



Die
Bundesregierung



NATIONALE
WASSERSTOFF-
STRATEGIE
Schlüsselement
der Energiewende

Fortschrittsbericht zur Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie

[bmwk.de](https://www.bmwk.de)

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwk.de

Stand

April 2022

Diese Publikation wird ausschließlich als Download angeboten.

Gestaltung

PRpetuum GmbH, 80801 München

Bildnachweis

Adobe Stock /Anusorn / Titel, S. 3, 9, 17, 18, 26, 59, 62, 68

Zentraler Bestellservice für Publikationen der Bundesregierung:

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Telefon: 030 182722721

Bestellfax: 030 18102722721

Diese Publikation wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit herausgegeben. Die Publikation wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf nicht zur Wahlwerbung politischer Parteien oder Gruppen eingesetzt werden.

Inhalt

Executive Summary	3
1 Einleitung	9
1.1 Über den Bericht	10
1.2 Überblick zur NWS	11
1.3 NWS im internationalen Kontext	13
2 Ziele der NWS und deren Überprüfung	17
2.1 Ziele der NWS	18
2.2 Monitoringprozess	21
2.3 Mögliche Indikatoren	22
3 Fortschritte bei der Erreichung der strategischen Ziele der NWS	26
3.1 Regulatorische Rahmenbedingungen für den Markthochlauf von Wasserstoff, einschließlich einheitlicher Nachhaltigkeitsstandards (Ziel 1)	27
3.1.1 Allgemeine Beschreibung	27
3.1.2 Entwicklungen zur Zielerreichung	27
3.1.3 Übersicht wesentlicher nationaler Gesetze und Verordnungen	31
3.2 Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff und Folgeprodukte in Deutschland (Ziel 2)	32
3.2.1 Allgemeine Beschreibung	32
3.2.2 Entwicklungen zur Zielerreichung	32
3.3 Infrastruktur für Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, einschließlich Wasserstoff-Tankstellen (Ziel 3)	34
3.3.1 Allgemeine Beschreibung	34
3.3.2 Entwicklungen zur Zielerreichung Transportinfrastruktur	35
3.4 Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten (Ziel 4)	37
3.4.1 Allgemeine Beschreibung	37
3.4.2 Entwicklungen zur Zielerreichung	38
3.5 Fortschritte bei der Dekarbonisierung in den Bereichen Verkehr und Industrie durch den Einsatz von Wasserstoff (Ziel 5)	39
3.5.1 Allgemeine Beschreibung	39
3.5.2 Entwicklungen zur Zielerreichung	41
3.6 Deutschland als Leitanbieter im Bereich grüner Wasserstoffherstellungs- und -anwendungstechnologien (Ziel 6)	45
3.6.1 Allgemeine Beschreibung	45
3.6.2 Entwicklungen zur Zielerreichung	46
3.7 Internationale Kooperationen (EU und außerhalb der EU) im Hinblick auf Wasserstoffimport und Technologieexport (Ziel 7)	52
3.7.1 Allgemeine Beschreibung	52
3.7.2 Entwicklungen zur Zielerreichung	52
4 Herausforderungen bei der Umsetzung der NWS und im Monitoringprozess	59
5 Ausblick zur Umsetzung der NWS und zum Monitoringprozess	62
6 Quellen- und Literaturverzeichnis	66
7 Abkürzungen	66
Anhang	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Governance-Struktur der NWS.....	12
Abbildung 2: Ziele und Ambitionen der NWS.....	18
Abbildung 3: Unterschiedliche Ziel- und Ergebnisebenen.....	19
Abbildung 4: Zuordnung der Maßnahmen des NWS-Aktionsplans zu den strategischen Zielen.....	20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht einiger Länder, die Wasserstoffstrategien oder -roadmaps veröffentlicht oder deren Vorbereitung verkündet haben (Auswahl).....	14
Tabelle 2: Mögliche Monitoringindikatoren.....	23
Tabelle 3: Übersicht wesentlicher nationaler Gesetze und Verordnungen im Berichtszeitraum.....	31

Flagship-Programmverzeichnis

Flagship-Programm 1: Important Projects of Common European Interest (IPCEI) Wasserstoff.....	33
Flagship-Programm 2: Förderprogramm Klimaschutzdifferenzverträge (KSV).....	38
Flagship-Programm 3: Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe.....	42
Flagship-Programm 4: Förderprogramm Dekarbonisierung in der Industrie.....	44
Flagship-Programm 5: Wasserstoff-Leitprojekte (Förderauftrag „Ideenwettbewerb Wasserstoffrepublik Deutschland“).....	48
Flagship-Programm 6: Reallabore der Energiewende.....	49
Flagship-Programm 7: Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff (ITZ).....	51
Flagship-Programm 8: HySupply.....	53
Flagship-Programm 9: Umsetzung der deutsch-marokkanischen Wasserstoffallianz.....	54
Flagship-Programm 10: Förderung von grünem Wasserstoff in Brasilien und Südafrika.....	55
Flagship-Programm 11: H2Global.....	57

Infokästen

Infokasten 1: Zu beobachtende nicht-intendierte negative Auswirkungen.....	22
--	----

Executive Summary



Hintergrund

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, sein gesamtes gesellschaftliches und wirtschaftliches Handeln ab 2045 treibhausgasneutral zu gestalten. Der Weg zur Treibhausgasneutralität ist im Klimaschutzgesetz vorgezeichnet. Das Erreichen der Ziele des Klimaschutzgesetzes ist eine enorme Herausforderung, zu der alle Sektoren einen anspruchsvollen Beitrag leisten müssen.

Die Bundesregierung hat im Juni 2020 die Nationale Wasserstoffstrategie (NWS) verabschiedet. Die NWS schafft den Rahmen für private Investitionen in die wirtschaftliche und nachhaltige Erzeugung, den Transport und die Nutzung von grünem Wasserstoff. Der Aktionsplan der Wasserstoffstrategie mit seinen 38 Maßnahmen bildet für den Markthochlauf die Basis. Die Bundesregierung setzt insbesondere für den Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft auf die Förderung der Produktion von grünem, nachhaltig erzeugtem Wasserstoff und dessen Folgeprodukten, die Umstellung von Produktionsverfahren auf wasserstofftaugliche Verfahren und die Ausgestaltung unterstützender und zuverlässiger regulatorischer Rahmenbedingungen.

Die Rolle von Wasserstoff zum Erreichen der Klimaziele hat auch eine starke internationale Dimension. Aufgrund der europäischen und internationalen Verflechtung Deutschlands ist es unerlässlich, die nationalen Maßnahmen im Rahmen der NWS durch eine enge europäische und globale Koordination zu flankieren.

Insgesamt ist mit der Verabschiedung der NWS ein zentraler, richtungsweisender politischer Impuls und Startpunkt für die Wasserstoffwirtschaft in Deutschland gesetzt worden. Es wurden wichtige Grundlagen für Investitionen aus der Wirtschaft sowie für Forschungsinitiativen geschaffen. Zahlreiche Projekte und Projektideen sowie Initiativen

und Netzwerke zeigen, dass der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gestartet ist und eine hohe Investitionsbereitschaft besteht. Umso wichtiger ist es, diesen Hochlauf konsequent voranzutreiben.

Fortschritt der Umsetzung des Monitoringprozesses

Mit der NWS verfolgt die Bundesregierung ambitionierte Ziele und bringt konkrete Maßnahmen auf den Weg. Die Umsetzung und Weiterentwicklung der NWS ist ein fortlaufender Prozess. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, die Wirkung der umgesetzten Maßnahmen und eingetretenen Entwicklungen kontinuierlich und systematisch zu beobachten, um so bei Bedarf frühzeitig nachsteuern zu können. Zu diesem Zweck hat die Bundesregierung schon mit Verabschiedung der NWS die Leitstelle Wasserstoff mit dem Monitoring beauftragt.

Strategische Ziele und Indikatoren bilden die Basis für den zukünftigen Monitoringbericht. Anhand von Zielen und Indikatoren wird der Fortschritt bei der Umsetzung der NWS systematisch erfasst und bewertet. Dieser Fortschrittsbericht stellt sowohl die *strategischen Ziele* als auch ein vorläufiges Set an möglichen *Indikatoren* vor. Darüber hinaus beschreibt dieser Bericht den Umsetzungsfortschritt des Aktionsplans der NWS.

Fortschritt der Umsetzung der NWS

Der Fortschritt zur Regulatorik sowie zu den Fördermaßnahmen des Aktionsplans wird entlang der sieben strategischen Ziele berichtet – seit dem Start der NWS im Juni 2020 bis zum Ende des Jahres 2021.

Ziel 1: Regulatorische Rahmenbedingungen für den Markthochlauf von Wasserstoff, einschließlich einheitlicher Nachhaltigkeitsstandards, sind geschaffen

Für den Wasserstoffhochlauf muss ein regulatorischer Rahmen für Erzeugung, Transport und Verwendung von Wasserstoff geschaffen werden. Verlässliche regulatorische Rahmenbedingungen ermöglichen Investitionen, reduzieren Risiken, stärken Wettbewerb und setzen Anreize. Hier wurden im Sinne der Zielerreichung wichtige Gesetzesentwicklungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette angestoßen oder bereits final umgesetzt, beispielsweise die EEG-Umlagebefreiung im Rahmen der *EEG-Novelle 2021* im Bereich Erzeugung, der Einstieg in die Regulierung reiner Wasserstoffnetze im Rahmen der *EnWG-Novelle 2021*, die dazugehörige Wasserstoffnetzentgeltverordnung im Bereich Infrastruktur sowie im Bereich Verkehr mit der Umsetzung der Clean Vehicles Directive (Richtlinie (EU) 2019/1161) durch das *Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFahrzeugBeschG)*.

Die Bundesregierung arbeitet aktuell an der Umsetzung von Bilanzierungs- und Zertifizierungssystemen sowie an Nachhaltigkeitsstandards und bringt entsprechende Aspekte in die Diskussionen auf europäischer und internationaler Ebene ein.

Ziel 2: Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff und Folgeprodukte sind in Deutschland ausgebaut

Die zukünftige nationale Versorgung mit Wasserstoff aus erneuerbaren Energien und dessen Folgeprodukten zu sichern und zu gestalten ist in der NWS ausdrücklich definiert. Mit der genannten EEG-Umlagebefreiung wird einem zentralen Kostenhemmnis für den Hochlauf von grünem Wasserstoff begegnet.

Eine wichtige integrierte Maßnahme ist der Start der *Important Projects of Common European Interest (IPCEI: Wichtige Vorhaben von gemeinsamem europäischen Interesse)*. Sie umfassen im Bereich

Wasserstofferzeugung Elektrolyseprojekte mit über zwei Gigawatt Leistung.

Windenergie auf See ist eine attraktive Technologie zur Erzeugung von erneuerbarem Strom und grünem Wasserstoff. Mit der *Verordnung zur Vergabe von sonstigen Energiegewinnungsbereichen in der ausschließlichen Wirtschaftszone* sollen auch Offshore-Elektrolyse-Vorhaben realisiert werden.

Ziel 3: Die Infrastruktur für Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, einschließlich Wasserstoff-Tankstellen, ist ausgebaut

Infrastrukturen wie Pipelines sind notwendige Voraussetzungen, um Wasserstoff vom Erzeuger zum Anwender zu transportieren. Mit der *EnWG-Novelle* wurde für Betreiber von Wasserstoffnetzen ein regulierungsrechtlicher Einstieg geschaffen, der Planungs- und Investitionssicherheit bis zum Vorliegen eines europäischen Rahmens gewährleisten soll. Neben optionalen Regeln u. a. zu Entflechtung, Netzanschluss und -zugang sowie kostenbasierter Entgeltbildung umfasst die Novelle auch Regelungen u. a. zur Überleitung bestehender Genehmigungen bei der Umstellung von bestehenden Gasleitungen auf Wasserstoff.

Die Errichtung erster Wasserstoffinfrastrukturprojekte plant die Bundesregierung darüber hinaus im Rahmen der *IPCEI-Förderung* zu ermöglichen. Zu den ausgewählten *IPCEI-Projekten* zählen auch Infrastrukturprojekte, die insgesamt ca. 1.700 km Wasserstoffleitungen enthalten und bis 2028 in Betrieb gehen sollen.

Zum ganzheitlichen Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur gehören neben Pipelines und dem Transport über Schiene und Straße auch eine Wasserstofftankstelleninfrastruktur insbesondere für Nutzfahrzeuge sowie auch private Betriebstankstellen der Industrie. Der Aufbau von Tankinfrastruktur

mit der Fokussierung auf Nutzfahrzeuganwendungen wird von der Bundesregierung unterstützt und fortgesetzt. Dabei werden auch neue Fördermodelle geprüft.

Ziel 4: Die Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten ist verbessert

Die derzeitigen Preise für grünen Wasserstoff wirken sich prohibitiv auf den Markthochlauf für Wasserstofftechnologien und die erfolgreiche Dekarbonisierung der von Wasserstoff abhängigen Sektoren aus. Grüner Wasserstoff und dessen Folgeprodukte müssen im Verhältnis zu deren fossilen Alternativen wettbewerbsfähiger werden. Neben dem *nationalen Emissionshandelssystem* mit einem aufwachsenden Preispfad in den kommenden Jahren bringt die erwähnte EEG-Umlagebefreiung von grünem Wasserstoff im Rahmen der *EEG-Novelle 2021* wichtige Fortschritte für dieses Ziel.

Die *Klimaschutzdifferenzverträge (KSV)* werden Unternehmen u. a. dabei unterstützen, grünen Wasserstoff einzusetzen und dabei weiterhin wettbewerbsfähig zu produzieren. Hierzu sind im Berichtszeitraum wichtige Vorarbeiten umgesetzt worden.

Ziel 5: Durch den Einsatz von Wasserstoff sind Fortschritte bei der Dekarbonisierung in den Bereichen Verkehr und Industrie erreicht

Verkehr: Im Verkehr kann der Einsatz von Wasserstoff insbesondere in schwer bzw. nicht elektrifizierbaren Bereichen (z. B. Schiffs-, Flug- und Teilen des Schwerlast-, Schienen- und Busverkehrs) ein wichtiger Hebel sein, um die Dekarbonisierung voranzutreiben. Mit dem *Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgasreduzierungsquote* und einer Treibhausgasreduzierungsquote von 25 Prozent bis 2030 werden die EU-Vorgaben der *RED II* deutlich übererfüllt.

Hierdurch entstehen signifikante Anreize für die Produktion und den Einsatz von grünem Wasserstoff und darauf basierenden Kraftstoffen im Verkehr.

Neben der Umsetzung dieser wichtigen, regulatorischen Maßnahme werden Fördermaßnahmen für Forschung und Entwicklung sowie Marktaktivierung im Fahrzeugbereich, der Betankungsinfrastruktur und den strombasierten Kraftstoffen fortgesetzt und neu gestartet, um mittel- und langfristige zur Erreichung des Dekarbonisierungsziels im Verkehrssektor beizutragen.

Industrie: Der deutsche Industriesektor ist zweitgrößter Treibhausgasemittent. Ein herausfordernder, technologischer Transformationsprozess steht hier bevor, um die gesetzten Dekarbonisierungsziele zu erreichen. Es ist dabei unerlässlich, Klimaschutz und industrielle Wertschöpfung in Einklang zu bringen. Um dies zu ermöglichen, hat die Bundesregierung das Förderprogramm *Dekarbonisierung in der Industrie* ins Leben gerufen. Dadurch wird die energieintensive Industrie – insbesondere auch der Chemie- und Stahlsektor – auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität vor allem in den Bereichen Forschung und Entwicklung sowie bei großtechnischen Klimaschutzinnovationen unterstützt. Im Jahr 2021 sind 25 aussichtsreiche Projektskizzen/-anträge eingegangen.

Ziel 6: Deutschland ist als Leitanbieter im Bereich grüner Wasserstoffherstellungs- und -anwendungstechnologien positioniert

Forschung, Bildung und Innovation sind entscheidende Grundvoraussetzungen, um den langfristigen Erfolg von Wasserstofftechnologien zu sichern und Deutschland als Leitanbieter in diesem Bereich zu etablieren. Unter dem Dach der neu geschaffenen ressortübergreifenden Forschungsoffensive

Wasserstofftechnologien 2030 wurden mehrere Forschungsaktivitäten gebündelt – von der anwendungsorientierten Grundlagenforschung wie im Ideenwettbewerb *Wasserstoffrepublik Deutschland* über die angewandte Energieforschung in der *Technologieoffensive Wasserstoff* bis zur Erprobung im industriellen Maßstab in den Reallaboren der Energiewende. Fünf *Reallabore der Energiewende* im Wasserstoffbereich sowie drei *Wasserstoff-Leitprojekte* sind gestartet. Die Reallabore setzen Forschungsergebnisse in die Praxis um und verhelfen vielversprechenden Ideen, Marktreife zu erlangen. Die Leitprojekte adressieren die Serienfertigung von Elektrolyseuren, Transportlösungen sowie Offshore-Erzeugung.

Ziel 7: Internationale Kooperationen (in- und außerhalb der EU) im Hinblick auf Wasserstoffimport und Technologieexport sind aufgebaut

Entscheidend für die zukünftige Versorgungssicherheit Deutschlands mit grünem Wasserstoff und den Export deutscher Technologie ist der Aufbau stabiler und nachhaltiger internationaler Kooperationen. Mit Hilfe von zahlreichen bilateralen Klima- und Energiepartnerschaften sowie Forschungskooperationen baut Deutschland die internationale Zusammenarbeit im Bereich Wasserstoff aus. Die gemeinsame Entwicklung lokal angepasster Wasserstofftechnologien und breiter Wertschöpfungsketten in beiderseitigem Interesse wird so vorbereitet.

Zusätzlich unterstützen verschiedene Förderinstrumente konkrete Projekte zur Entwicklung eines Wasserstoffmarktes: beispielsweise fördert *H2Global* die Produktion von grünem Wasserstoff und dessen Folgeprodukten außerhalb der EU sowie deren Anwendung in Deutschland. Dafür hat die Bundesregierung bereits 2021 Mittel in Höhe von 900 Millionen Euro zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen der NWS wurden zudem verschiedene bilaterale Abkommen und Projekte zur Wasserstoffzusammenarbeit gestartet. Dazu gehören unter anderem Wasserstoffallianzen und -arbeitsgruppen mit Marokko und Tunesien, Australien, Saudi-Arabien und Kanada, welche beispielsweise die Entwicklung von nationalen Wasserstoffstrategien sowie den Bau erster Pilotanlagen unterstützen. Auch mit Algerien werden Vorhaben für den Aufbau eines Wasserstoffsektors geplant. Weitere bilaterale Projekte wie in Brasilien und Südafrika sollen den Markthochlauf von Wasserstoff in den jeweiligen Partnerländern flankieren.

Herausforderungen bei der Umsetzung der NWS

Mit der NWS wurde ein Rahmen gesetzt, mit den bisherigen Umsetzungsschritten wurde das Marktinteresse verstärkt und Innovationsprozesse wurden angereizt. Gleichzeitig hat sich bei den Marktteilnehmern eine hohe Erwartung aufgebaut, dass konkrete nächste Schritte zügig folgen werden und damit Planungssicherheit für Investitionen und Projektvorhaben entsteht. In einigen Bereichen kam es jedoch zu zeitlichen Verzögerungen, Projektentscheidungen und -starts konnten nicht wie geplant angegangen werden. So wurde der wichtige IPCEI-Prozess durch die Aktualisierung der IPCEI-Mitteilung als beihilferechtlicher Grundlage bzw. die Abgrenzung zu KUEBLL verzögert und der angestrebte Markthochlauf erfolgt langsamer. Der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft muss daher insgesamt weiter forciert und Entscheidungsprozesse müssen beschleunigt werden.

Das koordinierte Zusammenwirken der Bundesresorts sowie das Zusammenwirken des Bundes mit den Ländern und den wirtschaftlichen sowie wissenschaftlichen Akteuren sollte, wie bereits in der NWS vorgesehen, ausgebaut werden. Koordination ist auch in Bezug auf die Kombinierbarkeit der ver-

schiedenen Instrumente und Förderprogramme unerlässlich. Zudem ist es wichtig, die zahlreichen regionalen, nationalen, europäischen und internationalen Wasserstoffaktivitäten und Initiativen stärker zu verzahnen. So können Synergien geschaffen und genutzt werden.

Ausblick bei der Umsetzung der NWS

Zur Erarbeitung des im Koalitionsvertrag vereinbarten Klimaschutz-Sofortprogramms wurde Anfang Januar 2022 der Auftakt mit einer Eröffnungsbilanz gemacht. Ziel des Klimaschutz-Sofortprogramms ist es, alle Sektoren auf den Zielpfad zu bringen und die erforderlichen Maßnahmen in die Wege zu leiten. Zu den in der Eröffnungsbilanz genannten Sofortmaßnahmen gehört auch die Überarbeitung der NWS.

Die Maßnahmen zum Markthochlauf der Wasserstofftechnologie sollen angepasst werden, unter anderem auch um die Produktionskapazitäten von grünem Wasserstoff gegenüber den bisherigen Plänen zu verdoppeln. Dafür soll die NWS noch im Jahr 2022 fortgeschrieben und zusätzliche Förder-

programme sollen auf den Weg gebracht bzw. bestehende aufgestockt werden.

Ziel der Fortschreibung ist es, den Handlungsrahmen für Innovationen und Investitionen für grünen Wasserstoff weiter zu verbessern und vor allem prioritäre Maßnahmen darzustellen, die das Erreichen der angehobenen Ziele gewährleisten.

Die aktuelle Situation des russischen Kriegs in der Ukraine ist eine fundamentale neue Entwicklung, deren vollständige Bewertung auch eine neue Dimension für die Ausrichtung und Umsetzung der NWS bedeutet. Die Diversifizierung aller Energieimporte und der beschleunigte Ausbau erneuerbarer Energien sind essenziell für die Energieversorgungssicherheit. Wasserstoff und PtX-Folgeprodukte leisten dazu einen Beitrag. Die mit ihnen verbundenen Nutzungsoptionen in allen volkswirtschaftlichen Sektoren, ihr klimapolitischer Beitrag zur Erreichung der Pariser Klimaziele und nicht zuletzt ihr geopolitisches Potenzial zur Diversifizierung der energiepolitischen Abhängigkeiten unterstreichen ihre strategische Bedeutung für Deutschland und die EU.

1 Einleitung

1.1 Über den Bericht

Hintergrund

Deutschland hat sich zum Ziel gesetzt, sein gesamtes gesellschaftliches und wirtschaftliches Handeln ab 2045 klimaneutral zu gestalten. Der Weg zur Klimaneutralität ist im Klimaschutzgesetz vorgezeichnet. Nach dem Beschluss des Bundesverfassungsgerichts vom April 2021 ist der Staat verpflichtet, dem Klimawandel aktiv vorzubeugen, sodass es in Zukunft nicht zu unverhältnismäßigen Einschränkungen der Freiheitsgrundrechte der heute jüngeren Menschen kommt. Darauf hat die Bundesregierung, auch mit Blick auf das Klimaziel der Europäischen Union für das Jahr 2030, noch in 2021 ein geändertes Klimaschutzgesetz mit angehobenen Zielvorgaben vorgelegt. Das Erreichen der Ziele des neuen Klimaschutzgesetzes ist eine enorme Herausforderung, zu der alle Sektoren einen anspruchsvollen Beitrag leisten müssen. Die Anfang Januar 2022 vorgelegte Eröffnungsbilanz Klimaschutz ist der Startschuss für die Arbeit an einem Klimaschutz-Sofortprogramm, mit dem die neue Bundesregierung alle notwendigen Gesetze, Verordnungen und Maßnahmen bis Ende 2022 auf den Weg bringen will.

Tragende Säule für das Erreichen der Klimaziele Deutschlands ist ohne Frage die Energiewende mit der vollständigen Deckung der Energienachfrage durch erneuerbare Energieträger. Hinzu kommt, dass auch die vollständige Dekarbonisierung von Industrie und Verkehr eine Abkehr von der Nutzung fossiler Roh- und Kraftstoffe bedingt. Gerade in den Bereichen, in denen eine effiziente und direkte Nutzung erneuerbaren Stroms nicht oder noch nicht möglich ist, werden grüner Wasserstoff und darauf basierende Folgeprodukte aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten eine Schlüsselrolle bei der Umsetzung der Energiewende einnehmen.

Damit Wasserstoff ein zentraler Bestandteil der Dekarbonisierungsstrategie Deutschlands werden kann, muss die gesamte Wertschöpfungskette – Technologien, Erzeugung, Speicherung und Transport, Infrastruktur und Verwendung – in den Blick genommen und der Markthochlauf für grüne Wasserstofftechnologien konsequent vorangetrieben werden.

Die Bundesregierung hat deshalb im Juni 2020 die *Nationale Wasserstoffstrategie (NWS)* verabschiedet. Übergeordnetes Ziel ist es, grünen Wasserstoff und seine Folgeprodukte schnell als Schlüsseltechnologie zu etablieren und damit zum Erreichen der Klimaziele wesentlich beizutragen. Die NWS schafft den Rahmen für private Investitionen in die wirtschaftliche und nachhaltige Erzeugung, den Transport und die Nutzung von grünem Wasserstoff. Die Bundesregierung setzt insbesondere zum Start des Markthochlaufs der Wasserstoffwirtschaft auf Förderung der Produktion von grünem, nachhaltig erzeugtem Wasserstoff und dessen Folgeprodukten, die Umstellung von Produktionsverfahren auf wasserstofftaugliche Verfahren und die Ausgestaltung unterstützender und zuverlässiger regulatorischer Rahmenbedingungen. Mit der Vorlage der Eröffnungsbilanz Klimaschutz Anfang Januar 2022 und im Rahmen des Starts der Erarbeitung des Klimaschutz-Sofortprogramms wurde das Ausbauziel für Elektrolyseure bis 2030 gegenüber dem bisherigen Ziel auf zehn Gigawatt verdoppelt.

Die Rolle von Wasserstoff zum Erreichen der Klimaziele hat auch eine starke internationale Dimension. Unter anderem aufgrund der europäischen und internationalen Verflechtung Deutschlands ist es unerlässlich, die nationalen Maßnahmen im Rahmen der NWS durch eine enge europäische und globale Koordinierung zu flankieren.

Zielsetzung

Der vorliegende Bericht wurde von der Leitstelle Wasserstoff in Zusammenarbeit mit den zuständigen Ressorts der Bundesregierung erstellt. Die Berichterstattung erfolgt im Rahmen des Monitoringprozesses der NWS in Form eines Fortschrittsberichts auf dem Weg zu einem datenbasierten Monitoringbericht im Folgejahr. Der in diesem Fortschrittsbericht dargestellte Stand dokumentiert den Weg zur Erarbeitung von überprüfbaren, datenbasierten Indikatoren. Es werden der Monitoringprozess sowie insbesondere erstmals sieben strategische Ziele und mögliche Indikatoren vorgestellt. Zusammen bilden die hier präsentierten strategischen Ziele und Indikatoren die Grundlage für das systematische Monitoring der NWS. Darüber hinaus beschreibt dieser Bericht den Umsetzungsfortschritt seit dem Start der NWS im Juni 2020 bis zum Ende des Jahres 2021. Er knüpft dabei an den Bericht der Bundesregierung zur Umsetzung der NWS von September 2021 an.

Die aktuelle Bundesregierung hat den Klimaschutz in den Mittelpunkt ihres Regierungshandelns gestellt. Das betrifft auch die NWS: Im Koalitionsvertrag hat die Bundesregierung angekündigt, im Jahr 2022 eine ambitionierte Überarbeitung der Nationalen Wasserstoffstrategie vorzunehmen. Dafür kann der vorliegende Bericht eine Orientierung bieten.

