthochlauf von Wasserstofftechnologien entlang der gesamten Wertschöpfungskette – also von der Erzeugung über die Speicherung und den Transport bis hin zu den Anwendungen – gelingen. Das schließt insbesondere den Aufbau einer qualifizierten und effizienten Zulieferindustrie für die wirtschaftliche Massenfertigung mit ein.

Deutschland hat beste Voraussetzungen, mit einer nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft zum Vorbild für andere Länder zu werden: mit seinem Mittelstand, seinen Industrieclustern, der vorhandenen Energieinfrastruktur, der jahrzehntelangen Vorentwicklung von Wasserstofftechnologien in Industrie und Wissenschaft sowie der ausgeprägten Forschungsexpertise und Wissenschaftslandschaft. Diese Entwicklung wird aber kein Selbstläufer sein: Das zeigt nicht zuletzt das Beispiel der Photovoltaik. Deutschland galt als führen-

der Technologieentwickler, wurde in der Produktion jedoch schnell von anderen Nationen überholt. Entwicklungen wie diese gilt es beim Thema Wasserstoff durch ständigen Innovationsvorsprung zu vermeiden. Auch beim Wasserstoff hat der weltweite Wettlauf um die technologische Vorherrschaft längst begonnen.

Eigene Wasserstoffprojekte, Wasserstoffstrategien, die Beteiligung an öffentlichen Förderprojekten oder die Bildung von Allianzen zeigen den Handlungswillen der deutschen Wirtschaft. Effektiver Klimaschutz durch Wasserstofftechnologien und eine erfolgreiche Transformation lassen sich aber nur erreichen, wenn es gelingt, die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Anwenderindustrien und damit auch die Wertschöpfungsketten im Inland zu sichern, und wenn klimaneutrale Technologien auf dem Weltmarkt auch ökonomisch wettbewerbsfähig sind. Mittelfristig ist dafür sowohl ein realwirtschaftliches Umfeld notwendig, das klimafreundlichen Geschäftsmodellen einen Vorteil gegenüber fossilen Alternativen verschafft, als auch ein attraktives Finanzierungssystem, in dem entsprechendes Wagniskapital zur Verfügung steht. Die Koordination zahlreicher Akteure über mehrere Sektoren hinweg erfordert dringend eine Erhöhung der Effektivität marktorientierter Anreize. Dazu gilt es, (1) die CO<sub>2</sub>-Bepreisung in allen Sektoren zu stärken, (2) im Rahmen einer Reform der Abgaben und Umlagen insbesondere den Strompreis von der EEG-Umlage zu befreien und (3) die Stromsteuer deutlich zu reduzieren. Dies würde Haushalte sowie Unternehmen entlasten und gleichzeitig für nahezu alle Akteursgruppen Anreize für Investitionen in Sektorkopplung schaffen. Für Unternehmen und die öffentliche Hand würde ein Wegfall der Finanzierung des EEG über die Umlage einen Abbau von Bürokratiekosten bedeuten. Da hohe Strompreise für viele Akteure ein Investitionshemmnis darstellen, ist eine

allgemeine Regelung vielen spezifischen Ausnahmeregelungen vorzuziehen. Für einzelne Anwendungen sind aufgrund des zeitlichen Vorlaufs einer solchen Reform schnellere individuelle Lösungen notwendig.

Starke Anreize zur Skalierung von Aktivitäten – durch Förderung und Anpassungen des realwirtschaftlichen Umfeldes – sind Treiber einer möglichst schnellen Kostenreduktion. Niedrigere Kosten führen wiederum zu einer breiten Marktdurchdringung und einer schnelleren Reduktion der Treibhausgase. Um Innovationen zum Durchbruch zu verhelfen und zu skalieren, ist darüber hinaus ein unkomplizierter Zugang der Unternehmen zu (Wagnis-)Kapital entscheidend. Um dabei international eine Vorreiterrolle einzunehmen, muss Europa, (1) geschlossen handeln, (2) Partnerschaften

bilden und leben, (3) das realwirtschaftliche Umfeld unterstützen und (4) den Kapitalmarkt stärken. Der Blick muss über die eigenen nationalen Grenzen hinausgehen, denn schon heute ist klar, dass der Einstieg in eine Wasserstoffwirtschaft nur gemeinsam gelingen kann.

Aus Sicht des NWR ist der Zeitraum bis zum Jahr 2030 die entscheidende Etappe für den Klimaschutz und die industrielle Wettbewerbsfähigkeit Europas. Dabei muss die forcierte Industrialisierung mit weiteren Forschungsaktivitäten Hand in Hand gehen. Forschung wird weiterhin von Bedeutung sein – sowohl bei der Entwicklung weiterer Generationen neuer Technologien als auch bei der Skalierung der Produktion, zum Beispiel in den Bereichen Brennstoffzelle und Elektrolyse.

## 1.3 Nationale Wasserstoffstrategie

Bundesregierung und EU-Kommission haben die Notwendigkeit und die Potenziale von Wasserstofftechnologien erkannt. Um diese Potenziale zu heben, hat die Bundesregierung die NWS verabschiedet und die EU-Kommission eine europäische Wasserstoffstrategie. Die NWS definiert den Handlungsrahmen für die künftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und die Weiterverwendung von Wasserstoff und damit für entsprechende Innovationen und Investitionen.

Die NWS verfolgt dabei insbesondere die folgenden Ziele:

- ◆ Wasserstofftechnologien als Schlüsseltechnologien der Energiewende etablieren
- ◆ Regulative Voraussetzungen für den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien schaffen
- ◆ Internationale Wettbewerbsfähigkeit und Exporte deutscher Unternehmen stärken
- ◆ Zukünftige Versorgung mit klimaneutralem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten sichern

Damit hat die Bundesregierung ein hohes Ambitionsniveau definiert. Deutschland möchte mit der NWS einen Heimatmarkt mit starker inländischer Produktion und Anwendung schaffen und gleichzeitig Exportchancen für Technologien „Made in Germany“ eröffnen. Dies setzt den Aufbau einer deutschen Industrie für die Herstellung von Elektrolyseuren und Brennstoffzellen zwingend voraus. Hierzulande soll Wasserstoff als wettbewerbsfähiger Energieträger in allen Sektoren etabliert werden. Auf internationaler Ebene will Deutschland federführend an multilateralen Vorhaben mitwirken.

Als Teil des Konjunkturpaketes 2020 sieht die Bundesregierung für die NWS Bundesmittel in Höhe von neun Milliarden Euro vor (siehe Abbildung 1). Diese Mittel sollen die erste Etappe des Markthochlaufs bis 2023 finanzieren. Von den neun Milliarden Euro sind sieben Milliarden für den nationalen Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft vorgesehen, zwei Milliarden für internationale Wasserstoffpartnerschaften. Dazu gehören der Aufbau einer Import-Infrastruktur und die Erzeugung von Wasserstoff in Drittstaaten.



Einheitlich ansteigende CO<sub>2</sub>-Preise beispielsweise generieren zukünftig einen Vorteil klimaneutraler Geschäftsmodelle gegenüber fossilen Alternativen. Voraussetzung ist ein effektiver Carbon-Leakage-Schutz, der die internationale Wettbewerbsfähigkeit sichert. Die Einführung einer solchen CO<sub>2</sub>-Bepreisung in allen Sektoren sollte einhergehen mit einer möglichst weitgehenden Befreiung der Energiepreise von verzerrenden Abgaben und Umlagen sowie der konsequenten Abschaffung der direkten und indirekten Subvention fossiler Energieträger. Ein Wegfall staatlich induzierter Abgaben und Umlagen beim Strompreis ist beispielsweise geeignet, um die Belastung der Haushalte sowie der Unternehmen durch die Stärkung der CO<sub>2</sub>-Bepreisung zu kompensieren. Gleichzeitig würden die Anreize für Investitionen in Sektorkopplung gestärkt. Die Nutzung weitgehend klimaneutralen Stroms für Mobilität, Wärmeerzeugung und Industrie würde also attraktiver.

Eine grundlegende und politisch glaubhafte Neuordnung der wirtschaftlichen Rahmenbedingungen mit Blick auf die CO<sub>2</sub>-Bepreisung, die Belastung der Strompreise durch staatliche Mechanismen sowie der Abbau von verzerrenden Subventionen geben Wirtschaft und Verbrauchern Planungssicherheit und schaffen Vertrauen. Ein robustes, berechenbares regulatorisches und marktliches Umfeld wird vorausschauende Investitionen ermöglichen, die marktliche Koordination sowie den Wettbewerb verstärken und die Entstehung entsprechender Wertschöpfungsketten anreizen. Die Erwartung eines attraktiven und sicheren Marktumfeldes kann also entscheidende Dynamiken auslösen.

Gerade zu Beginn des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft und in der ersten Phase der genannten Reformen werden jedoch auch weitere ergänzende Flankierungsmechanismen erforderlich bleiben. Die Notwendigkeit, der Umfang bzw. die Kleinteiligkeit und gegebenenfalls auch die Dauer zusätzlicher Förderprogramme können und sollten jedoch im Kontext dieser Reformen deutlich reduziert bzw. auf jene Bereiche konzentriert werden, in denen zeitnah über einen Technologiewechsel substanzielle CO<sub>2</sub>-Reduktionen auf den Weg gebracht werden können. Damit werden sich die zeitlichen Abläufe beschleunigen, werden die Integration von Wertschöpfungsketten und der entsprechende Wettbewerb verbessert bzw. ermöglicht und die regulatorischen Risiken für alle Marktteilnehmer reduziert. Die Gefahr, dass sich die notwendige Dynamik trotz Einsatzes erheblicher Mittel nicht entfaltet, kann deutlich verringert werden. Die Kombination einer glaubhaften und weitsichtig wie strategisch angelegten Reform des marktlichen und regulatorischen Umfeldes mit ergänzenden, jedoch schlank angelegten und auf die essenziellen Bereiche fokussierten Flankierungsmaßnahmen kann den Hochlauf wasserstoffbasierter Geschäftsfelder deutlich beschleunigen und robuster machen. Dies kann und wird auch die Wettbewerbssituation Deutschlands und Europas mit Blick auf diejenigen Weltregionen verbessern, die die Führerschaft bei Technologien und Geschäftsmodellen der Wasserstoffwirtschaft ebenfalls als strategisches Ziel verfolgen.

Um die EU-Klimaschutzziele 2030 zu erreichen, hat die EU mit der RED II eine Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch vorgeschrieben. Dabei sind die verschärften Klimaschutzziele für 2030 noch nicht berücksichtigt. Für den Straßen- und Schienenverkehr gilt nach § 25 der Richtlinie eine Mindestquote von 14 Prozent erneuerbarer Energien, die durch eine Verpflichtung der Inverkehrbringer von Kraftstoffen für jeden EU-Mitgliedstaat bis 2030 zu erreichen ist. Deutschland setzt die Vorgaben der RED II wie schon bei der vorangegangenen Richtlinie (RED I) von 2009 über Änderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) und der nachgelagerten Verordnung (BImSchV) um. Insbesondere die konkrete Definition der Bedingungen für die Anerkennung von strombasierten Kraftstoffen im Rahmen der RED II kann eine erhebliche Strahlkraft in andere Anwendungsbereiche haben und wird Ende 2021 verfügbar sein.

# 2

## Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft

Die Bundesregierung hat sich mit der NWS ambitionierte Ziele gesetzt. Um die skizzierten klima- wie auch industriepolitischen Effekte in Deutschland mit positiven Auswirkungen auf CO<sub>2</sub>-Ausstoß, Wertschöpfung, Technologieentwicklung und Exportpotenziale zu erzielen, muss der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zügig in die Wege geleitet werden.

Der Zeitraum bis 2030 bzw. 2035 ist die entscheidende Etappe für die Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft in Europa und Deutschland. In diesem Zeitraum wird sich entscheiden, ob Deutschland in der Wasserstoffwirtschaft die anvisierte Rolle als Leitmarkt und Technologieexporteur für H<sub>2</sub>- und PtX-Technologie einnimmt oder andere Länder diese Rolle auf dem europäischen und internationalen Markt übernehmen. Bis zum Jahr 2030 muss Deutschland ehrgeizige Klimaschutzziele erreichen, die ohne einen ambitionierten Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft nicht erreichbar sind.

Dafür braucht es

- ♦ eine ausreichende Menge weitgehend klimaneutralen Wasserstoffs,
- ♦ geeignete Transport- und Speicher-Infrastrukturen und
- ♦ einen umfassenden, flächendeckenden Einsatz von Wasserstoff in allen Sektoren.

Daneben sind ergänzende Maßnahmen wie beispielsweise der Aufbau von Wasserstoffhubs entlang der europäischen Flüsse notwendig.

Im Folgenden wird ein aus Sicht des NWR sinnvolles mittelfristiges Zielbild für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft für die Jahre 2030, 2035 und 2040 gezeichnet. Angesichts der in der NWS formulierten klimapolitischen sowie ökonomischen Ziele werden die jeweils denkbaren Korridore für die Verwendung von Wasserstoff in den Sektoren Industrie, Mobilität, Wärme und Energie skizziert, den zu erwartenden Wasserstoffaufkommen aus heimischer Produktion und notwendigen Importen gegenübergestellt und mit den sich daraus ableitenden Infrastrukturbedarfen unterlegt.

# 2025

## 2.1 Wasserstoffbedarfe

Weitgehend klimaneutraler Wasserstoff soll in den Sektoren Einsatz finden, wo er gegenüber grünem Strom bei der Dekarbonisierung der jeweiligen

Anwendung aus technischen, wirtschaftlichen oder energiesystemdienlichen Gründen Vorteile aufweist oder die einzig mögliche Option darstellt.

### 2.1.1 Industrie

Im Industriebereich wird bereits heute vielfach Wasserstoff eingesetzt, insbesondere als Grundstoff zur Herstellung von Grundchemikalien wie Ammoniak und Methanol sowie als Prozessgas in Raffinerieprozessen.

Der heutige Wasserstoffbedarf in der Chemieindustrie liegt bei ca. 1,1 Millionen Tonnen pro Jahr (37 TWh). Der Wasserstoff wird mehrheitlich aus Erdgas per Dampfreformierung (als sogenannter grauer Wasserstoff) gewonnen. Aktuell wird erwartet, dass der Bedarf hier in den kommenden Jahren konstant bleibt und die Substitution durch grünen Wasserstoff erst nach 2030 erfolgt, zum Teil weil zur Produktion von grünem Wasserstoff neue Anlagen gebaut werden müssen. Um Treibhausgasneutralität zu erreichen, müssen bis 2050 der heute verwendete graue durch grünen Wasserstoff ersetzt und die bislang erdölbasierten Rohstoffe dekarbonisiert werden. Die Chemie verwendet heute 21,5 Millionen Tonnen kohlenstoffhaltige Rohstoffe, überwiegend Naphtha, welches perspektivisch aus im Kreislauf geführtem und die Atmosphäre nicht belastendem CO<sub>2</sub> synthetisiert werden kann. Der für die Naphtha-Synthese verwendete Wasserstoff erhöht den Bedarf bis 2050 um ein Vielfaches, auf nahezu sieben Millionen Tonnen (227 TWh) pro Jahr für die chemische Industrie insgesamt, wodurch 54 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> reduziert werden können. So werden pro Tonne Wasserstoff rund zehn Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart (beziehungsweise 284 Tonnen CO<sub>2</sub> pro GW Wasserstoff).

Insbesondere ab 2040 wird der Bedarf an grünem Wasserstoff für die Herstellung von synthetischem Naphtha rasant ansteigen. Ob und in welchem Umfang neben Wasserstoff auch chemische Zwischenprodukte wie Naphtha über internationale Märkte bereitgestellt werden können oder sollen, bedarf einer vertieften Diskussion.

Neue Anwendungsgebiete für Wasserstoff ergeben sich kurz- bis mittelfristig vor allem in der Stahlindustrie. Hier wird bis 2030 ein großer Bedarf an grünem Wasserstoff entstehen, da mit der Direktreduktion auf Wasserstoffbasis die zentrale Technologie im Grundsatz bereits zur Verfügung steht. Die Direktreduktion auf Erdgasbasis ist bereits Stand der Technik. Für den mit Blick auf die Zeit ab 2025 zügigen und substanziellen Einstieg in die Dekarbonisierung kann und wird zudem Erdgas eine zentrale Rolle spielen müssen, sofern dadurch eine Umstellung auf erneuerbaren Wasserstoff eingeleitet wird.

Aktuell wird eine Produktionsumstellung von zehn Millionen Tonnen auf das Direktreduktionsverfahren (DRI) bis 2030 angestrebt, sofern die politischen Rahmenbedingungen geschaffen werden. Werden diese Anlagen zu 100 Prozent mit grünem Wasserstoff betrieben, können knapp 17 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Das wären 30 Prozent weniger als 2018. Damit verbunden wäre ein Bedarf an grünem Wasserstoff in Höhe von rund 600.000 Tonnen (20 TWh). Solange grüner Wasserstoff nicht ausreichend zur Verfügung steht, können für Einstieg und Übergang auch Erdgas eingesetzt und so bereits zwei Drittel der CO<sub>2</sub>-Emissionen eingespart werden. Es können mit den Anlagen je nach Wasserstoffverfügbarkeit auch flexible Mischkonzepte mit Erdgas und Wasserstoff verfolgt werden. Die Direktreduktionsanlagen müssen mit steigender Wasserstoffverfügbarkeit bis zur Klimaneutralität 2050 nur noch geringfügig bis gar nicht angepasst werden. Eine vollständige Umstellung der Primärstahlreduktion von 30 Millionen Tonnen in Deutschland auf die wasserstoffbasierte Direktreduktion bis 2050 wäre mit einem Bedarf an grünem Wasserstoff in Höhe von rund zwei Millionen Tonnen (70 TWh) verbunden. Damit können etwa 50 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> eingespart werden. Das wäre eine Ersparnis von 28 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Tonne eingesetzter grüner Wasserstoff bzw. 830 Tonnen CO<sub>2</sub> pro GW H<sub>2</sub>.

Dieses vergleichsweise hohe Einsparpotenzial ist zudem an wenigen, klar definierten und einfach zu überwachenden Standorten zu heben. Die Industriebranchen mit hohen Prozessemissionen haben aufgrund der Produktionsprozesse keine Alternative zum Einsatz von Wasserstoff zur Erreichung der Klimaneutralität.

Darüber hinaus bietet grüner Wasserstoff für die Zementindustrie die Möglichkeit, indirekt Emissionen über die Umwandlung von abgeschiedenem CO<sub>2</sub> in chemische Grundstoffe oder synthetische Brennstoffe zu reduzieren.

In der Summe zeichnet sich somit für den Industriesektor (ohne Raffinerien) nach heutigem Stand bis 2030

ein Wasserstoffbedarf in Höhe von 1,7 Millionen Tonnen pro Jahr (57 TWh) ab – davon 35 Prozent grüner Wasserstoff im Stahlbereich –, der sich bis 2050 auf knapp neun Millionen Tonnen erhöhen könnte. 2035 benötigen Stahl und Chemie ca. 2,3 Millionen Tonnen (77 TWh) Wasserstoff, 2040 2,8 Millionen Tonnen (93 TWh). Davon werden ca. 50 Prozent grüner Wasserstoff sein. Eine Nutzungskonkurrenz zwischen den zuvor genannten Industriesektoren bei grünem Wasserstoff ist insbesondere bis 2030 nicht erkennbar, da dieser nur im Stahlbereich nachgefragt wird. Übergangstechnologien wie Erdgas bilden hier mit Blick auf Mengenverfügbarkeit und Kosten eine unverzichtbare Flexibilisierungsoption auf dem Weg zur Erreichung der Klimaneutralität.

## 2.1.2 Mobilität

Da sich keine anderen Alternativtechnologien mit Potenzial für den Masseneinsatz abzeichnen, ist der NWR überzeugt, dass im landgebundenen Verkehr der Schwerpunkt auf batteriebetriebenen Fahrzeugen und solchen mit Wasserstoff- und Brennstoffzellenantrieben liegt. Darüber hinaus werden E-Fuels in einigen Anwendungsbereichen zum Einsatz kommen und langfristig, also über mehr als 40 Jahre ab heute, benötigt werden (siehe Glossar).