Berichtsstruktur

In diesem ersten Kapitel gibt die Einleitung, neben Hintergrund, Zielsetzung und Berichtsstruktur, einen Überblick zur NWS und nimmt eine Einordnung der NWS in den internationalen Kontext vor. Im zweiten Kapitel werden die Ziele der NWS und deren Relevanz für das Monitoring vorgestellt, der geplante Monitoringprozess skizziert und mögliche Indikatoren für das Monitoring benannt. Im dritten

Kapitel sind die wichtigsten Fortschritte innerhalb der Maßnahmen des NWS-Aktionsplans im Hinblick auf die sieben strategischen Ziele der NWS beschrieben. Ausgewählte Flagship-Programme innerhalb der Maßnahmen werden in Infoboxen detailliert vorgestellt. Im vierten Kapitel werden zentrale Herausforderungen der NWS beschrieben. Im fünften Kapitel fasst ein Ausblick die wichtigsten Entwicklungen für den Bereich Wasserstoff, nach dem Ende des Berichtszeitraumes Ende 2021, zusammen. Im Anhang befindet sich eine Tabelle, die alle Maßnahmen des Aktionsplans der NWS von 2020 nacheinander strukturiert vorstellt und den derzeitigen Stand der Umsetzung beschreibt.

1.2 Überblick zur NWS

Die NWS wurde 2020 von der Bundesregierung verabschiedet und wird heute als Gemeinschaftsprojekt einer Vielzahl beteiligter Ressorts, allen voran durch das BMBF, das BMDV, das BMUV, das BMWK und das BMZ, umgesetzt. Die NWS schafft einen Handlungsrahmen für die künftige Erzeugung, den Transport, die Nutzung und Weiterverwendung von Wasserstoff und damit für entsprechende Innovationen und Investitionen. Es wurden Schritte definiert, die zur Erreichung der Klimaziele beitragen, neue Wertschöpfungsketten für die deutsche Wirtschaft schaffen und die internationale wirtschaftspolitische Zusammenarbeit weiterentwickeln. Der Aktionsplan der Wasserstoffstrategie mit seinen 38 Maßnahmen und die geltenden Haushalts- und Finanzplanansätze bilden für den Markthochlauf die Basis. Seit Mitte 2020 hat die Bundesregierung die Umsetzung der NWS vorangetrieben, um damit wichtige Grundlagen für Investitionen aus der Wirtschaft sowie für Forschungsinitiativen zu schaffen. Diese sollen auch dazu beitragen, Deutschland als Vorreiter und Technologieführer im Bereich Wasserstoff zu positionieren.

Für die Umsetzung der bereits laufenden und neuen Maßnahmen im Rahmen der NWS wurden mit dem im Juni 2020 beschlossenen Konjunkturpaket zusätzliche Haushaltsmittel i. H. v. neun Milliarden Euro bereitgestellt.

Die Resonanz auf die Aktivitäten der Bundesregierung aus Wirtschaft und Forschung sowie zahlreiche Maßnahmen, Projektideen, Initiativen, Netzwerke und integrierte Projekte zeigen, dass der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gestartet ist und eine hohe Investitionsbereitschaft besteht.

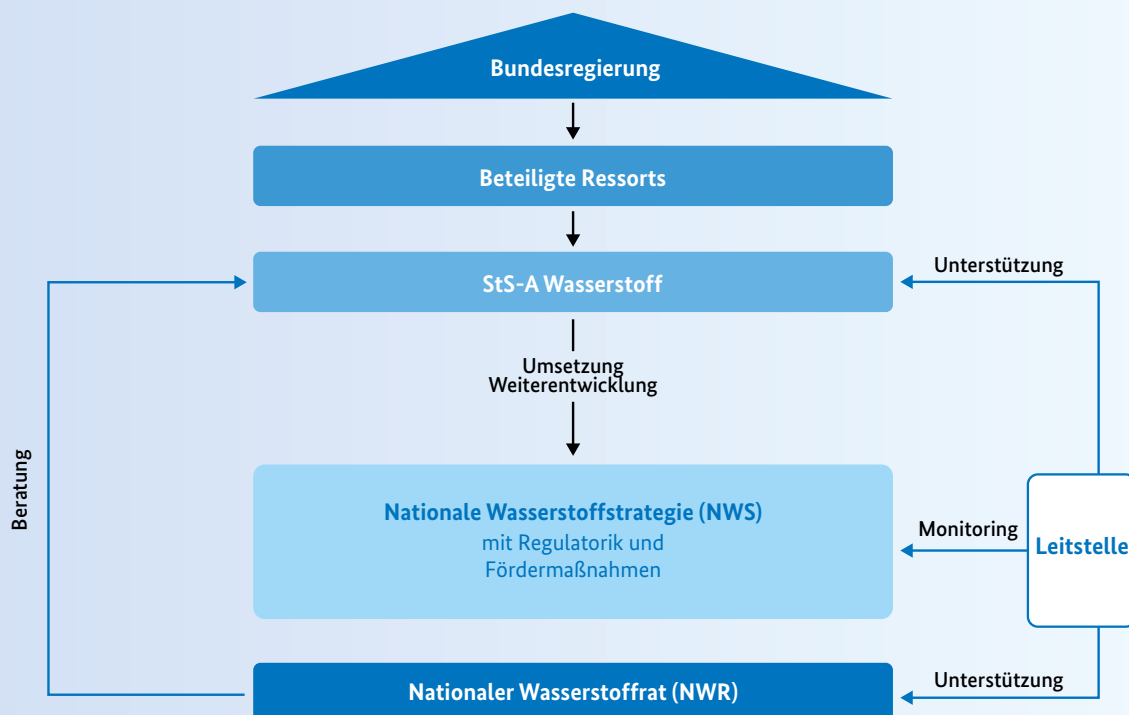
Im Folgenden ist zunächst die Rolle der verschiedenen Akteure der in der NWS festgelegten Governance-Struktur beschrieben (siehe auch Abbildung 1).

Staatssekretärsausschuss für Wasserstoff

Der Stand der Umsetzung und Zielerreichung der NWS wird regelmäßig vom Staatssekretärsausschuss für Wasserstoff der zuständigen Ressorts überwacht, der auch über die Weiterentwicklung und Umsetzung der Strategie entscheidet. Zeichnet sich eine Verzögerung der Umsetzung oder eine Verfehlung der Ziele der Wasserstoffstrategie ab, ergreift der Staatssekretärsausschuss in Abstimmung mit dem Bundeskabinett umgehend korrigierende Maßnahmen und passt den Aktionsplan den neuen Erfordernissen an.

Der Staatssekretärsausschuss wird unterstützt durch einen Ausschuss auf Abteilungsleitererebene sowie durch den Koordinierungskreis Wasserstoff auf Referatsebene der beteiligten Bundesressorts.

Abbildung 1: Governance-Struktur der NWS



Quelle: Eigene Darstellung

Nationaler Wasserstoffrat

Im Sommer 2020 ist der Nationale Wasserstoffrat (NWR) von der Bundesregierung berufen worden. Er handelt als unabhängiges, überparteiliches Beratungsgremium. Der Rat besteht derzeit aus 25 hochrangigen Expertinnen und Experten aus Wirtschaft, Wissenschaft und Zivilgesellschaft.

Die Mitglieder des NWR verfügen über Expertise in den Bereichen Erzeugung, Forschung und Innovation, Dekarbonisierung von Industrie, Verkehr und Gebäude/Wärme, Infrastruktur, internationale Partnerschaften sowie Klima und Nachhaltigkeit.

Zielsetzung des NWR ist es, den Staatssekretärsausschuss für Wasserstoff bei der Weiterentwicklung und Umsetzung der NWS zu begleiten und zu beraten. Dabei sollen die unterschiedlichen Sichtweisen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft eingebracht, diskutiert und in einen überparteilichen Konsens überführt werden. Um die Koordination zwischen Bundesregierung und Wasserstoffrat sowie eine enge Anbindung des Rates an die operative Arbeit der Ressorts bei der Umsetzung der NWS zu gewährleisten, sieht die NWS einen Austausch zwischen dem Staatssekretärsausschuss und dem NWR vor. Zudem nehmen die Ressortverantwortlichen (z. B. die zuständigen Abteilungsleitungen) der betroffenen Ministerien als Gäste an den Sitzungen des Rates teil.

Zur Organisation seiner Arbeit hat der Rat Arbeitsgruppen zu den folgenden Themen gebildet:

- (1) Forschungs- und Entwicklungsbedarfe,
- (2) Erzeugung, Import und Integritätssicherung,
- (3) Transport, Verteilung, Speicherung und Wärme sowie
- (4) Anwendungen mit den Unterarbeitsgruppen (4.1) Industrielle Anwendungen und (4.2) Mobi-

lität und andere Energieanwendungen. Aufgabe der Arbeitsgruppen ist es, die Positionen des NWR zu den jeweiligen Themengebieten vorzubereiten.

Leitstelle Wasserstoff

Die NWS sieht die Einrichtung und den Betrieb einer Leitstelle zur Unterstützung der Umsetzung und Weiterentwicklung der NWS vor. Die Leitstelle Wasserstoff übernimmt insbesondere die folgenden Aufgaben: Unterstützung der Ressorts, Unterstützung des NWR und Monitoring der Umsetzung der NWS.

Die Leitstelle wird durch die nachstehenden Organisationen betrieben: Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH (GIZ), Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH (NOW), Projektträger Jülich (PtJ), und Zukunft – Umwelt – Gesellschaft gGmbH (ZUG).

1.3 NWS im internationalen Kontext

NWS und die Wasserstoffstrategien anderer Länder

Die Rolle von Wasserstoff in der Energiewende und zur Erreichung der nationalen und globalen Klimaziele wird international immer deutlicher. Die deutsche NWS steht international nicht allein da. Aktuell haben bereits mindestens 17 Staaten Wasserstoffstrategien veröffentlicht. Etwa weitere 20 Länder sind dabei, Strategien zu entwickeln, und haben teilweise bereits sogenannte Roadmaps veröffentlicht. Eine Auswahl einiger dieser Länder ist in Tabelle 1 zu finden.^{1,2} Darunter sind große Industrienationen wie China, Japan, Kanada,

1 KPMG (2021): National hydrogen strategies – An update on recent progress in the hydrogen markets.

2 World Energy Council (2021): Working paper – National hydrogen strategies.

Australien oder die USA, einige EU-Staaten wie Frankreich, Italien, die Niederlande oder Spanien, aber auch viele Schwellen- und Entwicklungsländer wie Algerien, Brasilien, Marokko oder Tunesien.

Inhaltlich unterscheiden sich die Strategien teils erheblich. Entscheidend für die Chancen und Herausforderungen der Länderstrategien sind die lokale Nutzung und Verfügbarkeit von Wasserstoff und Rohstoffen, das Potenzial für erneuerbare Energien, der Industrialisierungsgrad sowie der Energiebedarf.

Die betreffenden Staaten planen, Treibhausgasneutralität in unterschiedlichen Zeithorizonten zu erreichen. Die EU und die USA benennen 2050, China und Russland 2060, Indien 2070 als Ziel. In Deutschland hingegen ist das Erreichen der Treibhausgasneutralität bis spätestens 2045 gesetzlich

verankert. Dies könnte zu einer unterschiedlichen Geschwindigkeit und Tiefe der Dekarbonisierungsmaßnahmen führen.

Im Vergleich zu den Strategien und Roadmaps anderer Länder ist die deutsche NWS neben der australischen und portugiesischen die umfangreichste Strategie mit detaillierten und konkreten Maßnahmen zur Entwicklung des nationalen und internationalen Wasserstoffmarktes.

Im Gegensatz zu einigen anderen Industrienationen wie Australien oder Kanada gehen die EU und Deutschland in ihren Strategien davon aus, in Zukunft weiterhin Energie bzw. Rohstoffe zu importieren. Die Wechselwirkung von Import- und Exportstrategien für Wasserstoff ist der Beginn neuer Handelsrouten, welche die Wirtschaftsgeografie prägen werden.

Tabelle 1: Übersicht einiger Länder, die Wasserstoffstrategien oder -roadmaps veröffentlicht oder deren Vorbereitung verkündet haben (Auswahl)

Land	Stand	Schwerpunkt	Farbe ³
Australien	Strategie veröffentlicht 2019	Export; Eigenversorgung	Blau oder grün
Brasilien	Vorbereitung der Strategie	Export	noch nicht spezifiziert
Chile	Strategie veröffentlicht 2020	Eigenversorgung; Export	Grün
EU	Strategie veröffentlicht 2020	abhängig von Mitgliedstaaten	Blau oder grün
Frankreich	Strategie veröffentlicht 2020	Export	Pink, grün oder blau (bis 2050 pink oder grün)
Japan	Strategie veröffentlicht 2017	Import	Blau
Kanada	Strategie veröffentlicht 2020	Eigenversorgung; Export	Blau, türkis, pink oder grün
Marokko	Roadmap veröffentlicht 2021	Export	Grün
Russland	Roadmap veröffentlicht 2020	Export	Blau, pink oder grün
USA	Roadmap veröffentlicht 2020	Export	Blau oder grün

³ Die Farben des Wasserstoffs beziehen sich dabei auf dessen Erzeugung: Grün (Erzeugung aus erneuerbaren Energien), Blau (Erzeugung aus Erdgas – Dampfreformierung – mit teilw. Speicherung der anfallenden THG-Emissionen), Türkis (Erzeugung aus Erdgas – Pyrolyse – mit Gewinnung und dem Ziel der Nutzung des Kohlenstoffs), Pink (Erzeugung aus Kernenergie)

Auch bei der Verwendung von Wasserstoff unterscheiden sich die Strategien der verschiedenen Länder zum Teil erheblich in ihrer sektoralen Priorisierung. Deutschland setzt mit Blick auf die Nutzung von Wasserstoff vornehmlich auf die Bereiche, die mittels direkter Nutzung erneuerbaren Stroms nicht dekarbonisiert werden können, und präferiert beispielsweise bei der Nutzung von Wasserstoff im Verkehrssektor den Luft- und Seesowie den Schwerlastverkehr, wohingegen andere Länder wie Japan und Südkorea vorrangig aus industriepolitischen Gründen mit ihren Strategien auch auf Brennstoffzellentechnologie etwa im PKW-Verkehr setzen.

Internationales Interesse an einem globalen Wasserstoffmarkt

Die Entwicklung hin zu einem globalen Wasserstoffmarkt verbindet das europäische Interesse mit potenziellen Exportnationen. Solide und nachhaltige Partnerschaften mit wirtschaftlichem Entwicklungspotenzial werden für die Entwicklung dieses Marktes maßgebend sein. Im Kontext von Wasserstoffimporten sollten daher geopolitische Ziele, wie der Erhalt und die Schaffung von Stabilität und nachhaltigem Wohlstand in Export- und Transitpartnerländern, zwingend Berücksichtigung finden. Die Entwicklung von international anerkannten Nachhaltigkeitsstandards ist hierfür erforderlich und sollte eine Priorität für die nahe Zukunft sein.

In der Entwicklung eines globalen Wasserstoffmarktes wird Pioniernationen mit technologischer Expertise und der nötigen Marktgröße für Skaleneffekte eine zentrale Bedeutung zu kommen. Dabei birgt diese Pionierrolle Risiken wie technologische Sackgassen oder hohe Entwicklungskosten, im Erfolgsfall jedoch auch alle Chancen, Technologie zu exportieren und Leitmärkte zu prägen.

Zertifizierung und internationale Nachhaltigkeitsstandards

Dem Themenfeld Zertifizierung kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu. Technische Normen und Standards haben enorme Relevanz für die Gestaltung von internationalen Projekten, Geschäftsmodellen und Chancen für Partnerländer. Ebenso können jedoch auch Abgrenzungseffekte aus Zertifizierungssystemen und Nachhaltigkeitsstandards resultieren. Die dadurch entstehenden Anforderungen an Projekte wirken sich auf deren Realisierbarkeit und Kostenstruktur aus. Dies kann zu Zielkonflikten zwischen Industrie- und Entwicklungspolitik führen.

Im Gegensatz zur EU setzt Deutschland seine staatlichen Förderungen explizit für den Markthochlauf grünen Wasserstoffs aus erneuerbaren Energien ein. Denn Wasserstoff ist nicht per se nachhaltig. Mit dem Ziel der Dekarbonisierung und dem Erreichen der Klimaneutralität als übergeordnetes Ziel ist nicht nur die Klimabilanz des Wasserstoffs essenziell für dessen Einsatz, sondern auch dessen Auswirkungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Ein zentrales Element der deutschen NWS mit seiner Importstrategie ist es daher, die lokale Energiewende in Partnerländern durch den Aufbau einer Wasserstoffwertschöpfungskette nicht zu kompromittieren (siehe auch Infokasten 1 in Kapitel 2.2), sondern möglichst zu fördern. International haben sich bisher neben Deutschland nur Chile, Portugal und Spanien auf die Förderung von ausschließlich grünem Wasserstoff festgelegt. Japan, Südkorea oder die USA hingegen fördern einen mit Blick auf die eingesetzte Primärenergie offenen Ansatz und kategorisieren Wasserstoff nach seiner Kohlenstoffintensität. Der Erfolg eines schnellen Markthochlaufs von grünem Wasserstoff, wie ihn die deutsche NWS anstrebt, hängt entscheidend von einer preisgünstigen und stabilen

Stromversorgung aus regenerativen Quellen und somit enormen Ausbauraten von vorwiegend Wind- und PV-Anlagen ab.

Internationaler Wettlauf um Entwicklung und Export von Technologien

Aktuell befindet sich Europa und insbesondere Deutschland in einer Führungsrolle in der Entwicklung und Produktion von Schlüsseltechnologien wie Elektrolyseanlagen. Die Konkurrenz, vor allem aus Ländern mit günstigeren Produktionsbedingungen und offensiveren Praktiken zur Etablierung eigener Standards, könnte diese Stellung jedoch gefährden. Europas Stellung wird also davon abhängen, die Wasserstoffmarktentwicklung ähnlich zügig und zielgerichtet zu fördern und zu regulieren, wie es China, Japan oder die USA tun. Durch Klimaschutzvorgaben und höhere CO₂-Preise in der EU ist der Anpassungsdruck für energieintensive und schwer zu dekarbonisierende Industrien zusätzlich erhöht. Die Wirksamkeit der europäischen CO₂-Ausgleichsmechanismen wird daher eine wichtige Maßnahme für die Entwicklung des Industriestandortes Deutschland sein.

Wasserstoff als geopolitischer Faktor

Der Einsatz von Wasserstoff wird Wirtschafts- und Energieräume entlang von Produktionsnetzwerken, Transportrouten und Industrieclustern neu ordnen und hat somit geopolitische Auswirkungen. Eine zukünftig sinkende Nachfrage nach Erdöl, Erdgas und Kohle stellt insbesondere Export- und Transitländer fossiler Brennstoffe vor wirtschaftliche und innenpolitische Herausforderungen. Der Ausbau und die steigende Nachfrage nach grünem Wasserstoff sowie die Entwicklung neuer Technologien schaffen gleichzeitig neue Wettbewerbsvorteile und wertvolle Marktchancen.

Eine politisch reibungslose globale Energiewende verlangt nach einem internationalen außen- und sicherheitspolitischen (Energie-)Dialog zu den Voraussetzungen und Implikationen eines globalen Wasserstoffmarkts. Hier sollten auch Exportländer fossiler Brennstoffe und weitere Schlüsselakteure hinzugezogen werden. Die NWS sieht vor, dass die Bundesregierung den bi- und multilateralen Austausch in dieser Hinsicht intensiviert.

Die aktuellen Entwicklungen in der Ukraine zeigen die Dringlichkeit der Diversifizierung der energiepolitischen Abhängigkeiten. Der beschleunigte Ausbau erneuerbarer Energien sowie grüne Wasserstoff- und PtX-Produkte können einen essenziellen Beitrag für die zukünftige Energieversorgungssicherheit leisten.

2 Ziele der NWS und deren Überprüfung

2.1 Ziele der NWS

Mit der NWS hat die Bundesregierung eine Reihe verschiedener Ziele und Ambitionen veröffentlicht (siehe Abbildung 2). Aus diesen übergreifenden Zielen und Ambitionen leiten sich die 38 Maßnahmen des Aktionsplans der NWS ab. Sie sind für die Umsetzung der NWS handlungsleitend.



Ziele können sich auf ganz unterschiedliche Ebenen beziehen. Sie können sowohl für Aktivitäten (Maßnahmen) als auch für Leistungen (Outputs) und Wirkungen (Outcomes und Impacts) formuliert werden. Für ein umfassendes Monitoring ist es erforderlich, sowohl die durchgeführten Aktivitäten als auch die Wirkungen dieser Aktivitäten zu betrachten. Dabei beschreiben Ziele den (vorher)

geplanten Soll-Zustand. Um zu überprüfen, inwiefern dieser Soll-Zustand im Rahmen der Umsetzung auch tatsächlich eintritt, erfolgt im Rahmen des Monitorings ein Abgleich mit dem tatsächlich eingetretenen Ist-Zustand. Abbildung 3 zeigt eine typische Unterscheidung von Zielebenen (Soll-Zustand) und Ergebnisebenen (Ist-Zustand) mit kurzen Erklärungen jeder Ebene.

4 Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Die nationale Wasserstoffstrategie, S. 5-9, Berlin.

Abbildung 3: Unterschiedliche Ziel- und Ergebnisebenen

Soll-Zustand		Ist-Zustand
Politische Ziele	Das, wozu auf gesellschaftlicher Ebene beigetragen werden soll z.B. Beitrag zur Erreichung der Klimaziele	Übergeordnete Wirkungen/Impacts
Strategische Ziele	Das, was bei der Zielgruppe/Zielobjekt erreicht werden soll z.B. Veränderungen im Handeln der Zielgruppe, Veränderungen im Markt	Wirkungen/Outcomes
Steuerungsziele	Das, was erarbeitet ist und angeboten wird, und wer damit erreicht wird/es nutzt = erbrachte Leistungen der Maßnahmen/Aktivitäten z.B. wissenschaftliche Ergebnisse, Pilotanlagen	Leistungen/Outputs
Geplante Maßnahmen/Aktivitäten	Das, was auf Seiten des Ministeriums, des Projektträgers sowie in den Projekten/Förderprogrammen getan wird z.B. Umsetzung des Antrags- und Förderverfahrens	Durchgeführte Maßnahmen/Aktivitäten

Quelle: Eigene Darstellung angelehnt an BMBF⁵

Die mit der NWS veröffentlichten Ziele sind sehr allgemein gehalten und entsprechen eher prioritären Handlungsfeldern. Damit bilden sie noch keine ausreichende Grundlage für ein Monitoring der Umsetzung der NWS. Hierfür bedarf es einer Konkretisierung der Ziele. Im Rahmen des Monitoringprozesses haben daher die für die Umsetzung der NWS verantwortlichen Ressorts in einem nächsten Entwicklungsschritt die folgenden sieben strategischen Ziele festgelegt:

1. Regulatorische Rahmenbedingungen für den Markthochlauf von Wasserstoff, einschließlich einheitlicher Nachhaltigkeitsstandards, sind geschaffen.
2. Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff und Folgeprodukte sind in Deutschland ausgebaut.
3. Die Infrastruktur für Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, einschließlich Wasserstoff-Tankstellen, ist ausgebaut.
4. Die Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten ist verbessert.
5. Durch den Einsatz von Wasserstoff sind Fortschritte bei der Dekarbonisierung in den Bereichen Verkehr und Industrie erreicht.
6. Deutschland ist als Leitanbieter im Bereich grüner Wasserstofferzeugungs- und -anwendungstechnologien positioniert.
7. Internationale Kooperationen (in- und außerhalb der EU) im Hinblick auf Wasserstoffimport und Technologieexport sind aufgebaut.