Treiber für neue Antriebstechnologien sind die bestehenden Energieeffizienz- und CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards für die Neufahrzeugflotten der Hersteller, die in Europa und weltweit für Straßenfahrzeuge bis 2030 existieren und für den Zeitraum danach fortgeschrieben werden sollen. Daraus ergeben sich für neu zugelassene Straßenfahrzeuge zu erreichende CO<sub>2</sub>-Minderungsziele, die im Jahr 2030 bei Nicht-Einhaltung in Europa zu Strafzahlungen in der Größenordnung von 400 bis 500 Euro je nicht vermiedener Tonne CO<sub>2</sub> führen. Während der durch die Hersteller gelegte Schwerpunkt bei den Pkw auf der batterieelektrischen Mobilität liegt und diese ihre Investitionen wesentlich in dieser Technologie allokalieren, erfolgen aktuell im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge Investitionen in Batterietechnologien und in Speichertechnologien für Wasserstoff.

Für andere Verkehrsträger bestehen weitere Ziele, die Anreize für den Einsatz klimafreundlicher Antriebssysteme und Energieträger setzen. Der dadurch über die Zeit entstehende Wasserstoffbedarf ergibt sich dabei unter anderem aus den notwendigen Zeiträumen für die Produktentwicklung der jeweiligen Verkehrsmittel: So dauert beispielsweise die Entwicklung eines neuen Straßenfahrzeugs fünf bis acht Jahre, ein Flugzeug – speziell bei der Entwicklung neuer Antriebssysteme – steht erst nach mehr als zehn Jahren Entwicklungszeit zur Verfügung. Neben der weitgehend klimaneutralen Wasserstoffherzeugung ist für die Nutzung von Wasserstoff im Verkehrssektor der Aufbau eines qualitativ hochwertigen Wasserstofftankstellennetzes mit dem Schwerpunkt auf dem Schwerlastverkehr notwendig. Es ist festzulegen, ob für den Hochlauf der Wasserstoffmobilität die Nutzung als komprimiertes Gas und/oder als kryogener Flüssigwasserstoff zur Verfügung gestellt werden muss oder die Infrastruktur für verschiedene Formen des Wasserstoffs ausgebaut werden muss. Diese Infrastrukturentwicklung muss rechtzeitig gestartet werden und auf den Hochlauf des Wasserstoffverbrauchs im Verkehrssektor abgestimmt sein.

Darüber hinaus muss es gelingen, die wirtschaftliche Herstellung der Wasserstoffsystemkomponenten zu realisieren, die schließlich zu einer Kostenparität mit den fossilen Antriebssystemen führt. Aktuell fehlen jedoch die dafür notwendigen hochratenfähigen Technologien, die eine Skalierung der Fertigung bis zur industriellen Massenproduktion ermöglichen. Mit ihrer Entwicklung würde sich für Deutschland die einmalige Chance eröffnen, das Thema Wasserstoff nicht nur klimapolitisch zu betrachten, sondern auch im Sinne einer nachhaltigen Wertschöpfung zu etablieren. Hieran könnte insbesondere die Automobilindustrie und der Maschinen- und Anlagenbau in Deutschland partizipieren.

Mobilität in Deutschland ist eingebettet in Europa; im Schiffs- und Flugverkehr existieren über Europa hinausgehende Verkehrsrelationen. Deshalb müssen alle Entwicklungen in Deutschland in europäische bzw. internationale Verkehre integrierbar sein und auch die dortigen Entwicklungen mit verfolgen. Auch werden die neuen Antriebstechnologien im Straßengüterverkehr nicht die gleiche Reichweite bieten wie die bestehenden Konzepte. Somit wird die Anzahl der Tank- und Beladungsvorgänge im Vergleich zu heute zunehmen und zwangsläufig zu einer Steigerung des innerdeutschen Energiebedarfs führen.

Neben dem Straßenverkehr entwickeln sich auch Technologien für den Luft-, Schienen- und Seeverkehr weiter: Welche Kraftstofftechnologien sich im internationalen Seeverkehr durchsetzen werden, lässt sich zum heutigen Zeitpunkt noch nicht sagen. Klimaneutrale technische Lösungen für den Seeverkehr basieren vor allem auf der Nutzung von E-Fuels, E-Ammoniak, E-Methanol, E-Methan, aber für kurze Distanzen auch auf der direkten Verwendung von Wasserstoff.

Auf der Langstrecke werden im Luftverkehr weitgehend klimaneutrale, wasserstoffbasierte Kraftstoffe zum Einsatz kommen, um die dortigen Treibhausgas-Emissionen zu minimieren. Im Kurz- und Mittelstreckenluftverkehr könnte auch der direkte Einsatz von Flüssigwasserstoff um 2035 herum zu CO<sub>2</sub>-Emissionseinsparungen führen.

Die Verwendung von fossilem Diesel im Zugverkehr wird zunehmend zurückgedrängt. Wasserstoff und die Brennstoffzelle sind hier wesentliche Alternativen, die absehbar allerdings nur zu überschaubaren Wasserstoffbedarfsmengen führen werden und entsprechend in die europäischen Entwicklungen eingebettet sein müssen, insbesondere vor dem Hintergrund der neuen transeuropäischen Verbände.

Auch im Jahr 2030 werden vermutlich noch 75 Prozent aller Bestandsfahrzeuge im Straßenverkehr mit einem Verbrennungsmotor ausgestattet sein. Ein für Luft- und Schifffahrt notwendiger Markthochlauf von weitgehend klimaneutralen, wasserstoffbasierten Kraftstoffen kann hier in der Übergangsphase weitere Treibhausgasreduktionen erwirken. Für alle Anwendungen, die schwer zu elektrifizieren sind, in denen weder Fahrzeuge noch eine Infrastruktur für die direkte Wasserstoffnutzung zur Verfügung stehen oder in denen eine Vermeidung und Verlagerung von Verkehr nicht möglich sind, könnten ebenfalls strombasierte Kraftstoffe genutzt werden.

Ausgehend von dem zuvor in seiner Stellungnahme zur Umsetzung der RED II entwickelten Mengenraster erachtet der NWR einen Wasserstoffbedarf im Jahr 2030 für den Mobilitätssektor von ca. 25 TWh als plausibel. Dieser Wasserstoffbedarf unterteilt sich in direkt genutzten Wasserstoff in brennstoffzellen-elektrischen Antriebsformen in einer Größenordnung von ca. 17 TWh sowie für die Produktion von Syntheseprodukten in einer Größenordnung von ca. 8 TWh.

Nicht zuletzt getrieben von noch anspruchsvolleren CO<sub>2</sub>-Reduktionszielen ab 2030 wird der Bedarf an Wasserstoff im Mobilitätssektor bis 2035 nochmals drastisch zunehmen. Insbesondere im schweren Nutzfahrzeugbereich erwartet der NWR das Drei- bis Vierfache des Verbrauchs von 2030 nach aktuellen Abschätzungen. Diese deutliche Steigerung erfordert einen sorgfältig und langfristig geplanten Infrastrukturaufbau, der bereits vor 2025 beschlossen werden muss. Neben dem Straßenverkehr könnte der nationale und inner-europäische Luftverkehr ab ca. 2035 beginnen, auch Flüssigwasserstoff als Energieträger zu verwenden, was bis 2040 zu einem Verbrauch von 400.000 Tonnen Wasserstoff (13 TWh) führen könnte. Für die Herstellung von Syntheseprodukten wird für 2035 von einer Menge zwischen 14 TWh und 36 TWh ausgegangen und für 2040 zwischen 23 TWh und 84 TWh, jedoch mit Produktionsstandorten außerhalb Deutschlands.





Insgesamt ist der Wärmemarkt von vielen Facetten und lokalen Unterschieden geprägt. Für belastbare Absatzprognosen fehlt eine detaillierte Analyse unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten. Mögliche Absatzkorridore zeigen eine große Schwankungsbreite. Im Jahr 2019 betrug der Bedarf an Gebäudewärme gut 780 TWh. Wie zuvor beschrieben, ist der Einsatz von

klimaneutralen Gasen eine der möglichen Dekarbonisierungsoptionen. Für den Zeitraum bis 2030 wird ein Absatz an klimaneutralen Gasen – inklusive Biogas – von 10 bis rund 100 TWh im Wärmesektor erwartet. Mit Blick auf die Folgejahre bis 2040 werden die Bedarfe auf einen Korridor zwischen 10 und 154 TWh geschätzt, wobei ein ansteigender Anteil von Wasserstoff zu erwarten ist.

## 2.1.4 Energie

Der Wasserstoffeinsatz im Energiesektor zur Produktion von elektrischer Energie spielt nach Ansicht des NWR im Jahr 2030 nur eine untergeordnete Rolle. Je nach Ausgestaltung der EU-Taxonomy könnte sich das jedoch für neue, in den 2020er Jahren zugebaute Kraftwerke ändern, denn CO<sub>2</sub>-Vorgaben lassen sich teils nur mit signifikanter Beifeuerung von Wasserstoff erreichen. Gleichwohl stehen mit dem abgeschlossenen Kernkraftausstieg und dem fortschreitenden Kohleausstieg notwendige Investitionen in gesicherte Kraftwerksleistung bis 2030 und darüber hinaus an. Damit diese Kapazitäten auch in einem vollständig klimaneutralen Energiesystem 2050 die Versorgungssicherheit gewährleisten können, ist auf H<sub>2</sub>-Readiness oder Nachrüstbarkeit zu achten. Es ist davon auszugehen, dass diese Kraftwerke mit einem steigenden Wasserstoffanteil oder sogar direkt komplett mit Wasserstoff betrieben werden – auch um die durch die Vorgaben der EU-Taxonomy entstehenden Rahmenbedingungen für die Finanzierung von jeglichen Projekten erfüllen zu können.

Darüber hinaus bedarf die schrittweise Umstellung der notwendigen Leitungsinfrastruktur einer ausreichenden Vorlaufzeit. Bis spätestens 2025 werden langfristig verlässliche regulatorische Rahmenbedingungen benötigt. Vor diesem Hintergrund und um die Praxistauglichkeit von H<sub>2</sub>-Readiness-Maßnahmen oder entsprechenden Hybridlösungen abzusichern, sollte im Zusammenhang mit den Flankierungsmaßnahmen für die KWK bzw. für die klimaneutrale Fernwärme ein Segment für den Einsatz von weitgehend klimaneutralem Wasserstoff im Bereich der zentralen Wärmeversorgung durch KWK entwickelt werden.

Für die Folgezeiträume ist der Grad der Direktelektifizierung in den Nachfragesektoren ein wesentlicher Treiber für den Bedarf an Wasserstoff im Energiebereich. Daher erwartet der NWR hier für den betrachteten Zeitraum eine Nachfrage von bis zu 20 TWh für das Jahr 2030 und bis zu 288 TWh für das Jahr 2040.

## 2.2 Wasserstoffaufkommen

Der NWR sieht aktuell eine sehr dynamische Entwicklung auf der Aufkommenseite, sowohl in Bezug auf die technologische Entwicklung als auch auf einzelne Projekte. Wasserstoff und Wasserstoffderivate für Deutschland werden aus verschiedenen Bezugsquellen kommen – ein Großteil des Bedarfs wird importiert werden müssen. Grundsätzlich gehen wir davon aus, dass eine sichere Nachfrage nach Wasserstoff in Deutschland entsprechende Projekte auf der Aufkommenseite auslösen wird. Die genaue Mengenentwicklung und -verteilung sind von einer Vielzahl von Faktoren, nicht zuletzt von den politischen Rahmenbedingungen im In- und Ausland, abhängig.

Aktuell sehen wir folgende grundsätzliche Aufkommensquellen von weitgehend klimaneutralem Wasserstoff für Deutschland:

- ◆ Einheimische Produktion grünen Wasserstoffs mindestens in der in der NWS angestrebten Größenordnung von 5 GW in 2030. Eine deutlich höhere Elektrolyseleistung sollte angestrebt werden, abgesichert durch den Ausbau zusätzlicher erneuerbarer Energien.
- ◆ Import von grünem Wasserstoff aus dem europäischen Ausland, der über kostengünstig und kurzfristig zu nutzende Infrastrukturanbindungen erfolgen kann (Zeithorizont 2030/2035).



## 2.3 Wasserstoffinfrastruktur

Der Wasserstoffinfrastruktur kommt bei der zeitnahen Entwicklung einer marktwirtschaftlich und wettbewerblich organisierten Wasserstoffwirtschaft eine zentrale Rolle zu. Durch die Nutzung von Pipelines ist es möglich, große Energiemengen kostengünstig vom Erzeuger zum Verbraucher zu transportieren – auch grenzüberschreitend in einem europäischen Wasserstoffsystem. Insbesondere vor dem Hintergrund, dass Deutschland einen großen Teil seines Wasserstoffbedarfs langfristig über Importe decken wird, sind die Einbindung des deutschen Wasserstoffnetzes in ein europäisches Verbundnetz und die Anbindung von Importterminals für nicht-pipelinegebundene Importwege wichtig. Eine vernetzte Infrastruktur ist die Grundvoraussetzung für die Entstehung eines liquiden Wasserstoffmarktes.

Deutschland kann bei dem Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur auf ein bestehendes Fundament zurückgreifen. Erdgasleitungen können auf Wasserstoff umgestellt werden. Dies – ergänzt um einzelne Neubauten – ermöglicht einen zügigen und kosteneffizienten Aufbaupfad für die Wasserstoffinfrastruktur. Für Transporte im europäischen Umfeld mit Transportentfernungen von mindestens 3.500 Kilometern sind selbst neu gebaute Pipelines mit Abstand die günstigste Transportform.

Um Wasserstoff auch aus Ländern importieren zu können, für die aufgrund der Distanz eine Lieferung über Pipelines nicht möglich oder wirtschaftlich nicht sinnvoll ist, bietet der Schiffstransport eine Alternative. Dafür muss der Wasserstoff entweder in einen anderen Aggregatzustand (Flüssigwasserstoff) oder in andere Energieträger (zum Beispiel Ammoniak oder LOHC) umgewandelt werden. Der notwendige Umwandlungsprozess ist energie- und kostenintensiv und macht einen wesentlichen Teil der Gesamtkosten aus. Gleichwohl können durch die teilweise sehr günstigen Produktionsbedingungen vor Ort und die dynamische Technologieentwicklung im Schiffstransport auch Importe aus weiter entfernten Quellen für Deutschland attraktiv werden. Deshalb sollten potenzielle Exportländer nicht vorschnell aufgrund der Distanz ausgeschlossen werden, sondern es ist das Potenzial aller möglichen Wasserstoffpartnerschaften zu nutzen. Andererseits bildet die Senkung der Schiffstransportkosten, vor allem mit Blick auf Konversion und Rekonversion, eine zentrale Erfolgsbedingung für den Import von Wasserstoff aus weiter entfernten Erzeugungsregionen.

Die Entwicklung der Wasserstoffinfrastruktur sollte sich an den Anforderungen und Bedarfen der Wasserstoffherzeuger und -anwender orientieren, und erwartbare Bedarfe sind frühzeitig in der Netzplanung zu berücksichtigen. Die deutschen Netzbetreiber haben mit dem Netzentwicklungsplan Gas 2020–2030 aufgezeigt, wie ein Startnetz für Wasserstoff geschaffen werden kann. Zunächst bilden sich erste regionale Wasserstoffcluster, in denen der benötigte Wasserstoff vergleichsweise verbrauchsnahe erzeugt wird, dann werden diese bis 2030 zu einem größeren Netz verbunden inklusive einer ersten Anbindung zu Nachbarländern. Mit dem European Hydrogen Backbone ist ein erstes Konzept entwickelt worden, wie bis 2040 ein europaweites, verbundenes Wasserstoffnetz mit Anbindung an Drittstaaten geschaffen werden kann.

Neben den Fernleitungsnetzen sind auch die Gasverteilnetze für die Versorgung von Wasserstoffkunden wichtig. Das Gasverteilnetz versorgt nicht nur Wärmekunden im Haushalts- und Gewerbebereich, sondern auch einen großen Teil der industriellen Kunden in Deutschland. Daher wird auch das Gasverteilnetz zumindest in Teilen für den Wasserstofftransport ertüchtigt werden müssen.

Deutschland verfügt über große Untertagespeicher, die an die überregionale Transportinfrastruktur angebunden sind. Bis 2030 ist es notwendig, erste Wasserstoffspeicher in Betrieb zu nehmen und somit eine zeitliche Entkopplung von Wasserstoffherzeugung und -verbrauch sowie eine saisonale Speicherung zu ermöglichen. Besonders in der Hochlaufphase können Röhrenspeicher eine Rolle spielen, wenn Speicherbedarfe aus Kostengründen zu groß für Druckbehälter, aber aus Nutzungsgründen noch zu klein für Kavernen sind.

Darüber hinaus müssen weitere Wasserstoffinfrastrukturen geschaffen werden, wie zum Beispiel die Betankungsinfrastruktur für wasserstoffbetriebene Fahrzeuge sowie für die Schiff- und Luftfahrt. Diese Anwendungen haben spezifische Anforderungen an die Wasserstoffbereitstellung sowie die Dichte der Infrastruktur. Auch diese Anforderungen sollten frühzeitig in die Bedarfsplanung für die Entwicklung der Wasserstoffinfrastruktur aufgenommen werden.

# 3 Rahmenbedingungen

Um das skizzierte Zielbild für die Jahre 2030, 2035 und 2040 zu erreichen, muss ein entsprechender regulatorischer Rahmen für Wasserstoff geschaffen werden. Die derzeitigen Rahmenbedingungen sind zugeschnitten auf die bis dato verfügbaren Energieträger. Mit Wasserstoff und seinen Derivaten kann die Kopplung von zahlreichen Sektoren realisiert werden. Damit dies gelingt, müssen zahlreiche existierende Gesetze, Verordnungen, Programme und Standards angepasst oder neu formuliert werden. Im Folgenden sind die aus Sicht des NWR kurz-, mittel- und langfristig erforderlichen Anpassungen der Rahmenbedingungen für die Erzeugung, Anwendung und Infrastruktur von Wasserstoff sowie deren Erforschung skizziert.

Die Wasserstoffwirtschaft ist ein globales Ziel, und die Ambitionen und Abhängigkeiten Deutschlands gehen über die Landesgrenzen hinaus. Daher sind zahlreiche Rahmenbedingungen auch international zu setzen. Deshalb ist es von herausragender Bedeutung, die nationalen Entwicklungen im Rahmen der NWS durch eine enge europäische und auch globale Vernetzung von Zielsetzungen, Strategien und Maßnahmen zu flankieren. Nur bei einem koordinierten Hochlauf einer europäischen Wasserstoffwirtschaft wird die deutsche Industrie national, aber insbesondere auch international Erfolg haben und Absatzmärkte generieren können. Deutschland sollte sein gesamtes politisches Gewicht im Rahmen der EU einsetzen, um hier die notwendigen Rahmenbedingungen für ein ökonomisches und ökologisches Gelingen der Wasserstoffwirtschaft zu schaffen.

# 2030



#### **E.4 EU-Beihilferahmen auf CAPEX- und OPEX-Förderbedarfe ausrichten (EU)**

Für den zeitnahen Aufbau von Erzeugungsanlagen braucht es einen beihilferechtlichen Rahmen, der höhere CAPEX-Förderquoten und -summen sowie OPEX- bzw. Absatzförderung ermöglicht. Dazu gehören beispielsweise CcFD, um Kostenparität zu ermöglichen und anwenderseitig höhere Betriebskosten abzusichern. Die Umsetzung soll in der 2021 anstehenden Reform des EU-Beihilferechts erfolgen. Hierbei sollte sich die Bundesregierung gegenüber der EU-Kommission proaktiv positionieren und frühzeitig einbringen. Ziel der Bundesregierung sollte ein eigenes Kapitel zu Wasserstoff sowie auch für industrielle Transformationstechnologien im EU-Beihilferecht sein, ähnlich wie es für erneuerbare Energien bereits existiert. Darin sollten Produktions-, Absatz- und Betriebskostenbeihilfen ausdrücklich einbezogen werden und Rechtssicherheit bei der Kombination von nationalen und europäischen Förderinstrumenten geschaffen werden. Ein umfassender europäischer Ansatz könnte zudem dazu beitragen, zeit- und ressourcenaufwendige Einzelnotifizierungen von nationalen Förderungen zu vermeiden (diverse NWS-Maßnahmen zu Förderprogrammen, unter anderem 6, 7, 8, 14, 15, 18, 19, 37).