⁵ Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018): Evaluationen von Förderprogrammen, S. 13

Abbildung 4: Zuordnung der Maßnahmen des NWS-Aktionsplans zu den strategischen Zielen

<p>Ziel 1: Regulatorische Rahmenbedingungen für den Markthochlauf von Wasserstoff, einschließlich einheitlicher Nachhaltigkeitsstandards, sind geschaffen.</p>	<p>M1: Einsatz von erneuerbarem Strom zur Sektorkopplung M4: Off-Shore Wind M5: Umsetzung RED II M9: Weiterentwicklung europ. Infrastrukturaufbau/grenzüberschreitende Verkehre M11: Umsetzung Clean Vehicles Directive (CVD) M12: CO₂-Differenzierung LKW-Maut M13: Harmonisierung von Standards für Mobilitätsanwendungen M16: Nachfrageförderung für CO₂-arme Produkte M19: Wasserstoff-Readiness-Anlagen M20: Infrastruktur M21: Verzahnung Strom-, Gas- und Wärmeinfrastrukturen M22: Wasserstofftankstellennetz M25: F&E für Wasserstofftechnologien M26: Leitprojekt zur wissenschaftlichen Politikberatung M30: Nachhaltigkeitsstandards M31: Forschung, Entwicklung und Demonstration auf EU-Ebene M32: Beschleunigung EU-Wasserstoffinitiativen M35: Wasserstoffallianzen und Positionierung in Auslandsmärkten</p>
<p>Ziel 2: Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff und Folgeprodukte sind in Deutschland aufgebaut.</p>	<p>M1: Einsatz von erneuerbarem Strom zur Sektorkopplung M2: Neue Geschäfts- und Kooperationsmodelle M3: Innovationspakt Klimaschutz & Industrie M4: Off-Shore Wind M5: Umsetzung RED II M6: Fortsetzung NIP und Investitionen in Wasserstoff-Anwendungen im Verkehr M7: Entwicklung und Erzeugung strombasierter Kraftstoffe M15: Klimaschutzdifferenzverträge (KSV) M25: F&E für Wasserstofftechnologien M29: Stärkung von Bildung und Ausbildung M31: Forschung, Entwicklung und Demonstration auf EU-Ebene M33: Gründung europ. Wasserstoffgesellschaft</p>
<p>Ziel 3: Die Infrastruktur für Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, einschließlich Wasserstoff-Tankstellen, ist aufgebaut.</p>	<p>M3: Innovationspakt Klimaschutz & Industrie M5: Umsetzung RED II M6: Fortsetzung NIP und Investitionen in Wasserstoff-Anwendungen im Verkehr M8: Aufbau Tankinfrastruktur M9: Weiterentwicklung europ. Infrastrukturaufbau/grenzüberschreitende Verkehre M17: Dialogformate zu Dekarbonisierungsstrategien M20: Infrastruktur M21: Verzahnung Strom-, Gas- und Wärmeinfrastrukturen M22: Wasserstofftankstellennetz M25: F&E für Wasserstofftechnologien M31: Forschung, Entwicklung und Demonstration auf EU-Ebene M33: Gründung europ. Wasserstoffgesellschaft M34: Integration von Wasserstoff in Energiepartnerschaften M35: Wasserstoffallianzen und Positionierung in Auslandsmärkten</p>
<p>Ziel 4: Die Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten ist verbessert.</p>	<p>M1: Einsatz von erneuerbarem Strom zur Sektorkopplung M3: Innovationspakt Klimaschutz & Industrie M16: Nachfrageförderung für CO₂-arme Produkte M25: F&E für Wasserstofftechnologien M29: Stärkung von Bildung und Ausbildung M32: Beschleunigung EU-Wasserstoffinitiativen M34: Integration von Wasserstoff in Energiepartnerschaften M35: Wasserstoffallianzen und Positionierung in Auslandsmärkten M37: Pilotprojekte in Partnerländern</p>
<p>Ziel 5: Durch den Einsatz von Wasserstoff sind Fortschritte bei der Dekarbonisierung in den Bereichen Verkehr und Industrie erreicht.</p>	<p>M2: Neue Geschäfts- und Kooperationsmodelle M3: Innovationspakt Klimaschutz & Industrie M5: Umsetzung RED II M6: Fortsetzung NIP und Investitionen in Wasserstoff-Anwendungen im Verkehr M7: Entwicklung und Erzeugung strombasierter Kraftstoffe M8: Aufbau Tankinfrastruktur M9: Weiterentwicklung europ. Infrastrukturaufbau/grenzüberschreitende Verkehre M10: Aufbau wettbewerbsfähiger Zulieferindustrie für Brennstoffzellensysteme M11: Umsetzung Clean Vehicles Directive (CVD) M12: CO₂-Differenzierung LKW-Maut M13: Harmonisierung von Standards für Mobilitätsanwendungen M14: CO₂-Vermeidung und -Nutzung in der Industrie M15: Klimaschutzdifferenzverträge (KSV) M16: Nachfrageförderung für CO₂-arme Produkte M17: Dialogformate zu Dekarbonisierungsstrategien M18: Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE) M25: F&E für Wasserstofftechnologien M27: Förderung hybrid-elektrisches Fliegen M28: Maritimes Forschungsprogramm M35: Wasserstoffallianzen und Positionierung in Auslandsmärkten M37: Pilotprojekte in Partnerländern M38: Dialog mit Exporteuren fossiler Energien</p>
<p>Ziel 6: Deutschland ist als Leitanbieter im Bereich grüner Wasserstoff-erzeugung und -anwendungstechnologien positioniert.</p>	<p>M2: Neue Geschäfts- und Kooperationsmodelle M3: Innovationspakt Klimaschutz & Industrie M6: Fortsetzung NIP und Investitionen in Wasserstoff-Anwendungen im Verkehr M7: Entwicklung und Erzeugung strombasierter Kraftstoffe M10: Aufbau wettbewerbsfähiger Zulieferindustrie für Brennstoffzellensysteme M14: CO₂-Vermeidung und -Nutzung in der Industrie M23: Roadmaps M24: Demonstrationsprojekte internationale Lieferketten M25: F&E für Wasserstofftechnologien M26: Leitprojekt zur wissenschaftlichen Politikberatung M27: Förderung hybrid-elektrisches Fliegen M28: Maritimes Forschungsprogramm M29: Stärkung von Bildung und Ausbildung M31: Forschung, Entwicklung und Demonstration auf EU-Ebene M35: Wasserstoffallianzen und Positionierung in Auslandsmärkten M36: Internationale Kooperationen M37: Pilotprojekte in Partnerländer</p>
<p>Ziel 7: Internationale Kooperationen im Hinblick auf Wasserstoffimporte und Technologieexporte sind aufgebaut.</p>	<p>M1: Einsatz von erneuerbarem Strom zur Sektorkopplung M3: Innovationspakt Klimaschutz & Industrie M24: Demonstrationsprojekte internationale Lieferketten M25: F&E für Wasserstofftechnologien M29: Stärkung von Bildung und Ausbildung M31: Forschung, Entwicklung und Demonstration auf EU-Ebene M32: Beschleunigung EU-Wasserstoffinitiativen M34: Integration von Wasserstoff in Energiepartnerschaften M35: Wasserstoffallianzen und Positionierung in Auslandsmärkten M36: Internationale Kooperationen M37: Pilotprojekte in Partnerländern M38: Dialog mit Exporteuren fossiler Energien</p>

Erzeugung: ■ M1–M5 Verkehr: ■ M6–M13 Industrie: ■ M14–M17 Wärme: ■ M18–M19
 Infrastruktur: ■ M20–M22 Forschung: ■ M23–M29 EU: ■ M30–M33 International: ■ M34–M38

Quelle: Eigene Darstellung

Jede der 38 Maßnahmen des NWS-Aktionsplans von 2020 trägt zur Erreichung mindestens eines der strategischen Ziele bei. Abbildung 4 zeigt übersichtlich, welche Maßnahmen zu welchen Zielen beitragen und zu welchen Handlungsfeldern die Maßnahmen zugeordnet sind.

Verlinkungen der Maßnahmen in Abbildung 4 führen zu einer Übersicht aller Maßnahmen im Anhang. Hier finden sich weiterführende Informationen zu jeder einzelnen Maßnahme.

2.2 Monitoringprozess

Mit der NWS verfolgt die Bundesregierung ambitionierte Ziele, die es in einem hoch-innovativen Umfeld zu verwirklichen gilt. Um die Ziele der NWS vor diesem Hintergrund bestmöglich erreichen zu können, ist es wichtig, Entwicklungen kontinuierlich und systematisch zu beobachten, um ggf. rechtzeitig nachsteuern zu können. Zu diesem Zweck hat die Bundesregierung schon mit Verabschiedung der NWS entschieden, einen Monitoringprozess aufzusetzen, und die Leitstelle Wasserstoff damit beauftragt, diesen umzusetzen.

Die folgenden Vorgaben zum Monitoringprozess wurden explizit in der NWS festgeschrieben:

- Ein jährlicher Monitoringbericht dient dem Staatssekretärsausschuss sowie dem Nationalen Wasserstoffrat als Basis für Entscheidungen und Empfehlungen.
- Es erfolgt eine kontinuierliche Erhebung und Auswertung relevanter Indikatoren für den jährlichen Monitoringbericht, um wesentliche Fortschritte transparent zu machen.

- Der jährliche Monitoringbericht legt darüber hinaus dar, welche bislang nicht absehbaren Herausforderungen im Berichtszeitraum aufgetreten sind, und identifiziert den Handlungsbedarf. Dazu wird sowohl die europäische als auch die internationale Perspektive berücksichtigt.
- Um die Zielerreichung und eine bestmögliche Anpassung der NWS an Marktentwicklungen zu gewährleisten, wird auf Basis der jährlichen Monitoringberichte alle drei Jahre ein erweiterter Bericht erstellt. In diesem Bericht werden die Strategie und der Aktionsplan insgesamt evaluiert sowie Vorschläge für deren Weiterentwicklung erarbeitet.
- Zusätzlich wird im Rahmen des Monitorings die Bedarfsentwicklung für grünen Wasserstoff detailliert erfasst.

In der NWS beschreibt die Bundesregierung zudem eine Reihe nicht-intendierter, negativer Auswirkungen, die es durch das Monitoring ebenfalls zu beobachten gilt (siehe Infokasten 1). Damit soll garantiert werden, dass schon bei ersten Anzeichen für das Auftreten negativer Entwicklungen geeignete Gegensteuerungsmaßnahmen ergriffen werden können.

Um den zuvor genannten Anforderungen an das Monitoring gerecht zu werden, hat die Leitstelle Wasserstoff in Zusammenarbeit mit den zuständigen Ressorts die Konzeption und Planung des Monitoringprozesses im Jahr 2021 gestartet und kontinuierlich vorangetrieben. Hierbei wurden die oben vorgestellten sieben strategischen Ziele als Basis des Monitorings erarbeitet. Darauf aufbauend wurden erste mögliche Indikatoren für das Monitoring entwickelt (siehe Kapitel 2.3).

Infokasten 1: Zu beobachtende nicht-intendierte negative Auswirkungen

Es soll gewährleistet sein, dass:

- eine durch Elektrolyseanlagen verursachte erhöhte Nachfrage an Strom im Ergebnis nicht zu einer Erhöhung von CO₂-Emissionen führt.
- die Produktion und der Export von Wasserstoff in Partnerländern lokale Märkte und eine Energiewende vor Ort nicht behindert, nicht zu Lasten der Energieversorgung geht und die Verfügbarkeit natürlicher Ressourcen (z. B. Wasser) nicht beeinträchtigt.
- die EEG-Umlage durch die Befreiung von grünem Wasserstoff nicht steigt.
- THG-Emissionen beim Transport von Wasserstoff über weite Strecken vermieden werden.

Mit dem ersten jährlichen Monitoringbericht in 2023 soll ein verbindliches Set an Monitoringindikatoren sowie deren Ausgangsdaten in 2020 und jährliche Daten von 2021 und 2022 veröffentlicht werden. Der derzeitige Stand des Sets an möglichen Indikatoren ist im nachfolgenden Kapitel 2.3 abgebildet. Um die Qualität und Aussagekraft der Indikatoren sicherzustellen, wird die Leitstelle Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft einbinden, das Indikatorenset zu begutachten, und dieses im Anschluss finalisieren. Die abschließende Finalisierung des Indikatorensets kann erst nach der geplanten Überarbeitung der NWS vorgenommen werden, damit relevante Weiterentwicklungen der NWS sich auch im Indikatorenset entsprechend widerspiegeln.

Der erweiterte Monitoringbericht wird in einem dreijährigen Turnus erstellt und soll erstmals im Jahr 2024 veröffentlicht werden. Neben den jährlichen Monitoringauswertungen wird im erweiterten Monitoringbericht die mehrjährige Datenbasis vertieft analysiert. Zudem wird im Rahmen des erweiterten Berichts alle drei Jahre die Bedarfsentwicklung für grünen Wasserstoff detailliert erfasst. Da der erweiterte Bericht einen evaluativen Charakter haben soll, wird dieser im Rahmen einer öffent-

lichen Vergabe extern durch die Leitstelle beauftragt. Diese externe Beauftragung sichert eine höchstmögliche Unabhängigkeit der Analyse sowie der Erarbeitung von Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Bundesregierung.

Jeder Monitoringbericht wird veröffentlicht und trägt somit zur Transparenz der Umsetzung der NWS bei. Insgesamt dient das Monitoring dazu, die Umsetzung der Maßnahmen der NWS und die Fortschritte bei der Zielerreichung sowie etwaig nicht-intendierte negative Auswirkungen regelmäßig zu überprüfen. Auf Basis dieser faktenbasierten Berichterstattung kann der Staatssekretärsausschuss die Umsetzung der NWS steuern und bei Bedarf die NWS und deren Maßnahmen anpassen.

2.3 Mögliche Indikatoren

Indikatoren bilden die Basis des zukünftigen, systematischen Monitorings. Sie werden genutzt, um den Fortschritt hinsichtlich der Erreichung der jeweiligen strategischen Ziele erkennen und bewerten zu können. Sie können quantitativ oder qualitativ sein. Quantitativ bedeutet, dass die Daten bzw. Werte des Indikators in Zahlen ausgedrückt werden

können (z. B. Indikator: Erzeugungskapazität für grünen Wasserstoff in Deutschland; Wert: fünf Gigawatt).

Qualitativ bedeutet, dass die Daten bzw. Werte des Indikators in Worten ausgedrückt werden können (z. B. Indikator: Art der geschaffenen regulatorischen Rahmenbedingungen; Wert: Windenergieauf-See-Gesetz im Bereich Erzeugung).

Die folgende Tabelle 2 zeigt den aktuellen Entwicklungsstand möglicher Monitoringindikatoren, die im Hinblick auf die strategischen Ziele aussagekräftig sind. Diese Indikatoren wurden von der Leitstelle Wasserstoff in Zusammenarbeit mit den zuständigen Ressorts erarbeitet. Alle Indikatoren müssen in Bezug auf die vorhandene Datengrundlage und Aussagekraft noch final geprüft werden. Hierzu ist geplant, wie in Abschnitt 2.2. beschrieben, die Perspektive fachlicher Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft einzubeziehen.

In der aktuellen Phase der NWS ist die Datenlage hinsichtlich vieler Indikatoren eingeschränkt. Teilweise sind Datenquellen (noch) nicht verfügbar, sodass verlässliche Datenquellen in den nächsten Jahren erst aufgebaut werden müssen. Daten zu Wasserstoffpreisen, zum Beispiel, stammen derzeit noch aus einzelnen wissenschaftlichen Studien. Sobald der Markthochlauf weiter fortgeschritten ist, wird sich auch die Datenlage verbessern. Grundsätzlich greift das Monitoring auf öffentlich zugängliche und überprüfbare Daten zurück. Wobei das Ziel ist, so viele Daten wie möglich über amtliche Statistiken abzubilden. Wo aufgrund von (noch) fehlenden Datenquellen eigene Datenerhebungen nötig sind, werden diese als Auftrag an (wissenschaftliche) Institutionen vergeben und die erstellten Datensets der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Tabelle 2: Mögliche Monitoringindikatoren

Strategisches Ziel	Indikator
(1) Regulatorische Rahmenbedingungen für den Markthochlauf von Wasserstoff, einschließlich einheitlicher Nachhaltigkeitsstandards, sind geschaffen.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Art und Anzahl der regulatorischen Rahmenbedingungen mit Wasserstoffbezug entlang der Wertschöpfungskette, die im Berichtszeitraum (a) verabschiedet/geschaffen wurden; (b) im Gesetzgebungsverfahren sind 2. Art der im Berichtszeitraum geschaffenen Nachhaltigkeitsstandards 3. Art der im Berichtszeitraum geschaffenen Zertifizierungssysteme
(2) Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff und Folgeprodukte sind in Deutschland ausgebaut.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elektrolysekapazität in Gigawatt (a) installiert; (b) in Bau; (c) in Planung 2. Jährliche Produktionsmenge strombasierter Wasserstoff in TWh differenziert nach Strombezugsquellen (a) EE-Strom – Direktleitung; (b) EE-Strom – PPA; (c) EE-Strom – bilanziell und (d) Graustrom 3. Jährliche Produktionsmenge an strombasierten Wasserstofffolgeprodukten (a) Ammoniak; (b) Benzin; (c) Diesel; (d) Kerosin; (e) Methan; (f) Methanol; (g) Naphta
(3) Die Infrastruktur für Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, einschließlich Wasserstoff-Tankstellen, ist ausgebaut.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Länge des Wasserstoff-Fern-Leitungsnetzes in km differenziert nach (a) realisiert; (b) in Bau; (c) in Planung; sowie je nach (i) zugebaut; (ii) umgebaut 2. Kapazität des Wasserstoff-Fern-Leitungsnetzes in Gigawatt differenziert nach (a) realisiert; (b) in Bau; (c) in Planung; sowie je nach (i) zugebaut; (ii) umgebaut 3. Länge der Wasserstoffverteilnetze in km differenziert nach (a) realisiert; (b) in Bau; (c) in Planung sowie je nach (i) zugebaut; (ii) umgebaut

Strategisches Ziel	Indikator
(3) Die Infrastruktur für Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, einschließlich Wasserstoff-Tankstellen, ist ausgebaut.	<ol style="list-style-type: none"> 4. Kapazität der Wasserstoffverteilnetze in Gigawatt differenziert nach (a) realisiert; (b) in Bau; (c) in Planung; sowie je nach (i) zugebaut; (ii) umgebaut 5. Anzahl der ans Wasserstoffnetz angeschlossenen Abnehmer 6. Anzahl und Kapazität (in Gigawatt) grenzüberschreitender Pipelines 7. Anzahl LH2-Terminals differenziert nach (a) realisiert; (b) in Bau; (c) in Planung 8. (a) Anzahl, (b) Art und (c) geografische Verteilung von Wasserstoff-Tankstellen 9. (a) Anzahl, (b) Art und (c) Kapazität der Wasserstoffspeicher 10. Abgleich vorhandener/in Bau befindlicher/geplanter Infrastruktur (bzgl. Kapazität und Anschluss von Regionen) mit den Wasserstoff-Bedarfen von Großverbrauchern (Stahl, Chemie usw.) (qualitativer Indikator) <i>Nur für den 3-jährigen Monitoringbericht</i> 11. Transportierter Wasserstoff in virtual pipelines (Züge, LKW) – ggf. differenziert nach Import vs. innerdeutscher Transport 12. Mittelwert der Transportkosten per Transportweg
(4) Die Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten ist verbessert.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Erzeugungskosten für Wasserstoff differenziert nach Farben: (a) Grün; (b) Blau; (c) Grau; (d) Pink 2. Preise (pro t) für (a) klimaneutralen Stahl; (b) konventionellen Stahl 3. Preise für (a) Benzin; (b) Diesel; (c) Kerosin; (d) Methan; (e) Naphta je differenziert nach (i) strombasiert synthetisch; (ii) konventionell 4. Preise für (a) Ammoniak; (b) Methanol je differenziert nach (i) synthetisch; (ii) konventionell; (c) Schiffsdiesel/Schweröl 5. Importpreise für grünen Wasserstoff pro Land (Auswahl Top 10 Länder nach Importmenge)
(5) Durch den Einsatz von Wasserstoff sind Fortschritte bei der Dekarbonisierung in den Bereichen Verkehr und Industrie erreicht.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Höhe der CO₂-Reduktion in t CO₂-Äquivalent in der Stahlindustrie durch den Einsatz von (a) grünem; (b) blauem Wasserstoff, absolut und in % 2. Durchschnittliche CO₂-Emissionen pro t Wasserstoff in der Chemieindustrie 3. Substituierter Wasserstoff (von grau zu blau und grün) in % und absolut in der Chemieindustrie (a) gesamt; in Prozessen (b) Ammoniak; (c) Methanol 4. Wasserstoffeinsatz (blau und grün) in % und absolut in der Stahlindustrie (a) gesamt; und in den Prozessen (b) Reduktion; (c) Hochtemperatur 5. Anteil (in %) grüner Wasserstoff in der Industrie (Stahl und Chemie) 6. Anzahl der in Deutschland zugelassenen Fahrzeuge mit Wasserstoffbezug differenziert nach (a) Individual- und gewerblicher Verkehr: FCEV in Fahrzeugklassen PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse, LKW; (b) ÖPNV: FCEV in Fahrzeugklasse Busse; (c) Schiffsverkehr: FCEV (Binnen- und Küstenschiffahrt); (d) Schienenverkehr: FCEMU; (e) Flugverkehr: FCEV (Kurzstrecke) 7. Anteil (in %) Beimischung strombasiertes Kerosin im Flugverkehr 8. Anteil (in %) strombasierter Kraftstoffe am gesamten (energetischen) Kraftstoffverbrauch in der (nat.) Schifffahrt 9. Anzahl der NWS-F&E Vorhaben inkl. Höhe der CO₂-Einsparpotenziale, die im Berichtszeitraum bewilligt/durchgeführt/abgeschlossen wurden, differenziert nach (a) Individual- und gewerblicher Verkehr; (b) ÖPNV; (c) Schiffsverkehr; (d) Schienenverkehr; (e) Flugverkehr

Strategisches Ziel	Indikator
<p>(6) Deutschland ist als Leitanbieter im Bereich grüner Wasserstofferzeugungs- und -anwendungstechnologien positioniert.</p>	1. Anzahl der (a) eingerichteten Kompetenzzentren bzw. Forschungseinrichtungen mit Wasserstoff (und Folgeprodukte)-Bezug; (b) Mitarbeitenden dort
	2. Anzahl wissenschaftliche/fachliche Publikationen deutscher Institute im Bereich Wasserstoff (und Folgeprodukte)-Technologien
	3. Anzahl der angemeldeten Patente mit Wasserstoff (und Folgeprodukte)-Bezug in (a) Deutschland; (b) der EU
	4. Anzahl Neu-/Ausgründungen/Start-ups im Bereich Wasserstoff (und Folgeprodukte)-Technologien
	5. Anzahl (a) ausgebildeter und (b) weitergebildeter Fachkräfte differenziert nach (i) in Deutschland; (ii) im Ausland durch deutsche Entwicklungszusammenarbeit
	6. Präsenz dt. Unternehmen im Wasserstoffmarkt unterteilt nach (a) Umsatz dt. Unternehmen mit Wasserstofftechnologien; (b) Marktanteil am globalen Wasserstoffmarkt differenziert nach (i) Deutschland; (ii) Top 10 Länder (nach Marktanteil)
<p>(7) Internationale Kooperationen (in- und außerhalb der EU) im Hinblick auf Wasserstoffimport und Technologieexport sind aufgebaut.</p>	1. Anzahl internationaler Kooperationen (a) mit Wasserstoffbezug insgesamt und (b) die aus Potenzialatlas (HyPAT) als Gunststandort hervorgehen
	2. Anzahl unterzeichneter bilateraler (a) Absichtserklärungen (MoUs) (b) Letters of Intent zum Thema Wasserstoff
	3. Abgerufenes Fördervolumen Förderrichtlinie / H2Global oder Anzahl Unternehmen, die Koop. über H2Global eingegangen sind
	4. Elektrolyseleistung in Partnerländern in Gigawatt, die durch einen dt. Beitrag (finanziell und technische Beratung) angeregt wurden
	5. Jährliches Importvolumen grünezertifizierter Wasserstoff (in t)
	6. Exportvolumen von Wasserstofftechnologien in Euro (a) insgesamt und (b) je Land (Top 10 Exportländer)

3 Fortschritte bei der Erreichung der strategischen Ziele der NWS



Im folgenden Kapitel werden die sieben strategischen Ziele und deren Relevanz für die NWS erläutert. In jedem Unterkapitel folgt zuerst eine allgemeine Beschreibung mit inhaltlicher Einordnung des Ziels sowie den jeweiligen Herausforderungen und Chancen. Darauf folgt die Beschreibung der wichtigsten Entwicklungen im Berichtszeitraum sowie die zukünftige Wirkung in Bezug auf das Ziel.

Der Umfang der berichteten Fortschritte zwischen den strategischen Zielen variiert, da sich einige zentrale Maßnahmen bereits in der Umsetzung befinden oder die Umsetzung bereits abgeschlossen ist, während die NWS bei anderen Maßnahmen einen späteren Beginn vorsieht. Zudem variiert die Anzahl der Maßnahmen des Aktionsplans, die zu jedem Ziel beitragen (siehe Abbildung 4, Kap. 2.1 und Anhang). Eine Übersicht zum Umsetzungsstand aller Maßnahmen befindet sich im Anhang des Berichtes.

3.1 Regulatorische Rahmenbedingungen für den Markthochlauf von Wasserstoff, einschließlich einheitlicher Nachhaltigkeitsstandards (Ziel 1)

3.1.1 Allgemeine Beschreibung

Um die Ziele der NWS zu erreichen, muss ein entsprechender regulatorischer Rahmen für die Erzeugung, den Transport und die Verwendung von Wasserstoff geschaffen werden. Verlässliche regulatorische Rahmenbedingungen ermöglichen Investitionen in einem sicheren Marktumfeld und führen zu einer Reduzierung der Risiken für alle Marktteilnehmer, stärken den Wettbewerb und setzen Anreize für die Entstehung entsprechender Wertschöpfungsketten.

Die aktuellen regulatorischen Rahmenbedingungen sind zugeschnitten auf die derzeitigen Kompo-

nenten des Energiesystems. Mit Wasserstoff und seinen Folgeprodukten kann die Sektorkopplung von Strom, Verkehr und Wärme realisiert werden. Damit dies gelingt, müssen zahlreiche existierende Rahmenbedingungen auf europäischer und nationaler Ebene, wie beispielsweise das Energiewirtschaftsgesetz, angepasst oder neu formuliert werden. Von Bedeutung sind hier insbesondere EU-Richtlinien und -Verordnungen sowie nationale Gesetze und Verordnungen, die Regelungen oder Anreize in den Bereichen Produktion, Transport und Anwendung von Wasserstoff setzen.

Die Regulierung muss aktuelle Marktentwicklungen aufgreifen und bei Bedarf stetig angepasst werden. Wichtig ist dabei auch der Blick über die Landesgrenzen hinweg. Das schnelle Setzen von klaren, nachhaltigen, marktfreundlichen nationalen und europäischen Rahmenbedingungen bildet die Basis für die internationale Zusammenarbeit. Dies erfolgt durch eine enge europäische und auch globale Koordinierung, wo möglich auch Harmonisierung von Zielsetzungen, Strategien, Standards und Maßnahmen.

3.1.2 Entwicklungen zur Zielerreichung

Die Bundesregierung hat seit der Veröffentlichung der NWS im Juni 2020 bereits mehrere bestehende Regulierungen zur Verbesserung der Rahmenbedingungen novelliert und entsprechend der NWS angepasst, andere befinden sich noch in der Entwicklung. Die wesentlichen Entwicklungen werden im Folgenden entlang der Wertschöpfungskette vorgestellt. Am Ende dieses Unterkapitels findet sich auch eine Übersicht der wesentlichen nationalen Gesetze und Verordnungen.

Erzeugung

Im Bereich Erzeugung wurden mit dem *Erneuerbare-Energien-Gesetz 2021 (EEG 2021)* zusätzliche Befreiungs- bzw. Begrenzungstatbestände von der

EEG-Umlage geschaffen, um die Herstellung von grünem Wasserstoff unter bestimmten Voraussetzungen weitgehend von Steuern, Abgaben und Umlagen zu befreien. Dafür muss der Stromverbrauch zur Herstellung von grünem Wasserstoff zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energien gedeckt werden. Die Umlagebefreiung soll einen Anreiz für die Produktion von grünem Wasserstoff setzen. Die Regelungen stehen unter dem Vorbehalt der beihilferechtlichen Genehmigung durch die EU-Kommission. Im Mai 2021 wurde in diesem Zusammenhang die *Verordnung zur Umsetzung des EEG 2021 und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften (EEV)* beschlossen. Kern der Änderungsverordnung ist die Konkretisierung der EEG-Umlagebefreiung und Definition von grünem Wasserstoff. Die Bundesregierung wird die Anforderungen an grünen Wasserstoff im Anwendungsbereich der Befreiung von der Zahlung der EEG-Umlage unverzüglich, nachdem die EU die Anforderungen an grünen Wasserstoff für einen oder mehrere Nutzungspfade näher bestimmt hat, überarbeiten und an die Anforderungen der EU anpassen. Zudem wurde zwischenzeitlich mit dem Koalitionsvertrag das politische Ziel formuliert, ab dem Jahr 2023 die EEG-Umlage faktisch abzuschaffen.

Windenergie auf See ist aufgrund der erreichbaren hohen Vollbenutzungsstunden eine attraktive Technologie zur Erzeugung von erneuerbarem Strom und grünem Wasserstoff. Damit sich entsprechende Investitionen lohnen, wurden die regulatorischen Rahmenbedingungen dafür weiterentwickelt. Das *Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG)* enthält eine Ermächtigung zum Erlass einer Verordnung zur Ausgestaltung von Kriterien zur Vergabe von Arealen für die sonstige Energiegewinnung. Die Bundesregierung hat die Verordnung zur *Vergabe von sonstigen Energiegewinnungsbereichen in der ausschließlichen Wirtschaftszone (SoEnergieV)* im Jahr 2021 auf den Weg gebracht. Diese ist zum 1. Oktober 2021 in Kraft getreten und

regelt die Vergabe dieser Bereiche anhand objektiver, nachvollziehbarer, diskriminierungsfreier und effizienter Kriterien. Ziel ist, die praktische Erprobung und Umsetzung von innovativen Konzepten nicht an das Netz angeschlossener Energiegewinnung räumlich geordnet und flächensparsam zu ermöglichen. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie soll erstmals im Jahr 2022 ein Vergabeverfahren durchführen.

Aufbau der Transportinfrastruktur

Infrastrukturen wie Pipelines sind notwendige Voraussetzungen, um Wasserstoff vom Erzeuger zum Anwender zu transportieren. Aufgrund der Langlebigkeit und hohen Investitionsbedarfe bei solchen Infrastrukturen ist es wichtig, rechtzeitig Rahmenbedingungen für Investitionssicherheit zu schaffen.

Eine im Juli 2021 in Kraft getretene *Änderung des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG)* schafft Grundlagen für einen zügigen und rechtssicheren Einstieg in den schrittweisen Aufbau von reinen Wasserstoffnetzen. Neben optionalen Regeln unter anderem zu Entflechtung, Netzanschluss und -zugang sowie kostenbasierter Entgeltbildung umfasst die Novelle auch Regelungen zur Umstellung bestehender Erdgasleitungen auf reinen Wasserstoff.

Ergänzend hat die Bundesregierung darauffolgend im September 2021 den Entwurf einer *Verordnung über die Kosten und Entgelte für den Zugang zu Wasserstoffnetzen (Wasserstoffnetzentgeltverordnung – WasserstoffNEV)* verabschiedet. Die Verordnung ist im Dezember 2021 in Kraft getreten. Sie konkretisiert die im EnWG geschaffene Einstiegsregulierung, indem Regelungen zur Kalkulation der Netzkosten getroffen wurden. Sie enthält zudem Grundsätze, wie diese Netzkosten dann auf die Netzentgelte umgelegt werden sollen, um perspektivisch Investitionskosten refinanzieren zu können.

Sowohl die im EnWG geregelten *Grundsätze der Wasserstoffnetzregulierung* als auch die *Regelungen der WasserstoffNEV* gelten nur für diejenigen Betreiber von Wasserstoffnetzen, die sich aktiv und unwiderruflich entscheiden, an der *Regulierung des Wasserstoffnetzbetriebs* teilnehmen zu wollen, und eine entsprechende Erklärung abgeben. Die Gruppe der übrigen Betreiber von Wasserstoffnetzen ist weiterhin grundsätzlich frei in der Art und Weise, wie sie die Kosten des Netzbetriebs und die Netzentgelte ermitteln.

Die Regelungen sind wichtiger Bestandteil der Umsetzung der NWS, denn gerade die Transportinfrastruktur für Wasserstoff muss von Anfang an mitgedacht werden. Sie sind als Übergangsregelung für die Einstiegsphase zu verstehen und sollen gelten, bis zukünftige Vorgaben auf EU-Ebene umzusetzen sind.

Die nationale Umsetzung des im Dezember 2021 vorgelegten EU Gas- und Wasserstoffmarkt-Dekarbonisierungspakets dürfte den ersten nationalen Regulierungsrahmen voraussichtlich Mitte der 2020er-Jahre ablösen.

Verkehr

Wasserstoff und seine Folgeprodukte sind ein wichtiger Baustein für die Dekarbonisierung des Verkehrs und ergänzen andere alternative Antriebsformen. Vor allem bei großen und schweren Fahrzeugen (insbesondere im Luft- und Seeverkehr und Teilen des Schwerlast-, Schienen- und Busverkehrs) und dort, wo der batterieelektrische Antrieb nicht für alle Einsatzbereiche geeignet ist, hat die Nutzung von Wasserstoff in der Brennstoffzelle oder als Ausgangsbasis für erneuerbare strombasierte Kraftstoffe großes Potenzial. Auch im Verkehrsbereich hat die Bundesregierung – zusätzlich zu Förderprogrammen – einen Schwerpunkt auf eine geeignete Ausgestaltung der regulatorischen Rahmenbedingungen gesetzt.

Mit dem Gesetz zur Weiterentwicklung der Treibhausgasminderungsquote im Rahmen der Novellierung des *Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG)* vom Mai 2021 setzt Deutschland die EU Erneuerbare-Energien-Richtlinie (RED II) im Verkehr in nationales Recht um. Mit der Festlegung einer Treibhausgasminderungsquote von 25 Prozent bis 2030 werden die EU-Vorgaben deutlich übererfüllt. Hierdurch entstehen signifikante Anreize für die Produktion und den Einsatz von grünem Wasserstoff und strombasierten Kraftstoffen im Verkehr.

Mit der sogenannten *EU-Clean Vehicles Directive* (Richtlinie (EU) 2019/1161) werden bei der öffentlichen Auftragsvergabe erstmals verbindliche Mindestquoten für emissionsarme und -freie PKW sowie leichte und schwere Nutzfahrzeuge, u. a. Busse im ÖPNV, für die Beschaffung vorgegeben. Ziel ist es, die Luftqualität zu verbessern und die Emissionen im Verkehrsbereich zu reduzieren. In diesem Zusammenhang leisten öffentliche Beschaffungsstellen einen wichtigen Beitrag zur Verringerung der CO₂- und Luftschadstoffemissionen im Verkehr. Das nationale *Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFahrzeugBeschG)* legt seit August 2021 verpflichtende Mindestziele für die öffentliche Beschaffung emissionsarmer und -freier Straßenfahrzeuge sowie für bestimmte Dienstleistungen mit Straßenfahrzeugen fest.

Die *EU-Richtlinie über den Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe (RL 2014/94/EU-Alternative Fuels Infrastructure Directive – AFID)* regelt die technischen Anforderungen öffentlicher Betankungs- und Ladeinfrastruktur für alternative Kraftstoffe.

Im Rahmen der AFID wurden die EU-Mitgliedstaaten dazu verpflichtet, sich in Nationalen Strategierahmen (NSR) Ziele für den Aufbau von Infrastrukturen für alternative Kraftstoffe zu geben. Die

Anforderung für den Aufbau von Wasserstofftankinfrastruktur war bislang nicht obligatorisch. Die Bundesregierung hat als Teil der Umsetzung der AFID und des NSR verschiedene Umsetzungspfade für den Aufbau von Wasserstofftankstellen geprüft. Dies betrifft auch deren grenzüberschreitende Verfügbarkeit. Der EU-Kommissionsvorschlag zur Revision der Richtlinie und Umwandlung in eine EU-Verordnung (Alternative Fuels Infrastructure Regulation – AFIR) vom Juli 2021 schlägt u. a. ein verpflichtendes distanzbasiertes Ziel für Wasserstofftankstellen mit technischen Vorgaben für ausreichende Interoperabilität vor. Das Rechtsetzungsverfahren auf EU-Ebene hierzu läuft. Der Aufbau eines Grundnetzes an Wasserstoff-Tankinfrastruktur für den Nutzfahrzeugbereich mit europäischem grenzüberschreitenden Ansatz ist auch ein Schwerpunktthema der Wasserstoff-IPCEI mit Verkehrs- und Mobilitätsanwendungen (siehe Flagship-Programm 1 in Kapitel 3.2.2).

Die Wegekosten- oder Eurovignetten-Richtlinie ist die EU-rechtliche Grundlage für die Erhebung von Straßennutzungsgebühren. Die Änderungsrichtlinie ist am 24. März 2022 in Kraft getreten und ist bis zum 25. März 2024 umzusetzen. Die Straßennutzungsgebühren für Nutzfahrzeuge werden u. a. in Abhängigkeit von CO₂-Emissionen und Schadstoffemissionen gestaffelt, um so die Nutzung umweltfreundlicherer Fahrzeuge – auch wasserstoffgetriebener Fahrzeuge – zu fördern.

Nachhaltigkeitsstandards

Der Aufbau einer globalen, nachhaltigen Wasserstoffwirtschaft ist notwendig, um die gesteckten Nachhaltigkeits-, Umwelt- und Klimaziele erreichen zu können. Es besteht ein Bedarf für konsistente, klar definierte und verlässliche Nachhaltigkeitsstandards sowie für eine anspruchsvolle Qualitätsinfrastruktur, (Herkunfts-)Nachweise für Strom aus erneuerbaren Energien sowie für grünen Was-

serstoff und seine Folgeprodukte. Es ist erforderlich, jetzt Kriterien für eine nachhaltige Produktion, den Transport und die Nutzung von Wasserstoff zu entwickeln und anzuwenden. Verlässliche und klar definierte Rahmenbedingungen vermeiden negative Auswirkungen des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft und sind für Unternehmen und Investoren kurzfristig erforderlich. Sie tragen auch zur gesellschaftlichen Akzeptanz bei und vermeiden Fehlinvestitionen.

Nachhaltigkeitsfragen und die damit verbundenen Chancen und Risiken betreffen sowohl die multi- und bilaterale Kooperation Deutschlands in der EU und weltweit als auch projektspezifische Maßnahmen. Bei Nachhaltigkeitsaspekten müssen Deutschland und die EU eine Vorreiterrolle einnehmen. Entsprechende Fortschritte und Vorschläge müssen dann in internationale Gremien eingebracht werden.

Als Importland spielt Deutschland auch bei internationalen Wasserstoffprojekten eine maßgebliche Rolle. Dabei müssen Standards und Kriterien nicht unbedingt neu entwickelt werden. Die Berücksichtigung bestehender und die Entwicklung ergänzender Regelungen können zu einer kurzfristigen Etablierung und Umsetzung führen. Beispielsweise sind bereits geschaffene Instrumente (H2Global, PtX-Hub etc.) dabei, Nachhaltigkeitsanforderungen zu konkretisieren und adressieren, und bauen auf entsprechenden EU-Vorgaben auf.

Wichtig ist, dass die Standards sowohl ökologische, ökonomische als auch soziale und politische Auswirkungen berücksichtigen und innerhalb sowie außerhalb der EU gleichermaßen bzw. äquivalent gelten und überprüfbar sind. Zu nennen sind hier insbesondere Aspekte wie die Beförderung der lokalen Energiewenden, lokale Wertschöpfung, verbesserter Energiezugang und Arbeitsplätze in Pro-

duktions- und Partnerländern, nachhaltige Wasser- und Landnutzung sowie Berücksichtigung lokaler Ökosysteme.

Die Bundesregierung arbeitet aktuell an der Umsetzung von Bilanzierungs- und Zertifizierungssystemen sowie an Nachhaltigkeitsstandards und bringt entsprechende Aspekte in die Diskussionen auf europäischer und internationaler Ebene ein. Aufgrund der technischen Komplexität, zahlreicher

regulatorischer Abhängigkeiten und des Bedarfs einer multilateralen Zusammenarbeit sind hier bisher nur erste Schritte erfolgt. Die Beteiligung am Aufbau von entsprechenden Nachweis- und Zertifizierungsstandards auf deutscher, europäischer und globaler Ebene stellt daher jetzt eine wesentliche Aufgabe dar.

3.1.3 Übersicht wesentlicher nationaler Gesetze und Verordnungen

Tabelle 3: Übersicht wesentlicher nationaler Gesetze und Verordnungen im Berichtszeitraum

Art	Bereich	Thema
Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG 2021)	Erzeugung	EEG-Umlage, Befreiung, Herstellung von grünem Wasserstoff
Verordnung zur Umsetzung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes 2021 und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften (EEV)	Erzeugung	Anforderungen an die Herstellung von grünem Wasserstoff
Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG)	Erzeugung	Zweck dieses Gesetzes ist es, insbesondere im Interesse des Klima- und Umweltschutzes die Nutzung der Windenergie auf See auszubauen
Verordnung zur Vergabe von sonstigen Energiegewinnungsbereichen in der ausschließlichen Wirtschaftszone (SoEnergieV)	Erzeugung	Verfahren zur Vergabe von sonstigen Energiegewinnungsbereichen oder deren Teilbereichen in der ausschließlichen Wirtschaftszone mittels Ausschreibung von Berechtigungen zur Beantragung von Planfeststellungsverfahren zur Errichtung und zum Betrieb von Windenergieanlagen auf See und sonstigen Energiegewinnungsanlagen
Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)	Infrastruktur	Regulierung von Wasserstoffnetzen
Verordnung über die Kosten und Entgelte für den Zugang zu Wasserstoffnetzen (Wasserstoffnetzentgeltverordnung – WasserstoffNEV)	Infrastruktur	Verordnung regelt für Betreiber von Wasserstoffnetzen, die nach dem EnWG der Regulierung unterfallen, die Grundlagen zur Ermittlung der Netzkosten und Grundsätze der Bestimmung der Entgelte für den Zugang zu Wasserstoffnetzen
Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG)	Verkehr	Treibhausgasminderung im Verkehr
37. Bundesimmissionsschutzverordnung	Verkehr	Verordnung zur Anrechnung von strombasierten Kraftstoffen und mitverarbeiteten biogenen Ölen auf die Treibhausgasquote
Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge	Verkehr	Gesetz regelt verpflichtende Mindestziele und deren Sicherstellung bei der Beschaffung bestimmter sauberer Straßenfahrzeuge und Dienstleistungen, für die diese Straßenfahrzeuge eingesetzt werden, durch öffentliche Auftraggeber und Sektorenauftraggeber

3.2 Erzeugungskapazitäten für grünen Wasserstoff und Folgeprodukte in Deutschland (Ziel 2)

3.2.1 Allgemeine Beschreibung

Die zukünftige nationale Versorgung mit Wasserstoff aus erneuerbaren Energien und dessen Folgeprodukten zu sichern und zu gestalten ist ein ausgeschrieben Ziel der NWS. Für ein ausreichendes Wasserstoffangebot müssen die Kosten auf der Erzeugungsseite reduziert werden. Dies kann durch eine höhere Anzahl, größere Anlagen und die Einbindung günstiger Erzeugungsstandorte im In- und Ausland erreicht werden.

Unerlässlich ist in diesem Zusammenhang der Ausbau zusätzlicher und für die Wasserstoffnutzung bestimmter erneuerbarer Energien. Der Ausbau ist eine notwendige Voraussetzung, um grünen Wasserstoff in Deutschland produzieren zu können. Der Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung sieht vor, künftig zwei Prozent der Landesfläche für die Erzeugung von Windenergie auszuweisen. Aber die Erzeugungskapazitäten für grünen Strom sind in Deutschland begrenzt. Auch unter optimierten Bedingungen wird Deutschland daher in Zukunft einen großen Teil des grünen Wasserstoffs durch Importe abdecken müssen.

Hindernisse beim Ausbau der Erzeugungskapazitäten sind neben der limitierten Verfügbarkeit hohe Erzeugungskosten bei der Nutzung erneuerbarer Energien. Um Planungs- und Investitionssicherheit zu gewährleisten und den Auf- und Ausbau voranzubringen, müssen einerseits die regulatorischen Voraussetzungen geschaffen werden, andererseits braucht es für den zeitnahen Aufbau von Erzeugungsanlagen auch einen beihilferechtlichen Rahmen, der es ermöglicht, Förderinstrumente an den Förderbedarfen auszurichten.

3.2.2 Entwicklungen zur Zielerreichung

Important Projects of Common European Interest (IPCEI)

Der Aufbau von Wasserstoffherstellungskapazitäten wird neben den mit der EEG-Novelle 2021 hinsichtlich der EEG-Umlage geschaffenen Befreiungs- bzw. Begrenzungstatbeständen maßgeblich im Rahmen der IPCEI-Projekte gefördert. Mit diesem Instrument sollen integrierte Projekte entlang der gesamten Wasserstoffwertschöpfungskette gefördert werden. Dies betrifft auch Investitionen in Erzeugung von grünem Wasserstoff. Hierüber könnten bis zu 2,2 Gigawatt Elektrolyseleistung bis 2026 angereizt werden (bis 2030 u. U. sogar über drei Gigawatt). Hinzu kommen Elektrolyseleistungen von über zwei Gigawatt im Bereich der Petrochemie, die aufgrund des Vorschlags der EU-Kommission zur RED-II-Revision angereizt werden sollen. Weitere Details zu IPCEI werden in der nachfolgenden Infobox Flagship-Programm 1 vorgestellt.

Erzeugungskapazitäten – Forschung und Regulierung

Ein maßgeblicher Faktor für den Aufbau der Erzeugungskapazität ist es, dass die entsprechenden Wasserstofftechnologien effizienter und aufgrund von Skaleneffekten kostengünstiger werden. Hier setzt eine Reihe von Forschungsprojekten an. Das *Kopernikus-Projekt P2X* beispielsweise arbeitet bereits seit 2016 daran, den Bedarf an teurem Iridium bei der Herstellung von Elektrolyseuren zu reduzieren. Das *Wasserstoff-Leitprojekt H2Giga* wiederum treibt die serielle Produktion von Elektrolyseuren voran und senkt so die Kosten des Produktionsprozesses. Die Erprobung von Modellprojekten im Bereich nationaler Erzeugung findet seit 2020 u. a. im Rahmen der *Reallabore der Energiewende* statt (siehe Kapitel 3.6.2 für eine detaillierte Beschreibung der Reallabore). Bezüglich der Betrachtung neuer Geschäfts- und Kooperationsmodelle von Betreibern von Elek-

Flagship-Programm 1: Important Projects of Common European Interest (IPCEI) Wasserstoff

Important Projects of Common European Interest (IPCEI) Wasserstoff	
Laufzeit 01/2021 – 12/2027	Budget ca. 11 Milliarden Euro (Bundes- und Landesmittel)
Wertschöpfungskette Erzeugung; Infrastruktur; Anwendung Verkehr, Industrie und Wärme; EU; International	
<p>Kurzbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Förderung integrierter Projekte entlang der Wasserstoffwertschöpfungskette von (grüner) Erzeugung über Infrastruktur bis zu innovativen Technologien, die Nutzung in Industrie und Mobilität ermöglichen. Zielgruppe sind bestehende Firmen sowie neue, innovative Start-ups. • Ziel ist die Etablierung eines deutschen und europäischen Marktes für grünen Wasserstoff auf allen Wertschöpfungsebenen, insbesondere durch Ausbau erster Elektrolysekapazitäten, eines Wasserstoff-Startnetzes sowie von Wasserstoff-Anwendungen, z. B. im Verkehr. Damit einhergehend sollen Verbesserungen der Wasserstofftechnologien sowie Kostendegressionen erreicht werden. • Die staatlichen Fördermittel sollen weitere Mittel aus der Privatwirtschaft mobilisieren und so für Investitionen und Innovationen im Wasserstoffbereich sorgen, die ohne staatliche Hilfe zum jetzigen Zeitpunkt nicht wirtschaftlich realisierbar wären. • Für die beteiligten Unternehmen eröffnen sich neue Geschäftsfelder bzw. bestehende Geschäftsfelder können technologisch weiterentwickelt werden. • Darüber hinaus ermöglicht der IPCEI-Prozess Austausch und bessere Vernetzung der Wasserstoffbranche in Deutschland und Europa (Bedingung für ein IPCEI ist eine direkte Kooperationspartnerschaft von Projekten aus mindestens vier EU-Mitgliedstaaten). 	
<p>Impact</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch die Etablierung eines Marktes für grünen Wasserstoff auf allen Wertschöpfungsstufen und zahlreichen Sektoren soll ein wichtiger Beitrag zur Umsetzung der NWS und zum Erreichen der Ziele der EU Umwelt-, Energie- und Verkehrsstrategie sowie des EU Green Deal geleistet werden. • Insbesondere sollen so Wirtschaftsbereiche dekarbonisiert werden, die schwer bzw. nicht elektrifiziert werden können. 	
<p>Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Frühjahr 2021 wurden insgesamt 62 Projekte vorausgewählt. • Zwei Wellen von IPCEI-Projekten (Technology und Industry) befinden sich bereits in der Pränotifizierung bei der EU-Kommission; weitere Wellen (u. a. zu Infrastruktur, Mobilität) sind in Vorbereitung für 2022. • Herausforderung ist u. a., die erforderliche länderübergreifende Integration der Projekte zu etablieren und zu konkretisieren sowie für eine inhaltlich und prozedural hohe Qualität der Antragsdokumente zu sorgen. 	

trolyseuren mit Strom- und Gasnetzbetreibern unter Beachtung der regulatorischen Entflechtung wurde seitens der Bundesregierung im Kreis von EU-Mitgliedstaaten ein Diskussionsprozess gestartet. Zusätzlich zu den erwähnten Programmen im Bereich der Erzeugung von grünem Wasserstoff deckt das *Gesamtförderkonzept für Erneuerbare Kraftstoffe* das gesamte Spektrum von strombasierten Kraftstoffen von deren (Weiter-)Entwicklung bis zu deren Erzeugung und Markthochlauf ab (siehe Flagship-Programm 3 in Kapitel 3.5.2).

Wirtschaft und Industrie erhalten darüber hinaus jetzt erstmals mit der Verordnung zur Vergabe von

sonstigen Energiegewinnungsbereichen in der ausschließlichen Wirtschaftszone (SoEnergieV) die Möglichkeit, Offshore-Elektrolyse einzusetzen und zu erproben.

Im Verständnis eines integrierten Energiesystems werden sich einerseits großvolumige und zentrale sowie andererseits kleiner dimensionierte, dezentrale Wasserstoff-Produktionskapazitäten ergänzen. Kernanliegen des Forschungsbündnisses *Wasserstoffquell- und Wertschöpfungsregion Main-Elbe-LINK (h2-well)* ist es, eine dezentrale grüne Wasserstoffwirtschaft in Thüringen aufzubauen und dabei sämtliche energierelevante Sektoren (Elektrizität,

Verkehr, Wärme) miteinander zu verknüpfen. Die h2-well-Partner erforschen im Rahmen des geförderten Bündnisses in diversen Demonstrationsvorhaben die dezentrale Produktion und Nutzung von grünem Wasserstoff.

Im Rahmen des *Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie Phase II (NIP II)* wird seit 2016 neben der Förderung von Forschung und Entwicklung zu sämtlichen Verkehrsanwendungen auch die Beschaffung von Fahrzeugen, erforderlicher Tankinfrastruktur sowie Elektrolyseanlagen zur Erzeugung von Wasserstoff für den Einsatz im Mobilitätsbereich unterstützt (siehe auch weitere Ausführungen zum NIP im strategischen Ziel 3 und 5). Mit dem Programm HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland wird im Rahmen des NIP ein ganzheitlicher Ansatz zur regionalen Etablierung von Wasserstoffanwendungen im Verkehr verfolgt. Für die ersten Anwendungsfälle werden neben den Fahrzeuganwendungen auch die notwendige Betankungsinfrastruktur und gegebenenfalls die Wasserstoffherzeugung einbezogen. Regionen werden in einem dreistufigen Ansatz bei der Erstellung integrierter regionaler Wasserstoff-Konzepte von der Netzwerkarbeit über die Konzeptionierung bis zur konkreten Umsetzung unterstützt.

3.3 Infrastruktur für Wasserstoff-Wertschöpfungsketten, einschließlich Wasserstoff-Tankstellen (Ziel 3)

3.3.1 Allgemeine Beschreibung

Der Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft wird nur durch den Aufbau ganzer Wertschöpfungsketten gelingen. Hierfür müssen die einzelnen Kettenglieder – von der Erzeugung über den Transport bis zur Anwendung – zeitlich eng aufeinander abgestimmt entstehen. Eine zentrale Rolle kommt dabei

der Bereitstellung einer verlässlichen und bedarfsgerechten Wasserstofftransport-Infrastruktur, einschließlich Tankstellen, zu. Aufgrund der Langlebigkeit und hohen Investitionsbedarfe bei solchen Infrastrukturen ist es wichtig, rechtzeitig adäquate Rahmenbedingungen für Investitionssicherheit zu schaffen.

Für den Transport von Wasserstoff und Folgeprodukten stehen verschiedene Optionen mit unterschiedlichen Anwendungsfällen zur Verfügung. Wasserstoff kann grundsätzlich in Pipelines oder als Massengut in Einzelvehikeln, wie Schiffen, Zügen oder LKW, transportiert werden. Dabei sind die geringe volumetrische Energiedichte sowie die hohe Flüchtigkeit von elementarem Wasserstoff unter Normalbedingungen eine Herausforderung. Deshalb wird an verschiedenen Optionen wie Hochdruck-Behältern, Verflüssigung durch Tiefkühlung oder Bindung an Wasserstoffträgern geforscht. Aufgrund der geringen erreichbaren Transportvolumina wird der Straßentransport vor allem für kleinere Mengen und die Nahverteilung eingesetzt werden. Für den nationalen und regionalen Transport in H₂-Clustern werden Pipelines die zentrale Rolle spielen.

Aufgrund vieler Unsicherheiten steht der Aus- und Aufbau von Wasserstoffinfrastrukturen derzeit vor vielen Herausforderungen. Solange es keine ausreichende Nachfrage für Wasserstoff gibt, entwickelt sich aufgrund marktwirtschaftlicher Mechanismen kein Angebot und entsprechend besteht keine Grundlage für die Planung einer Wasserstoffinfrastruktur (Markteintrittsbarriere). Gleichzeitig können sich Erzeugung und Nachfrage nicht entwickeln, wenn nicht sichergestellt ist, dass Wasserstoff auch zuverlässig transportiert werden kann. Diese drei Aspekte sind eng miteinander verbunden.

Ein zukünftiges deutsches Wasserstofftransportnetz kann zusätzlich zur Errichtung neuer, dezidiert

Wasserstoffleitungen auf eine weit entwickelte Gasinfrastruktur von Transportnetzen, Verteilnetzen und Speichern aufbauen. Solch eine Umstellung der bestehenden Infrastruktur auf Wasserstoff kann zu reduzierten Systemkosten, beschleunigter Realisierung, Vermeidung entsprechender Umwelt Eingriffe und somit höherer gesellschaftlicher Akzeptanz führen.

Eine direkte Beimischung von geringeren Mengen an Wasserstoff in das Erdgasnetz könnte bereits heute umgesetzt werden, ohne dass größere Änderungen an den Leitungen und Geräten bei Endverbrauchern nötig wären. Eine Beimischung von großen Mengen an Wasserstoff ins Gasnetz ohne extensiven Umbau ist allerdings mit technischen Hürden verbunden, da Endgeräte sensibel bezüglich einer Erhöhung der Wasserstoff-Beimischungsquoten sind und daher ein hoher Anpassungsbedarf nötig wäre. Zusätzlich stellen die Überwachung und Sicherstellung eines konstanten Wasserstoffgehaltes im Gasgemisch sowie die spätere effiziente Abspaltung eine Herausforderung dar. Hinzu kommt, dass eine Beimischung in das allgemeine Erdgasnetz eine gezielte Allokation von Wasserstoff in die Bereiche, die nicht auf effizienterem Wege unter direkter Nutzung erneuerbarer Energie dekarbonisiert werden können, verhindert.

Derzeit ist die leitungsgebundene Wasserstoffinfrastruktur auf wenige lokale Netze für die chemische Industrie beschränkt. Die Infrastruktur ist Eigentum der Direktnutzer (chemische Produzenten und Großabnehmer) und wird von ihnen betrieben und genutzt. Der erwartete wachsende Einsatz von Wasserstoff sowie die mittel- bis langfristige Notwendigkeit erheblicher Importe erfordern ein sicheres und landesweites Transportsystem inklusive entsprechender Schnittstellen für den Import (z. B. H₂-Terminals, grenzüberschreitende Pipelines).

Zum ganzheitlichen Ausbau der Wasserstoffinfrastruktur entlang der Wertschöpfungskette gehört neben Pipelines und dem Transport über Schiene und Straße auch der Ausbau eines zuverlässigen und leistungsfähigen Netzes von Wasserstofftankstellen insbesondere für Nutzfahrzeuge sowie auch privater Betriebstankstellen der Industrie. Diese sollen den Wasserstoff insbesondere für Züge und den Straßenverkehr, vorrangig für Nutzfahrzeuge und Busse, einschließlich mittels privater Betriebstankstellen der Industrie, und damit Mobilitätsanwendungen zur Verfügung stellen.

Nicht nur für die Versorgung durch Pipelines und andere Transportwege, sondern gerade auch für den Endverbrauch von Wasserstoff im Verkehrsbereich gilt es, Planungs- und damit Investitionssicherheit für Investoren, Unternehmen und Verbraucher zu schaffen. Der Ausbau von Wasserstoff-Tankinfrastruktur mit der Fokussierung auf Nutzfahrzeuganwendungen wird im Hinblick auf die Erreichung der Klimaziele sowie den geplanten Fahrzeughochlauf aktuell auch von der Industrie forciert und bedarfsorientiert fortgesetzt und von der Bundesregierung unterstützt. Dabei werden auch neue Fördermodelle geprüft.