#### **E.5 Ausbaukorridore der erneuerbaren Energien ausweiten (Deutschland)**

Angesichts des anvisierten Ausbaus der Erzeugungskapazitäten müssen die Ausbaukorridore für zusätzliche und für die Wasserstoffnutzung bestimmte erneuerbare Energien im EEG erhöht sowie Maßnahmen zur kurzfristigen Erschließung zusätzlicher Potenziale in allen Bereichen der regenerativen Stromerzeugung getroffen werden. Der Ausbau ist eine notwendige Voraussetzung, um grünen Wasserstoff in Deutschland produzieren zu können.

#### **E.6 Breites Förderregime zügig an den Start bringen (Deutschland)**

Für die Förderung der Erzeugung, der Nutzung und der Infrastruktur müssen die entsprechenden und bereits angekündigten Förderinstrumente konsequent bis Ende des Jahres 2022 erarbeitet werden. Dazu zählen Programme für die PtL-Förderung durch das BMVI und das BMU, diverse Programme für die Elektrolyseförderung im In- und Ausland (federführend durch das BMWi) sowie für die Einführung von CcFD durch das BMU und das BMWi (unter anderem NWS-Maßnahmen 6, 7, 8, 14, 15, 18, 19, 37).

#### **E.7 IPCEI-Entscheidungsprozess beschleunigen (EU)**

Von besonderer Bedeutung sind die zeitnahe und vordringliche Bearbeitung der IPCEI-Interessensbekundungsanträge sowie das Vorantreiben der EU-weiten Koordination und des Matchmaking-Prozesses. Die Bundesregierung sollte auf die EU-Kommission dahingehend einwirken, dass eine Entscheidung noch in 2021 getroffen wird (NWS-Maßnahme 31).

#### **E.8 Abrufbarkeit der Haushaltsmittel für den Markthochlauf verlängern (Deutschland)**

Die vorgesehenen Haushaltsmittel aus dem Konjunktur- und Zukunftspaket für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft sollten zeitlich ausgedehnt und flexibilisiert werden. Um die internationalen Maßnahmen der NWS wie etwa H2Global langfristig abzusichern und Planungssicherheit für Investitionsprojekte mit langer Amortisationsdauer zu schaffen, müssen die Mittel auch deutlich über 2023 hinaus verfügbar sein. Ein haushaltsunabhängiges Instrument, zum Beispiel in Form eines Dekarbonisierungsfonds, sollte erwogen werden.

#### **E.9 Europäische Herkunftsnachweise für Wasserstoff etablieren (EU)**

Die Bundesregierung muss zudem ihren Einfluss in den laufenden Prozessen zur Schaffung von europäischen Herkunftsnachweisen geltend machen (vgl. Kapitel 2.2). Einheitliche Herkunftsnachweise ermöglichen die Nachverfolgung der Herstellungsbedingungen von weitgehend klimaneutralem Wasserstoff, einschließlich der Zertifizierung der unterschiedlichen Wasserstofffarben. Dies gilt als eine wesentliche Voraussetzung, um die Effizienz des Fördermitteleinsatzes sicherzustellen.

### **E.10 H2Global zügig umsetzen und verbessern (International)**

H2Global muss zügig umgesetzt werden, damit internationale Projekte über die Absatzförderung realisiert werden können. So können Projekte zeitnah angestoßen und Investitionsentscheidungen getroffen werden. Die Gelder aus dem Konjunkturpaket können so die gewünschte konjunkturstimulierende Wirkung entfalten. Das Konzept von H2Global sollte regelmäßig überprüft und weiterentwickelt werden. Dazu gehört auch, dass die Governance von H2Global konsequent auf die Transparenz und Legitimation des Mitteleinsatzes, den Import nachhaltiger Produkte und die Eröffnung von langfristigen und robusten Perspektiven für das Wasserstoffaufkommen in Deutschland ausgerichtet wird.

#### UMSETZUNG IN DER KOMMENDEN LEGISLATURPERIODE (2021–2025):

### **E.11 Ressortübergreifende Koordinationsinstitution errichten (Deutschland)**

Nach der Bundestagswahl 2021 sollte eine Institution eingerichtet werden, die die ressortübergreifende Koordination der NWS übernimmt und ihre konsistente Umsetzung gewährleistet (ergänzend zu NWS-Maßnahme 33).

### **E.12 Verstärkten Ausbau der erneuerbaren Energien absichern und flankieren (Deutschland)**

Mit der Anpassung der Ausbaukorridore für erneuerbare Energien (siehe dazu E.5) muss ein umfassendes Paket beschlossen werden, das den verstärkten Ausbau regenerativer Stromerzeugungsanlagen absichert. Dieses Paket sollte die Nutzung der Offshore-Windkraft zur Wasserstoffherzeugung unter Berücksichtigung des Meeres- und Naturschutzes beinhalten und zusätzliche Flächen für erneuerbare Energien sowie Strom- und Gasinfrastrukturanbindungen ausweisen. Im Bereich der Offshore-Windenergie sollte die Zusammenarbeit mit den Nord- und Ostsee-Anrainerstaaten verstärkt werden (NWS-Maßnahme 4).

### **E.13 Langfristige Importverträge mit geeigneten Lieferregionen abschließen (Deutschland)**

Um Anreize für die internationale Erzeugung zu schaffen und die absehbar notwendigen Wasserstoffmengen zu sichern, sollten für den Import von weitgehend klimaneutralem Wasserstoff staatlich flankierte Langfristverträge geschlossen werden, idealerweise mit einer Laufzeit von 15 bis 20 Jahren. Weiterhin wäre beispielsweise die Etablierung von internationalen Handelsplätzen möglich. Dazu sollte die Bundesregierung den Dialog mit potenziellen Lieferregionen initiieren (NWS-Maßnahmen 34 bis 38, ergänzt durch neue Maßnahmen – noch nicht in NWS adressiert).

### **E.14 Europäische Wasserstoffgesellschaft umsetzen (EU/International)**

Mit H2Global gibt es bereits ein internationales Referenzmodell, das auch für das europäische Pendant als Vorbild gelten kann. Der Aufbau des europäischen Auktionsmechanismus sollte unterstützt werden.

### **E.15 Nationale Wasserstoffstrategien EU-weit harmonisieren (EU)**

Zwischen den Wasserstoffstrategien der EU-Mitgliedstaaten gibt es noch signifikante Unterschiede, etwa bei den Themen Klassifizierung, Infrastrukturausbau, Beimischungsquoten und Nutzungspfaden. Die Bundesregierung sollte diese Differenzen zügig auf EU-Ebene adressieren und eine Harmonisierung auch mit Blick auf Partner außerhalb der EU herbeiführen.

### **E.16 EU-Initiativen auf Realisierung von grenzüberschreitenden Wertschöpfungsschritten ausrichten (EU/International)**

Es gibt mittlerweile mehrere EU-Initiativen zu Wasserstoff wie die ECH2A. Diese gilt es kohärent zu nutzen. Zudem müssen Institutionen auf EU-Ebene, aber auch bilateral und regional zügig aufgebaut werden, um Infrastrukturplanung, Transport- und Lieferketten zu realisieren. Das IPCEI-Programm für Wasserstoff sollte zudem auf Nachbarregionen ausgeweitet werden, um auch hier zeitnah einen Markthochlauf und entsprechende Importpotenziale zu realisieren (noch nicht in NWS adressiert).



### E.17 Innereuropäische Kooperationsstrukturen gründen (EU/International)

Wasserstoffkooperationen innerhalb der EU und in der europäischen Nachbarschaft sollten über das pentalaterale Forum NSEC vorangetrieben werden. Parallel gilt es, in anderen Regionen Cluster aufzubauen. Diese Bausteine könnten sich perspektivisch zu einer europäischen Wasserstoffunion zusammenfügen (noch nicht in NWS adressiert).

### E.18 Internationale Standards für Marktkomponenten setzen (International)

Für den Hochlauf der nationalen Erzeugung und die benötigte Kostenreduktion müssen die Genehmigungsverfahren beschleunigt werden. Dabei sollten zügig möglichst international anschlussfähige Standards für Wasserstoffherstellungsanlagen und die entsprechenden Infrastrukturen (Netzanbindung etc.) gesetzt werden. Dies vereinfacht nicht nur die nationalen Genehmigungsprozesse, sondern erhöht auch die Exportchancen für die in Deutschland entwickelten Technologien (NWS-Maßnahme 13).

### E.19 Rechtliche Grundlagen für CO<sub>2</sub>-Abtransport und -Speicherung schaffen (Deutschland/EU)

Sollte sich die Bundesregierung dafür entscheiden, zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft auch blauen Wasserstoff einzusetzen, müssen (völker-)rechtliche Grundlagen für den Abtransport und die Speicherung von CO<sub>2</sub> geschaffen werden. Diese Grundlagen sind insbesondere für Küstenstandorte relevant, von denen aus CO<sub>2</sub> zu Offshore-Speicherstätten transportiert werden kann (noch nicht in NWS adressiert).

### E.20 Staatlich induzierte Preisbestandteile für Energie reformieren (Deutschland)

Mit Blick auf die Finanzierungsinstrumente ist eine konsistenz- und anreizorientierte Reform von Steuern, Abgaben und Umlagen erforderlich.

### E.21 CO<sub>2</sub>-Bepreisungsmechanismen und EU-Energiesteuersystem nachjustieren und umsetzen (EU/Deutschland)

Regulatorische Kostentreiber für die Wasserstoffherzeugung müssen abgebaut werden. In diesem Sinne sollte die Bundesregierung proaktiv auf die Novellierung der verschiedenen direkten oder indirekten CO<sub>2</sub>-Bepreisungsmechanismen auf EU-Ebene einwirken.

### E.22 Über EU-Emissionshandel Anreize für Einsatz von Wasserstofftechnologien setzen (EU)

Das EU-ETS ist ein zentrales Instrument der europäischen Klimapolitik. Es kann und sollte jedoch stärkere Anreize für den Ersatz von konventionellen durch transformative wasserstoffbasierte Technologien setzen. Dies kann beispielsweise durch eine stringenterere Bepreisung der fossilen Wasserstoffherzeugung geschehen. Zusätzlich können durch neue Ansätze für die kostenlose Zuteilung von Emissionsberechtigungen Anreize für die relevanten industriellen Anlagen gesetzt werden. Dafür sind jedoch einige Regeländerungen gegenüber dem heutigen System erforderlich. Zusätzliche Anreize sowie Finanzierungsbeiträge für Investitionen in wasserstoffbasierte Verfahren müssen darüber hinaus auch durch andere Instrumente wie Investitionsförderung, CCfD und Leitmärkte geschaffen werden.

Eine Reform des EU-ETS sollte so ausgestaltet werden, dass einerseits durch die ganze Bandbreite bestehender und gegebenenfalls neuer Mechanismen ein effektiver Schutz vor Carbon Leakage für solche Anlagen erhalten bleibt, die noch nicht erneuert werden können. Andererseits muss die Reform im Rahmen der Modernisierungszyklen starke Anreize sowie ausreichende Finanzierungsbeiträge für den Wechsel zu klimaneutralen Technologien und Einsatzstoffen schaffen.

Diese Veränderungen müssen im unmittelbar bevorstehenden Reformprozess des EU-ETS umgesetzt werden, damit sie für die zweite Hälfte der vierten Handelsperiode des EU-ETS, das heißt ab 2026, ihre Wirksamkeit entfalten können (ergänzend zu NWS-Maßnahme 1).

### E.23 Fördermechanismen konzeptionell ausdifferenzieren (Deutschland)

Es müssen konsistente, differenzierte und rechtlich robuste Konzepte für die Förderung und Nicht-Förderung geschaffen werden. Hierbei sollte eine ganzheitliche Betrachtung von Investitionskosten-, Betriebskosten- und Produkt-/Absatzbeihilfen berücksichtigt werden. Es ist dabei jedoch nach verbrauchsnaher Wasserstoffherzeugung (gegebenenfalls unterschieden nach grün/blau etc.) mit dem Ziel des Ersatzes von grauem Wasserstoff (geringere Kostenparitätslücke), verbrauchsnahe Wasserstoffherzeugung (gegebenenfalls unterschieden nach grün/blau etc.) mit dem Ziel des Ersatzes fossiler Brennstoffe (höhere Kostenparitätslücke) und verbrauchsferne Wasserstoffherzeugung zu unterscheiden (zusätzliche Maßnahme – noch nicht in NWS adressiert).

### E.24 Finanzierungsinstrumente im Bundeshaushalt für die Dekade absichern (Deutschland)

Die Bundesregierung muss haushaltsseitig die Absicherung der notwendigen Finanzierungsinstrumente für einen Zeitraum von mindestens zehn Jahren absichern. Dies kann beispielsweise durch Verpflichtungsermächtigungen oder andere Finanzierungsinstrumente geschehen (diverse Maßnahmen).

### E.25 Institutionelles Kapital zur Finanzierung des Markthochlaufs in Deutschland und Europa mobilisieren (Deutschland/EU)

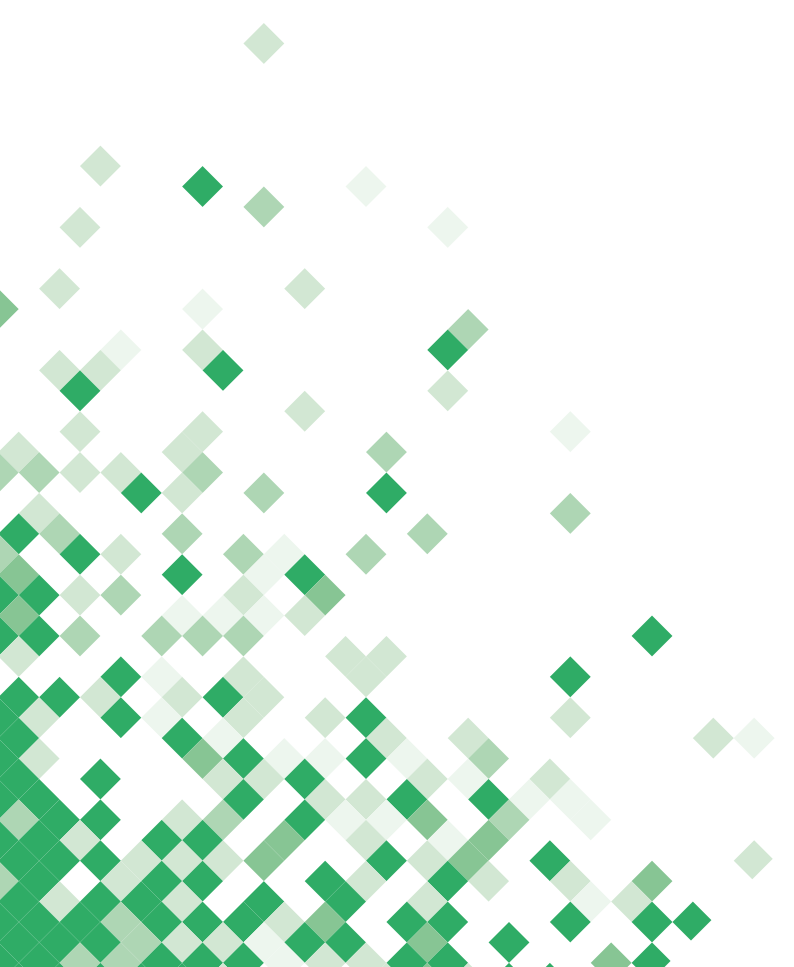
Zur Finanzierung des hohen Investitionsbedarfs für den Wasserstoffmarkthochlauf bietet es sich an, neben staatlicher Unterstützung sehr wettbewerbsfähiges privates Kapital institutioneller, europäischer Investoren – zum Beispiel Pensionsfonds oder Versicherungen – zu mobilisieren. Dadurch kann der Markthochlauf deutlich kostengünstiger realisiert werden. Voraussetzung für die Mobilisierung von institutionellem Kapital ist, dass die Politik für den Markthochlauf einen regulatorischen Rahmen schafft, der eine gemäß den Solvency-II-Regeln niedrige Risikokapitalunterlegung rechtfertigt. Dafür könnte neben CCfD insbesondere auch das von H2Global propagierte sogenannte Doppel-Auktionsmodell geeignet sein (vgl. E.8).

### E.26 International anerkanntes Zertifizierungs- und Trackingsystem für Erzeugung und Importe etablieren (International)

International anerkannte Zertifizierungs- und Trackingmodelle müssen in geeigneten multilateralen Gremien vorangetrieben werden. Es bedarf klarer Standards und Nachhaltigkeitskriterien für die notwendigen Differenzierungen von weitgehend klimaneutralem Wasserstoff aus der EU, der EFTA sowie der Europäischen Energiegemeinschaft und für importierten weitgehend klimaneutralen Wasserstoff aus anderen Regionen. Die Bundesregierung muss eine Debatte hierzu auf internationaler Ebene anstoßen und mit Pilotierungen vorantreiben (NWS-Maßnahmen 13 und 30, vgl. Kapitel 2.2).

### E.27 Markt für Wasserstoffversorgung modellieren (Deutschland)

In der kommenden Legislaturperiode muss ein Marktmodell für die Wasserstoffversorgung entwickelt werden. Das Marktmodell für Erdgas bietet hier bereits einen regulatorischen Rahmen.



## 3.1.2 Industrie

Der Einsatz von weitgehend klimaneutralem Wasserstoff in industriellen Produktionsprozessen ist eine maßgebliche Grundlage für die Dekarbonisierung der Industrie und in vielen Bereichen zudem alternativlos. Zugleich kann die Industrie als großer Nachfrager mit der Fähigkeit zur flexiblen und schnellen Aufnahme ein entscheidender Treiber für den Aufbau und Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft mit gleichzeitigem Nutzen für die anderen Einsatzsektoren sein. Dafür muss weitgehend klimaneutraler Wasserstoff verfügbar gemacht werden.

Soweit der Wasserstoffeinsatz in der Industrie mit einem grundlegenden Technologiewechsel verbunden ist, muss Wasserstoff zu Konditionen bereitgestellt werden, die für die im internationalen Wettbewerb stehenden Industrien tragbar sind. Zudem ist es notwendig, die Investitionen in diese neuen Technologien und Technologieketten zu flankieren und die Wirtschaftlichkeitslücke zu schließen.

### UMSETZUNG SEHR KURZFRISTIG (2021/2022):

#### **A.1 Weitgehend klimaneutralen Wasserstoff verfügbar machen (Deutschland)**

Bereits der Wasserstoffbedarf der Stahl- und Chemieindustrie, zu dem noch Bedarfe aus anderen Sektoren hinzukommen, liegt auf absehbare Zeit deutlich über den erwartbaren Mengen grünen Wasserstoffs aus den in der NWS erwähnten Elektrolysekapazitäten. Deshalb bedarf es zusätzlicher Anstrengungen zur Erzeugung grünen Wasserstoffs. Der Wasserstoffbedarf kann beispielsweise in der Stahlindustrie übergangsweise gedeckt werden, indem andere Gase wie Erdgas mit signifikanter CO<sub>2</sub>-Minderungswirkung eingesetzt werden.

#### **A.2 Einführung von Herkunftsnachweisen für weitgehend klimaneutralen Wasserstoff (Deutschland/EU)**

Eine Voraussetzung für den Einsatz von Wasserstoff und wasserstoffreichen Gasen wie Erdgas in CO<sub>2</sub>-mindernden industriellen Verfahren ist die Erfassung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks des eingesetzten Gases, also die Summe an entstandenen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei dessen Erzeugung, Transport und Verwendung (Scope 1 bis 3). Dadurch wird transparent, wie viel CO<sub>2</sub> mit der Verwendung des jeweiligen Wasserstoffs oder wasserstoffreichen Gases wie Erdgas tatsächlich eingespart werden kann. Wird dies ausgewiesen und anrechenbar gemacht, kann die Industrie trotz Knappheit an grünem Wasserstoff schnell in die Umstellung auf wasserstoffbasierte und CO<sub>2</sub>-arme Industrieverfahren einsteigen und flexibel große Mengen an Wasserstoff abnehmen. Dafür muss zu Beginn der kommenden Legislaturperiode ein robustes System von Herkunftsnachweisen geschaffen werden (vgl. INT.6).

#### **A.3 Geeignetes System für den Nachweis des Einsatzes von grünem Strom für die Erzeugung von Wasserstoff**

Wegen volatiler Erzeugung und steigenden Bedarfen in vielen Sektoren werden neben den Elektrolysekapazitäten auch die Mengen an verfügbarem grünem Strom in Deutschland auf absehbare Zeit knapp sein. Um die Produktion von Wasserstoff per Elektrolyse zu maximieren, sollte der Einsatz von erneuerbarem Strom über Herkunftsnachweise physisch wie bilanziell hinreichend erfolgen können.

#### **A.4 Wasserstoff zum Kunden bringen**

Neben der Verfügbarkeit ausreichend großer Mengen ist es wichtig, dass der Wasserstoff verlässlich zum Kunden kommen kann. Industriekunden müssen zügig an eine vernetzte Infrastruktur angebunden werden, die Zugang zu Wasserstoffquellen im In- und Ausland sowie Wasserstoffspeichern ermöglicht. Die dafür erforderlichen Pipelines und anderen Infrastrukturen sind schnellstmöglich aufzubauen. Die großen Absatzmengen an Industriestandorten sind gleichzeitig ein guter Startpunkt für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur, da sie eine Mindestauslastung sichern. Gleichzeitig erlauben die Investitionen in Elektrolyseanlagen an großen Nachfragestandorten einen sehr frühzeitigen Start in die Wasserstoffanwendungen.

Für Industriekunden ist es – gerade mit Blick auf die hohen Summen bei Investitionsentscheidungen – sehr wichtig, eine verlässliche Perspektive für den Anschluss an das Wasserstoffnetz und gleichzeitig einen kundenfreundlichen Netzzugang mit stabilen, planbaren Transportentgelten zu haben. Es muss sichergestellt sein, dass die Pilotkunden von Wasserstoff in der Industrie nicht durch hohe Entgelte für ihre Pioniertätigkeit bestraft werden.

Die Rahmenbedingungen sind so zu gestalten, dass der Aufbau der inländischen Wasserstoffherzeugung möglichst netz- und systemdienlich erfolgt. Zeitgleich muss die industrielle Wasserstoffproduktion auch an Standorten mit geringen Erzeugungspotenzialen erneuerbarer Energien ermöglicht werden, wo dies aus prozessualen Gründen – zum Beispiel Verbundeffekten – sowohl ökologisch als auch betriebswirtschaftlich sinnvoll ist. In Bezug auf das deutsche Stromnetz bedeutet dies, dass mögliche Engpässe im Stromnetz auf transparente Weise dargestellt und mit Blick auf dieses Spannungsfeld und der Berücksichtigung des Gesamtsystems aus Strom und Wasserstoff bewertet werden.

#### **A.5 Wasserstoffbasierte und H<sub>2</sub>-ready-Produktionsverfahren fördern**

Um die Wirtschaftlichkeit wasserstoffbasierter CO<sub>2</sub>-armer und -freier Produktionsverfahren zu ermöglichen und einen Anreiz für entsprechende Investitionen zu setzen, müssen die zu erwartenden höheren Investitions- und Betriebsmehrkosten gegenüber den etablierten CO<sub>2</sub>-intensiven Verfahren ausgeglichen werden. Dies muss durch eine Kombination aus staatlicher Förderung und der Entwicklung von Leitmärkten für grüne Grundstoffe erfolgen. Den in der NWS angekündigten CCfD für Prozessindustrien kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu. Zugleich sollten in die CAPEX-Förderung auch Anlagen einbezogen werden, die zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme H<sub>2</sub>-ready, das heißt vollständig mit Wasserstoff betreibbar, sind.

#### **A.6 Kombinierbarkeit von Förderprogrammen sicherstellen (EU)**

Es muss eine konfliktfreie Kombinierbarkeit der verschiedenen regionalen, nationalen und europäischen Förderprogramme sichergestellt werden.

#### **A.7 Mittelfristige Förderzusagen über Sondervermögen verbindlich machen (Deutschland)**

Die Unternehmen benötigen für ihre Investitionen Planungssicherheit über einen langen Zeitraum, die durch eine Förderung nach Haushaltslage nicht geschaffen werden kann. Daher muss ein Mechanismus erarbeitet werden, der eine verbindliche Zusicherung von Förderzusagen erlaubt. Dafür sollten ein Sondervermögen für industrielle Transformation eingerichtet und eine Grundlage für gesetzlich verankerte Ansprüche auf Bezuschussung für die Dauer der Abschreibungen geschaffen werden. Für die Ausstattung eines solchen Sondervermögens muss in einem ersten Schritt der Förderbedarf der industriellen Transformation für OPEX- und CAPEX-Kosten bis 2030 bestimmt werden. Da Klimaschutz eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe ist, ist eine sozial gerechte Verteilung der Kosten erforderlich, etwa über eine Steuerfinanzierung. Zu prüfen wäre auch die Einführung einer Klimaabgabe auf CO<sub>2</sub>-intensive Grundstoffe, die für jede Tonne produzierten oder importierten Grundstoff anfällt. Für die Schaffung eines verlässlichen Investitionsrahmens ist begleitend die langfristig verlässliche Refinanzierung des Ausbaus erneuerbarer Energien unverzichtbar.

#### **A.8 CCfD in die breite Umsetzung bringen (Deutschland)**

CCfD sind ein Schlüsselinstrument zum Ausgleich der höheren Betriebskosten (einschließlich Kapitaldienst) wasserstoffbasierter CO<sub>2</sub>-armer Industrieproduktionsverfahren. Das Pilotprogramm für CCfD muss daher rasch auf den Weg gebracht und in Richtung einer breiteren Anwendbarkeit weiterentwickelt werden.

Der Staat oder eine staatlich beauftragte Institution schließt demnach mit den Unternehmen einen Vertrag über garantierte Preise für innovative, treibhausgasarm bzw. -neutral hergestellte Produkte ab oder ermöglicht über den Ausgleich der Mehrkosten für das wasserstoffbasierte Verfahren eine entsprechend wettbewerbsfähige Produktion. Die Differenzkosten zwischen konventioneller und treibhausgasarmer bzw. -neutraler EU-Produktion auf dem Weltmarkt werden ausgeglichen, bis Wettbewerbsverzerrungen oder Carbon-Leakage-Gefährdungen ausgeschlossen werden können oder sich ein Markt für grüne Grundstoffe herausgebildet hat, damit klimaneutrale Produktionsprozesse ihre Mehrkosten erwirtschaften können. Die CCfD sollten vor allem für die Transformation von Industrieproduktion mit prozessbedingten Emissionen bzw. hohen Prozesstemperaturen angewendet und somit nachfrageseitig angesetzt werden.

Im Rahmen der CCfD sollten die Gesamtmehrkosten ausgeglichen werden können, vor allem die Mehrkosten für den weitgehend klimaneutralen Wasserstoff. Die Finanzierungsbeiträge anderer Fördermechanismen und eventuelle Mehrlöse sollten dabei angerechnet werden. Ein Ausgleich nur der nominalen Differenz zum ETS-Preis wäre dabei nicht ausreichend; lediglich reale Erlöse aus tatsächlich veräußerbaren CO<sub>2</sub>-Zertifikaten sollten von der Förderung im Rahmen der CCfD abgezogen werden können. Die Möglichkeit eines Betriebsmehrkostenausgleichs für CO<sub>2</sub>-arme oder klimaneutrale Industrieproduktion durch CCfD muss sehr kurzfristig im EU-Beihilferahmen verankert werden. Langfristig ist eine EU-Harmonisierung anzustreben.

Von zentraler Bedeutung für die Ausgestaltung der CCfD während des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft ist, dass der Betriebsmehrkostenausgleich im Kontext einer gesamtheitlichen Perspektive erfolgt und auch die CO<sub>2</sub>-Minderungseffekte beim stufenweisen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft entsprechend berücksichtigt werden.

Um eine hinreichend robuste Planungsgrundlage für Investitionen der Industrie bilden zu können, müssen CCfD lange Laufzeiten mit verbindlichen Förderzusagen über die Abschreibungszeit der entsprechenden Anlagen beinhalten.

### **A.9 Durch staatliche Anreizsysteme grüne Leitmärkte etablieren (Deutschland/EU)**

Damit sich eine klimaneutrale Grundstoffproduktion langfristig selber tragen kann, müssen sich die höheren Kosten klimaneutraler Produktionsprozesse auch bei den Preisen für Endprodukte niederschlagen. In Ergänzung zu den staatlichen Förderprogrammen sollte daher bereits zu Beginn der nächsten Legislaturperiode mit dem Aufbau von grünen Leitmärkten für Grundstoffe in ausgewählten Sektoren begonnen werden, die den Hochlauf von Investitionen in klimaneutrale Verfahren unterstützen und damit auch den Förderbedarf senken. Wo immer möglich, sollte die Bundesregierung angesichts der bis auf Weiteres bestehenden Knappheit an grünem Wasserstoff auf staatliche Anreizsysteme bei den Grundstoffverwendern setzen, um eine Nachfrage nach klimaneutralen, aber teuren Grundstoffen mit entsprechender Zahlungsbereitschaft zu schaffen.

### **A.10 Einbauquoten von Materialien aus Herstellung mit grünem Wasserstoff prüfen (Deutschland/EU)**

Ergänzend sollten aber zügig auch Regelungen für den verbindlichen Einsatz von grünen Materialien erarbeitet werden. Die Bundesregierung muss dafür einen verbindlichen Regulierungsrahmen erarbeiten. Ansatzpunkte ergeben sich beispielsweise bei den Normen der öffentlichen Beschaffung oder den EU-CO<sub>2</sub>-Normen für Pkw sowie auch den EEG-Ausschreibungen. Zudem sollte die Einführung von Quoten und Standards zur verbindlichen Verwendung von Materialien intensiv geprüft werden. Für den raschen Einstieg sollte zunächst der Rahmen für Leitmärkte auf nationaler Ebene geschaffen werden; längerfristig, spätestens ab 2030, sind EU-Regelungen erforderlich. Als Voraussetzung für grüne Leitmärkte müssen geeignete Definitionen und Nachweissysteme für klimaneutrale Grundstoffe festgelegt werden. Nicht zuletzt das öffentliche Beschaffungswesen muss konsequent auf grüne Grundstoffe umgestellt werden.



### 3.1.3 Mobilität

Der Zeitraum bis 2030 wird vom Hochlauf der erforderlichen Technologien und dem Inkrafttreten der rahmengebenden Regularien geprägt sein. Die Ausgestaltung des technischen und marktlichen Rahmens sowie der Aufbau der notwendigen Infrastrukturen bei gleichzeitiger Reduktion der Herstellungskosten durch Hochskalierung sind daher wesentliche Anforderungen für die Nutzung von Wasserstoff und wasserstoffbasierter Energieträger im Verkehr.

#### UMSETZUNG SEHR KURZFRISTIG (2021/2022):

##### **M.1 Über technische Regelwerke Standards für die Nutzung definieren (International)**

Bereits in diesem und im kommenden Jahr ist es angesichts der technischen Vorlaufzeiten unabdingbar, verlässliche technische Regelwerke für die Zulassung von schweren Nutzfahrzeugen und Schienenfahrzeugen sowie für Wasserstofftankstellen zu schaffen (NWS-Maßnahme 13). Wegen des geringeren technischen Stands, der Komplexität der Flugzeugentwicklung sowie der Abstimmungsprozesse auf internationaler Ebene ist mit einem längeren Prozess für die Erstellung der technischen Regelwerke zu rechnen. Deshalb muss die technische Rahmensetzung, unter anderem für die Entwicklung von wasserstoffgetriebenen Flugzeugen, möglichst zeitnah beginnen.

##### **M.2 In Europa eingebettetes Tankstelleninfrastrukturkonzept auf den Weg bringen (Deutschland/EU)**

Der Aufbau der benötigten Infrastruktur für die Wasserstoffnutzung im Verkehrssektor benötigt Zeit. In Anlehnung an den derzeit stattfindenden Prozess zur Planung einer Hochleistungsladeinfrastruktur für Lkw muss ebenfalls kurzfristig ein detailliertes Infrastrukturkonzept für ein in Europa eingebettetes Wasserstofftankstellennetzwerk erarbeitet werden, das eine zügige Umsetzung der erwarteten Novellierung der AFID ermöglicht. Das Konzept soll die in Kapitel 2 genannten Bedarfe des Verkehrssektors als Basis nehmen.

##### **M.3 Mit Pilotprojekten verschiedene Technologieoptionen erproben (Deutschland)**

Kurzfristig sollten entlang der Wertschöpfungskette vollintegrierte Pilotprojekte für die Wasserstoffnutzung im Lkw- und Schienenverkehr in großem Maßstab durchgeführt und substantiell von der Bundesregierung unterstützt werden, um verschiedene Technologieoptionen für die Betankung und Speicherung des Wasserstoffs in den Fahrzeugen zu erproben.

##### **M.4 Aufbau der Zulieferindustrie für Wasserstoffleitmärkte im Mobilitätsbereich (EU)**

Der Aufbau einer wettbewerbsfähigen Zulieferindustrie für Brennstoffzellen, Brennstoffzellensysteme und deren Komponenten muss unterstützt werden. Von besonderer Bedeutung in diesem Kontext sind die zeitnahe und vordringliche Bearbeitung der IPCEI-Interessensbekundungsanträge im Bereich der Mobilität sowie das Vorantreiben der EU-weiten Koordination und des Matchmaking-Prozesses. Ziel sollte es sein, innereuropäische Projektpartnerschaften in der umfassenden Wertschöpfungskette für Leitmärkte wie Heavy-Duty-Mobilitätsanwendungen aufzubauen. Insbesondere sind hier die Industrialisierungsbedarfe und hohen Investitionsaufwendungen der Komponentenzulieferindustrie sowie der Brennstoffzellen- und Brennstoffzellensystemhersteller zu berücksichtigen und die Investitionssicherheit dieser mittelständisch geprägten Industrie deutlich zu verbessern. Die Bundesregierung sollte auf die EU-Kommission dahingehend einwirken, dass eine Entscheidung vor Ende 2021 getroffen wird (NWS-Maßnahmen 10 und 31).

##### **M.5 Internationale Standards für Brennstoffzellen und deren Schlüsselkomponenten setzen (International)**

Um die gesetzten Kostenziele und Skalierungen für eine marktgerechte Produktion von Schlüsselkomponenten zu erreichen, ist es zielführend, frühzeitig eine international anschlussfähige Standardisierung umzusetzen. Hierbei muss das Innovations- und Technologiezentrum Wasserstofftechnologie eine führende Rolle übernehmen und seitens der Bundesregierung eine sehr zügige Umsetzung der Arbeitsaufnahme sichergestellt werden. Hierdurch werden auch die Exportchancen für die in Deutschland entwickelten Brennstoffzellensysteme und -komponenten erhöht (NWS-Maßnahme 10).

## M.6 Regulatorische Rahmensetzung auf EU-Ebene proaktiv gestalten (EU)

Im Rahmen des European Green Deals stehen im Zeitraum bis 2022 relevante Weichenstellungen an, für die der NWR eine aktive Positionierung der Bundesregierung als notwendig erachtet:

- ♦ Überarbeitung der Energiesteuerrichtlinie: Aus Sicht des NWR sollte mit der Überarbeitung der Energiesteuerrichtlinie eine Verschiebung zu Komponenten erfolgen, die an die Emission von Treibhausgasen und nicht an den Verbrauch von Energie gebunden sind. Dabei sollten die notwendigen Finanzierungsbedarfe für die Infrastruktur, die sich aus Energiebesteuerung ergeben, weiterhin Berücksichtigung finden und gesichert sein.
- ♦ Überarbeitung der Eurovignetten-Richtlinie: Aus Sicht des NWR sollte sich die Bundesregierung für die Etablierung einer CO<sub>2</sub>-Komponente in der Eurovignetten-Richtlinie einsetzen, die es ermöglicht, externe Kosten der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Fahrzeugen in der Maut zu berücksichtigen.
- ♦ Einführung eines separaten EU-Emissionshandelsystems für den Verkehrs- bzw. Wärmesektor ab dem Jahr 2025: Aus Sicht des NWR sollte sich die Bundesregierung für ein EU-weites System der CO<sub>2</sub>-Bepreisung einsetzen, welches für den Verkehrssektor einen Preis deutlich ambitionierter als 55 Euro pro Tonne CO<sub>2</sub> ab dem Jahr 2025 garantiert. Mögliche Auswirkungen auf andere Wirtschaftssektoren sollten dabei Berücksichtigung finden.
- ♦ Überarbeitung der AFID: Umwandlung der Richtlinie in eine Regulierung mit mandatorischen Vorgaben für die Mindestanzahl und Leistungsfähigkeit der Ladesäulen sowie der Wasserstoff-tankstellen für alle Mitgliedstaaten der EU
- ♦ Überprüfung der CO<sub>2</sub>-Emissionsstandards für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge sowie für schwere Nutzfahrzeuge.
- ♦ Überarbeitung der RED II (RED III).

## UMSETZUNG IN DER KOMMENDEN LEGISLATURPERIODE (2021–2025):

### M.7 Wasserstoffantriebe als ein prioritäres Element in die Nutzfahrzeugstrategie integrieren und erste Anwendungen fördern (Deutschland)

Aus Sicht des NWR sollten die Wasserstoffnutzung und der Brennstoffzellenantrieb als prioritäre Technologien des „Gesamtkonzepts klimafreundliche Nutzfahrzeuge“ neben batterieelektrischen Antrieben benannt werden. Gerade im Bereich der Mobilität kann als niederschwelliges Einstiegsszenario eine wertschöpfende Wasserstoffwirtschaft realisiert werden, wenn es gelingt, möglichst schnell Produktionstechnologien für die notwendigen Komponenten zu erforschen und gefördert aufzubauen.

Der Ausbau einer wettbewerbsfähigen Zulieferindustrie für Brennstoffzellensysteme und die Schaffung einer industriellen Basis für eine großskalige Produktion von Brennstoffzellen-Stacks (NWS-Maßnahmen 3 und 10) sollten durch die Errichtung einer Referenzplattform unterstützt werden. Diese könnte der Industrie als technologische Orientierung dienen und eine Entwicklungsbasis für das gesamte Ökosystem der Wertschöpfung darstellen. Mit der zügigen Umsetzung der Clean Vehicles Directive (CVD) in nationales Recht entsteht zudem die Notwendigkeit, Null-Emissions-Fahrzeuge im kommunalen Verkehr einzusetzen. Daneben sollten weitere Pilotprojekte für die Wasserstoffnutzung im Verkehr in substanziellem Maßstab gefördert werden. Diese Maßnahmen sollen unter Berücksichtigung der Bedarfe zum Aufbau der Industrialisierung der Zulieferindustrie umgesetzt werden.

### M.8 Implementierung eines verlässlichen Marktrahmens für klimafreundliche Verkehrsmittel (Deutschland)

Um die Wettbewerbsfähigkeit klimaneutraler Verkehrsmittel im Straßenverkehr zu stärken, sollte in der kommenden Legislaturperiode zudem ein regulatorischer und abgabenseitiger Rahmen spätestens für die zweite Hälfte der Dekade geschaffen werden, der wesentliche externe Effekte des Verkehrs berücksichtigt. Dazu zählen Maßnahmen wie die zügige Umsetzung der Integration von CO<sub>2</sub>-Emissionen in die nationale Mautberechnung sowie eine planbare und jährlich steigende CO<sub>2</sub>-Komponente bei der Besteuerung von Kraftstoffen unter Berücksichtigung der notwendigen Infrastrukturfinanzierung. Dadurch lässt sich ein Marktrahmen schaffen, der die Wettbewerbsfähigkeit klimafreundlicher Verkehrsmittel absehbar sicherstellt und somit Investitionen in klimafreundlichere Technologien anreizt.