3.3.2 Entwicklungen zur Zielerreichung Transportinfrastruktur

Im Rahmen der *EnWG-Novelle* wurden Regelungen für die Umstellung bestehender Erdgasleitungen auf reine Wasserstoffleitungen geschaffen sowie Einstiegsregelungen zur regulatorischen Behandlung reiner Wasserstoffnetze eingeführt (siehe 3.1., strategisches Ziel 1). Diese Umsetzung bringt Planungs- und Investitionssicherheit. Diese Rahmenbedingungen werden auch im Lichte der Entwicklungen auf europäischer Ebene weiterentwickelt.

Die Errichtung erster Wasserstoffinfrastrukturprojekte plant die Bundesregierung im Rahmen der

IPCEI-Förderung zu ermöglichen (siehe auch Kapitel 3.2.2 Flagship-Programm 1). Zu der IPCEI-Vorauswahl mit 62 Projekten zählen 15 Infrastrukturprojekte, die insgesamt ca. 1.700 km Wasserstoffleitungen enthalten und bis 2028 in Betrieb gehen sollen.

Das Wasserstoff-Leitprojekt *TransHyDE* untersucht und entwickelt für die verschiedenen Anwendungsfälle – vom Import aus Übersee über die Nutzung bestehender Pipelines bis hin zur Verteilung jenseits des Leitungsnetzes – potenziell geeignete Transportlösungen. Im Fokus stehen dabei der Wasserstofftransport in Hochdruckbehältern, der tiefkalte Wasserstoff-Flüssig-Transport, der Wasserstoff-Transport in bestehenden und neuen Gasleitungen sowie der Transport von in Ammoniak oder dem Trägermedium LOHC gebundenem Wasserstoff. Zusätzlich werden in einem System-analytischen Teilprojekt die verschiedenen Optionen im Gesamtzusammenhang bewertet. Eng verbunden mit *TransHyDE* ist das Bündnis *CAMPFIRE*, das Entwicklungen zur dezentralen Erzeugung von Ammoniak aus erneuerbaren Energien und dessen Verwertung als Energieträger für eine emissionsfreie maritime Mobilität umsetzt. Zentral ist dabei auch die Konzeption des Betriebs und der Infrastruktur für die maritime Schifffahrt mit Ammoniak-basierten Antriebssystemen.

Wasserstofftankstellen

Neben regulatorischen Maßnahmen wurden durch die Bundesregierung auch mehrere Fördermaßnahmen zum Aufbau der Tankstelleninfrastruktur eingeleitet.

Die Förderung einer Tankinfrastruktur ist ein Schwerpunkt des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (*NIP II* – Gesamtvolumen 743 Millionen Euro). Ziel der ersten Phase des NIP (2006 bis 2016) war vor allem die Förderung von Grundlagenforschung als Basis des Markthochlaufs. In der zweiten Phase

des NIP (2016 bis 2026) stehen vor allem die Markteinführung und die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit von Wasserstoff- und Brennstoffzellenprodukten sowie der Aufbau der Wasserstofftankinfrastruktur im Vordergrund (siehe auch weitere Ausführungen zum NIP im strategischen Ziel 2 und 5). Seit Veröffentlichung der NWS wurde im Rahmen des *NIP II* ein dritter Aufruf zur Förderung von Wasserstofftankstellen mit speziellem Fokus auf Nutzfahrzeuge mit Einreichungsfrist zum Januar 2022 gestartet, ein weiterer Förderaufruf ist für das Jahr 2022 geplant. Eine Voraussetzung für die Bewilligung von Förderanträgen für öffentliche Wasserstofftankstellen ist eine plausible Darstellung einer entsprechenden Wasserstoffnachfrage in Form zu beschaffender Fahrzeuge. Der Infrastrukturaufbau wird somit koordiniert mit dem Fahrzeughochlauf vorangetrieben. Um die Versorgungs- und Investitionssicherheit gerade im Nutzfahrzeugsektor zu erreichen, ist es erforderlich, für Infrastrukturkapazitäten einen gewissen Vorlauf zum Fahrzeughochlauf zu erreichen. Dies zeigt die Notwendigkeit, bei der Förderung des Markthochlaufs von Wasserstoff auch bei der Tankinfrastruktur ganzheitlich sowohl die Nachfrage- als auch Angebotsseite zu betrachten. Auch bei den IPCEI-Projekten (siehe Flagship Programm 1 in Kapitel 3.2.2) wurden insgesamt sieben große Projekte mit direktem Bezug zum Aufbau von Wasserstofftankstellen eingereicht. Im Rahmen von IPCEI sollen somit insgesamt 20 bis 30 Tankstellen erweitert sowie 65-70 (v. a. für schwere Nutzfahrzeuge) neu errichtet werden.

Mit dem Programm *HyLand* – Wasserstoffregionen in Deutschland gibt es im *NIP II* einen weiteren Förderschwerpunkt. Ziel ist der regionale Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft und von regionalen Anwendungsclustern. Durch den integrierten Ansatz wird sichergestellt, dass erste Geschäftsmodelle unter Berücksichtigung der Anwendung, der Tankinfrastruktur und der Wasserstoffherzeugung umgesetzt werden können.

3.4 Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff und seinen Folgeprodukten (Ziel 4)

3.4.1 Allgemeine Beschreibung

Während fossile Energieträger üblicherweise global gehandelt werden, wird grüner Wasserstoff in der Welt und in Deutschland bisher nur in sehr begrenzten Mengen produziert. Dementsprechend hoch und volatil zeichnen sich aktuell dessen Preise ab. Die im strategischen Ziel 5 beschriebenen Dekarbonisierungsziele machen jedoch deutlich, dass beispielsweise die Stahl- und Chemiebranche und der Flug- und Schiffsverkehr bereits in den kommenden Dekaden hohe Mengen an grünem Wasserstoff zu wettbewerbsfähigeren Preisen benötigen werden. Die derzeitigen Preise für grünen Wasserstoff wirken sich jedoch prohibitiv auf den Markthochlauf für Wasserstofftechnologien und die erfolgreiche Dekarbonisierung der von Wasserstoff abhängigen Sektoren aus. Für ein erfolgreiches Gelingen der NWS müssen somit grüner Wasserstoff und dessen Folgeprodukte im Verhältnis zu deren fossilen Alternativen wettbewerbsfähiger werden.

Die Wettbewerbsfähigkeit hängt dabei von diversen Faktoren ab, die sich über die gesamte Wertschöpfungskette erstrecken. Die Technologiekosten bei der Wasserstofferzeugung sowie die Kosten für erneuerbaren Strom wirken sich dabei besonders stark auf die Preisbildung aus. Um entsprechende Kostendegressionen bei der Herstellung von grünem Wasserstoff zu erreichen, hat sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt, den Ausbau der erneuerbaren Energien zu intensivieren und Erzeugungskapazitäten in den kommenden Jahren stark zu skalieren. Wie im strategischen Ziel 3 bereits beschrieben, kann auch der Transport von Wasserstoff in Abhängigkeit des Transportmediums und der Entfernung zu einem limitierenden Faktor werden und wird im Aktionsplan in der NWS gesondert adressiert.

Neben den Stellschrauben zur Preisbildung des grünen Wasserstoffs ist auf der anderen Seite auch eine angemessene Bepreisung fossiler Energieträger nötig, die Klimaschäden durch CO_2 -Emissionen internalisiert und ähnliche Wettbewerbsvoraussetzungen für die Technologien schafft. Auch im Rahmen der NWS soll deshalb eine adäquate Bepreisung von fossilen Energieträgern als zentrales Leitinstrument etabliert werden. Die Bundesregierung hat beschlossen, in 2023 eine CO_2 -Äquivalent (Äq.)-Differenzierung bei der Maut (sowie weitere Differenzierungsmerkmale) für schwere Nutzfahrzeuge und eine entsprechende Staffelung der Straßennutzungsgebühren einzuführen. Diese Maßnahme soll ab 2023 umgesetzt werden.

Die zuvor genannten Maßnahmen werden nicht ausreichen, um die Wettbewerbsfähigkeit kurz- bis mittelfristig herzustellen, sodass der Bedarf für eine weitergehende politische Flankierung durch die NWS besteht. Die Bundesregierung plant daher, im Rahmen der NWS die Industrie und die Produzenten von strombasierten Kraftstoffen mit diversen Programmen im Übergang zur Klimaneutralität zu unterstützen, um den Nachteil hoher Preise für grünen Wasserstoff während des Markthochlaufs auszugleichen.

Während zukünftig ein Teil des Wasserstoffbedarfs durch die heimische Produktion abgedeckt werden kann, werden aufgrund der stark wachsenden Nachfrage große Mengen des Bedarfs durch Importe abgesichert werden müssen.

Auch im Hinblick auf die hohen Stromgestehungskosten in Deutschland müssen Importe aus Ländern mit entsprechend niedrigen Produktionskosten in Betracht gezogen werden. Aufgrund der höheren Potenziale für erneuerbare Stromerzeugung im globalen Süden werden die im strategischen Ziel 7 angestrebten internationalen Partnerschaften eine wichtige Säule sein, um den verschie-

denen Sektoren in Deutschland kostengünstigen grünen Wasserstoff oder seine Derivate zur Verfügung zu stellen. Hier muss ein besonderes Augenmerk auf die sichere Einhaltung der weiteren Ziele, mit Blick auf die nachhaltige und umweltschonende Produktion von grünem Wasserstoff, gelegt werden (siehe auch 3.1.2 Nachhaltigkeitsstandards).

3.4.2 Entwicklungen zur Zielerreichung

Gesetzlicher Rahmen und Emissionshandel

Wie bereits im strategischen Ziel 1 beschrieben, hat die Bundesregierung im Berichtszeitraum durch die Konkretisierung der EEG-Umlagebefreiung von grünem Wasserstoff im Rahmen der *EEG-Novelle 2021* die Beseitigung eines zentralen Kostennach-

teils von grünem Wasserstoff auf den Weg gebracht. Durch geringere Steuern, Abgaben und Umlagen sollen somit zukünftig weitere Anreize für die Produktion von grünem Wasserstoff in Deutschland geschaffen und die Wettbewerbsfähigkeit im Vergleich zu fossilen Energieträgern verbessert werden. Im Wesentlichen wird mit der Regelung zur Befreiung der elektrolytischen Produktion des grünen Wasserstoffs von der EEG-Umlage sichergestellt, dass der genutzte Strom bei der Produktion zu 100 Prozent aus erneuerbaren Energiequellen stammt. Die Genehmigung der EU-Kommission hierzu steht noch aus. Mit dem zum Ende des Berichtszeitraums beschlossenen generellen Wegfall der EEG-Umlage in Deutschland, spätestens zum Januar 2023, wird diese Entlastung erreicht.

Flagship-Programm 2: Förderprogramm Klimaschutzdifferenzverträge (KSV)

Förderprogramm Klimaschutzdifferenzverträge (KSV)	
Laufzeit 01/2022 – 12/2031	Budget rund 550 Millionen Euro
Wertschöpfungskette Anwendung Industrie	
Kurzbeschreibung	
<ul style="list-style-type: none"> • Die für die Dekarbonisierung der energieintensiven Industrie notwendigen Technologien sind im Vergleich zu konventionellen Technologien nicht nur mit einem erheblichen Investitionsaufwand, sondern auch mit stark erhöhten Betriebskosten verbunden. Daher sind viele Dekarbonisierungstechnologien heute noch unwirtschaftlich, wodurch ihr Einsatz deutlich verzögert wird. • Im Rahmen der KSV sollen in Industrieunternehmen (zunächst in den Branchen Stahl, Ammoniak, Zement und Kalk) die Betriebskostendifferenzen zwischen herkömmlichen und CO₂-armen bzw. -freien Verfahren unter Berücksichtigung des tatsächlichen CO₂-Preises ausgeglichen und ein wirtschaftlicher Markteintritt so früher ermöglicht werden. • Durch die Betriebskostenförderungen soll der wirtschaftliche Betrieb von modellhaften und übertragbaren klimafreundlichen Produktionstechnologien ermöglicht werden. Die Betriebskostenförderung ergänzt damit eine Investitionskostenförderung im Rahmen des Förderprogramms Dekarbonisierung, um die Transformation der Industrie effektiv anzustoßen. • KSV schaffen ein Kosten-level-playing field für den Einsatz von grünem Wasserstoff in verschiedenen Downstream-Sektoren und erzeugen damit eine Nachfrage für die Wasserstoffnutzung, die es heute ohne KSV nicht geben würde. KSV ermöglichen dies kurzfristig und können als Brücke verstanden werden, bis übergreifende Lösungen wie bspw. ausreichend hohe CO₂-Preise etabliert sind. • In den geförderterten Unternehmen werden so die prozessbedingten THG-Emissionen reduziert. 	
Impact	
<ul style="list-style-type: none"> • Aus gesamtwirtschaftlicher/-gesellschaftlicher Perspektive soll mit den KSV die Nutzung entsprechender Technologien und somit die Dekarbonisierung der deutschen Industrie beschleunigt werden, um in Deutschland bis 2045 Treibhausgasneutralität zu erreichen. 	
Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020	
<ul style="list-style-type: none"> • Die Entwicklung des Förderprogramms für Klimaschutzverträge soll 2022 abgeschlossen und der EU-Kommission anschließend zur Genehmigung vorgelegt werden. • Erste Eckpunkte wurden bereits veröffentlicht und mit einem breiten Stakeholderkreis diskutiert. 	
Link https://www.bmu.de/download/eckpunkte-pilotprogramm-fuer-klimaschutzvertraege	

Mit dem nationalen Emissionshandelssystem für die Bereiche Wärme und Verkehr wurde zum Januar 2021 ein aufwachsender Preispfad pro freigesetzter Tonne CO₂ aus der Nutzung von Brenn- und Kraftstoffen festgelegt. Der zunächst auf 25 Euro festgelegte Preis soll dabei in den kommenden Jahren kontinuierlich ansteigen. Hierdurch werden klimawirksame externe Kosten der Nutzung fossiler Brenn- und Kraftstoffe teilweise internalisiert und somit unter anderem auch die Wettbewerbsfähigkeit klimafreundlicher Alternativen wie grünem Wasserstoff verbessert und der bereits bestehende Emissionshandel auf europäischer Ebene für große Industrie- und Energieanlagen ergänzt.

Die KSV werden Unternehmen, deren Produktion Wasserstoff benötigt, dabei unterstützen, grünen Wasserstoff einzusetzen und weiterhin wettbewerbsfähig im Vergleich zum Einsatz von nicht-grünem Wasserstoff zu produzieren. Hierzu wurden im Berichtszeitraum wichtige Vorarbeiten geleistet. Die Verträge sind innovativ und hochkomplex zu entwickeln. Erste Eckpunkte wurden bereits veröffentlicht und mit einem breiten Stakeholderkreis diskutiert. Weitere Details zu diesem Förderprogramm werden in der Infobox Flagship-Programm 2 vorgestellt.

Wettbewerbsfähigkeit und internationale Partnerschaften

Von den im strategischen Ziel 7 beschriebenen Fortschritten bei der Anbahnung internationaler Partnerschaften und der Integration des EU-Wasserstoffmarktes wird zudem mittel- bis langfristig ein umfassender Effekt auf die Preise von grünem Wasserstoff in Deutschland erwartet. Zum einen durch eine Skalierung bei der Produktion, dem Transport und dem Handel in Europa, zum anderen durch den Import von kostengünstig produziertem Wasserstoff aus globalen Gunststandorten. Weitere Details zum Fortschritt der internationalen Kooperationen sind in Kapitel 3.7.2 beschrieben.

3.5 Fortschritte bei der Dekarbonisierung in den Bereichen Verkehr und Industrie durch den Einsatz von Wasserstoff (Ziel 5)

3.5.1 Allgemeine Beschreibung

Auf dem Weg zur Treibhausgasneutralität bis 2045 sind umfangreiche THG-Einsparungen notwendig. Zwei Anwendungsfelder mit sehr großer Hebelwirkung sind die Sektoren Verkehr und Industrie, bei Letzterem insbesondere die Chemie- und Stahlbranche. In diesen Sektoren findet Wasserstoff insbesondere dann eine Anwendung, wenn eine direkte Elektrifizierung technisch nicht möglich ist oder nicht ausreicht, um die gesetzten CO₂-Äq.-Einsparungsziele bis 2045 zu erreichen.

Die dafür notwendigen technologischen Veränderungen sowohl in Fahrzeugentwicklung und -betrieb als auch in der Produktion in der Chemie- und Stahlbranche stellen einen herausfordernden Transformationsprozess dar. In den für Wasserstoff geeigneten Anwendungsbereichen im Verkehrssektor zeigt sich eine hohe Transformationskomplexität beispielsweise durch systemische Abhängigkeiten von langjährigen Reinvestitionszyklen, fehlende Fahrzeugangebote, sehr hohe Herstellungskosten sowie den notwendigen Infrastrukturaufbau. In der Chemie- und Stahlindustrie werden zur Umstellung auf klimaneutrale Produktionsprozesse sehr hohe Kosten für die technologische Transformation erwartet.

Dieser Transformationsprozess zur umfassenden CO₂-Äq.-Vermeidung ist gekennzeichnet durch den zeitlich vorgelagerten Aufbau von CO₂-Äq.-Einsparpotenzialen, bspw. Entwicklung von Fahrzeugen und Aufbau von Produktionsanlagen. Auch diese zeitlich vorgelagerten CO₂-Äq.-Einsparpotenziale leisten im Sinne von notwendigen Zwischenschritten einer Technologietransformation bereits ihren Beitrag zu den Fortschritten bei der Dekarbonisierung.

Verkehr

Im letzten Jahr ist für den Verkehrssektor mit der Novellierung des Klimaschutzgesetzes infolge der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts eine zulässige Jahresemissionsmenge von 85 Mio. t CO_{2-Äq.} für 2030 festgelegt und der Emissionspfad bis 2030 angepasst worden. In 2020 lag die jährliche Emissionsmenge bei 146 Mio. t CO_{2-Äq.}, mit geringen Einsparungen und zum Teil sogar Emissionssteigerungen über die letzten Jahre. Das zukünftige CO_{2-Äq.}-Budget müssen sich die Verkehrsbereiche Straßenverkehr, ÖPNV, Schiffsverkehr (inkl. Binnenschifffahrt), Schienenverkehr und Inlands-Flugverkehr teilen. Die Bundesregierung verfolgt einen grundsätzlich technologieoffenen Ansatz. Neben Fahrzeugen mit direkter Elektrifizierung werden auch Fahrzeuge mit Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie sowie der Einsatz von Wasserstoff-Folgeprodukten als strombasierte Kraftstoffoption – insbesondere dort, wo eine direkte Elektrifizierung nicht sinnvoll möglich ist – zukünftig zum Fortschritt in der Dekarbonisierung beitragen.

Industrie

Der Industriesektor hat im Jahr 2021 172 t CO_{2-Äq.} ausgestoßen und war damit für rund 24 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen in Deutschland verantwortlich. Innerhalb der Industrie sind die beiden energieintensiven Bereiche Stahl und Chemie etwa für die Hälfte der Treibhausgasemissionen verantwortlich. Im letzten Jahr ist im Rahmen der Novellierung des Bundes-Klimaschutzgesetzes infolge der Entscheidung des Bundesverfassungsgerichts für den gesamten Industriesektor eine zulässige Jahresemissionsmenge für 2030 von 118 t CO_{2-Äq.} festgelegt und der Emissionspfad bis 2030 angepasst worden. Bei der Erreichung dieser Ziele spielt Wasserstoff eine wichtige Rolle.

In der Chemieindustrie werden heute bereits jährlich 1,1 Mio. t grauer Wasserstoff als Grundstoff

verwendet. In den nächsten Jahren muss der Beginn der Substitution dieser Menge an grauem Wasserstoff im Fokus stehen. Zusätzlich müssen neue Anlagen für die Herstellung treibhausgasneutraler Folgeprodukte aufgebaut werden.

In der Stahlerzeugung wird heute hingegen noch kein Wasserstoff kommerziell eingesetzt. Hier wird in den nächsten Jahren ein CO_{2-Äq.}-Einsparpotenzial durch den Aufbau von Anlagen im Vordergrund stehen, die vorläufig mit Erdgas betrieben werden (H₂-readiness-Direktreduktionsanlagen). Die zwischenzeitliche Umstellung auf Erdgas bringt im Vergleich zur konventionellen Hochofenroute mit Koks als Reduktionsmittel bereits eine signifikante CO_{2-Äq.}-Vermeidung. Sobald grüner Wasserstoff im entsprechenden Umfang verfügbar ist, kann hier eine schrittweise Umstellung schon bis 2030 erfolgen.

Die Transformation der deutschen Chemie- und Stahlindustrie, mit weltweit führenden und auch sehr ambitionierten Industriekonzernen, sollte möglichst so erfolgen, dass Deutschland sich im Sinne des nachfolgenden strategischen Ziels 6 als Leitanbieter im Bereich grüner Wasserstoffherstellungs- und -anwendungstechnologien international etablieren kann.

Das hier skizzierte Dekarbonisierungsziel steht in einer hohen Interdependenz zu dem strategischen Ziel 2, dem Ausbau von Erzeugungskapazitäten, und dem strategischen Ziel 4, der verbesserten Wettbewerbsfähigkeit von grünem Wasserstoff. Ohne die umfangreiche Verfügbarkeit von Wasserstoff und seinen Folgeprodukten durch ausreichende Produktion bzw. Kapazität kann kein Einsatz zur Dekarbonisierung erfolgen. Und ohne wettbewerbsorientierte Preisentwicklungen für grünen Wasserstoff wird es nicht zur Verlagerung vom reinen Einsparungspotenzial zur realen Dekarbonisierung im Sinne von CO_{2-Äq.}-Vermeidung kommen. Es ist

möglich, dass wegen der beiden zuvor genannten Herausforderungen eine signifikante Verlagerung und damit Dekarbonisierung in den Sektoren Verkehr und Industrie nicht vor 2030 stattfindet.

3.5.2 Entwicklungen zur Zielerreichung

Verkehr

Im Verkehrsbereich wird das Ziel der Dekarbonisierung im Berichtszeitraum durch eine Mischung an regulatorischen Maßnahmen, Ordnungsrecht und Fördermaßnahmen verfolgt.

Mit der Festlegung einer Treibhausgasminderungsquote von 25 Prozent bis 2030 innerhalb des BImSchG (M5, siehe Ziel 1) werden die EU-Vorgaben in Deutschland deutlich übererfüllt. Um strombasierte Kraftstoffe zu fördern, wird u. a. die Anrechnung des Inverkehrbringens von ausschließlich mit erneuerbaren Energien hergestellten strombasierten Kraftstoffen und von Wasserstoff zugelassen und mit dem Faktor 2 angerechnet. Hierdurch entstehen signifikante Anreize für den Einsatz von grünem Wasserstoff und darauf basierenden strombasierten Kraftstoffen.

Zusätzlich ist eine nationale Quote von 0,5 Prozent bis 2026, ein Prozent bis 2028 und zwei Prozent bis 2030 für das Beimischen von strombasiert hergestelltem, nachhaltigem Kerosin (Power-to-Liquid, PtL) zu konventionellem Kerosin im Flugverkehr eingeführt worden. Auf eine solche PtL-Quote hatten sich Bund, Länder und Industrie 2021 in der PtL-Roadmap für den Luftverkehr geeinigt. Diese soll neben der monetären Förderung die notwendige Grundlage schaffen, um bis 2030 mindestens 200.000 t nachhaltiges Kerosin jährlich für den deutschen Luftverkehr zu produzieren. Das entspricht einem Drittel des aktuellen Kraftstoffbedarfs des innerdeutschen Luftverkehrs. Beides wird zu einer faktischen CO₂-Vermeidung führen. Im Rahmen des Fit-for-55-Pakets wird im Entwurf der

ReFuelEU Aviation durch die EU-Kommission auch eine PtL-Quote vorgeschlagen. Diese Quote ist jedoch weniger ambitioniert: Erst 2030 sollen demnach auf EU-Ebene 0,7 Prozent PtL durch die Inverkehrbringer beigemischt und von den Fluggesellschaften an europäischen Flughäfen getankt werden.

Mehrere Förderprogramme widmen sich zudem strombasierten Kraftstoffen – von der (Weiter-)Entwicklung der Kraftstoffe bis hin zu deren Erzeugung bzw. ihrem Import und dem Markthochlauf.

Weitere Details zum *Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe* werden in der nachfolgenden Infobox Flagship-Programm 3 vorgestellt. Daneben existieren weitere Förderprogramme der Bundesregierung zur Förderung von strombasierten Kraftstoffen.

Das *nationale Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge (SaubFahrzeugBeschG)* setzt die *EU-Clean Vehicles Directive* um und legt Mindestziele für die öffentliche Beschaffung emissionsarmer und -freier Straßenfahrzeuge fest. Die Mindestziele werden sowohl der Bundesverwaltung als auch den Bundesländern für ihren jeweiligen Zuständigkeitsbereich verpflichtend vorgegeben. Im ÖPNV müssen bspw. bis Ende 2025 45 Prozent und bis Ende 2030 65 Prozent der beschafften Busse emissionsarm oder -frei sein. Die öffentliche Hand ist auch bei der Vergabe von Dienstleistungsaufträgen über Verkehrsdienste verpflichtet, dass ein Teil der eingesetzten Fahrzeuge zukünftig emissionsarm oder -frei sein muss. Das Gesetz ist grundsätzlich offen für Brennstoffzellenfahrzeuge und strombasierte Kraftstoffe.

Die Bundesverwaltung hat sich verpflichtet, bis 2030 klimaneutral zu werden – hierzu gehört auch, einen klimaneutralen Fuhrpark aufzubauen. Neben der unmittelbaren Dekarbonisierung durch die Substitution von konventionellen Fahrzeugen

Flagship-Programm 3: Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe



Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe	
Laufzeit ab 2021	Budget 1,5 Milliarden Euro
Wertschöpfungskette Erzeugung; Anwendung Verkehr; Forschung, Entwicklung und Innovation	
<p>Kurzbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> Das Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe deckt das gesamte Spektrum der (Weiter-)Entwicklung von strombasierten Kraftstoffen und fortschrittlichen Biokraftstoffen bis hin zu deren Erzeugung und Markthochlauf ab. Denn es bedarf sowohl der Demonstration dieser Kraftstoffe in integrierter Art und Weise entlang der gesamten Erzeugungs- und Wertschöpfungskette als auch der Unterstützung von ersten Anlagenbetreibern, um trotz hoher Betriebs- und Energiepreise wettbewerbsfähig sein zu können. Das Konzept sieht vier Fördermaßnahmen in den Bereichen Entwicklung und Innovation sowie Betriebs- und Investitionskosten vor: <ul style="list-style-type: none"> Förderrichtlinie für Maßnahmen zur Entwicklung regenerativer Kraftstoffe Förderung einer Entwicklungsplattform für PtL für den Luft- und Schiffsverkehr Förderrichtlinie für Investitionen in Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Kraftstoffe Förderrichtlinie für den Markthochlauf der PtL-Kerosin-Produktion 	
<p>Impact</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Fördermaßnahmen im Entwicklungsbereich zielen darauf ab, die notwendige technologische Reife für einen Markteintritt von erneuerbaren Kraftstoffen zu erreichen und auch Effizienzpotenziale entlang der Herstellungs- und Wertschöpfungskette zu heben. Die Erzeugungsmaßnahmen werden das Angebot an erneuerbaren Kraftstoffen am Markt verstärken und durch die Hochskalierung von Anlagen einen Beitrag zur Degression der Kraftstoffherstellungskosten leisten. Infolgedessen werden diese Kraftstoffe wettbewerbsfähiger, sodass deren Einsatz verstärkt zum Tragen kommt und dadurch die Dekarbonisierung des Verkehrssektors unterstützt wird. 	
<p>Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020</p> <ul style="list-style-type: none"> Nach der Veröffentlichung der Entwicklungsförderrichtlinie im Mai 2021 konnte auch der separate Förderaufruf zur PtL-Entwicklungsplattform im August 2021 starten. Im Herbst 2021 wurde ein unverbindliches Markttestverfahren für den Markthochlauf von PtL-Kerosin lanciert, um das Feedback von Marktakteuren einzuholen. Aufgrund des ausstehenden delegierten Rechtsakts zu Strombezugsriterien bei der Wasserstoffherstellung sowie der Überarbeitung des EU-Beihilferahmens konnten zwei ausstehende Förderrichtlinien nicht finalisiert werden. 	
<p>Link https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/Alternative-Kraftstoffe/erneuerbare-kraftstoffe.html</p>	

durch emissionsarme und -freie Fahrzeuge, inklusive Brennstoffzellenfahrzeugen, erfolgt hier auch eine indirekte Wirkung über die Vorbildfunktion der öffentlichen Hand.

Die Wegekosten- oder Eurovignetten-Richtlinie ist die EU-rechtliche Grundlage für die Erhebung von Straßennutzungsgebühren. Die Straßennutzungsgebühren für Nutzfahrzeuge werden nach dieser Richtlinie u. a. in Abhängigkeit von der Lärmbelastung, den CO₂-Emissionen und Schadstoffemissionen des Fahrzeugs gestaffelt, um die Nutzung umweltfreundlicherer Fahrzeuge zu fördern. Die Bundesregierung hat beschlossen, das Instrument zur CO₂-Differenzierung der Maut für schwere Nutzfahrzeuge

ab 2023 in Deutschland umzusetzen. Es ergibt sich ein unmittelbarer Anreiz zur Dekarbonisierung durch diese Entwicklung. Die CO₂-basierte Maut erhöht die Wettbewerbsfähigkeit von emissionsarmen Fahrzeugen, ist technologieoffen und trägt somit unmittelbar zu deren Markthochlauf bei. Sobald LKW mit Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie verfügbar sind, können sie zur Dekarbonisierung im Verkehr beitragen.

Im Jahr 2021 wurden technologieoffene Förderprogramme zur Beschaffung von Bussen im Personenverkehr, Nutzfahrzeugen und Schienenfahrzeugen mit alternativen Antrieben veröffentlicht, die auch die Förderung von Brennstoffzellenfahrzeugen ein-

schließen. Erste Förderaufrufe waren deutlich überzeichnet und auch im Bereich der Brennstoffzellenfahrzeuge stark nachgefragt (Anteil der beantragten Brennstoffzellenfahrzeuge zwischen 16 Prozent und 33 Prozent). Weitere Förderaufrufe im Rahmen der drei Richtlinien sind geplant.

Während viele der oben genannten Instrumente Dekarbonisierung über technologieoffene Ansätze verfolgen, wurden im Bereich der Verkehrsanwendungen Fördermittel auch konkret in die Entwicklung, Marktvorbereitung und Marktaktivierung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie investiert. Im *NIP II* werden seit 2016 Forschungs- und Entwicklungsprojekte sämtlicher Verkehrsanwendungen gefördert sowie im Rahmen der Marktaktivierung erste Anwendungsbereiche der Technologie unterstützt (siehe auch weitere Ausführungen zum *NIP* im strategischen Ziel 2). Das *NIP II* konzentriert sich zunehmend auf die Skalierung von Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologien, die technologische Optimierung sowie die Schließung noch bestehender Marktlücken. Im Rahmen der *NIP*-Marktaktivierungsprojekte wurden bis Ende Dezember 2021 2.872 PKW, 79 Busse, 43 Züge sowie 355 sonstige kommunale Sonderfahrzeuge mit Brennstoffzellen-Antrieb bewilligt. Seit 2019 wird mit dem Programm *Wasserstoffregionen in Deutschland – HyLand* ein ergänzender Förderansatz im Rahmen des *NIP* verfolgt. Auf der Grundlage des dreistufigen Ansatzes (*HyStarter*, *HyExpert* und *HyPerformer*) werden die Entwicklung und Umsetzung lokal integrierter Konzepte zur Einführung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Verkehr – von der Wasserstoffherzeugung, der notwendigen Tankinfrastruktur bis zu den Fahrzeuganwendungen – gefördert. Regionen werden dabei von der Netzwerkarbeit über die Konzeptionierung bis zur Umsetzung unterstützt. Das erfolgreiche Programm wurde 2021 mit einer zweiten Runde in den Kategorien *HyStarter* und *HyExpert* fortgesetzt.

Die Förderung der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie für Mobilitätsanwendungen steht auch bei der Errichtung des *Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff (ITZ)* im Mittelpunkt. Ziel ist die Unterstützung von kleinen und mittelständischen Unternehmen, u. a. der deutschen Zuliefererindustrie, bei der Positionierung als Leitanbieter für Wasserstofftechnologien im internationalen Wettbewerb. Mit dem *ITZ* soll eine Prüf-, Test- und Entwicklungsplattform geschaffen werden, die damit einen Schwerpunkt im Bereich der Standardisierung innehaben wird (weitere Ausführungen siehe *Flagship-Programm 7* in Kapitel 3.6.2).

Im Bereich Schienenverkehr sind direkte CO₂-Einsparungen im Wesentlichen auf nicht elektrifizierten Strecken möglich. Züge stellen durch hohe Anschaffungskosten und lange Lebensdauern einen Sonderfall dar, in dem sich Umrüstungen von Bestandsfahrzeugen durchaus lohnen können. Im Rahmen der *WIR!-Programmlinie* werden u. a. Projekte zur Umrüstung von Dieseltriebzügen auf Wasserstoff- und Erdgasbetrieb gefördert. Ein erster auf Wasserstoff umgerüsteter Dieselmotor wurde 2021 auf dem Motorprüfstand in Betrieb genommen.

Industrie

Im Industriebereich wird das Ziel der Dekarbonisierung im Berichtszeitraum insbesondere durch Förderprogramme und Dialogformate verfolgt.

Das Förderprogramm *Dekarbonisierung in der Industrie* unterstützt die energieintensive Industrie bei der Entwicklung von und Investitionen (CAPEX) in innovative Klimaschutztechnologien zur Vermeidung von Prozessemissionen, z. B. durch Umstellung auf Wasserstofftechnologien in der Stahl- und Chemieindustrie. Damit sollen die jährlichen Treibhausgasemissionen der Industrie im Jahr 2030 um 2,5 Millionen t CO₂ gemindert wer-

Flagship-Programm 4: Förderprogramm Dekarbonisierung in der Industrie

Förderprogramm Dekarbonisierung in der Industrie	
Laufzeit 01/2021 – 06/2024	Budget rund 3 Milliarden Euro
Wertschöpfungskette Anwendung Industrie; Forschung, Entwicklung und Innovation	
<p>Kurzbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Förderprogramm unterstützt die energieintensive (Grundstoff-)Industrie (z. B. Stahl, Zement) bei der Forschung und Entwicklung sowie großtechnischen Anwendung von innovativen Klimaschutztechnologien zur Vermeidung von Prozessemissionen. • Diese können vielfach nur durch neuartige Herstellungsverfahren vermieden werden, was häufig den Umbau ganzer Industriestandorte erfordert. • Deutschlandweit sind für diese Transformation Investitionen in dreistelliger Milliardenhöhe notwendig. • Mit der Förderung sollen Unternehmen der energieintensiven Industriebranchen zur Umsetzung von modellhaften und übertragbaren Dekarbonisierungsmaßnahmen (z. B. Investitionen in innovative Klimaschutztechnologien) angereizt werden. • In den Unternehmen werden so die schwer vermeidbaren, prozessbedingten THG-Emissionen reduziert. 	
<p>Impact</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aus gesamtwirtschaftlicher/-gesellschaftlicher Perspektive soll mit dem Programm die breite Nutzung von grünen Technologien beschleunigt werden und ein wichtiger Beitrag zur Erreichung des Dekarbonisierungsziels bzw. der sinkenden Jahresemissionsmengen und des Emissionspfades im Industriesektor geleistet werden – unter Beibehaltung der Wettbewerbsfähigkeit. • Das Programm sichert zudem zukunftsfähige Arbeitsplätze am Industriestandort Deutschland. 	
<p>Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Programm wurde im Januar 2021 erfolgreich gestartet und ist sehr gut angenommen worden. • Bislang sind allein im ersten Jahr des Programms 25 aussichtsreiche Projektskizzen/-anträge mit einem Gesamtinvestitionsvolumen von über vier Milliarden Euro eingegangen. • Erste Projekte aus verschiedenen Branchen der energieintensiven Industrie konnten bereits bewilligt werden. Weitere Projektskizzen und -anträge werden erwartet. 	
Link https://www.klimaschutz-industrie.de/foerderung/foerderprogramm/	

den. Das Förderprogramm ist zum Januar 2021 gestartet. Weitere Details zu diesem Förderprogramm werden in der Infobox Flagship-Programm 4 vorgestellt.

Zusammen mit den weiteren Förderprogrammen *CO₂-Vermeidung und -Nutzung in Grundstoffindustrien* und *IPCEI* (siehe auch Kapitel 3.2.2 Flagship-Programm 1) werden bis 2024 die CAPEX für Transformation der industriellen Produktionsanlagen bzw. Aufbau und Weiterentwicklung neuer Produktionsanlagen gefördert.

Im Rahmen der *KSV* (siehe auch Kapitel 3.4.2 Flagship-Programm 2) sollen zunächst in den Branchen Stahl, Ammoniak, Zement und Kalk die Betriebskostendifferenzen zwischen herkömmlichen und

CO₂-armen bzw. -freien Verfahren unter Berücksichtigung des tatsächlichen CO₂-Preises ausgeglichen werden. Durch die Betriebskostenförderungen (OPEX) soll der wirtschaftliche Betrieb von modellhaften und übertragbaren, klimafreundlichen Produktionstechnologien ermöglicht werden. Die OPEX-Förderung ergänzt damit die CAPEX-Förderung im Rahmen des zuvor beschriebenen Förderprogramms *Dekarbonisierung in der Industrie*.

Das *Reallabor H2Stahl*, am größten europäischen Stahlstandort in Duisburg, ist 2021 bereits gestartet. Hier wird der Einsatz von Wasserstoff in der Stahlproduktion erprobt. In den kommenden fünf Jahren wollen die Projektpartner Wasserstoff bei der Herstellung von Roheisen im Hochofen einsetzen. So sollen mittelfristig die CO₂-Emissionen um bis

zu 20 Prozent reduziert werden. Zusätzlich will das Konsortium an weiteren Tests arbeiten, um künftig auch eine vollständig CO₂-freie Stahlproduktion zu ermöglichen. Für weiterführende Informationen zu dem Förderprogramm *Reallabore der Energiewende* siehe auch Kapitel 3.6.2 Flagship-Programm 1.

Neben der Umstellung der Industrieprozesse mit dem Ziel der Dekarbonisierung – z. B. im Stahlbereich auf das Direktreduktionsverfahren, wie oben beschrieben – können die derzeit entstehenden Abgase auch einer wirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden. So wandelt *Carbon2Chem* CO₂-haltige Hüttengase mit der Hilfe von grünem Wasserstoff in Basischemikalien und strombasierte Kraftstoffe um. In 2021 wurde ein PKW-Prototyp vorgestellt, der mit strombasiertem Methanol angetrieben werden kann.

Ergänzend zu den Förderprogrammen werden in *Stakeholder-Dialogformaten* langfristige Dekarbonisierungsstrategien auf der Basis von Wasserstoff erarbeitet. So legt beispielsweise das Handlungskonzept Stahl erstmals ein politisches Gesamtkonzept für eine langfristig starke, international wettbewerbsfähige und klimaneutrale Stahlindustrie am Standort Deutschland vor.

3.6 Deutschland als Leitanbieter im Bereich grüner Wasserstoff-erzeugungs- und -anwendungstechnologien (Ziel 6)

3.6.1 Allgemeine Beschreibung

Die Bundesregierung hat die Bedeutung von Wasserstofftechnologien bereits vor Jahren erkannt und entsprechend gefördert. Um Deutschland zukünftig als Leitanbieter für grüne Wasserstofftechnologien zu positionieren, benennt die NWS Wege für den Markthochlauf von Wasserstofftechnologien in Deutschland, für den Aufbau einer Forschungslandschaft und für internationale Partnerschaften, die den Export fördern sollen.

Neben den im strategischen Ziel 5 beschriebenen klimapolitischen Aspekten geht es bei Wasserstofftechnologien auch um zukunftsfähige Arbeitsplätze und neue Wertschöpfungspotenziale. Die Bundesregierung unterstützt deshalb im Rahmen der NWS die Produzenten von Wasserstofftechnologien mit verschiedenen Förderprogrammen. Auch aufgrund der frühen Förderung sind deutsche Unternehmen in diesem Bereich bereits sehr gut aufgestellt, etwa bei der Brennstoffzelle. Bei der Elektrolyse für die grüne Wasserstoffherzeugung wird von einem Weltmarktanteil der deutschen Anlagenbauer von einem Zehntel ausgegangen⁶. Dieser Anteil soll durch weitere aus Forschung und Entwicklung (F&E) resultierenden Innovationen gefestigt werden. Die durch die NWS angestrebte skalierte Herstellung der Komponenten für die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff sowie die Versorgung mit Wasserstoff sollen dabei zur regionalen Wertschöpfung beitragen und die in diesem Bereich tätigen Unternehmen stärken.

⁶ Institut der deutschen Wirtschaft (2021): Synthetische Kraftstoffe – Potenziale für Europa, Köln. Internetseite: <https://www.iwkoeln.de/studien/manuel-fritsch-thomas-puls-thilo-schaefer-klimaschutz-und-wertschoepfungseffekte-eines-hochlaufs-der-herstellung-klimafreundlicher-fluessiger-energetraeger.html>. Zugriffsdatum: 04.05.2022

Auch die Automobilindustrie steht vor einer großen Transformation. Wie bereits in Ziel 3 beschrieben, ist die Bereitstellung einer verlässlichen und bedarfsgerechten Wasserstofftransport-Infrastruktur notwendig. Außerdem ist Materialforschung zur Weiterentwicklung der Brennstoffzellentechnologie insbesondere für den Einsatz im Bereich der schweren Nutzfahrzeuge, im Bereich von Komponenten wie Speichern, Trailern, Druckbehältnissen und für Tankstellen, die gesamte Fahrzeugentwicklung sowie die Entwicklung von strombasierten Kraftstoffen (siehe Ziel 5) unerlässlich. Alle diese Entwicklungen sind erforderlich, um Deutschland als Leitanbieter für Wasserstoffanwendungstechnologien im Schwerlastverkehr zu etablieren.

Kompetenzen in F&E bilden für Unternehmen eine Grundvoraussetzung für den langfristigen Erfolg von Wasserstofftechnologien. Somit trägt die Förderung von Forschung, Bildung und Innovation entscheidend zum Erfolg als globaler Leitanbieter bei. Im Kontext der NWS ist Forschung ein strategisches Element der Energie- und Industriepolitik. Technologieoffene Forschung sowie die Erschließung neuer Forschungsfelder können dabei als Chance im Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft begriffen werden. Zur Erfassung der F&E-Kompetenzen werden verschiedene Faktoren betrachtet. So spielen beispielsweise sowohl in Deutschland eingerichtete Kompetenzzentren bzw. Forschungseinrichtungen mit Wasserstoff- und Folgeprodukte-Bezug eine Rolle als auch wissenschaftliche oder fachliche Publikationen (peer-reviewed) deutscher Autoren. Patente mit Wasserstoff-Bezug, die in Deutschland beziehungsweise der EU gehalten werden, können Rückschlüsse auf die Innovationskraft geben. Ebenso zeigen Neugründungen/Startups Deutschlands Vorreiterrolle als Technologieführer und -exporteur.

Um die Rolle als Technologieführer und -exporteur langfristig sichern zu können, muss Wasserstoff auch ein Bildungsthema werden: Für die Wasserstoffwirtschaft sind entsprechend ausgebildete Fachkräfte unerlässlich. Innovationen aus dem Labor sind schnell in die Anwendung zu bringen und nach industriellen Maßstäben umzusetzen. Zudem ist eine erfolgreiche Zusammenarbeit von exzellenter Wissenschaft und innovativen Unternehmen nötig.

Internationale Partnerschaften mit potenziellen Liefer- und anderen Importländern können, wie in der NWS beschrieben, deren Beitrag zum Klimaschutz fördern und nachhaltige Wachstums- und Entwicklungschancen schaffen. Daneben bieten sich Möglichkeiten für gemeinsame Projekte und die Erprobung von Technologien, wie in Ziel 7 beschrieben. Neben der Möglichkeit, Partnerländern Technologien und maßgeschneiderte Lösungen anbieten zu können, wird somit der Aufbau von Produktionskapazitäten und neuer Lieferketten unterstützt, wodurch Beschäftigungseffekte in Deutschland und in unseren Partnerländern erzeugt werden, die in langfristige Wachstumspfade münden.

3.6.2 Entwicklungen zur Zielerreichung

Forschung und Innovation

Im Berichtszeitraum wird das Ziel, Deutschland als Leitanbieter für grüne Wasserstofftechnologien zu positionieren, durch mehrere Maßnahmen verfolgt.

Das Projekt *H2-Kompass* legt die Grundlagen für eine zielgerichtete, mittel- bis langfristig ausgerichtete Wasserstoff-Forschungs- und Innovationspolitik. Es arbeitet Handlungsoptionen und Anwendungsszenarien für Wasserstoff aus und bewertet diese. Dafür wurde bereits eine Meta-Analyse von knapp 200 Roadmaps, Studien und Strategiepapieren durchgeführt. Neben branchen- und sektorspe-

zifischen Analysen wurde eine Stakeholder-Umfrage realisiert, an der sich rund 600 Personen aus Wissenschaft, Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft beteiligt haben. Der weitere Fokus liegt auf der Bewertung des Hochlaufs der Produktionskapazitäten. Geplant ist zudem die Durchführung von Round Tables zu den Themenbereichen Chemie, Stahl und Elektrolyseure sowie eine Stakeholder-Konferenz.

Die *Wasserstoff-Leitprojekte* sowie die *Reallabore der Energiewende* sind Teil der ressortübergreifenden Forschungsoffensive *Wasserstofftechnologien 2030*.

Das bundesweite Forschungsnetzwerk Wasserstoff mit über 1.500 Mitgliedern bietet den Fachleuten ein technologieoffenes, interdisziplinäres Forum rund um das Thema Wasserstoff an. 2020 hat das Netzwerk der Bundesregierung eine Expertenempfehlung zum Forschungs- und Entwicklungsbedarf entlang der Wertschöpfungskette in der Wasserstoffwirtschaft vorgelegt. Eine umfassende Forschungsagenda, welche die Netzwerkmitglieder aktuell vorbereiten, soll die vorliegende Expertenempfehlung ergänzen.

Wasserstoff-Leitprojekte

Die *Wasserstoff-Leitprojekte* weisen eine enge Verzahnung von Forschung und Demonstration auf und greifen dabei unterschiedliche Herausforderungen auf. Aktuell erfolgt die Herstellung von Elektrolyseuren noch immer größtenteils in Handarbeit. Daher soll im Projekt *H2Giga* die serielle Produktion von Elektrolyseuren technologieoffen entwickelt werden. Im Projekt *H2Mare* sollen die besten Bedingungen zur Erzeugung erneuerbaren Stroms genutzt werden, um die Produktion von grünem Wasserstoff und anderen Power-to-X-Produkten (PtX) auf hoher See zu realisieren. Das Projekt *TransHyDE* stellt sich der Herausforderung, eine geeignete Wasserstoff-Transport-Infrastruktur zu entwickeln, unter der Berücksichtigung, dass

unterschiedliche Anwendungen möglicherweise unterschiedliche Lösungen benötigen. Die Leitprojekte tragen somit jeweils auch zu weiteren Zielen bei, zeichnen sich jedoch insbesondere dadurch aus, die Wasserstofftechnologien der Zukunft zu entwickeln. Weitere Details zu den *Wasserstoff-Leitprojekten* werden in der Infobox *Flagship-Programm 5* vorgestellt.

Reallabore der Energiewende

Die Erprobung von Modellprojekten im Bereich nationaler Erzeugung findet seit 2020 u. a. im Rahmen der *Reallabore der Energiewende* statt. Die Reallabore ermöglichen es, innovative Technologien in der praktischen Anwendung unter realen Bedingungen und im industriellen Maßstab zu testen. Sie betrachten das systemische Zusammenspiel von Energiebereitstellung und Energiebedarf auf der Ebene z. B. eines konkreten Quartiers, einer oder mehrerer ausgewählter Städte, oder sie erstrecken sich sogar über mehrere Bundesländer. Im Juli 2021 wurde ein neues Förderkonzept für die *Reallabore der Energiewende* veröffentlicht. Das Konzept wurde nun themenoffener gestaltet und kann somit Reallabore zu allen Forschungsbereichen im Energieforschungsprogramm umfassen. Ende des Jahres 2021 haben bereits fünf der Reallabore mit direktem Wasserstoffbezug die Arbeit aufgenommen. Diese erstrecken sich geografisch von Nord bis Süd sowie Ost und West und decken bereits jetzt schon einen breiten Teil der Wasserstoff-Wertschöpfungskette ab. Von Erzeugung zu Speicherung über Sektorkopplung und Anwendungen in Chemie und Stahlerzeugung werden in diesen Reallaboren Wasserstoff und seine Folgeprodukte erstmalig im industriellen Maßstab eingesetzt.

Beim *Norddeutschen Reallabor* sollen an fünf Standorten Konzepte für die Sektorkopplung in den Bereichen Wasserstofferzeugung, Industrie, Mobilität und Wärme sowie Quartierslösungen entwickelt und erprobt werden. Das Reallabor *H2-Wyhlen* zielt

Flagship-Programm 5: Wasserstoff-Leitprojekte (Förderaufruf „Ideenwettbewerb Wasserstoffrepublik Deutschland“)



Wasserstoff-Leitprojekte (Förderaufruf „Ideenwettbewerb Wasserstoffrepublik Deutschland“)	
Laufzeit 04/2021 – 09/2025	Budget bis zu 740 Millionen Euro
Wertschöpfungskette Forschung, Bildung und Innovation; Erzeugung; Infrastruktur	
<p>Kurzbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> Um den Bedarf an grünem Wasserstoff zu decken, braucht es effiziente, robuste und kostengünstige Elektrolyseure. Es fehlen Technologien für die großmaßstäbliche Fertigung und für die direkte Nutzung der Offshore-Windenergie. Auch bedarf es einer geeigneten Transport-Infrastruktur. Technologieoffen müssen verschiedene Transportmöglichkeiten weiterentwickelt und im System betrachtet werden. Ergebnis der Wasserstoff-Leitprojekte sind Technologien und Lösungen für: <ul style="list-style-type: none"> – Serienfertigung und Hochskalierung etablierter und zukünftiger Elektrolyseurtypen, – Wasserstoff-Transport in Druckbehältern, verflüssigt, als Ammoniak und LOHC, – Offshore-Erzeugung von Wasserstoff und P2X-Produkten, sowie – Querschnittsthemen wie Sicherheit, Recycling und Systemeinbindung. Die Lösungen sind praktisch erprobt und überwiegend im Systemzusammenhang untersucht. Weiterhin entstehen Roadmaps für die Technologien, eine Systemstudie zur Wasserstoff-Infrastruktur, Vorschläge für Normen und Genehmigungsverfahren sowie Weiterbildungsprogramme. Direkte Zielgruppen sind Hersteller von Anlagen und Komponenten sowie deren Zulieferer, Technologieanwender, Gasnetzbetreiber, Forschungseinrichtungen und gesellschaftliche Organisationen. Gewünschter Erfolg ist, dass Hersteller von Anlagen und Komponenten die für die Wasserstoff-Wirtschaft benötigten Technologien anbieten und in ihren Segmenten weltweit führend werden können. Die Technologieanwendung ist bekannt. Forschungseinrichtungen sind mit Abnehmern ihrer Ergebnisse exzellent vernetzt und besitzen Kompetenzen und Infrastruktur, um die Innovations-Pipeline auch für zukünftige Technologiegenerationen zu sichern. Politik, Behörden und Gremien erhalten Vorschläge zur weiteren Ausgestaltung der Wasserstoff-Wirtschaft. 	
<p>Impact</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Projekte schaffen die technologischen Voraussetzungen für den Aufbau der Wasserstoff-Wirtschaft in Deutschland und einer Technologieführerschaft im internationalen Wettbewerb. 	
<p>Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020</p> <ul style="list-style-type: none"> Die industriegeführten F&E-Projekte entstanden im Rahmen des BMBF-Ideenwettbewerbs „Wasserstoffrepublik Deutschland“. Aus 33 Ideen wurden Projektskizzen zu drei Themenbereichen entwickelt und extern begutachtet. Die Leitprojekte umfassen mehr als 330 Vorhaben von über 200 Partnern – überwiegend aus Wirtschaft (57 %) sowie Wissenschaft und Gesellschaft. Bereits ab April 2021 startete ein Großteil der Projekte. 	
Link https://www.wasserstoff-leitprojekte.de	

darauf, einen Testraum für die lokale Energie- und Rohstoffversorgung basierend auf strombasiertem Wasserstoff zu schaffen und dabei die Sektoren Gebäude, Verkehr und Industrie zu vereinen. Im Rahmen des Projekts *WESTKÜSTE100* sollen ein 30 Megawatt-Elektrolyseur, ein Wasserstoffmodellnetz und die Wasserstoffspeicherung in einer Kaverne realisiert werden. Zudem soll im *Energiepark Bad Lauchstädt* Strom aus einem Windpark über Großelektrolyse-Anlagen in Wasserstoff umgewandelt werden. Die *Reallabore der Energiewende* mit Wasserstoff werden durch eine speziell

dafür konzipierte Transferforschung begleitet. Weitere Details zu den Reallaboren der Energiewende werden in der Infobox Flagship-Programm 6 vorgestellt.