### M.9 Wasserstoffnutzung in der Schifffahrt fördern (Deutschland)

Öffentliche Aufträge für klimaneutrale Kraftstoffe und Antriebe für Behördenschiffe, Forschungsschiffe etc. können die Marktfähigkeit neuer Technologien demonstrieren und als Piloten eine entsprechende Nachfrage nach weitgehend klimaneutralem Wasserstoff und Wasserstoffderivaten generieren.

## UMSETZUNG FÜR DIE ZEIT NACH 2025:

### M.10 Leitmärkte für Verkehrsträger mit neuen Antrieben etablieren (Deutschland/EU)

Zu weiteren sektorspezifischen Themen, die für die zweite Hälfte der Dekade zu adressieren sind, zählt die Schaffung eines Leitmarktes für verschiedene Anwendungen im Verkehrssektor. Für Lkw wird bis 2030 der Aufbau eines Leitmarktes mit der Zielgröße von 30.000 Stück empfohlen. Dieser sollte von definierten Benchmarks, sinkenden Gesamtkosten und einem weiteren Ausbau der Tankstelleninfrastruktur begleitet werden.

### M.11 Terminals und Schiffstransporte als Bausteine eines Importkonzeptes planen (Deutschland)

Ein Infrastrukturkonzept für Importe von grünen Molekülen (gasförmig, Flüssigwasserstoff, LOHC, E-Ammoniak, E-Methanol etc.) als Elemente der zukünftigen Wasserstoffversorgung sollte die Rolle von Terminals und den Schiffstransport einbeziehen. Hierbei ist auch zu beachten, dass die verschiedenen Verkehrsträger den Wasserstoff in unterschiedlicher Form benötigen (zum Beispiel 35 MPa, 70 MPa oder in flüssiger Form). Auch das im Aufbau befindliche Netz von Wasserstofftankstellen sollte aus Akzeptanz-, Kosten- und Aufwandsgründen die unterschiedlichen Anwendungen berücksichtigen und dabei den Schwerpunkt auf den Straßengüter-Fernverkehr legen.

### M.12 Importplanung frühzeitig auf die steigenden Bedarfe im Verkehrssektor ausrichten (Deutschland)

Die vor 2030 eingeführten Technologien im straßengebundenen Verkehr werden in der kommenden Dekade die Wasserstoffnachfrage entscheidend erhöhen. Hinzu kommen dann auch steigende Bedarfe anderer Verkehrsträger wie Züge und Flugzeuge. Bei der Entwicklung der Importinfrastrukturen müssen diese zunehmenden Mengen für den Verkehrssektor zum Beispiel in Form von Flüssigwasserstoff gesondert berücksichtigt werden. Schon vor 2040 könnten schließlich die stark CO<sub>2</sub>-emittierenden Segmente in großem Umfang auf batterie- und wasserstoffbasierte Mobilität umgestellt sein.

### M.13 Wasserstoff in der Luftfahrt etablieren

Neben innovativen Flugzeug- und Antriebskonzepten spielen auch nachhaltige Energieträger (synthetische Kraftstoffe, Wasserstoff etc.), geänderte Flugrouten und Verkehrsverlagerungen eine wichtige Rolle. Neue Technologien befinden sich in der Entwicklung, die auch die direkte Nutzung von Wasserstoff in Flugzeugen in der Mitte der nächsten Dekade als möglich erscheinen lassen.

Dies erfordert die Entwicklung eines langfristigen, politisch europaweit abgesicherten Plans, der die Potenziale von Wasserstoff reflektiert und gleichzeitig der Komplexität der Luftfahrt, ihrer internationalen Verflechtungen sowie den hohen Sicherheitsanforderungen Rechnung trägt. Darüber hinaus sollten



FuE-Aktivitäten und deren Finanzierungen initiiert werden, die sich auf Schlüsselbereiche der erforderlichen Komponenten für Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge konzentrieren und hierbei Synergien mit anderen Anwendungsfeldern maximal nutzen. Dies erfordert neben der Entwicklung der entsprechenden Technologien, dem Auf- und Ausbau von Produktion, Infrastruktur und Versorgung mit Flüssigwasserstoff auch dessen technische Integration an den Flughäfen.

Parallel zu der Entwicklung neuer Flugzeuge und der Flughafeninfrastruktur ist die Forschung zur Klimawirkung des ausgestoßenen Wasserdampfes zu intensivieren. Der Kenntnisstand sowohl der Modellierung als auch der Wirkung in der oberen Atmosphäre ist entscheidend für einen nachhaltigen Beitrag der Luftfahrt zur erforderlichen Emissionsreduktion.

Diese Maßnahmen sollten in die Förderung eines möglichst frühzeitig in der nächsten Legislaturperiode beschlossenen Demonstratorprogrammes und in die Durchführung eines Pilotprojekts münden. Zusätzlich sollte für die Dekarbonisierung von Langstreckenflügen ein geeignetes Programm für die Bereitstellung von nachhaltigen Flugkraftstoffen und dem dafür zusätzlich benötigten Wasserstoff gemeinsam mit der petrochemischen Industrie aufgelegt werden.

### 3.1.4 Wärme

Der Wärmemarkt in Deutschland stand im Jahr 2019 für etwa 53 Prozent des Endenergieverbrauchs. Im Jahr 2020 hat der Wärmesektor die im Bundes-Klimaschutzgesetz festgelegten Jahresemissionsmengen überschritten. Die Sanierungsraten im Gebäudesektor liegen seit Jahren weit unterhalb der Werte, die notwendig wären, um bis 2050 einen klimaneutralen Gebäudebestand zu erreichen. Mit Blick auf die Sektorziele muss das Ambitionsniveau im Gebäudesektor drastisch erhöht werden. In den nächsten zehn Jahren müssen demnach CO<sub>2</sub>-Emissionen in Höhe der Einsparungen der vergangenen 30 Jahre erreicht werden. Das zeigt einerseits die Herausforderung in diesem Sektor für die Dekarbonisierung in Deutschland, andererseits steckt enormes Einsparpotenzial im Wärmemarkt, das durch eine schrittweise Substitution fossiler Energiequellen gehoben werden kann.

#### M.14 **Versorgung von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) sowie der Streitkräfte mit Wasserstoff und E-Fuels sicherstellen**

Obwohl auch bei BOS und den Streitkräften in Zukunft vermehrt Wasserstofftechnologien zum Einsatz kommen können und werden, betreiben diese Einrichtungen Systeme und Fahrzeuge, die langfristig auf Verbrennertechnologie und damit E-Fuels angewiesen sein werden. Für diese und ähnliche Fälle müssen nationale Erzeugungs- und Bevorratungskapazitäten vorgehalten werden, um auch im Krisen- oder Katastrophenfall eine zuverlässige und langfristige Versorgung und damit die Einsatzfähigkeit gewährleisten zu können.

Der Wärmemarkt ist durch unterschiedlichste Technologien und Wärmebedürfnisse geprägt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Wärme oftmals regionale und lokale sowie ganz erhebliche saisonale Spezifika aufweist. Der Sektor umfasst sowohl die Raumwärme für Wohn- und Geschäftsgebäude, die Warmwasseraufbereitung als auch die Prozesswärme für industrielle Anwendungen. Allerdings unterscheiden sich die Anwendungen für die Raumwärme und Warmwasser signifikant von denen für Prozesswärme. Temperaturdifferenzen und technische Spezifikationen erfordern die Entwicklung von individuellen Dekarbonisierungslösungen für die jeweiligen Wärmesektoren. Diese müssen sowohl volkswirtschaftlich kosteneffizient als auch für den Wärmenutzer bezahlbar sein. Neben den wichtigen ökonomischen Aspekten sind zudem die Themen Akzeptanz, Versorgungssicherheit und Resilienz des Transformationspfades von elementarer Bedeutung.

## UMSETZUNG SEHR KURZFRISTIG (2021/2022):

### W.1 Technologische Vorfestlegungen für Dekarbonisierungspfade des Gebäudesektors vermeiden (Deutschland)

Die Elektrifizierung der Raumwärme ist ein effizientes Mittel für die Dekarbonisierung von Neubauten. 2020 wurden bereits in rund einem Drittel der Neubauten Elektro-Wärmepumpen verbaut. Gute Einsatzmöglichkeiten für Wärmepumpen bieten sich ebenfalls in (sanieren) Bestandsgebäuden, sofern eine ausreichende Sanierung inklusive Technologiewechsel bei der Wärmetechnik durchgeführt wurde. Die Statistiken der vergangenen Jahre zeigen allerdings, dass Bestandssanierungen nur sehr schleppend voranschreiten. Wenn die notwendige Verdoppelung der Sanierungstiefe und -rate von einem auf ungefähr zwei Prozent jährlich nicht zu erreichen ist, braucht es zusätzliche Optionen. Neu- und Bestandsgebäude könnten in geeigneten Versorgungskonstellationen auch durch den Ausbau von grüner Fernwärme (Wärmepumpen, Biomasse, Solar- und Geothermie, Einsatz von Wasserstoff) dekarbonisiert werden. Weitere Varianten mit dekarbonisierten gasförmigen Energieträgern für Bestandsbauten sind ebenfalls eine Option zur Dekarbonisierung, insbesondere da ein Großteil der notwendigen Infrastruktur (Fernleitungs- und Verteilnetze) bereits vorhanden ist und die entsprechende Heiztechnik modular an die jeweilige Gasqualität angepasst werden kann. Somit könnten Lock-in-Effekte vermieden werden. Eine schrittweise Anpassung der Beimischungsquoten würde zudem auf das Ziel einzahlen, die Treibhausgas-Emissionen zu reduzieren. Hier stellen sich die Frage nach der Verfügbarkeit von Wasserstoff und generell die Fragen nach den Kosten, der Umsetzbarkeit, der Resilienz und der Versorgungssicherheit.

### W.2 Analyse möglicher Dekarbonisierungspfade für den Wärmemarkt in Auftrag geben (Deutschland)

Die Ausgangslage im Wärmemarkt ist außerordentlich komplex und erfordert zunächst weitere Analysen, um geeignete Maßnahmen zur Dekarbonisierung abzuleiten. Es ist daher nicht ratsam, bereits in der laufenden Legislaturperiode Maßnahmen zu verabschieden. Vielmehr sollte baldmöglichst eine detaillierte Bottom-up-Studie in Auftrag gegeben werden, die typische städtische und ländliche Regionen berücksichtigt und Kommunen sowie kommunale Versorgungsbetriebe miteinbezieht. Von besonderer Bedeutung ist die Betrachtung der Prozesswärme mit hohem Temperatur-

niveau für die größtenteils über das Verteilnetz versorgte Industrie sowie der Implikationen für bestehende Infrastrukturen, beispielsweise die Auswirkungen auf das Stromverteilstrom bei einer gleichzeitig verstärkten Elektrifizierung des Verkehrs- und Wärmesektors.

Im Rahmen dieser Studie sind zunächst die zugrundeliegenden Prämissen und Szenarien auf Basis aktuellster Kosten- und Technologiedaten zu ermitteln und transparent darzustellen. Anschließend ist eine überschaubare Zahl von unterschiedlichen „Typen“ urbaner und ländlicher Räume sowie durch Industriebesatz oder besondere Verdichtung gekennzeichnete Räume, sogenannter Wärme-Avatare, zu definieren. Die Wärme-Avatare sind detailliert zu analysieren, um alternative Transformationspfade der Dekarbonisierung mit Blick auf die Kosten, die soziale Verträglichkeit, die Versorgungssicherheit, die Transformationsgeschwindigkeit, die Infrastruktur-Kippunkte bei geringer Netzauslastung etc. abzuleiten und zu bewerten. Angesichts der bestehenden großen Unsicherheiten ist es entscheidend, sich verschiedene Optionen zu erhalten.

## UMSETZUNG IN DER KOMMENDEN LEGISLATURPERIODE (2021–2025):

### W.3 NWS-Maßnahme 19 prioritär umsetzen (Deutschland)

Die Bundesregierung sollte Möglichkeiten der Förderung von H<sub>2</sub>-ready-KWK-Anlagen prüfen. Diese Maßnahme ist mit der Maßgabe einer Kompatibilität der Anlagen mit vollständiger Klimaneutralität prioritär umzusetzen (NWS-Maßnahme 19).

### W.4 H<sub>2</sub>-Readiness in Heizsystemen sicherstellen (Deutschland)

Die Bundesregierung muss prüfen, ob die Umrüstung von Heizsystemen und dazugehörigen Netzkomponenten auf Wasserstoff bzw. auf klimaneutrale Gase in den Förderrichtlinien des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) verankert werden soll. Dadurch ließen sich mögliche Lock-in-Effekte verhindern.

## W.5 Verteilnetze auch für die Dekarbonisierung von Prozesswärme nutzen (Deutschland)

Bezüglich der Prozesswärme sind die Potenziale für eine strombasierte Dekarbonisierung gering (insbesondere im Bereich der Hochtemperaturanwendungen). Hier ist die Elektrifizierung der Anwendungen häufig entweder technisch nicht möglich oder wirtschaft-

lich keine Option. Betriebe in diesem Bereich werden auch zukünftig auf einen gasförmigen Energieträger angewiesen sein. Durch die oftmals bereits bestehenden Anschlüsse an das Gasverteilnetz bieten sich hier ökonomisch effiziente Möglichkeiten für den Wechsel auf dekarbonisierte Gase. Der zum Teil kostenintensive Aus- und Neubau von Anschlüssen an das Stromnetz würde dadurch wesentlich reduziert werden.

### 3.1.5 Infrastruktur

Die Infrastruktur bildet die Basis einer sicheren und verlässlichen, bedarfsgerechten und insgesamt effizienten Versorgung mit Wasserstoff. Um die Vorteile von Wasserstoff nutzbar zu machen und um die Entwicklung eines wettbewerbsfähigen Marktes für Wasserstoff zu ermöglichen, ist der Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur erforderlich. Überregionale Wasserstofftransporte verbinden Produzenten und Konsumenten und binden den deutschen Wasserstoffmarkt in ein europäisches Wasserstoffnetz ein. Ein Großteil der mittelfristig in Deutschland eingesetzten Wasserstoffmengen wird aus dem Ausland kommen. Daher sind die frühzeitige Einbindung in eine grenzüberschreitende, europäische Wasserstoffinfrastruktur und die Anbindung von Häfen für den Import per Schiff sehr wichtig.

An das überregionale Transportnetz angeschlossene Wasserstoffspeicher ergänzen als saisonale Speicher das System, erhöhen die Versorgungssicherheit und ermöglichen die zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch. Der Einsatz von Kavernen zur Speicherung von Wasserstoff ist bereits erprobt und würde eine Umstellung auf Wasserstoff ermöglichen. Inwieweit Porenspeicher genutzt werden können, wird im Rahmen von Pilotprojekten untersucht.

Über die Gasverteilnetze wird ein großer Teil der Endkunden, inklusive industrieller Verbraucher und des Wärmemarktes, versorgt. In Deutschland sind momentan 31,5 Millionen Menschen und 1,8 Millionen Gewerbe- und Industriekunden an das Gasverteilnetz angeschlossen.

Einen wesentlichen Einfluss auf die noch zu klärende Rolle der Verteilnetze werden die lokale Versorgungsaufgabe, die Entwicklungen im Wärmemarkt, der Einsatz von dezentralen Wasserstoffherstellungsanlagen, die Möglichkeiten der Energieversorgung von Gewerbe- und Industriekunden sowie die Verfügbarkeit von Wasserstoff zu wirtschaftlichen Preisen haben. Abhängig von diesen Faktoren kann eine Beibehaltung und in Einzelfällen ein Ausbau oder ein deutlicher Rückgang der notwendigen Verteilnetzkapazitäten resultieren.

Der Aufbau der Wasserstoffinfrastruktur kann zu großen Teilen durch die Umstellung bestehender, freiwerdender Erdgasleitungen erfolgen, ergänzt um einzelne Neubauten. Dies ermöglicht eine schnelle und kosteneffiziente Umsetzung, bei der zugleich Eingriffe in die Natur minimiert werden. Analog zur heutigen Erdgasinfrastruktur wären auch für die Wasserstoffinfrastruktur ein diskriminierungsfreier Netzzugang mit einem flexiblen Entry-Exit-Modell, bezahlbaren und stabilen Transportentgelten und eine effiziente, transparente Planung wünschenswert. Dafür müssen jetzt zügig die geeigneten rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen geschaffen werden. Transportkunden und Netzbetreiber benötigen Planungs- und Investitionssicherheit.

#### UMSETZUNG SEHR KURZFRISTIG (2021/2022):

##### I.1 Rechtliche Rahmenbedingungen über das EnWG schaffen

Das EnWG muss noch in dieser Legislaturperiode so angepasst werden, dass Wasserstoff als Energieträger aufgenommen wird und bestehende Genehmigungen, Grunddienstbarkeiten und Nutzungsrechte an Grundstücken von Erdgasleitungen auch bei Umstellung auf Wasserstoff weiterhin gültig sind. Gleiches muss auch für neu zu errichtende Wasserstoffleitungen gelten. Ohne diese Grundlage gibt es keine Leitungsumstellungen. Die im Kabinettsbeschluss enthaltenen Anpassungsvorschläge für das EnWG sind dazu geeignet und müssen nun schnell verabschiedet werden.

## I.2 Finanzierung für Wasserstoffnetz aufbauen

Wasserstoff kann in großen Mengen kostengünstig über Pipelines transportiert werden. Anfangs ist aufgrund der geringen Auslastung der Pipelines mit höheren spezifischen Kosten zu rechnen. Bezahlbare und stabile Entgelte für Transportkunden sowie Investitionssicherheit für Netzbetreiber können durch eine Einbeziehung von Wasserstoff in die bestehende und bewährte Kosten-Erlös-Regulierung für Erdgasnetze sofort gewährleistet werden. Die Gesamtsystemkosten werden sich durch die zu Beginn verhältnismäßig geringen Kosten für das Wasserstoffnetz kaum verändern, und für Transportkunden wird ein nahtloser Übergang von Erdgas auf Wasserstoff zu gleichen Entgelten ermöglicht. Die Bundesregierung sollte sich bei den anstehenden Gesprächen zum EU-Gaspaket dafür einsetzen. Spätestens in der nächsten Legislaturperiode ist ein solcher langfristig verlässlicher Rahmen auch für die regulatorische Anerkennung einer H<sub>2</sub>-Readiness-Umstellung bei Gasverteilnetzen zu schaffen. Dabei sind Übergangslösungen für historisch gewachsene, privatwirtschaftliche Wasserstoffinfrastrukturen und -leitungen vorzusehen.

Wird Wasserstoff nicht sofort in die Kosten-Erlös-Regulierung für Erdgasnetze einbezogen, könnten die ersten Transportkunden mit höheren Transportentgelten als bei Erdgas konfrontiert sein und für Netzbetreiber entstehen Investitionsrisiken. Diese Risiken können und sollten übergangsweise durch geeignete Förderinstrumente – wie zum Beispiel IPCEI (NWS-Maßnahme 31) – reduziert werden. Andernfalls drohen die Kostenrisiken den Transformationsprozess in den Anwendungsgebieten wesentlich zu verzögern.

### UMSETZUNG IN DER KOMMENDEN LEGISLATURPERIODE (2021–2025):

## I.3 Grenzüberschreitenden Handel und Transport ermöglichen [Deutschland/EU]

Wasserstoff wird in Europa zukünftig in großen Mengen grenzüberschreitend gehandelt und transportiert werden. Einige Standards aus dem gerade für Wasserstoff in der Anpassung befindlichen DVGW-Regelwerk sind für den grenzüberschreitenden Transport relevant, zum Beispiel Regelungen zur Gasqualität. Die Bundesregierung muss eine geeignete Plattform schaffen, die eine europäische Harmonisierung solcher Standards unterstützt.