Regionale Netzwerke und Cluster

Die themenoffene *Zukunftscluster-Initiative (Clusters4Future)* nutzt die Schlagkraft regionaler Netzwerke, um aus exzellenter Forschung die Innovationen der Zukunft entstehen zu lassen. Das *Zukunftscluster Wasserstoff* soll die starke Expertise im Bereich der Wasserstofftechnologie im Raum

Flagship-Programm 6: Reallabore der Energiewende

Reallabore der Energiewende (Förderformat im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms)	
Laufzeit 02/2019 – 06/2024	Budget ca. 100 Millionen Euro p. a.
Wertschöpfungskette Forschung, Bildung und Innovation; Infrastruktur; Erzeugung; Anwendung (Industrie, Wärme)	
<p>Kurzbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Reallabore setzen Forschungsergebnisse in die Praxis um und verhelfen vielversprechenden Ideen, Marktreife zu erlangen. Im Fokus stehen Technologieentwicklung, Innovationsförderung und Markterprobung. • Die Reallabore ermöglichen es, innovative Technologien in der praktischen Anwendung unter realen Bedingungen und im industriellen Maßstab zu testen. Das Förderformat soll die technologische Entwicklungslücke für Innovationen zwischen der anwendungsnahen Forschung und der breiten Umsetzung schließen. Dadurch sollen auch Kosteneffekte durch Skalierung generiert und schnellere Fortschritte erzielt werden. • Dabei werden breit angelegte Projekte gefördert, mit denen das systemische und sektorenübergreifende Zusammenwirken mehrerer Technologien im industrierelevanten Maßstab sowie die Vernetzung verschiedener Prozesse und Infrastrukturen untersucht werden. • Die Projekte bieten Produzenten, Entwicklern und Anwendern die Möglichkeit für regulatorisches Lernen, indem auch erfasst wird, welche geltenden regulatorischen Bestimmungen den breiten Einsatz einer bestimmten Technologie erschweren und welche Veränderungen eine Verringerung der Umsetzungshemmnisse bewirken könnten. 	
<p>Impact</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Reallabore der Energiewende haben somit Pioniercharakter für die Transformation des Energiesystems und bilden einen wichtigen Baustein für große industrielle Investitionsanstrengungen in nachhaltige Technologien. • Mit den Reallaboren der Energiewende mit Schwerpunkt Wasserstoff wird ein Impuls und Anreiz für den Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur geschaffen. 	
<p>Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fünf der zehn bereits gestarteten Reallabore nehmen Aspekte großformatiger Sektorkopplungs- und Wasserstofflösungen in den Fokus (u. a. die Vorhaben Norddeutsches Reallabor, H2Stahl, WESTKÜSTE100). • Die Projekte befinden sich in der Umsetzungsphase und geben Impulse für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft. Seit April 2021 begleitet das Transferforschungsprojekt „Trans4Real“ die Reallabore mit dem Fokus Sektorkopplung und Wasserstofftechnologien wissenschaftlich. 	
Link https://www.energiforschung.de/spotlights/reallabore	

Aachen und Jülich bündeln. Die regionalen Akteure aus allen Bereichen der H₂-Wertschöpfungskette vereinen sich unter dem Dach einer gemeinsamen Cluster- und Innovationsstrategie, um in gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten eine Überführung der Wasserstofftechnologie in die flächendeckende Nutzung zu erreichen. In einem ganzheitlichen Ansatz wird der gesamte Wasserstoff-Lebenszyklus, von der Erzeugung über die Speicherung bis hin zur Nutzung, adressiert.

Das Helmholtz-Cluster für nachhaltige und infrastrukturkompatible Wasserstoffwirtschaft *HC-H₂* ist auf Technologien fokussiert, die Wasserstoff wirtschaftlich speicher- und transportierbar

machen. Das Cluster ist im September 2021 gestartet und wird aus Strukturstärkungsmitteln gefördert. Es vereint exzellente Forschung und Demonstrationsprojekte, die im Rheinischen Revier umgesetzt werden.

Mit den Maßnahmen *KSV* (siehe auch Kapitel 3.4.2 Flagship-Programm 2) und dem Förderprogramm *Dekarbonisierung der Industrie* (siehe auch Kapitel 3.5.2 Flagship-Programm 4) unterstützt die Bundesregierung die deutsche Industrie bei der Positionierung als Leitanbieter für Wasserstofftechnologien im internationalen Wettbewerb.

Um die Position Deutschlands auch als Innovationsstandort für strombasierte Kraftstoffe für den Verkehr zu stärken und damit auch das Entwicklungspotenzial für deutsche Technologieexporte zu festigen, wurden als Teil des *Gesamtförderkonzept Erneuerbare Kraftstoffe* Fördermaßnahmen für angewandte Pilot- und Demonstrationsvorhaben angestoßen. Dies betrifft den Bereich gasförmiger und flüssiger PtX-Kraftstoffe sowie spezifisch die Errichtung und den Betrieb einer *Entwicklungsplattform für PtL-Kraftstoffe* für den Luft- und Schiffsverkehr (siehe auch Kapitel 3.5.2 Flagship-Programm 3).

Im Rahmen der Forschungsinitiative *Energiewende im Verkehr* untersucht das Projekt *Begleitforschung Energiewende im Verkehr* die Entwicklung strombasierter Kraftstoffe mit dem Ziel, die technischen Verbundvorhaben der Initiative mit über 100 beteiligten Forschungsgruppen und Industriepartnern zu vernetzen, Synergiepotenziale zu heben und die Projektergebnisse vergleichbar zu machen. Im Fokus des Projekts stehen fachübergreifende Analysen zu technischen, ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Auswirkungen. Im Ergebnis entsteht eine Roadmap mit Handlungsoptionen für die Erforschung, Entwicklung, Produktion und Markteinführung von nachhaltigen Kraftstoffen.

Wie bereits in den Zielen 2, 3 und 5 beschrieben, wird im Rahmen des *Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP)* auch die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Verkehr gefördert. Um weitere Kostenreduktion zu erreichen, werden hier ebenfalls F&E-Aktivitäten im Bereich der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie, insbesondere im Straßen-, Schienen-, Wasser- und Luftverkehr sowie in Sonderanwendungen, verfolgt. Die Förderung konzentriert sich dabei auf Maßnahmen der Demonstration, Innovation und Marktvorbereitung.

Industrielle Wettbewerbsfähigkeit

Zur Erreichung des strategischen Ziels 6 braucht es eine wettbewerbsfähige Zuliefererindustrie. Um das Zieldreieck aus Fahrzeugverfügbarkeit, Kostenreduktion und Wertschöpfung in Deutschland noch stärker zu verfolgen, wurde daher 2021 ein Prozess zur Errichtung eines *Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff (ITZ)* gestartet. Der Transformationsprozess der Fahrzeughersteller sowie deren Zuliefererindustrie über alle Verkehrsträger hinweg soll durch das ITZ weiter vorangetrieben werden. Dies soll durch die Bereitstellung von Infrastruktur, Prüf- und pränormativen Angeboten, Aus- und Weiterbildungen sowie Vernetzungsaktivitäten für die Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie erzielt werden. Für die Umsetzung wurden die vier Standorte Chemnitz, Pfeffenhausen, Duisburg sowie ein norddeutsches Cluster mit Bremen/Bremerhaven, Stade und Hamburg ausgewählt. Für diese Standorte werden im Rahmen einer Machbarkeitsstudie offene Fragen zur Umsetzung dieses Zentrums geklärt. Weitere Details zum ITZ werden in der nachfolgenden Infobox Flagship-Programm 7 vorgestellt.

Es bedarf darüber hinaus gut qualifizierter Fachkräfte in ausreichender Anzahl. Die Studie *Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette „Wasserstoff“* wird mittels eines makroökonomischen Prognose- und Simulationsmodells veranschaulichen, welche Fachkräftebedarfe sich sowohl quantitativ (nach Personen- und Stundenzahl) als auch qualitativ (getrennt nach Anforderungsniveau und Fachrichtung) zukünftig aus der Umsetzung der NWS ergeben werden. Welche Ausbildungsberufe und Weiterbildungsstrategien auf der mittleren Fachkräfteebene dabei von besonderer Bedeutung sind, wird in der Studie *Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende (H2Pro)* betrachtet. Insbesondere welche zusätzlichen qualitativen Qualifikationsbedarfe entstehen, ob die notwendi-

Flagship-Programm 7: Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff (ITZ)

Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff (ITZ)	
Laufzeit 2021 – 2024	Budget bis zu 290 Millionen Euro
Wertschöpfungskette Infrastruktur; Anwendung Verkehr; Forschung, Bildung und Innovation; EU; International	
<p>Kurzbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit dem ITZ sollen gemeinschaftliche Entwicklungsumgebungen vor allem für Unternehmen geschaffen werden, u.a. um den Investitionsbedarf (z. B. in Prüfstände) bei den einzelnen Akteuren zu verringern und Kooperationen zur Produktentwicklung zu initiieren. Die vom ITZ angebotenen Dienstleistungen sollen zur Erhöhung der Produktverfügbarkeit von Brennstoffzellen-Anwendungen (Komponenten, Fahrzeuge, Tankinfrastruktur) beitragen. • Ein zentrales Ziel des ITZ ist die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit von Start-ups sowie kleinen und mittelständischen Unternehmen. • Außerdem schafft das ITZ Prüf- und Testinfrastrukturen, die so bisher am Markt nicht verfügbar sind, und leistet einen Beitrag zur internationalen Harmonisierung von verkehrsträgerübergreifenden Normen und Standards. Die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften gehört ebenfalls zum Aufgabenbereich des ITZ. 	
<p>Impact</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch das ITZ wird ein wesentlicher Beitrag zum Hochlauf von Brennstoffzellenanwendungen und zum Transformationsprozess der Industriezweige im Mobilitätsbereich (von der Straßenanwendung bis zur Luftfahrt) geleistet. Zudem werden durch eine verbesserte Produktverfügbarkeit und Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Zuliefererindustrie auf dem internationalen Markt Arbeitsplätze neu geschaffen bzw. erhalten. 	
<p>Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im November 2020 wurde ein Standortwettbewerb zum Aufbau eines Innovations- und Technologiezentrums für Wasserstofftechnologien durchgeführt. Die finale Standortentscheidung wurde am 02.09.2021 verkündet: Duisburg, Chemnitz, Pfeffenhausen und ein norddeutsches Cluster aus Hamburg, Bremen/Bremerhaven und Stade für den Bereich der Luft- und Schifffahrt bilden die Einzelstandorte eines gemeinsamen Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff, für die eine Machbarkeitsstudie erstellt wird. 	
<p>Link https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2021/102-scheuer-standortentscheidung-innovations-technologiezentrum-gesamt.html</p>	

gen Qualifizierungsinhalte in den Ordnungsmitteln bereits ausreichend verankert sind und welche ordnungspolitischen und praxisunterstützenden Maßnahmen ggf. getroffen werden sollten, wird hier geklärt.

Wasserstoffstrategien, europäische Investitionen und Bildung

Auf Ebene der Bundesländer gibt es regionale Wasserstoffstrategien sowie bereits laufende oder geplante Maßnahmen im Bereich Wasserstoff. Diese sind für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft und die Sicherstellung der Vorreiterrolle deutscher Unternehmen von großer Bedeutung. Die Herstellung der Komponenten für Wasserstofftechnologien wird dabei zur regionalen Wertschöpfung bei-

tragen. Wie in der NWS vorgesehen, wurde zum Zweck der engen Zusammenarbeit ein Bund-Länder-Arbeitskreis Wasserstoff eingerichtet. Zwei Mal im Jahr treffen sich hier Bund und Länder zum Austausch, um sicherzustellen, dass eine gegenseitige Information über geplante Wasserstoff-Projekte erfolgt.

Auch die 62 *IPCEI*-Vorhaben (siehe auch Kapitel 3.2.2 Flagship-Programm 1) sollen den Markthochlauf der Wasserstofftechnologien unterstützen. Durch gemeinsame Investitionen kooperierender europäischer Unternehmen, flankiert durch staatliche Förderung, liefern sie einen wichtigen Impuls im europäischen Binnenmarkt.

Das Master-Graduiertenschulprogramm zu grünen Wasserstofftechnologien ist gemeinsam mit Forschungseinrichtungen in Deutschland und den WASCAL Graduiertenschulen in Westafrika unter Beteiligung des Innovationsbeauftragten Grüner Wasserstoff Herrn Dr. Kaufmann im Oktober 2021 gestartet.

3.7 Internationale Kooperationen (EU und außerhalb der EU) im Hinblick auf Wasserstoffimport und Technologieexport (Ziel 7)

3.7.1 Allgemeine Beschreibung

Um die zukünftige Versorgung mit Wasserstoff und dessen Folgeprodukten vorzubereiten und nachhaltig zu gestalten, verfolgt die NWS neben dem Aufbau nationaler Erzeugungskapazitäten eine entschiedene Importstrategie. Deutschland wird auch in Zukunft in erheblichem Umfang Energie importieren müssen. Der zeitnahe Aufbau eines globalen Wasserstoffmarktes liegt im gemeinsamen Interesse von zukünftigen Importeuren und Exporteuren.

Angesichts des hohen Potenzials für erneuerbare Energien bieten sich dabei gerade auch Schwellen- und Entwicklungsländer sowie einige aktuelle Produzenten- und Exportnationen fossiler Energieträger als Handelspartner an. Insbesondere bei diesen Handelsbeziehungen gilt es sicherzustellen, dass lokale Märkte und eine Energiewende vor Ort nicht behindert, sondern durch die Produktion von Wasserstoff und dessen Folgeprodukten unterstützt werden. Als essenzielle Voraussetzungen für Wasserstoffimporte bedarf es einerseits klarer Regularien, wie gerade auch international verbindlicher Nachhaltigkeitsstandards und Zertifizierungsmechanismen, und andererseits Förderinstrumente zur Unterstützung des Aufbaus von Kapazitäten

entlang der gesamten Wertschöpfungskette von Wasserstoffprodukten in zukünftigen Wasserstoff-erzeugerländern.

Ein weiteres, explizites Ziel der NWS ist es, die weltweite Aufbruchstimmung im Bereich der Wasserstofftechnologien mit Partnern aus aller Welt für schnellen, technologischen Fortschritt zu nutzen und Deutschlands Rolle als Vorreiter in der Entwicklung und Produktion effizienter Technologien zu stärken (siehe auch Kapitel Deutschland als Leitanbieter im Bereich grüner Wasserstofferzeugungs- und -anwendungstechnologien (Ziel 6)). Globale Kooperationen sollen hierfür als Chance begriffen werden. Insbesondere im Nordseebereich und in Südeuropa sowie im Rahmen von Energiepartnerschaften der Bundesregierung können diese Kooperationen aufgebaut und gestärkt werden. Darüber hinaus bestehen zahlreiche Kooperationen mit Partnerländern der deutschen Entwicklungszusammenarbeit, die ebenfalls für gemeinsame Projekte und den internationalen Markthochlauf von Wasserstofftechnologien genutzt werden.

3.7.2 Entwicklungen zur Zielerreichung

Die NWS nennt mehrere Maßnahmen, die internationale Kooperationen im Hinblick auf Wasserstoffimport und Technologieexport befördern sollen. Seit deren Veröffentlichung wurde bereits eine Reihe von Maßnahmen aufgegriffen.

Potenzialanalysen

Zur Identifikation zukünftiger Lieferländer und von Exportchancen für deutsche Anlagentechnologie wird in der NWS die Erstellung von Potenzialatlanten für die Erzeugung von grünem Wasserstoff und dessen Folgeprodukten befürwortet. Einige der von der Bundesregierung geförderten Projekte, wie der *H2Atlas* Afrika oder der *Global PtX Atlas*, konnten bereits Ergebnisse veröffentlichen und können somit eine Grundlage für standortspezifische

Investitionsentscheidungen bilden. Das Projekt HyPat, welches noch am Anfang steht, soll darüber hinaus als Grundlage für politische Handlungsempfehlungen sowie für die Marktentwicklung von grünem Wasserstoff und dessen Folgeprodukten dienen.

Bilaterale Projekte – Wasserstoffallianzen, Klima- und Energiepartnerschaften

Seit Veröffentlichung der NWS wurden verschiedene bilaterale Kooperationen angestoßen und die Zusammenarbeit im Bereich Wasserstoff in eine Vielzahl bestehender Energiepartnerschaften der Bundesregierung integriert. In 18 von mehr als 20 Energiepartnerschaften ist Wasserstoff zu einem Themenschwerpunkt geworden. Einige der Part-

nerländer, wie Brasilien oder Marokko, wurden durch die Energiepartnerschaften und weitere bilaterale Förderungen im Rahmen der Entwicklungszusammenarbeit bei der Entwicklung und Veröffentlichung eigener Wasserstoffstrategien oder Roadmaps unterstützt. Aktuelle Exportnationen fossiler Energieträger wie den Vereinigten Arabischen Emiraten oder der Ukraine eröffnen sich durch die Wasserstoffpartnerschaften neue, nachhaltige Geschäftsmodelle.

Darüber hinaus wurden bereits einige bilaterale Abkommen bzw. Absichtserklärungen zur zukünftigen Zusammenarbeit unterzeichnet. So wurden mit Marokko und Tunesien Wasserstoffallianzen unterzeichnet, in deren Rahmen gemeinsame Inves-

Flagship-Programm 8: HySupply

HySupply – Deutsch-Australische Machbarkeitsstudie zu Wasserstoff aus erneuerbaren Energien	
Laufzeit 11/2020 – 10/2022	Budget 1,7 Millionen Euro
Wertschöpfungskette International; Erzeugung; Infrastruktur; Forschung, Bildung und Innovation	
Kurzbeschreibung	
<ul style="list-style-type: none"> • Es wird die Machbarkeit der gesamten Wertschöpfungskette von erneuerbarem Wasserstoff zwischen zwei Industriestaaten im Rahmen einer umfassenden Studie ausgewertet. Darin werden die derzeitigen Barrieren und Hemmnisse identifiziert und konkrete Umsetzungsoptionen für die Lieferbeziehungen zwischen beiden Staaten beschrieben und so die Realisierung vorbereitet. • In den Machbarkeitsstudien für die Wasserstoff-Lieferbeziehungen zwischen Australien und Deutschland werden volks- und betriebswirtschaftliche sowie naturwissenschaftlich-technische Aspekte ebenso betrachtet wie regulatorische, rechtliche und logistische Rahmenbedingungen. Direkte Zielgruppen sind Hersteller von Anlagen und Anlagen-Komponenten und deren Zulieferer, Technologieanwender, Transportunternehmen, Reedereien, Hafenbetreiber, Forschungseinrichtungen und gesellschaftliche Organisationen. • Analyse der Potenziale für die kostengünstige Herstellung von erneuerbarem Wasserstoff in Australien sowie von Transportoptionen nach Deutschland • Bestimmung der Bedarfe und möglicher Endnutzungen in Deutschland • Ermittlung von Forschungsbedarfen • Zusammenbringen von Stakeholdern auf beiden Seiten • Etablierung erster konkreter Geschäftsmodelle 	
Impact	
<ul style="list-style-type: none"> • Das Projekt schafft die Grundlage für den Aufbau einer „Wasserstoff-Lieferkette“, die beispielgebend für weitere internationale Energiepartnerschaften sein kann. So können der Import von nachhaltigen Energieträgern sowie Exportmöglichkeiten für Technologieanbieter etabliert werden. 	
Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020	
<ul style="list-style-type: none"> • Die deutsche und die australische Projektgruppe haben ein Arbeitspapier bzw. ein State-of-Play erarbeitet, das Australien und Deutschland als geeignete Partner für Wasserstoff beleuchtet und Möglichkeiten für den interkontinentalen Transport von erneuerbarem Wasserstoff und Wasserstoff-basierten Energieträgern untersucht: Flüssigwasserstoff, LOHC, Ammoniak, Methanol und Methan. 	
Link https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/hysupply_machbarkeitsstudie-deu-austr-h2.php	

titions- und Forschungsprojekte umgesetzt werden sollen. Kooperationen im Bereich Forschung und Entwicklung spielen z. B. auch in den Wasserstoffallianzen mit Australien und Namibia eine große Rolle. Mit dem im Dezember 2021 gestarteten *Internationalen Zukunftslabor Grüner Wasserstoff „REDEFINE Hydrogen Economy (H2E)“*, dem Aufbau gemeinsamer Forschungspräsenzen im asiatisch-pazifischen Raum mit jeweiligem Start im Oktober 2021 sowie der Rahmenbekanntmachung *Internationale Kooperation Grüner Wasserstoff* mit Start im März 2021 wird eine Exzellenz-orientierte internationale Forschungszusammenarbeit befördert. Gemeinsam mit der *Australian Renewable Energy Agency (ARENA)* erarbeitet die Bundesregierung derzeit die Fördermaßnahme HyGATE. Die Förderung soll primär auf Projekte ausgerichtet sein, die Teile der gesamten Wasserstoff-Wertschöpfungs-

kette demonstrieren und hierbei Partner aus Wissenschaft und Wirtschaft beider Länder vereinen. Darüber hinaus wird im Programm *HySupply* eine Deutsch-Australische Machbarkeitsstudie zu grünem Wasserstoff ausgewertet und soll damit die Grundlage für den Aufbau einer beispielgebenden Wasserstoff-Lieferkette schaffen (siehe Infobox Flagship-Programm 8 für weitere Details). Auch mit Kanada gibt es zwei gemeinsame Förderinitiativen, die unter anderem KMU aus beiden Ländern adressieren.

Mit Marokko plant die Bundesregierung die *Umsetzung der deutsch-marokkanischen Wasserstoffallianz* zum Aufbau einer Referenzanlage für die Produktion grünen Wasserstoffs, den Aufbau einer Forschungsplattform sowie die Beratung der marokkanischen Wasserstoffkommission zu den

Flagship-Programm 9: Umsetzung der deutsch-marokkanischen Wasserstoffallianz

Umsetzung der deutsch-marokkanischen Wasserstoffallianz	
Laufzeit 2021 – 2025	Budget bislang 88,5 Millionen Euro Zuschussmittel zugesagt, weitere Zusagen stehen aus
Wertschöpfungskette Erzeugung; Forschung; Bildung und Innovation; International	
Kurzbeschreibung <ul style="list-style-type: none"> • Das Programm verfolgt den Bau einer Referenzanlage für die Produktion grünen Wasserstoffs (100 Megawatt Elektrolyseleistung) sowie den Aufbau einer Forschungsplattform. • Ein Beratungsvorhaben soll die Entstehung einer Wertschöpfungskette grünen Wasserstoffs in Marokko unterstützen. 	
Impact <ul style="list-style-type: none"> • Durch Planung, Bau und Inbetriebnahme einer großtechnischen Referenzanlage (100 MW) für die Produktion von grünem Wasserstoff und PtX-Folgeprodukten einschließlich Erzeugung von Solar- bzw. Windenergie, Elektrolyseur und Meerwasserentsalzungsanlage soll die großvolumige Produktion von grünem Wasserstoff in Marokko demonstriert und skalierbar werden. • Der Aufbau einer Forschungsplattform zu grünem Wasserstoff/PtX soll die Entwicklung lokaler Kapazitäten in Marokko unterstützen. • Die Beratung der nationalen Wasserstoffkommission zu den Bereichen Ausbildung und Forschung, Privatsektor und nationale Wertschöpfung sowie regulatorischen Rahmenbedingungen soll den Aufbau einer lokalen Wertschöpfungskette fördern. • Das Programm ist ein wichtiger Schritt im Hinblick auf den Aufbau einer internationalen Kooperation mit Marokko zu Wasserstoffimport und Technologieexport. 	
Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020 <ul style="list-style-type: none"> • Nach fast einem Jahr bilateraler Krise zwischen Marokko und Deutschland, während der kein offizieller Kontakt mit den marokkanischen Projektpartnern bestand, kamen die Außenminister im Februar 2022 überein, dass die Zusammenarbeit in allen Bereichen wieder aufgenommen werden soll. Zur Vorbereitung des Baus der Referenzanlage wurde bislang eine Marktanalyse durchgeführt, Standortwahl und Umwelt- und Sozialverträglichkeitsstudien sind in der Umsetzung verzögert. 	

Bereichen Ausbildung und Forschung, Privatsektor und nationale Wertschöpfung sowie zu regulatorischen Rahmenbedingungen. Weitere Details zur deutsch-marokkanischen Wasserstoffallianz werden in der Infobox Flagship-Programm 9 vorgestellt.

Auch mit *Tunesien* gibt es eine *Wasserstoffallianz*, in deren Rahmen der Bau einer Demonstrationsanlage für Wissenstransfer und angewandte Forschung errichtet sowie die Kompetenzen von Schlüsselpersonen im öffentlichen Sektor Tunesiens gestärkt

werden sollen. Somit wird zur Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen für die Entwicklung eines grünen Wasserstoffsektors in Tunesien beigetragen.

Auch mit Algerien führt Deutschland Gespräche, um die Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen für die Entwicklung eines grünen Wasserstoffsektors zu begleiten. Ein Beratungsvorhaben zur technischen Zusammenarbeit wird derzeit entwickelt. Weitere Wasserstoffallianzen sind etwa mit den Vereinigten Arabischen Emiraten und Saudi-Arabien gebildet worden.

Flagship-Programm 10: Förderung von grünem Wasserstoff in Brasilien und Südafrika

Förderung von grünem Wasserstoff in Brasilien und Südafrika	
Laufzeit Brasilien 2021 – 2023; Südafrika 2021 – 2023	Budget Brasilien 34 Millionen Euro; Südafrika 40 Millionen Euro
Wertschöpfungskette Erzeugung; Forschung, Bildung und Innovation; International	
<p>Kurzbeschreibung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Vorhaben in Brasilien und Südafrika unterstützen den Aufbau und die Entwicklung einer grünen Wasserstoffwirtschaft in Brasilien und Südafrika. • Dabei sollen die strategischen, regulatorischen und fachlichen Voraussetzungen für den Aufbau einer grünen Wasserstoffwirtschaft verbessert werden. • Der Aufbau von Referenzanlagen, u. a. durch Übernahme von Kosten der Projektvorbereitung und Verbesserung des Risiko-Rendite-Profiles bei privaten Investitionen, wird unterstützt. • Dadurch werden Wirtschaftlichkeit inklusive Finanzierungsoptionen nachgewiesen. • Lokale Fachkräfte sollen ausgebildet werden. 	
<p>Impact</p> <p>Durch Aktivitäten in den von der GIZ umgesetzten Vorhaben sollen u. a.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kapazitäten von Fach- und Führungskräften im Energie-, Industrie- und Bildungssektor aufgebaut werden, • die Produktion von grünem Wasserstoff in nationale Energiestrategien Eingang finden, • die administrativen, institutionellen und regulatorischen Rahmenbedingungen für Wasserstoffproduktion verbessert werden, • eine „Technologie-Roadmap“ in Südafrika veröffentlicht werden, • technische Innovationen entlang der Wertschöpfungsketten gefördert werden, • eine Handreichung für Umwelt- und Sozialverträglichkeitsprüfungen in Südafrika erstellt werden, sowie • Instrumente zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit industrieller grüner H₂/PtX-Anwendungen zur Verfügung stehen. <p>Innerhalb des von der KfW umgesetzten Vorhabens sollen Investitionsprojekte von privaten oder öffentlichen Energieunternehmen unterstützt werden, um den „Markthochlauf“ von grünem Wasserstoff in Südafrika zu befördern. Somit wird der Aufbau internationaler Kooperationen im Hinblick auf Dekarbonisierung der heimischen Wirtschaft, Stärkung der lokalen Energieversorgung sowie Wasserstoffimport und Technologieexport mit Südafrika und Brasilien unterstützt.</p>	
<p>Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erste Maßnahmen sind in den vergangenen Monaten auf den Weg gebracht worden. In beiden Ländern besteht ein großes Potenzial für grünen Wasserstoff, aber die Abnehmersituation (Off-taker) ist unklar. Bei der Förderung des nachhaltigen Markthochlaufs muss der Fokus daher auf der Förderung der inländischen Nachfrage sowie möglicher Exportchancen liegen. Darüber hinaus ist der Ausbau alternativer erneuerbarer Energiequellen, insbes. von Wind- und Solarkraft, Voraussetzung für eine stabile und nachhaltige Produktion von grünem Wasserstoff und für die Sicherstellung der Versorgungssicherheit. 	

Mit den Programmen *H2SouthAfrica* und *H2Brasil* sollen die Partner bei der Schaffung von Rahmenbedingungen für den Markthochlauf unterstützt werden. Weitere Details zur *Förderung von grünem Wasserstoff in Brasilien und Südafrika* werden im Flagship-Programm 10 vorgestellt.