## I.4 Effiziente Netzplanung sicherstellen und Verzahnung von Strom-, Wärme- und Gas-Infrastrukturen vorantreiben

Für eine reibungslose und sichere Versorgung der Kunden ist für das Wasserstoffnetz der Zukunft – wie in den vergangenen Jahrzehnten bei Erdgas – eine enge Zusammenarbeit der Transportnetze, Verteilnetze und der Speicher notwendig, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Einbindung in eine internationale Netzstruktur. Für Strom und Erdgas gibt es für die Infrastrukturplanung bereits mit dem Netzentwicklungsplan einen etablierten Prozess. Wasserstoff ist in diesen Prozess gleichberechtigt aufzunehmen, um so eine effiziente und transparente Netzplanung zu ermöglichen. Aufgrund der engen Verknüpfung von Gas- und Wasserstoffinfrastruktur sollte ein gemeinsamer Prozess zur Netzentwicklungsplanung aufgesetzt werden. Dabei sind Wasserstoffspeicher auf der Transportebene und Wasserstoffprojekte der Erzeugungs- und Verbrauchsseite auf allen Netzebenen – auch im Verteilnetz – zu berücksichtigen.

Gleichzeitig ist im Sinne der Sektorkopplung die Verzahnung von Strom-, Wärme- und Gasinfrastrukturen voranzutreiben. Im Rahmen eines Systementwicklungsplans sollten durch eine unabhängige Stelle gemeinsame Zukunftsszenarien für Strom, Gas und Wasserstoff entwickelt werden. Eine daraus abgeleitete, vereinfachte Modellierung kann dann die Grundlage für systemische Optimierungspotenziale und die jeweilige bedarfsgerechte Netzentwicklungsplanung bieten. So können beispielsweise Engpässe im Stromnetz durch Verlagerung ins Wasserstoffnetz behoben oder geeignete Standorte für Elektrolyseure identifiziert werden. Zudem sollten die zeitlichen Bezugspunkte der Netzentwicklungspläne für Strom sowie Gas und Wasserstoff angeglichen werden.

## I.5 Grenzübergreifende Infrastrukturen vorantreiben

Um das Ziel eines europäischen Wasserstoffmarktes zu realisieren, muss die grenzüberschreitende Infrastrukturplanung optimiert werden. Erwartbare europäische Importkorridore sollten frühzeitig in die Infrastrukturplanungen integriert werden. Die Bundesregierung sollte die entsprechende Koordination auf EU-Ebene vorantreiben.

## LANGFRISTIG (GEGEBENFALLS BIS 2030 ODER 2035)

### I.6 Nationale Wasserstoffreserve aufbauen

Neben der Optimierung der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten ist die Sicherheit der Energieversorgung ein sehr wichtiges Ziel. Über die kommende Legislaturperiode hinaus sollte Deutschland geeignete Maßnahmen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit auch bei Wasserstoff schaffen. Dazu ist auch der Aufbau einer nationalen strategischen Wasserstoffreserve zu analysieren und mit Blick auf den entsprechenden Zeithorizont zu bewerten (bisher nicht ausreichend in NWS adressiert).

## 3.1.6 Forschung und Entwicklung, Innovation und Bildung

Die sichere Beherrschung und der kostengünstige Einsatz der in diesem Aktionsplan beschriebenen Technologien setzen voraus, dass die derzeit erfolgende konzeptionelle Phase der Nutzung von Wasserstoff massiv und mit viel Kreativität durch eine FuE-Offensive nachhaltig und langfristig unterstützt wird. Dies wird grundsätzlich in der NWS so gesehen und aktuell vorrangig durch die Bundesregierung vorangetrieben. Die Unterstützung wird langfristig benötigt, da sehr herausfordernde Aufgaben anstehen und für die gefundenen Lösungen die Nachhaltigkeit und Sicherheit in Demonstratoren über etwa eine Dekade nachgewiesen werden müssen. Deutschland hat eine international herausragende Forschungslandschaft im Bereich Wasserstofftechnologien, die ganz wesentlich dazu beigetragen hat, dass die Potenziale der Wasserstoffwirtschaft in den kommenden Jahren realisierbar geworden sind. Die nun anbrechende neue Phase, die von der industriellen Anwendung der Technologien geprägt sein wird, erfordert erhebliche Anpassungen in den Forschungsschwerpunkten. Dabei geht es um Verifikation unter anderem von Prozessen entlang der Wertschöpfungskette, Erzeugung, Transport und Nutzung von Wasserstoff, um Systemintegration, Produktionstechnologien und neue Materialien. Gleichzeitig wird die durch Sektorkopplung angestoßene Nutzung erneuerbarer Gase in den oben skizzierten Wirtschaftsbereichen zu wesentlichen Veränderungen führen. Produkte und Produktionsprozesse werden teilweise komplett neu entwickelt werden müssen. Die Forschung an zahlreichen Einzelherausforderungen zur Wasserstoffwirtschaft, der Aufbau der Demonstratoren sowie ihr Roll-out haben signifikante Auswirkungen auf das zukünftige Anforderungsprofil der relevanten Berufe sowie auf die zugrundeliegende berufliche und universitäre Bildung. Eine schnelle, umfassende Vermittlung relevanter Forschungsergebnisse in die Ausbildung

sowie die Rekrutierung zusätzlicher Mitarbeitender auf allen Ebenen des Forschungs- und Umsetzungsprozesses sind unerlässlich. Ein heute schon spürbarer Mangel an qualifizierten Mitarbeitenden kann sich zum Hemmnis bei der Erreichung der Klimaziele entwickeln, das nur mittelfristig beseitigt werden kann.

### UMSETZUNG SEHR KURZFRISTIG (2021/2022):

#### F.1 Kommunikation

Wasserstoff mit seinen Konsequenzen im Energiesystem kann nur erfolgreich werden, wenn mit den Nutzern vor und während seiner Einführung umfänglich und verständlich kommuniziert wird. In der Geschichte der Energiewenden ist dies bisher nicht immer erfolgreich verwirklicht worden. Es ist dringend geboten, mit einem Forschungsprogramm fokussiert die Ursachen zu ermitteln, konkrete Vorschläge für eine wirksame Durchführung von Kommunikation zu erarbeiten und diese in die praktische Arbeit zu überführen. Es gibt zahlreiche Initiativen der Kommunikation in der Energiewende, die jedoch weder koordiniert aktiv sind noch mit ausreichender methodischer Sicherheit sowie einem Monitoring der Erfolge arbeiten. Es bedarf eines Maßnahmenpaketes aus finanzieller Unterstützung zur Gewährung von Unabhängigkeit, methodisch-konzeptioneller Hilfe und geeigneter Koordination sowie einem Monitoring von Qualität und Erfolg, das in die Maßnahmen zurücksteuert. Um eine optimale Wirkung rasch zu erzielen, erfordert diese Querschnittsaufgabe eine ressortübergreifende Umsetzung.

## F.2 Ermittlung prioritärer Forschungsbedarfe

Ein wichtiges Element des schnellen Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft ist die Beschleunigung des Übergangs von der Forschung und Entwicklung hin zur industriellen Implementierung von Wasserstoff-Schlüsseltechnologien. Zum Aufzeigen wichtiger Forschungs- und Entwicklungsbereiche für Wirtschaft und Wissenschaft ist zum Beispiel die zeitnahe Fertigstellung des H<sub>2</sub>-Kompasses (NWS-Maßnahme 23) von großer Bedeutung. Der H<sub>2</sub>-Kompass ermittelt Maßnahmen und Hindernisse für den Markthochlauf sowie Forschungsbedarfe und kann als Orientierungshilfe für Wissenschaft und Wirtschaft bei der Ableitung zu priorisierende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie der Identifikation wichtiger Maßnahmen zur Implementierung im großen Maßstab dienen. Die Bundesregierung sollte eine ressortübergreifende Plattform zur Wasserstoffforschung einrichten. Diese soll als arbeitsfähige Institution koordinierend zwischen Bedarfsträgern und Anbietern von Lösungen tätig sein. In einem fortlaufenden Beobachtungsprozess zu Fortschritten und Defiziten der Forschung werden kritische Themen der Industrialisierung entlang der Wertschöpfungskette des Wasserstoffs identifiziert und wenn möglich einer Lösung durch Kooperation unter den Mitgliedern (Fahrzeughersteller und Automobilzulieferer) zugeführt. Wo dies nicht gelingt, werden Anregungen für neue Forschungsprogramme an die Zuwendungsgeber vermittelt. Eine ausreichende, unabhängige und kritische Politikberatung stellt sicher, dass die notwendige Fortschreibung den aktuellen Stand von Wissen und Technik und die sozio-ökonomische Situation berücksichtigt. Die Plattform hält Kontakt zu europäischen Forschungsprogrammen und informiert über aktuelle Entwicklungen auf beiden Seiten. Ein Schlüssel für den Erfolg einer Wasserstoffwirtschaft ist die Sicherstellung von Sicherheit, Lebensdauer, Zuverlässigkeit und Resilienz von Wasserstofftechnologien. Wasserstofftechnologie „Made in Germany“ steht weltweit für Sicherheit auf höchstem Niveau. Deutschland muss hier international Maßstäbe setzen, um das Vertrauen in die Sicherheit zu festigen und damit gesellschaftliche Akzeptanz zu erzeugen. Betreiber müssen zudem von der Wirtschaftlichkeit durch lange Lebensdauer und hohe Zuverlässigkeit überzeugt werden. Die breite Nutzung von Wasserstoff in neuen Anwendungsfeldern bedingt einen hohen kontinuierlichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf hinsichtlich dieser Aspekte, der in der Gestaltung der Förderprogramme ausdrücklich berücksichtigt werden muss.

## F.3 Internationale Lieferketten ermitteln und initiieren

Darüber hinaus müssen bereits jetzt internationale Potenzialatlanten zur Ermittlung wirtschaftlich, ökologisch und sozial geeigneter Standorte zur Erzeugung von weitgehend klimaneutralem Wasserstoff erarbeitet und fortgeschrieben werden. Die gesammelten Erkenntnisse sollten als Grundlage bei der Anbahnung von internationalen Energiepartnerschaften und als Ausgangspunkt für die Initiierung großer Demonstrationsprojekte zu internationalen Lieferketten (NWS-Maßnahme 24) dienen. Diese Demonstrationsprojekte sollten ressortübergreifend abgestimmt sein, im Einklang mit den Erkenntnissen aus dem H<sub>2</sub>-Kompass stehen und optimale Lieferketten und Schlüsseltechnologien identifizieren. Die Analyse sollte sich dabei nicht nur auf den Transport von Wasserstoff und seiner Derivate beziehen. Berücksichtigt werden sollten beispielsweise auch die Entwicklung geeigneter Märkte sowie die Bedarfe an Roh- und Grundstoffen (wie Iridium oder Wasser) für weitere Produktionstechnologien von Wasserstoff. Zudem sollten die Konsequenzen einer Teilverlagerung der Wertschöpfung in die Lieferländer systemisch erforscht werden. Dabei geht es um technische Forschung etwa zur Qualität und Transportfähigkeit der resultierenden Vorprodukte (zum Beispiel Polymere). Weiter spielen nicht-technische Aspekte der nationalen Souveränität und langfristigen geopolitischen Sicherheit eine große Rolle und sollten entsprechend weitsichtig analysiert werden. Ein Modellbeispiel wäre die Herstellung von E-Fuels für die Luft- und Schifffahrt als Speichermedium für weitgehend klimaneutralen Wasserstoff. Da die Schifffahrt jährlich weltweit mehr als 200 Millionen Tonnen konventioneller Kraftstoffe verbraucht, bietet sich hier dank zwangsläufig internationaler Perspektive eine Chance, um den Markt für klimaneutrale Kraftstoffe zu etablieren.

## F.4 Entwicklung von Roadmaps zur substanziellen Hochskalierung der Fertigung von Wasserstoffsystemen bzw. derer Komponenten

Schlüsseltechnologien in der Wertschöpfungskette von Wasserstoff existieren heute in Dimensionen, die für einen weltweiten Einsatz unzureichend sind. Es gibt klare Konzepte, wo und wie diese Technologien entwickelt werden können. Dafür können technologiespezifische Roadmaps entworfen und in industriegeführten Konsortien abgearbeitet werden. Diese müssen durch effiziente Grundlagenforschung begleitet werden. Dabei kann es beispielsweise um kontinuierliche Forschung zum Ersatz schädlicher oder seltener Materialien und



## F.6 Entwicklung von Standardisierung für Wasserstoffsysteme

Als weiteres Handlungsfeld der NWS-Maßnahme 26 sind Standardisierung, Normierung, Zertifizierung und Genehmigungsverfahren der Wasserstoffsysteme aufzunehmen. Hierbei müssen die Erkenntnisse der Wissenschaft durch eine enge Verzahnung mit den zuständigen Institutionen zeitnah in die entsprechenden bindenden Regularien überführt werden. Speziell gilt es, für die Zertifizierung Testzentren zur Untersuchung von Wasserstoffsystemkomponenten aufzubauen. Auch sollten weitere Voraussetzungen, wie zum Beispiel die Zertifizierung von Wasserstoff nach seinem CO<sub>2</sub>-Fußabdruck oder seiner Reinheit durch spezielle Hydrogenlabels, geschaffen bzw. bestehende entsprechend ausgebaut werden. Daraus resultieren frühzeitig Standards für Komponenten bzw. Systeme, welche die Entwicklung leiten. Zudem leiten sich daraus international die Maßstäbe ab, welche den sicheren und nachhaltigen Umgang mit allen Formen weitgehend klimaneutralen Wasserstoffs bestimmen. Eine führende Rolle von Deutschland in diesem wichtigen Feld der Wasserstoffwirtschaft wird unterstützt durch die technologische Konkurrenzfähigkeit heimischer Forschung und Entwicklung.

## F.7 Entwicklung von Kreislaufwirtschaftssystemen

Nachhaltige Energiesysteme und die Nutzung von Wasserstoff erfordern die Errichtung von Kreisläufen für alle kritischen Materialien. Neben zahlreichen mineralischen Stoffen ist der Kreislauf des Kohlenstoffs als Material (Polymere) und Energieträger (E-Fuels) hier von herausragender Bedeutung. Lineare Wirtschaftsabläufe (Nutzen und Deponieren) müssen durch zirkuläre Prozesse abgelöst werden. Dazu fehlen zahlreiche funktionierende und skalierbare Technologien, deren Etablierung teilweise die Lösung schwieriger chemischer Probleme erfordert. Beispiele mögen die Gewinnung von reinem CO<sub>2</sub> aus Gasströmen (Luft), die Nutzung von Polymerabfällen und die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen ohne den Anfall von Zwangsprodukten (Kerosin ohne Diesel) sein. Dabei ist zu beachten, dass die Qualität der zurückgeführten Materialien nicht die Funktion der resultierenden Produkte reduzieren darf. Trotz zahlreicher Ansätze fehlen hier weitgehend die skalierbaren Prozesse, die zudem energiesparend zu gestalten sind. Dazu werden fokussierte Forschungsprogramme benötigt, die von gesicherten Grundlagenerkenntnissen zu den Reaktionen geleitet und durch nachvollziehbare Lebenszyklusanalysen qualifiziert sind. Die Resultate müssen dann auf eine Industrie treffen, die bereit ist, diese umzusetzen. Entstehende Kostennachteile müssen zumindest zeitweise geeignet ausgeglichen werden.

## UMSETZUNG IN DER KOMMENDEN LEGISLATURPERIODE (2021–2025)

### F.8 Innovationsfreundliche Rahmenbedingungen schaffen

Zum Aufbau von Investitionsanreizen und zur Beschleunigung der Markteinführung von Wasserstofftechnologien bedarf es eines innovationsfreundlichen Umfeldes für kleine und große Unternehmen (NWS-Maßnahme 26). Dies umfasst nicht nur eine technologieoffene Förderung, sondern auch den Abbau bürokratischer Hürden beim Zugang zu Fördermitteln sowie die Schaffung eines geeigneten Rechtsrahmens.

Eine Ausweitung steuerlicher Forschungsförderung soll eine breitere Partizipation des gesamten Wirtschaftssektors an FuE-Aktivitäten begünstigen und auch KMU stärker zu Investitionen im Bereich Wasserstoff anregen. Eine Vereinfachung und Beschleunigung von Ausschreibungs- und Genehmigungsverfahren sollen einen schnelleren und unbürokratischeren Zugang zu Fördermitteln ermöglichen. Darüber hinaus sollte sichergestellt werden, dass Förderprogramme (soweit beihilferechtlich möglich) auf regionaler, nationaler und internationaler Ebene konfliktfrei kombiniert werden können.

Zudem sollen einfach und unbürokratisch kostengünstige, zugängliche Testinfrastrukturen für KMU und eine Ausweitung technologieoffener Start-up-Förderung die Entwicklung und Erforschung innovativer Wasserstofftechnologien begünstigen (NWS-Maßnahme 10).

Zur Schaffung von Investitionsbereitschaft bei innovativen Schlüsseltechnologien (Absicherung des First-Mover-Risikos) sollten der beihilferechtliche Rahmen zur Erhöhung der CAPEX-Förderquoten erweitert werden und eine anfängliche, zeitlich befristete OPEX-Förderung für Testbetrieb/Demonstrationsvorhaben ermöglicht werden. Die Zusicherung von Förderquoten sollte dabei verbindlich sein, um die Planungssicherheit zusätzlich zu erhöhen.

Die Realisation größerer Demonstrationsprojekte und die Übertragung der darin gewonnenen Ergebnisse in die kommerzielle Praxis werden durch die Einbeziehung von Betreibergesellschaften für Demonstrationsprojekte (Investoren, Nutzer, Kunden) enorm erleichtert. Zudem wird durch den Nachweis der Finanzierbarkeit der gefundenen Lösungen eine rasche Annahme der Lösung im Markt erleichtert. Um diesen und die anderen Erfordernisse in Punkt F.4 zu realisieren, bedarf es einer geeigneten Öffnung gesetzlicher Rahmenbedingungen, zum Beispiel im Beihilferecht. Dies ist mit Einzelausnahmen und Experimentierklauseln nicht hinreichend rechtssicher und verlässlich möglich. Es bedarf einer zügigen und entschlossenen Reform der entsprechenden Rahmenbedingungen.



### F.9 Neue Technologiefelder

Der allein durch die Kostenstruktur erforderliche effiziente Umgang mit erneuerbarer Energie wird nicht nur zur Umstellung bekannter Technologien auf grüne Energie führen, sondern gänzlich neue Alternativen vor allem für energieintensive und abfallträchtige Produkte hervorbringen. Die Erforschung derartiger Optionen (wie Wasserstoff in der Stahlindustrie, Biotechnologie in der Feinchemie, neue Lebensmitteltechnologien, zum Ersatz energieintensiver Landwirtschaft in Zeiten des Klimawandels) sowie eine rasche Übertragung in marktgängige Technologien sind Herausforderungen und Chancen für das deutsche Forschungssystem. Im starken internationalen Wettbewerb um diese emergenten Felder kann und soll Deutschland sich erfolgreich positionieren. Da es sich um neue Technologiefelder handelt, werden diese nicht durch etablierte Verfahren erschlossen, sondern müssen identifiziert und mit Konzepten untersetzt werden. Anstöße zur Identifikation solcher Forschungsthemen können aus den Foresight-Prozessen der Bundesregierung, aus Start-up-Unternehmen und der Portfolio-Entwicklung etablierter Unternehmen stammen. Diese sollten in einem Prozess selektiert werden, der national und europäisch abgestimmt arbeits- teilig die ersten Schritte festlegt. Dazu sind Plattformen und Dialogformate und anschließend rasche und mit kritischer Ressourcenausstattung versehene nachfolgende Förderinitiativen erforderlich. Nach einer ersten Entwicklungsphase sollten diese Technologien in den Entwicklungsprozess, der unter F.1 beschrieben ist, übergehen.

### F.10 Verzahnte Forschung

Die bereits geplanten und initiierten Maßnahmen in der Forschungsoffensive „Wasserstofftechnologien 2030“ (NWS-Maßnahme 25) sollten zügig fortgesetzt und ressortübergreifend verzahnt umgesetzt werden. Dabei spielen auch die Vernetzung und der offene Erfahrungsaustausch von Wirtschaft und Wissenschaft im „Forschungsnetzwerk Wasserstoff“ eine wichtige Rolle. Neben übersektoral abgestimmten Szenarioanalysen sollten auch Reallabore und andere großangelegte Forschungsvorhaben aufeinander abgestimmt werden und in Einklang mit dem H2-Kompass und den Bedarfen der Industrie zur marktnahen Erprobung und Umsetzung von Schlüsseltechnologien sowie zum Sammeln von Erfahrungswerten dienen.

Darüber hinaus sollten Forschungsprojekte und -anlagen zur Darstellung bzw. Nutzung von weitgehend klimaneutralem Wasserstoff von den staatlich veranlassten Kostenanteilen des Stroms aus erneuerbaren Energien freigestellt werden. Weiter sollten OPEX-Kosten bei FuE-Projekten angemessen berücksichtigt werden. Entsprechende Maßnahmen können nur ressortübergreifend und in Übereinstimmung mit EU-Regularien so gestaltet werden, dass sie Planungssicherheit für die notwendigen Geschäftsmodelle der Entwicklungsprojekte gewährleisten.

Schließlich sind eine Technologieoffenheit im FuE-Bereich zu ermöglichen und eine stabile durchgehende Verzahnung von Grundlagen- über angewandte Forschung bis hin zur Industrialisierung bei den Wasserstoffsystemen bzw. deren Nutzung sicherzustellen.

### F.11 Fachkräfteangebot sichern

Zur Abdeckung des künftigen Fachkräftebedarfs in der Wasserstoffwirtschaft besteht aufgrund der Latenz von Aus- und Weiterbildungsaktivitäten, das heißt der Dauer des Aufbaus von Ausbildungs- und Lehrprogrammen sowie der Ausbildungszeit, bereits jetzt ein großer Handlungsbedarf (NWS-Maßnahme 29). Es bedarf einer unmittelbaren und umfassenden Ermittlung des künftigen Fachkräftebedarfs durch die Bundesregierung, in die auch der Fachkräftebedarf in aktuell existierenden Ausbildungsgängen mit einfließen sollte. Eine wichtige Rolle spielen dabei erforderliche Kompetenzprofile zukünftiger Fachkräfte. Die gesammelten Erkenntnisse sollten unmittelbar in die Erweiterung der Aus- und Weiterbildungsaktivitäten in Handwerk und akademischer Bildung sowie etwaige Neuschaffung von Ausbildungs- und Studiengängen einfließen. Im akademischen Bereich eignen sich dazu Anstöße und die kontinuierliche auskömmliche Finanzierung entsprechender Lehrstühle und Universitätsinstitute.

Eine große Herausforderung wird die Sicherung einer ausreichenden Zahl gut ausgebildeter, exzellent geschulter und motivierter Fachkräfte, insbesondere auch für die Produktion von Wasserstoffsystemkomponenten, sein. Deswegen sind spezielle Programme für die Zertifizierung, Aus- und Weiterbildungen für die Industrie erforderlich, in denen insbesondere eine Vermittlung von entsprechenden Fertigkeiten im Fokus steht. So sollten anhand von Standards zur Ausbildung praxisnahe Schulungen entwickelt werden. Angesichts der zu erwartenden dynamischen Entwicklung der Technologien sind bei der Ausbildung herausragende digitale Kompetenzen zu entwickeln zu entwickeln und zudem die Nutzung nachhaltiger Lernplattformen für Bildung und Weiterbildung zu unterstützen.



## 3.2 Deutsche Positionierung im internationalen Kontext

Weltweit besitzen über 20 Staaten entweder bereits eine nationale Wasserstoffstrategie oder sie planen, in den kommenden Monaten ein entsprechendes Strategiepapier zu veröffentlichen.

Es lässt sich damit festhalten, dass es sich bei dem starken Fokus auf der künftigen Wasserstoffproduktion und -nutzung nicht nur um ein deutsches oder europäisches Phänomen handelt, sondern um ein internationales. Deutschland kann und wird zwar einen entscheidenden Beitrag zur globalen Bereitstellung industrialisierter Elektrolysetechnik und -ausrüstung leisten, wird aber die benötigten Mengen von Wasserstoff zum überwiegenden Teil nicht selbst herstellen können, sondern aus dem europäischen und außereuropäischen Ausland importieren müssen. Die Umsetzung der NWS muss deshalb auf drei Säulen fußen, die miteinander verzahnt werden: (1) der nationalen Säule, (2) der europäischen Säule und (3) der internationalen Säule.

Als wichtige Kriterien für die Umsetzung von Projekten gelten neben dem Beitrag zum globalen Klimaschutz und dem Potenzial der erneuerbaren Energien auch die Transportkosten, bestehende Infrastrukturen, Governance und die Einhaltung von Nachhaltigkeitsstandards. Governance umfasst zum einen rechtliche bzw. regulatorische Konvergenz, wie sie im Europäischen Wirtschaftsraum und der Energiegemeinschaft gegeben ist, aber auch gute Regierungsführung und institutionelle Kapazitäten (Good Governance). Nach diesen Kriterien eignen sich insbesondere Großbritannien, Norwegen, aber auch der Nordsee-, Ostsee- und Mittelmeerraum für eine schnelle Umsetzung. Darüber hinaus bieten die Staaten der EU-Nachbarschaft (Nordafrika, Ukraine, östlicher Mittelmeerraum) niedrige bis mittlere Transportkosten. Um mit diesen Ländern Kooperationspotenziale zu heben, muss aber auch der institutionelle Rahmen (Energiegemeinschaft, östliche/südliche Partnerschaftsplattform und Westbalkan) weiterentwickelt werden, und es muss sichergestellt sein, dass durch Projekte Vorteile für die lokale Bevölkerung erzielt und internationale Standards eingehalten werden. Des Weiteren bieten

sich Länder als Projektpartner an, bei denen dem Handel selbst weniger Hürden entgegenstehen (zum Beispiel Australien, Chile, Kanada, die USA), aber hohe Transportkosten anfallen. Die Gruppe der Länder mit hohen Transportkosten und Governance-Herausforderungen fächert sich weit auf. Besondere Beachtung verdienen die heutigen Produzenten fossiler Brennstoffe mit guter Infrastrukturanbindung, wie beispielsweise Russland. Dafür sprechen außen- und klimapolitische Gründe.

Aufgrund der multiplen Bezugsquellen für weitgehend klimaneutralen Wasserstoff ergeben sich diverse Optionen, neue internationale Partnerschaften aufzubauen und alte Partnerschaften zu transformieren. Der Import von Wasserstoff bietet Chancen für neue Partnerschaften mit Ländern, die ein großes Potenzial an erneuerbaren Energien und damit für die Produktion von Wasserstoff haben. Es besteht die Chance, die internationale Energielandschaft politisch mitzugestalten und klima-, industriepolitische und strategische Interessen beispielsweise bei der Durchsetzung von Standards oder dem Aufbau eines internationalen Marktplatzes einfließen zu lassen. Gleichzeitig steht die Bundesrepublik mit anderen Wasserstoffimportländern im Wettbewerb um begrenzte Ressourcen (EE-Strom, Wasserstoff, Wasserstoffderivate).

Des Weiteren ist es sinnvoll, die europäischen und internationalen Wasserstoffaktivitäten stärker ressortübergreifend zu verzahnen und Kohärenz bei den Instrumenten herbeizuführen.

## 3.2.1 Erzeugung

### UMSETZUNG SEHR KURZFRISTIG (2021/2022):

#### INT.1 Innereuropäische Kooperation beim Wasserstoff ausbauen (Deutschland/EU)

Deutschland ist auf Regierungsebene in den letzten Monaten bereits bilaterale Wasserstoffpartnerschaften mit Australien, Saudi-Arabien, Südafrika, Chile und Marokko eingegangen. Es zeigt sich, dass dafür die bestehenden internationalen Energiepartnerschaften sehr pragmatisch genutzt werden können. In der EU sind zügig institutionelle Zuständigkeiten in den unterschiedlichen Bereichen zu klären. Dazu gehören Regulierung, Infrastrukturplanung, regionale Koordination, Außenbeziehungen etc. (noch nicht in NWS enthalten).

### UMSETZUNG IN DER NÄCHSTEN LEGISLATURPERIODE (2021–2025)

#### INT.2 Harmonisierung von Standards und Aktivitäten auf EU-Ebene (EU)

Innerhalb der nationalen Wasserstoffstrategien der EU-Mitgliedstaaten gibt es noch signifikante Unterschiede, etwa bei den Themen Klassifizierung, Infrastrukturausbau, zulässige Beimischungswerte und Nutzungspfade. Die Bundesregierung sollte diese Differenzen zügig auf EU-Ebene adressieren und eine Harmonisierung herbeiführen.

In der nächsten Legislaturperiode sollte Deutschland in der EU darauf hinwirken, dass die Wasserstoffaktivitäten der EU-Staaten, die momentan parallel laufen, besser koordiniert werden. Die EU-Mitgliedstaaten sollten international mit ihren Projekten nicht in Konkurrenz stehen, sondern Synergien für einen EU-Wasserstoffmarkt schaffen. Hierfür ist es notwendig, die Instrumente aufeinander abzustimmen. Dabei ist zu klären, ob/wie sich die in der NWS genannte „Europäische Wasserstoffgesellschaft“ (NWS-Maßnahme 33) in die entstehende Instrumentenlandschaft einfügt.

#### INT.3 Instrumente für prioritäre Infrastrukturen auf Nachbarregionen ausweiten (EU)

Eine enge Abstimmung sollte mit den Anrainerstaaten von Nord- und Ostsee sowie dem Mittelmeer im Rahmen der Offshore-Wind-Planungen erfolgen. Interkonnektivität ist im Kontext Wasserstoff ein wichtiges mittel- und langfristiges Zielbild. So könnte zum Beispiel das europäische Wasserstoff-IPCEI auf Nachbarregionen ausgeweitet werden, um auch hier zeitnah einen Markthochlauf und entsprechende Importpotenziale zu realisieren (ergänzend zu NWS-Maßnahme 34).

#### INT.4 Wasserstoff in EU-Nachbarschaftspolitik integrieren (EU)

Wasserstoff ist als Teil der Europäischen Nachbarschaftspolitik zu etablieren. Dies gilt insbesondere für die Ukraine, den Westbalkan, aber auch in der Ausgestaltung der südlichen Nachbarschaftspolitik. Hier bietet es sich an, bestehende Plattformen wie MEDREG und Med-TSO zu nutzen. Aus außenpolitischer Sicht verdient auch der östliche Mittelmeerraum Aufmerksamkeit. Im östlichen Mittelmeer sollte Interkonnektivität stärker in die Planung einbezogen werden. Die einstmals als PCI konzipierte EastMed ist nicht mehr mit dem Ziel eines klimaneutralen Europas konform. Strom und Wasserstoff sollten daher im Zentrum der Anbindung dieser Region an Europa stehen.

#### INT.5 Internationale Koordinierung vorantreiben (Deutschland/EU/G7/G20)

Besondere Aufmerksamkeit verdienen die heutigen Exporteure fossiler Energieträger, deren Staatsbudgets vom Verkauf fossiler Brennstoffe empfindlich abhängen (zum Beispiel Russland, Algerien oder Ägypten) (NWS-Maßnahme 38 erweitert). Mit diesen Ländern sollte die Transformation des Energiehandels proaktiv angegangen werden. Die Analyse und Modellierung bzw. die Entwicklung gemeinsamer Zielszenarien könnten im Rahmen der IEA und (regionaler) UN-Organisationen verfolgt werden. Weitere Länder, die besondere Aufmerksamkeit verdienen, sind die arabischen Golfstaaten, die über signifikante Eigenmittel, technologisches Know-how oder eine geografische und strategische Position zwischen der EU und Asien verfügen. Als Partner für die Schaffung eines funktionierenden

globalen Marktes bieten sich zum Beispiel die USA, Kanada, Australien oder auch Länder in Lateinamerika an. Als große potenzielle Nachfragezentren gelten zum Beispiel Japan und Südkorea. Das Thema Wasserstoff sollte im Rahmen der EU-Afrika-Partnerschaft platziert werden (ergänzend zu NWS-Maßnahmen 34 bis 38). Hier ließe sich auch die IRENA als Knowledge Hub und Best Practice Hub nutzen und stärken.

Die Marktentwicklung ist stufenweise voranzutreiben: physisch, handelsseitig und über Herkunftsnachweise/Zertifikate (vgl. Kapitel 2.2). Das sollte in der EU und international zunächst bilateral geschehen (physisch und über Zertifikate), parallel dazu regional innerhalb der EU sowie auf globaler Ebene. Deutschland sollte seine G7-Präsidentschaft im Jahr 2022 für das Thema nutzen. Mit Indonesien – welches parallel die G20-Präsidentschaft innehat – sollte die Etablierung einer Arbeitsgruppe angestrebt werden. Auch ist das Thema paralleler Institutionen für internationale Standards und Zertifizierung zu adressieren, damit keine konkurrieren-

den Organisationen und damit fragmentierte Märkte drohen. Der Rahmen der G7/G20 kann auch genutzt werden, um Kriterien für eine internationale Investitionsförderung über die Weltbank oder regionale Entwicklungsbanken abzustimmen. Handelsfragen in Bezug auf Wasserstoff sollten frühzeitig im Rahmen der WTO angestoßen werden. Der neue Dialogmechanismus zu Handel und Nachhaltigkeit in der WTO sollte hierzu gestärkt werden (ergänzend zu NWS-Maßnahmen 30 und 36).

Klima-, energie-, wirtschafts- und entwicklungspolitische Ansätze sollten in den Partnerländern Hand in Hand gehen. Allerdings sind Zielkonflikte immer im konkreten Landes- und Projektkontext zu adressieren. Eine Einbindung der lokalen Bevölkerung sowie eine Beteiligung an der Wertschöpfung vor Ort in den potenziellen Lieferländern sind wesentlich, um die Akzeptanz für die Wasserstoffproduktion sowie Energie- und Wasserstoffexporte zu schaffen. Darüber hinaus muss die Erreichung ambitionierter Klimaschutzziele in den Projektländern durch Wasserstoffprojekte auch lokal beschleunigt werden.

## 3.2.2 Klassifizierung und Zertifizierungsmechanismen

UMSETZUNG IN DER KOMMENDEN  
LEGISLATURPERIODE (2021–2025):

### INT.6 Internationale Standardisierung und Klassifizierung etablieren (Deutschland/ EU/International)

Die internationale Zertifizierung und Klassifizierung sollten parallel zu den entsprechenden Prozessen in Deutschland und der EU mit hohem Nachdruck vorangetrieben werden (vgl. Kapitel 2.2).



### 3.2.3 Infrastruktur

#### UMSETZUNG IN DER KOMMENDEN LEGISLATURPERIODE (2021–2025):

##### **INT.7 Planung europäischer Importinfrastruktur (EU/International)**

Damit die EU und Deutschland international angebunden sind und möglichst viele Optionen zur Diversifizierung der Bezugsquellen von Wasserstoff zur Verfügung stehen, muss möglichst rasch die notwendige Infrastruktur geschaffen werden – beispielsweise Hafenanlandungspunkte, Regasifizierungsterminals und Pipelines. Die Planung dieser Infrastruktur sollte auf europäischer Ebene und im Einklang mit der 2x40-GW-Strategie von Hydrogen Europe erfolgen. Die Regulierung dieser Infrastruktur sollte europaweit, in Anlehnung an die bestehende Gasmarktregulierung, harmonisiert werden (vgl. Kapitel 3.1.2 und 3.1.5). Bestehende Network-Codes sollten für den grenzüberschreitenden Transport von Wasserstoff angepasst werden. Qualitätsstandards und zulässige Beimischungswertequoten müssen unbedingt auf europäischer Ebene abgestimmt sein. Eine Fragmentierung der Märkte muss vermieden werden. Deutschland sollte sich für reine Wasserstoffnetze im europäischen Wasserstofftransport einsetzen. Darüber hinaus sollten Sicherheits- und Umweltstandards auf internationaler Ebene abgestimmt werden (bisher noch nicht ausreichend in NWS adressiert).

Insgesamt muss im Zuge einer verstärkten Sektorkopplung, aber auch um Versorgungssicherheit und Resilienz zu gewährleisten, die Netz- und Bedarfsplanung auf europäischer und nationaler Ebene für Strom, Gas und Wasserstoff sowie künftig auch CO<sub>2</sub> eng miteinander verzahnt werden (bisher noch nicht ausreichend in NWS adressiert).

##### **INT.8 Weiterentwicklung der internationalen Energiesicherheitsmechanismen**

Derzeit bilden die über die IEA verwaltete strategische Ölreserve sowie weitere regionale Sicherheitsmechanismen für die Gasversorgung – für Deutschland insbesondere über die EU – die Grundlage für die Versorgungssicherheit im Bereich der Kraftstoffe und mittelbar auch weiterer Energieträger. Im Zuge einer wachsenden Bedeutung von Wasserstoff und einer Verschiebung der Handelsströme von Energieprodukten stellt sich die Frage, wie dieser Mechanismus angemessen weiterentwickelt werden kann. Dies gilt ebenfalls für weitere Vorhaltungen auch im Bereich der Zusammenarbeit des Militärs und der Sicherheitskräfte. Die Bundesregierung sollte sich hier proaktiv in den entsprechenden Foren einbringen, um zügig relevante Fragen zu identifizieren und Lösungen zu finden (bisher nicht in NWS enthalten).

##### **INT.9 Transportkosten**

In der Regel ist der Wasserstofftransport via Pipeline der mit Abstand günstigste Transportweg. Um Wasserstoff auch aus Ländern importieren zu können, für die aufgrund der Distanz eine Lieferung über Pipelines nicht möglich ist, muss dieser entweder in einen anderen Aggregatzustand oder in andere Energieträger wie Ammoniak oder Methanol umgewandelt werden. Damit entstehen – wie auch für die Rückumwandlung in Wasserstoff – erhebliche Kosten. Die direkte Vermarktung der transportierten Stoffe kann jedoch wirtschaftlich interessante Vermarktungsoptionen erschließen. Weiterhin sind die Entwicklungen bei den Umwandlungskosten und auf der Schiffstransportseite jedoch dynamisch. Deshalb ist es wichtig, kein potenzielles Exportland von vornherein aufgrund der Distanz auszuschließen, sondern das Potenzial aller möglichen Wasserstoffpartnerschaften zu prüfen, wobei zu berücksichtigen ist, dass Importe aus entlegenen Regionen aus Effizienzgründen vorrangig in nahegelegene Verbrauchszentren gehen sollten.

# 4 Haltepunkte für die Umsetzung

Damit der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gelingt, müssen zentrale energiepolitische Grundvoraussetzungen geschaffen werden. Ohne diese Haltepunkte wird der Markthochlauf mitsamt den gewünschten Effekten auf klima- und industriepolitische Ziele nicht möglich sein. Auch die skizzierten Maßnahmen in den Bereichen Erzeugung, industrielle Anwendung, Mobilität sowie Infrastruktur und Wärme werden ohne diese Haltepunkte nicht die gewünschte Wirkung erzielen können.

Die folgenden Punkte sind aus Sicht des NWR zwingende Voraussetzungen, ohne die das von der Bundesregierung vorgelegte Ambitionsniveau nicht erreicht werden kann. Im Negativ-Szenario hat dies nicht nur Auswirkungen auf den nationalen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft, sondern gefährdet auch Deutschlands internationale Rolle im Bereich zentraler Wasserstofftechnologien.

## Ambitionierterer Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland und Europa

Der skizzierte Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft in Deutschland kann nur erfolgen, wenn ausreichend erneuerbare Energien zu wirtschaftlichen Kosten zur Verfügung stehen. Dies ist auch eine Voraussetzung, um das große Klimapotenzial der Wasserstoffwirtschaft auszuschöpfen. Die Ausbaukorridore für erneuerbare Energien im EEG müssen am Anfang der kommenden Legislaturperiode deutlich nach oben korrigiert werden.

Allein die anvisierten 5 GW Elektrolyse-Kapazität im Jahr 2030 entsprechen einem Strombedarf von 20 TWh bei 4.000 Vollaststunden. Vor dem Hintergrund der künftigen integrierten Wertschöpfungskette für Wasserstoff sowie angesichts des parallel stattfindenden Ausbaus der Elektromobilität, der verstärkten Nutzung von Wärmepumpen und der voranschreitenden Digitalisierung in allen industriellen Bereichen sollte die Stromverbrauchsprognose der Bundesregierung dringend angepasst werden.

# 2035

### **Industrialisierung und Aufbau einer leistungsfähigen Elektrolyseurindustrie inklusive Zuliefererlandschaft sowie konsequente Forschung, Entwicklung und Industrialisierung von Fertigungstechnologien für Wasserstoffsystemkomponenten**

Die industriepolitische Antwort auf das Pariser Klimaabkommen kann nur gelingen, wenn hochratenfähige Fertigungstechnologien für eine industrielle Produktion der Wasserstoffsysteme (zum Beispiel Elektrolyseure und Brennstoffzellen) bzw. deren Komponenten zur Verfügung stehen. Gleichzeitig muss eine Industrie aufgebaut werden, die diese Technologie auch praktisch und in ausreichender Größenordnung, Stückzahl und Wirtschaftlichkeit zur Verfügung stellt. Dazu gehört neben den eigentlichen Systemherstellern unabdingbar auch eine leistungsfähige Zulieferindustrie. Ohne den Aufbau dieser Wertschöpfungskette werden insbesondere die benötigten Systeme zur großskaligen Produktion von grünem Wasserstoff nicht zur Verfügung stehen. Deutschland steht hier mit seinen Markt- und Technologieführern sowie der herausragenden FuE-Kompetenz im Wasserstoffbereich, insbesondere der Großelektrolysetechnik, auch international in einer besonderen Pflicht. Weiterhin ist das auch die Voraussetzung, um das große wirtschaftliche Potenzial der Wasserstoffwirtschaft für die Unternehmen der deutschen Fertigungsindustrie sowie des Maschinen- und Anlagenbaus auszuschöpfen. Deshalb sind die Erforschung, Entwicklung und Industrialisierung von neuen Fertigungstechnologien, die für eine Massenproduktion von Wasserstoffsystemen bzw. deren Komponenten notwendig sind, dringend zu intensivieren. Der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft und insbesondere auch der Elektrolyseindustrie ist zu fördern. Mit deren Hochlauf ist es möglich, Skaleneffekte zu nutzen und eine wirtschaftliche Herstellung bis hin zur Kostenparität mit fossilen Alternativen zu realisieren.

Mit der produktionstechnischen Forschung, Entwicklung und industriellen Umsetzung der Wasserstoffsystemfertigung können die Voraussetzungen geschaffen werden, die es Deutschland gestatten, sich zukünftig bedeutende Anteile am sich rasant entwickelnden globalen Wasserstoffmarkt zu sichern und gleichzeitig der Verantwortung nachzukommen, die sich aus der aktuellen Technologieführerschaft ergibt. Dadurch kann diese Branche zu einem zentralen Kompetenzfeld deutscher Unternehmen aufgebaut werden, das konstant eine nationale Technologie-Souveränität gewährleistet und gleichzeitig die Exportfähigkeit, insbesondere der Fertigungsindustrie sowie des Maschinen- und Anlagenbaus, forciert. Darüber hinaus würde sich für Deutschland die einmalige Chance eröffnen, das Thema Wasserstoff nicht nur klimapolitisch zu betrachten, sondern auch im Sinne nachhaltiger Wertschöpfung zu etablieren.

### **Reform des Steuer-, Abgaben- und Umlagesystems**

Die Stromkosten bleiben der größte Preistreiber in der Erzeugung grünen Wasserstoffs. Mit der derzeitigen Ausgestaltung der deutschen Strompreisbestandteile wird der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft verhindert oder zumindest wesentlich erschwert. Das Kostendelta zwischen fossilen Energieträgern und erneuerbaren Energieträgern wie grünem Wasserstoff beruht in großen Teilen auf regulatorisch-bedingten Preisbestandteilen. Für einen marktgetriebenen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft ist eine Reduktion des effektiven Strompreises die Voraussetzung. Eine Reform des Steuer-, Abgaben- und Umlagesystems muss in der kommenden Legislaturperiode erfolgen.

Für den Verkehrssektor ist es notwendig, bis Mitte der 2020er Jahre ein CO<sub>2</sub>-Bepreisungssystem – zum Beispiel über die Lkw-Maut oder die Emissionshandelsysteme – einzuführen, was zu einem Gesamtkostenvorteil bei elektrischen Fahrzeugen für Kunden führt.



## Aufbau von flächendeckender Infrastruktur muss parallel zu Leuchtturmprojekten beginnen

Ein Wasserstoffmarkt kann nur durch eine vorhandene Wasserstoffinfrastruktur entstehen. Transport-, Speicher- und Verteilmöglichkeiten sind Voraussetzungen dafür, dass Angebot und Nachfrage zusammengebracht werden und Marktkräfte wirken können. Der Aufbau von Infrastruktur muss bereits in der ersten Phase des Markthochlaufs ab sofort beginnen, damit die darauffolgende breite Markthochlauf-Phase mit zahlreichen Akteuren erfolgen kann.

Neben der leitungsgebundenen Infrastruktur muss zeitgleich die Entwicklung von Importterminals und schiffsgebundenen Transporten wie Tankschiffen sichergestellt werden.

## Finanzierung von Infrastruktur hochlauf-freundlich ausgestalten

Bei der Finanzierung der Wasserstoffinfrastruktur dürfen keine unangemessenen Kostenbarrieren für Wasserstoffnutzer eingeführt werden. Es muss umgehend ein Finanzierungsinstrument gefunden werden, das die Infrastrukturkosten nicht allein den frühen Wasserstoffanwendern aufbürdet. Dies würde die Transformation zu klimaneutralen Prozessen und auch generell den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gefährden.

## Europäisch harmonisiertes technisches Regelwerk und regulatorische Rahmenbedingungen

Die Bundesregierung muss darauf hinwirken, dass es schnellstmöglich ein einheitliches europäisches technisches Regelwerk und regulatorische Rahmenbedingungen gibt. Es braucht einen europäischen Binnenmarkt für Wasserstoff, damit zügig Skaleneffekte erreicht werden und Deutschland und Europa die Technologieführerschaft bei Wasserstoff übernehmen können. Dies umfasst sowohl technische Standards, Festlegungen über Reinheitsgrade für Wasserstoff als auch Grünstrom- und Grüngaskriterien. Es muss sichergestellt werden, dass beispielsweise grüner Wasserstoff beim Grenzübertritt von den Niederlanden nach Deutschland seine grünen Eigenschaften behält. Deutschland sollte sich für reine Wasserstoffleitungen auf der Transportebene einsetzen und zudem sollten für das europäische Erdgasnetz einheitliche Obergrenzen für die Beimischung von Wasserstoff gelten, damit der intereuropäische Gas- und Wasserstoffhandel nicht gefährdet wird.

## Investitionen in klimafreundliche Anwendungstechnologien auf den Weg bringen

Um die ambitionierten Zielvorgaben zur CO<sub>2</sub>-Reduktion und zum Hochlauf der Direktreduktionstechnologie in der Stahlindustrie zu erreichen, wird angesichts langer Vorlaufzeiten mit Blick auf Planung, Genehmigung, Bau und Inbetriebnahme von Anlagen bis Anfang 2022 ein politischer Rahmen benötigt, der zeitnah entsprechend dimensionierte Investitionsentscheidungen ermöglicht. Darüber hinaus müssen die wirtschaftlichen Voraussetzungen für diese Investitionen geschaffen werden. Insbesondere muss der bestehende Förderrahmen für die Investitionszuschüsse und die Betriebsmehrkosten (Differenzverträge) erheblich ausgeweitet und langfristig gesichert werden. Auch muss mit dem Aufbau eines Ordnungsrahmens für Leitmärkte für grünen Stahl begonnen werden.

Im Interesse einer schnellen Einführung von Wasserstoff in der Industrie sollte die Errichtung von verbrauchsnahen Elektrolyseanlagen regulativ und politisch in der ersten Hälfte der 2020er Jahre nachdrücklich verfolgt werden.

## Soziale Sicherheit im Wandel

Die Umsetzung der NWS wird für die Beschäftigten der betroffenen Branchen tiefgreifende Veränderungen bedeuten. Dieser Wandel bedarf einer sozialen Absicherung. Mitbestimmung ist ein Schlüssel zu Sozialverträglichkeit. Bestehende, hochwertige, tarifgebundene und mitbestimmte Arbeitsplätze sollten gesichert oder neue, hochwertige, tarifgebundene, mitbestimmte und zukunftssichere Arbeitsplätze geschaffen werden. Langfristig gebraucht werden Arbeitsplätze aller Qualifikationsstufen. Damit wird eine positive Beschäftigungsbilanz sichergestellt.



# 5

## Zeitliche Dimension des Aktionsplans

Der in der NWS verankerte Aktionsplan sieht vor, dass in einer ersten Phase bis zum Jahr 2023 der Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft und die Grundlagen für einen funktionierenden Heimatmarkt angestoßen werden. Bis zum Jahre 2030 soll in einer zweiten Phase der Heimatmarkt gefestigt und die europäische sowie die internationale Dimension von Wasserstoff gestaltet werden. Der Wasserstoffbedarf im Jahr 2030 ist aus Sicht des NWR in Kapitel 2 dargelegt.

Die kommende Legislaturperiode ist für die Umsetzung der Ziele der NWS von entscheidender Bedeutung. In diesem Zeitraum müssen die Rahmenbedingungen geschaffen werden, um den Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu initiieren und den Markt mit den zu erwartenden Mengengerüsten zu etablieren. Dazu wurden in den vorangehenden Kapiteln eine Reihe von konkreten Handlungsempfehlungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette aufgeführt.

Die formulierten Maßnahmen sind als gleichrangig zur Erfüllung der NWS anzusehen. Jedoch unterscheiden sich die Handlungsempfehlungen hinsichtlich der Dringlichkeit ihrer Umsetzung. Daher werden die formulierten Handlungsempfehlungen in zwei Kategorien unterteilt: Die erste Kategorie beinhaltet Maßnahmen, die aus Sicht des NWR kurzfristig bis Ende 2022 durch die neue Bundesregierung umgesetzt werden sollten. Die Maßnahmen der zweiten und dritten Kategorie sollten bis zum Ende der kommenden Legislaturperiode bzw. danach implementiert werden.

Die erste Kategorie beinhaltet Maßnahmen, die für die kurzfristige (Weiter-)Entwicklung der Wasserstofftechnologie sowie die Initiierung des Markthochlaufs der Wasserstoffwirtschaft notwendig sind. Die zweite und die dritte Kategorie beinhalten Maßnahmen, die darauf abzielen, den Wasserstoffeinsatz mittel- und längerfristig in den Sektoren zu verankern und die Wasserstoffwirtschaft in Deutschland zu festigen.

Neben den konkreten Handlungsempfehlungen für den Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft sind darüber hinaus in Kapitel 4 die zentralen energiepolitischen Grundvoraussetzungen beschrieben, ohne die der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft mit seinen gewünschten klima- und industriepolitischen Effekten nicht möglich sein wird. Diese Haltepunkte bilden die Grundvoraussetzungen, damit die beschriebenen Handlungsempfehlungen die gewünschten Wirkungen entfalten können. Die Einhaltung sowie die Umsetzung der Haltepunkte sollte ebenfalls Teil des Regierungshandelns der kommenden Legislaturperiode sein.

Die in der NWS formulierten Ziele können nur im Rahmen einer europäischen und internationalen Vernetzung von Zielen und Maßnahmen erreicht werden. Daher sollte sich die Bundesregierung auf internationaler Ebene dafür einsetzen, die notwendigen Rahmenbedingungen für ein ökonomisches und ökologisches Gelingen der Wasserstoffwirtschaft zu schaffen.

# 2050



# Glossar

## Weitgehend klimaneutraler Wasserstoff

Als klimaneutraler Wasserstoff wird derjenige Wasserstoff bezeichnet, durch dessen Herstellung keine Treibhausgase in die Atmosphäre freigesetzt werden. Dies kann als gesichert angenommen werden, wenn die Herstellung auf Basis zusätzlich bereitgestellter emissionsfreier Energieträger erfolgt oder der bei der Wasserstoffherzeugung entstehende Kohlenstoff dauerhaft nicht in die Atmosphäre gelangen kann. Mit Blick auf die vielfältigen Unsicherheiten für den Zusätzlichkeitsnachweis der eingesetzten klimaneutralen Energieträger und die gegebenenfalls verbleibenden Restemissionen bei der Wasserstoffproduktion sowie auch in den unterschiedlichen Prozessketten verwendet der NWR im Kontext dieses Papiers eine pragmatische Definition. Als weitgehend klimaneutral wird einerseits mit elektrischem Strom erzeugter Wasserstoff bezeichnet, wenn der Strom nach den geltenden rechtlichen Regeln als klimaneutral eingestuft werden kann. Andererseits wird als weitgehend klimaneutral auch derjenige Wasserstoff bezeichnet, der auf Basis fossiler Energieträger erzeugt wird, bei dessen Herstellung jedoch maximal zehn Prozent des in den fossilen Brennstoffen enthaltenen Kohlenstoffs als Treibhausgas in die Erdatmosphäre freigesetzt wird.

## Begrenzte Anwendung von E-Fuels

Mit „einigen Anwendungsbereichen“ für E-Fuels im landgebundenen Verkehr sind folgende Anwendungen gemeint: In der Bau- und Landwirtschaft ist aufgrund der technischen Anforderungen ein relevanter Teil der Fahrzeuge nicht elektrifizierbar; dieser Bereich wird langfristig auch auf verbrennungsmotorische Antriebskonzepte mit flüssigen Kraftstoffen oder Wasserstoff angewiesen sein. Zudem gibt es langfristig für Sonderfahrzeuge und kommunale Dienste, wie etwa Feuerwehrfahrzeuge, Spezialtransporte sowie Einsatzfahrzeuge für Polizei, Militär und THW, die Anforderung, E-Fuels zu nutzen. Unterschiedliche Einschätzungen bestehen im NWR darüber, in welcher Größenordnung und zu welchem Zeitpunkt E-Fuels in der Bestandsflotte der Pkw und der Lkw zum Klimaschutz beitragen werden. Dem Aktionsplan liegt für das Jahr 2030 zusammen mit dem Luft- und Seeverkehr ein Bedarf an E-Fuels von bis zu 9 TWh zugrunde. Dieser Bedarf für den landgebundenen Verkehr steigt für das Jahr 2035 auf eine Spanne von knapp 8 TWh bis 30 TWh bzw. auf 11 TWh bis 72 TWh im Jahr 2040.



# Anhang Sondervotum

## Sondervotum von Klima-Allianz Deutschland und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) zu Kapitel 2.2

Der NWR wurde von der Bundesregierung im Rahmen der NWS ins Leben gerufen. Deren Mitglieder aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft unterstützen durch Vorschläge und Handlungsempfehlungen die Bundesregierung, die NWS umzusetzen und weiterzuentwickeln. Im Hinblick auf Handlungsempfehlungen für die kommende Legislaturperiode hat der NWR am 20. Mai 2021 einen Aktionsplan beschlossen, der ein umfassendes Paket an konkreten Empfehlungen enthält. Zu den gefassten Beschlüssen haben die Klima-Allianz Deutschland und der Bund für Umwelt- und Naturschutz Deutschland (BUND) folgendes Sondervotum abgegeben:

Die NWS erklärt es zum ausdrücklichen Ziel der Bundesregierung, „grünen Wasserstoff zu nutzen, für diesen einen zügigen Markthochlauf zu unterstützen sowie entsprechende Wertschöpfungsketten zu etablieren.“ Außerdem hält sie fest: „Nur Wasserstoff, der auf Basis erneuerbarer Energien hergestellt wurde („grüner“ Wasserstoff), ist auf Dauer nachhaltig.“ Diese bereits getroffene Richtungsentscheidung für grünen Wasserstoff gilt es nun finanziell und planerisch zu unterlegen. Nur grüner Wasserstoff – erzeugt auf der Basis von erneuerbaren Energien – ist mit dem Ziel eines klimaneutralen Energiesystems langfristig vereinbar. Vor diesem Hintergrund kritisieren wir den Beschluss des NWR, der die „Erzeugungs- und Anwendungsförderung“ von fossilem Wasserstoff der zukünftigen Bundesregierung als eine zu entscheidende Handlungsoption empfiehlt. Sogenannter blauer und türkiser Wasserstoff darf nicht als gleichwertige Aufkommensquelle für Wasserstoff etabliert werden. Eine konsistente und nachvollziehbare Definition klimaneutralen Wasserstoffs sollte diesen nicht einschließen. Als klimaneutral sollte nur der Wasserstoff gelten, der tatsächlich ohne restliche Emissionen und Klimawirkung herstellbar ist.

Gleichzeitig ist uns bewusst, dass im Hinblick auf die Investitionsentscheidungen der Industrie ein ausreichendes Angebot an grünem Wasserstoff durch den beschleunigten Ausbau zusätzlicher erneuerbarer Energien sicherzustellen ist. Das politische Hauptaugenmerk sollte deshalb darauf liegen, vorrangig innerhalb von Deutschland und Europa die benötigten zusätzlichen Kapazitäten erneuerbarer Energien schnell zu erschließen. In der politischen Planung sind auch wissenschaftliche Szenarien zu berücksichtigen, die von einer mehrheitlich heimischen Wasserstoffherzeugung ausgehen und internationale Importe entsprechend reduzieren. Die Knappheit an grünem Wasserstoff ist begleitend durch eine strikte Priorisierung der Anwendungsbereiche aufzulösen, mit dem Ziel, insbesondere jene Investitionen in klimaneutrale Industrieprozesse zu ermöglichen, die für die Vermeidung von Fehlinvestitionen entscheidend sind. Insgesamt muss der Einsatz dort klar priorisiert werden, wo keine Direktelektrifizierung möglich ist. Die bestehende Wirtschaftlichkeitslücke bei grünem Wasserstoff muss durch einen steigenden CO<sub>2</sub>-Preis für fossilen Wasserstoff und eine Differenzkostenförderung für einen Übergangszeitraum überbrückt werden. Die eingesetzten finanziellen Fördermittel müssen sich auf diese Bereiche konzentrieren, deren Fehlallokation in nicht zukunftsfähige Wasserstoffherzeugungsformen sollte unterbleiben.

Um die Ambition des 1,5-Grad-Ziels des Pariser Klimaabkommens zu erreichen, müssen alle Sektoren schnellstmöglich klimaneutral umgestaltet werden. Die Einführung neuer, sogenannter, Brückentechnologien, die ohne feste zeitliche Limitierung betrieben werden, behindert und verlangsamt diesen Transformationsprozess. Sie ist im Bereich der Wasserstoffherzeugung besonders fragwürdig, weil die klimaneutrale Alternative, der Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen, bereits heute die nötige technologische Reife hat.

Für den Mobilitätssektor ist aus unserer Sicht zu unterstreichen, dass der Wasserstoffeinsatz durch strenge Effizienzanforderungen zu begrenzen ist. Mit der E-Mobilität existiert im Pkw-Bereich eine effizientere Antriebsalternative zur Brennstoffzelle, die sich als Leittechnologie etabliert und deren Markteinführung stark an Dynamik gewonnen hat. Der parallele Aufbau einer Infrastruktur zur Betankung von Wasserstoff-Pkws sollte deshalb gänzlich unterbleiben.

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Verteilung der Bundesmittel der NWS nach Verwendung in Milliarden Euro .....	11
<b>Abbildung 2:</b> Hochskalierung der Elektrolyseurproduktion – Darstellung Handlungsstränge Pfad A und B .....	39
<b>Abbildung 3:</b> Darstellung der Maßnahmen nach Prioritäten und Sektoren.....	51

## Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Zusammenfassung der Bedarfe für den Verkehrssektor .....	17
<b>Tabelle 2:</b> Zeitlich prioritäre Maßnahmen im FuE-Bereich .....	42