Neben diesen bilateralen Projekten wurden einige Förderprogramme mit Länderfokus entwickelt und gestartet. Der *internationale PtX Hub* arbeitet im Dialog mit mehreren Partnerländern insbesondere zu Sektoren, die erneuerbaren Strom nicht direkt nutzen können. Das durch den *PtX Hub* angebotene Training wurde im Jahr 2021 zwölf Mal in neun verschiedenen Ländern gehalten und wird laufend weiterentwickelt. Darüber hinaus unterstützt das an den *PtX Hub* angegliederte Projekt *PtX Pathways* seit dem vergangenen Jahr die Entwicklung nachhaltiger Märkte als Baustein der Energiewende. Es wurde die Arbeit in drei Länderkomponenten – Argentinien, Marokko und Südafrika – begonnen. Darüber hinaus verbreitet *PtX Pathways* in einer vierten Komponente die Erfahrungen und Erkenntnisse zu grünem Wasserstoff und PtX-Produkten für den regionalen und internationalen Einsatz.

Multilaterale Zusammenarbeit

In der multilateralen Zusammenarbeit beteiligt sich Deutschland beispielsweise bei der *International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy (IPHE)* in mehreren Arbeitsgruppen zu den Themen CO₂-Bilanz, Regelwerke sowie internationale Handelsregeln. Im Rahmen des *High-level Dialogue on Energy* der Vereinten Nationen fungierte Deutschland als Gründungsmitglied des *Green Hydrogen Compact Catalogue*, der im September 2021 veröffentlicht wurde, und half durch seinen eigenen Compact, weitere Partner für die Entwicklung eines globalen Wasserstoffmarktes zu mobilisieren. Auch bei der Erarbeitung des *Collaborative Framework on Green Hydrogen* und des

Berichtes *Geopolitics of the Energy Transformation* der *International Renewable Energy Agency (IRENA)* leistete Deutschland einen Beitrag.

Auch auf europäischer Ebene ist mit den Projekten des *IPCEI Wasserstoff* (siehe auch Kapitel 3.2.2 Flagship-Programm 1), welches unter der deutschen Ratspräsidentschaft gestartet wurde, der Grundstein für die Entwicklung der Wasserstoffwertschöpfungskette gelegt worden. Im Rahmen der deutschen EU-Ratspräsidentschaft wurde ebenfalls ein EU-weiter *Agendaprozess zu Forschung und Innovation für Grünen Wasserstoff* initiiert und im Rahmen von Ratschlussfolgerungen zum neuen EU-Forschungsraum bestätigt. Im Laufe des Jahres 2021 wurden dringliche Forschungs- und Innovationsfragen in einem öffentlichen europaweiten Dialogprozess identifiziert. Die Ergebnisse wurden nun in einer strategischen Forschungs- und Innovationsagenda (SRIA) für den EU-Forschungsraum zusammengeführt und im März 2022 veröffentlicht. Die Empfehlungen und Forschungsbedarfe aus der SRIA werden im Mai 2022 zum Anlass genommen, um konkrete Umsetzungsschritte mit den beteiligten Akteuren im Rahmen einer hybriden Fachkonferenz in Berlin zu diskutieren und eine gemeinsame Implementierung voranzutreiben. Ziel ist es Synergien zu befördern und Maßnahmen auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene anzustoßen. Erste multilaterale Kooperationsprojekte zur Umsetzung der SRIA werden noch in 2022 innerhalb des Eureka-Netzwerkes gestartet.

Förderprojekte zur Marktentwicklung

Neben den bilateralen und multilateralen Partnerschaften konstatiert die NWS die Schaffung einer Plattform zur Positionierung in Auslandsmärkten als notwendigen Schritt für eine erfolgreiche Importstrategie der Bundesregierung. Hierfür wurden seit Veröffentlichung der NWS einige geeignete Instrumente entwickelt. *H2Global* ist die umfangreichste Fördermaßnahme und wurde 2021 seitens der Wirt-

schaft sehr positiv aufgenommen. Weitere Details zu *H2Global* werden im Flagship-Programm 11 vorgestellt.

Durch die *Förderrichtlinie für internationale Wasserstoffprojekte* sollen deutsche Unternehmen bei Investitionen außerhalb der EU- und EFTA-Staaten über nicht-rückzahlbare Zuschüsse gefördert werden. Hierbei wird der Einsatz deutscher Technologie in außereuropäischen Projekten entlang der gesamten Wertschöpfungskette adressiert. Die Auswertung der ersten Runde zur Einreichung von Projektvorschlägen ergab vier förderwürdige Projekte, für welche nun Vollanträge eingereicht werden sol-

len. Die zweite Runde wird aktuell ausgewertet. Eine dritte Runde endete Ende Februar 2022. Kurze Fristen aufgrund der begrenzten Mittelverfügbarkeit bis 2024 stellen für die Unternehmen hierbei eine Herausforderung dar. Viele Projekte befinden sich gerade noch in der Entwicklung.

Mit *H2Uppp* werden insbesondere deutsche und europäische KMU mit projektvorbereitenden und begleitenden Maßnahmen zu Wasserstoff-Pilotprojekten im Ausland unterstützt. Dies erfolgt in Abstimmung mit der *Exportinitiative Energie*. Handlungsfelder von *H2Uppp* sind die Identifizierung von Pilotprojekten für den H2-Markthochlauf

Flagship-Programm 11: H2Global



H2Global	
Laufzeit 01/2022 – 12/2033	Budget 900 Millionen Euro
Wertschöpfungskette Erzeugung; Anwendung; Aufbau von internationalen Lieferketten; EU und International	
Kurzbeschreibung	
<ul style="list-style-type: none"> • H2Global soll das Henne-Ei-Problem lösen: Produktionspreise (und Transport) der grünen PtX-Produkte sind aktuell deutlich höher als Nutzung der fossilen Alternativen, daher fehlt die Nachfrage, die zum Aufbau von Produktionsstätten im industriellen Maßstab benötigt würde; durch H2Global wird die Nachfrage für einen begrenzten Zeitraum gesichert, welche dann Bankability und Investitionen ermöglicht. • Es werden über ein wettbewerbliches Verfahren Wasserstoff oder Wasserstoffderivate in Nicht-EU-Ländern zum geringstmöglichen Preis mit 10-Jahres-Verträgen eingekauft. Die Produkte werden mittels kurzfristiger Auktionen zum höchstmöglichen Preis an deutsche und europäische Unternehmen verkauft. Die dadurch entstehenden Verluste werden durch die Zuwendung des Bundes für maximal 10 Jahre ausgeglichen. Über die Zeit werden sich die Verluste reduzieren, da die Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Energieträger absehbar steigen wird. • Die durch H2Global gewährte Investitions- und Planungssicherheit ermöglicht es Unternehmen auf der Angebotsseite, Produktionsstätten im industriellen Maßstab aufzubauen. Auf der Anwenderseite können Unternehmen erstmals grüne Energieträger zu wirtschaftlichen Preisen ankaufen und damit ihre Dekarbonisierung vorantreiben. H2Global ermöglicht so vorzeitig – vor Entstehen des Marktes – die Produktion, den Aufbau von internationalen Lieferketten und die Anwendung von grünen Energieträgern und verleiht der Wirtschaft die damit verbundenen Wettbewerbsvorteile. 	
Impact	
<ul style="list-style-type: none"> • H2Global legt auf der gesamten Wertschöpfungskette (Produktion, Transport, Anwendung) die Basis für den zukünftig benötigten großskaligen Import von grünen Energieträgern, die einen wichtigen Beitrag zur Dekarbonisierung bzw. der Transformation der Wirtschaft leisten werden. Es soll zeitnah auf EU-Ebene ausgeweitet werden. 	
Entwicklungen und Herausforderungen seit 06/2020	
<ul style="list-style-type: none"> • Im Rahmen einer Ausschreibung in 2022 sollen mit mehreren Losen folgende auf grünem H2 basierende Produkte für den Zeitraum 2024 – 2033 angekauft werden: (1) Ammoniak, (2) Methanol und (3) Jetfuel. Die zu beschaffenden Mengen sollen entsprechend bzgl. Volumen und Qualität im Rahmen des Verhandlungsverfahrens optimiert werden. Eine vorgegebene Anzahl der bezuschlagenden Projekte existiert nicht. 	
Link https://www.h2global-stiftung.com/	

insbesondere in Schwellen- und Entwicklungsländern, die fachliche Begleitung von Wasserstoffpilotprojekten über PPP-Ansätze mit deutschen und europäischen Unternehmen sowie Business-Case-Analysen in ausgewählten Partnerländern. Die Fördermaßnahme ist im Dezember 2021 gestartet und läuft bis Ende 2023. Die langwierige Projektanbahnung und die kurze Projektlaufzeit stellen auch hier große Herausforderungen dar.

Hinzu kommen mehrere Einzelförderungen, wie die Förderung der weltweit ersten integrierten, kommerziellen Anlage *Haru Oni* zur Erzeugung von strombasiertem und klimaneutralem Kraftstoff sowie dessen Transport von Chile nach Deutschland. Dieses Projekt, welches in den nächsten Jahren in drei Etappen entwickelt werden soll, befindet sich aktuell in der Bauphase der ersten Etappe (Pilotphase). Die gewonnenen Erkenntnisse sollen zum Wissensstand pilotierender Unternehmen beitragen und eine strategische Positionierung Deutschlands im chilenischen Markt ermöglichen. Die Anlage soll Ende 2022 in Betrieb gehen.

Privatwirtschaftliche Initiativen für internationale Zusammenarbeit

Der internationale Markthochlauf von Wasserstoff erfordert auch die Expertise und Innovationskraft der Privatwirtschaft. Aus diesem Grund hat die Bundesregierung die *Unternehmensallianz Energie* ins Leben gerufen. Mit Unternehmen und Verbänden aus den PtX-Wertschöpfungsketten sollen PtX-Projekte in Partnerländern initiiert und unterstützt werden – unter anderem durch Marktstudien wie der Business-Case-Analyse von PtX-Produkten aus Nordafrika oder B2G-Workshops zu Fragen entlang der Wasserstoff-Wertschöpfungskette. Die *Unternehmensallianz Energie* adressiert die Dreifachdividende Entwicklung, Klima und Wirtschaft entlang von vier Handlungsfeldern: Finanzierungsmecha-

nismen, lokale Marktentwicklung, Begleitung von Großprojekten und Unternehmensnetzwerke.

In der *Unternehmensallianz Energie* entstanden auch die Grundlagen für das Förderinstrument *H2Global*, welches im Juli 2021 ausgegliedert wurde.

In Planung befindet sich weiterhin das Projekt *P2X Wachstumsfonds* der KfW-Bank, welches Finanzierungsoptionen für bilaterale Projekte bieten soll. Zu diesem Zweck wurde eine Konsultation von Marktakteuren durchgeführt, die den Bedarf eines Wachstumsfonds aus Sicht von Unternehmen und Verbänden erhebt und es diesen ermöglicht, sich an der Ausgestaltung zu beteiligen.

Dialog mit Exporteuren fossiler Energien

Auch im Hinblick auf Export- und Transitländer fossiler Brennstoffe hat die Bundesregierung ein Instrument entwickelt, um zu Auswirkungen und Chancen der Dekarbonisierung durch Wasserstoff zu beraten. Ziel des Vorhabens *Global Hydrogen Diplomacy (H2-Diplo)* ist es, die Länder Angola, Nigeria, Russland, Saudi-Arabien und Ukraine zu unterstützen, die zu erwartende globale Nachfrage nach CO₂-neutralem Wasserstoff als Chance für eine nachhaltig aufgestellte Volkswirtschaft zu verstehen. Im Jahr 2021 haben die Wasserstoffbüros in Angola und Nigeria ihre Arbeit aufgenommen. In der Globalkomponente von H2-Diplo wurde die Veranstaltungsreihe *Hydrogen Diplomacy Academy* initiiert, welche den deutschen Auslandsvertretungen die Möglichkeit bietet, Überblickswissen zu den Themen grüne Wasserstoff- und PtX-Technologien, Nationale Wasserstoffstrategie, Förderprogramme und geopolitische Aspekte der Wasserstoffwirtschaft zu erlangen. Weitere multilaterale Austauschforen wie z. B. das *Future Forum Green Hydrogen* sind für das Jahr 2022 geplant.

4 Herausforderungen bei der Umsetzung der NWS und im Monitoringprozess

Herausforderungen bei der Umsetzung der NWS

Mit der Verabschiedung der NWS und den ersten Umsetzungsschritten wurden wichtige Grundlagen für Investitionen aus der Wirtschaft sowie für Forschungsinitiativen geschaffen. Zahlreiche Projekte und Projektideen sowie Initiativen und Netzwerke zeigen, dass der Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft gestartet ist und eine hohe Investitionsbereitschaft besteht.

Mit der NWS wurde ein Rahmen gesetzt, mit den bisherigen Umsetzungsschritten das Marktinteresse verstärkt und Innovationsprozesse wurden angereizt. Gleichzeitig hat sich bei den Marktteilnehmern eine hohe Erwartung aufgebaut, dass konkrete nächste Schritte zügig folgen werden und damit Planungssicherheit für Investitionen und Projektvorhaben entsteht. Die aktuelle Situation in der frühen Phase der NWS-Umsetzung ist von Herausforderungen geprägt, die die Leitstelle Wasserstoff u. a. aus Fachgesprächen und Workshops zusammengetragen hat.

In einigen Bereichen kam es jedoch zu zeitlichen Verzögerungen, Projektentscheidungen und -starts konnten nicht wie geplant angegangen werden. So wurde der wichtige IPCEI-Prozess durch die Aktualisierung der IPCEI-Mitteilung als beihilferechtlicher Grundlage bzw. die Abgrenzung zu KUEBLL verzögert und der angestrebte Markthochlauf erfolgt langsamer. Der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft muss daher insgesamt weiter forciert und Entscheidungsprozesse müssen unter anderem bei der EU-Kommission beschleunigt werden, auch soweit diesbezüglich eine Einflussmöglichkeit auf die EU-Ebene besteht. Um die klima-, energie- und industriepolitischen Ziele zu erreichen, sind eine schnelle Umsetzung der rechtlichen Vorgaben, die Realisierung von Fördermaßnahmen unter Einbindung privatwirtschaftlicher Akteure als auch die Schaffung von Nachfrage durch politische Rahmensetzung entscheidend.

Im Sinne eines Gesamtprojektmanagements zur Umsetzung und Weiterentwicklung der NWS ist die Gewährleistung einer ressortübergreifenden Koordination der NWS und ihre konsistente Umsetzung essenziell. Roadmaps können die konkrete Umsetzungsplanung unterstützen. Wichtig ist eine klare Verteilung der Zuständigkeiten, auch um unterschiedliche Kriterien, beispielsweise bei Potenzialanalysen und -einschätzungen, zusammenzubringen.

Das koordinierte Zusammenwirken der Bundesressorts sowie das Zusammenwirken des Bundes mit den Ländern und den wirtschaftlichen sowie wissenschaftlichen Akteuren sollte, wie bereits in der NWS vorgesehen, ausgebaut werden. In diesem Kontext wird aktuell diskutiert, die Zusammenarbeit zwischen Bund und Bundesländern zu intensivieren und zu institutionalisieren. Denkbar wäre diesbezüglich ein Koordinationsgremium nach dem Vorbild des Kooperationsausschusses beim EEG 2021. Koordination ist auch in Bezug auf die Kombinierbarkeit der verschiedenen Instrumente und Förderprogramme unerlässlich. Zudem ist es wichtig, die zahlreichen regionalen, nationalen, europäischen und internationalen Wasserstoffaktivitäten und Initiativen stärker zu verzahnen. So können Synergien geschaffen und genutzt werden.

Zum weiteren Aufbau von Investitionsanreizen und zur Beschleunigung der Markteinführung von Wasserstofftechnologien bedarf es nicht nur einer verbindlichen und – im Rahmen der gesetzten Ziele – technologieoffenen Förderung, sondern ebenso des Abbaus bürokratischer und administrativer Hürden beim Zugang zu Fördermitteln und bei Nachweispflichten. Die Förderung ist, als Ergänzung des rechtlichen Rahmens, auf die tatsächlichen Förderbedarfe auszurichten; zugleich sind kostbare Zeitfenster zu nutzen, bis sich technologische Pfadentscheidungen herausbilden. Um eine hinreichend robuste Planungsgrundlage für Inves-

titionen bilden zu können, müssen Instrumente möglichst angemessene Laufzeiten beinhalten. Eine Flexibilisierung der vorgesehenen Haushaltsmittel leistet bei Bedarf dazu einen Beitrag.

Auch die Schaffung bzw. die zügige Weiterentwicklung eines geeigneten, klaren Rechtsrahmens wird zukünftig dazu beitragen, Investitionssicherheit zu schaffen. Neben den Bereichen Erzeugung und Infrastruktur ist ein Rechtsrahmen mit dem Ziel der Induzierung von Nachfrage nach Wasserstoff essenziell für die Verstetigung des Markthochlaufs.

Erst die Perspektive auf eine kalkulierbare und stetige Nachfrage nach Wasserstoff wird notwendige Investitionen in relevanter Größenordnung hervorbringen. Parallel bedarf es regulatorischer Regelungen und Genehmigungsverfahren, die weniger komplex und langwierig sind. Eine Vereinfachung wäre förderlich für den weiteren Markthochlauf, ebenso wie die Beschleunigung von Genehmigungsprozessen. Zudem ist zu klären, welche Nachhaltigkeitskriterien den Projekten im In- und Ausland zu Grunde gelegt werden. Auch hier bietet sich die Entwicklung einer Roadmap an.

Zur Förderung gesamtgesellschaftlicher Akzeptanz kann neben einer technologieübergreifenden Wissensvermittlung eine verständliche und transparente Kommunikation beitragen. Es wird daher empfohlen, die Kommunikation und Wissensvermittlung zu Wasserstoff als wichtigem Baustein der Klima-, Energie- und Industriepolitik von Anfang an aktiv zu gestalten (Bedarf eines NWS-Kommunikationskonzepts).

Herausforderungen bei der Umsetzung des Monitoringprozesses

Mit der NWS hat die Bundesregierung nur sehr wenige konkrete Zielvorgaben gemacht. So findet sich in der Strategie nur eine quantitative Zielvorgabe hinsichtlich der Erzeugungskapazitäten, die in Deutschland bis 2030 aufgebaut werden sollen (5 Gigawatt). Diese Herangehensweise bietet relativ wenig Orientierung bei der Umsetzung der Strategie sowie bei der Bewertung des Fortschritts der Umsetzung. Im Zuge der Weiterentwicklung der NWS gilt es daher auch im Lichte der Vereinbarungen des Koalitionsvertrages der 20. Legislaturperiode nachzuschärfen, soweit möglich und erforderlich konkretere Zielvorgaben bzw. Meilensteine festzulegen sowie die Governancestruktur an den neuen Vorgaben auszurichten.

5 Ausblick zur Umsetzung der NWS und zum Monitoringprozess

Ausblick zur Umsetzung der NWS

Zur Erarbeitung des im Koalitionsvertrag vereinbarten Klimaschutz-Sofortprogramms wurde Anfang Januar 2022 der Auftakt mit einer Eröffnungsbilanz gemacht. Ziel des Klimaschutz-Sofortprogramms ist es, alle Sektoren auf den Zielpfad zu bringen und die erforderlichen Maßnahmen in die Wege zu leiten, damit Deutschland seine Klimaziele erreichen kann. Zu den in der Eröffnungsbilanz genannten Sofortmaßnahmen gehört auch die Überarbeitung der NWS.

Unter anderem auch um die Produktionskapazitäten von grünem Wasserstoff gegenüber den bisherigen Plänen zu verdoppeln, soll die NWS noch im Jahr 2022 fortgeschrieben und zusätzliche Förderprogramme auf den Weg gebracht bzw. bestehende aufgestockt werden. Ziel der Fortschreibung ist es, den Handlungsrahmen für Innovationen und Investitionen für grünen Wasserstoff weiter zu verbessern und vor allem prioritäre Maßnahmen darzustellen, die das Erreichen der angehobenen Ziele gewährleisten. Dazu gehört neben einer Flankierung durch eine entsprechende Gestaltung von rechtlichen Rahmenbedingungen eine weiter ausgebaut und besser verzahnte Förderung.

Daneben soll eine in der Entwicklung befindliche Importstrategie für die internationalen Aktivitäten und Kooperationen einen Planungsrahmen bilden, da Deutschland zukünftig auf den Import großer Mengen nachhaltig erzeugten Wasserstoffs angewiesen sein wird. Für derartige Importe sind neben Importinfrastrukturen wie Terminals für den Schiffstransport zum Beispiel von grünem Ammoniak insbesondere paneuropäische pipelinebasierte Transportinfrastrukturen notwendig. Hier müssen sich Tempo und Intensität der europäischen Zusammenarbeit steigern.

Für die Fortschreibung der NWS werden auch die Ergebnisse der zahlreichen laufenden Forschungsprojekte im Wasserstoffbereich und der Stakeholder-Dialoge ausgewertet und berücksichtigt.

Mit dem Klimaschutz-Sofortprogramm sollen auch weitere Potenziale für den Ausbau erneuerbarer Energien erschlossen, der Ausbauprozess beschleunigt sowie die EEG-Umlage abgeschafft werden. Damit soll die Grundlage für mehr erneuerbaren Strom zu wettbewerbsfähigen Preisen geschaffen werden.

Zu den Sofortmaßnahmen gehört auch die Schaffung rechtlicher und finanzieller Voraussetzungen für die Bereitstellung von KSV. Diese werden als zentrales Instrument zur Unterstützung der Transformation in der Industrie gesehen. Für den Einstieg in klimaneutrale Produktionsverfahren benötigt die Industrie einen verlässlichen Förder- und Investitionsrahmen. Durch dieses Instrument soll sich die Wirtschaftlichkeit insbesondere klimaneutraler Produktionsverfahren früher einstellen und die Kosten werden für die Unternehmen planbarer.

Neben diesen nationalen Maßnahmen gibt es aktuelle europäische Entwicklungen, die auf die Umsetzung der NWS und den Markthochlauf der Wasserstoffwirtschaft Einfluss nehmen. Mit dem im Dezember 2021 vorgelegten EU-Legislativpaket zu Wasserstoff und dekarbonisiertem Gas soll unter anderem ein Wasserstoffmarkt mit einer zweckmäßigen Infrastruktur, einschließlich Verbindungsleitungen, und grenzüberschreitender Koordinierung geschaffen werden. In dem Paket werden Vorschriften für den Betrieb und die Finanzierung von Wasserstoffnetzen, über die Transparenz von Gasqualitätsparametern und Wasserstoffbeimischungen, über die Umwidmung von Erdgasnetzen für den Transport von Wasserstoff sowie über die Entflechtung und den diskriminierungsfreien Netzzugang

vorgeschlagen. Dadurch sollen Rahmenbedingungen für Investitionen in die Wasserstoffinfrastruktur und die Entwicklung eines wettbewerbsfähigen Wasserstoffmarkts geschaffen werden. Die nationale Umsetzung des EU-Gas- und Wasserstoffmarkt-Dekarbonisierungspakets dürfte den für den Einstieg geschaffenen nationalen Regulierungsrahmen für reine Wasserstoffnetze voraussichtlich Mitte der 2020er-Jahre ablösen.

Insbesondere auch im Rahmen der Umsetzung der RED II und der delegierten Rechtsakte kann die konkrete Definition der Bedingungen für die Anerkennung von strombasierten Kraftstoffen und die Auslegung der Grünstromkriterien eine erhebliche Strahlkraft in andere Anwendungsbereiche haben.

Seitens der EU-Kommission steht noch ein delegierter Rechtsakt aus, welcher die Grundlagen für die Anrechenbarkeit von grünem Strom bei der Herstellung von Wasserstoff und strombasierten Kraftstoffen bilden wird. Dies ist maßgeblich, um Investitionssicherheit für Anlagenbauer und -betreiber zu schaffen. Auch ein weiterer delegierter Rechtsakt zur THG-Bilanzierung von strombasierten Kraftstoffen steht noch aus. Beide Rechtsakte werden erhebliche Strahlkraft bezüglich der Definition von grünem Wasserstoff und damit hergestellten strombasierten Kraftstoffen in andere Anwendungsbereiche haben. Erst mit der nationalen Umsetzung dieser Rechtsakte in der 37. Bundesimmissionsschutzverordnung ist die Erneuerbare-Energien-Direktive (RED II) in Bezug auf Wasserstoff und Folgeprodukte vollständig umgesetzt.

Die EU-Kommission hat Anfang Februar 2022 einen ergänzenden delegierten Taxonomie-Rechtsakt zum Klimaschutz und zur Anpassung an den Klimawandel vorgelegt, der bestimmte Gas- und Kernenergieaktivitäten abdeckt. Die Taxonomie ist ein EU-weit gültiges System zur Klassifizierung von Finanzprodukten. Sie soll Anlegern Orientierung

geben und Kapital in den nachhaltigen Umbau von Energieproduktion und Wirtschaft lenken. Nach dem Rechtsakt müssen neue Gaskraftwerke schon jetzt auf Wasserstoffbetrieb ausgerichtet werden; ab 2036 sind sie nur noch mit grünem Wasserstoff oder kohlenstoffarmem Gas zu betreiben. Das ist ambitioniert, gleichzeitig jedoch zur Einhaltung der Klimaziele erforderlich, und setzt große Mengen an grünem Wasserstoff voraus.

Die aktuelle Situation des russischen Kriegs in der Ukraine ist eine fundamentale neue Entwicklung, deren vollständige Bewertung auch eine neue Dimension für die Ausrichtung und Umsetzung der Nationalen Wasserstoffstrategie bedeutet. Die Auswirkungen auf die Energiesicherheit in Europa sowie die Situation auf den Energiemärkten machen deutlich, dass die Energiewende europäisch mit Hochdruck vorangetrieben werden muss. Die schnellstmögliche Diversifizierung der Energieimporte und der Ausbau erneuerbarer Energien sind eine Frage der nationalen und europäischen Sicherheit. Gerade Deutschland muss seine Abhängigkeit von Importen fossiler Energieträger aus Russland reduzieren. Neben dem Ausbau erneuerbarer Energien muss der Gasverbrauch konsequent gesenkt und die Produktion von grünem Wasserstoff mit Hochdruck vorangetrieben werden. Wasserstoff und Folgeprodukte können einen Beitrag zur Energieversorgungssicherheit leisten. Die Bundesregierung treibt entsprechende Schritte intensiv voran (Stichwort Osterpaket) und wird kurzfristig eine Strategie zur Energiesicherheit vorlegen.

Ausblick zum Monitoringprozess

Im Jahr 2022 steht vor allem die Finalisierung des Indikatorensets im Vordergrund. Hierzu werden, wie im Kapitel 2 beschrieben, Expertinnen und Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft eingebunden. Auch die Überarbeitung der NWS in 2022 hat Auswirkungen auf das Moni-

toring. Sie bietet die Möglichkeit, eine vollständige Zielarchitektur, die alle typischen Zielebenen (siehe Abbildung 3) enthält, zu entwickeln. Eine vollständige Zielarchitektur stellt eine weitere wichtige Basis für das datenbasierte Monitoring dar. Da die Datenlage hinsichtlich vieler geplanter Indikatoren derzeit noch eingeschränkt ist, ist ein weiterer wichtiger Fokus des Monitoringprozesses in 2022, verlässliche Datenquellen zu identifizieren und auszubauen. Dabei ist die Aufnahme notwendiger Daten in die amtliche Statistik unerlässlich.

Nach Abschluss dieser Arbeiten ist die Veröffentlichung des ersten jährlichen Monitoringberichts für 2023 geplant. Die Veröffentlichung des ersten erweiterten Monitoringberichts ist für das Folgejahr 2024 vorgesehen.

6 Quellen- und Literaturverzeichnis

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018): Evaluationen von Förderprogrammen. Graues Papier.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Die nationale Wasserstoffstrategie, Berlin. Internetseite:

<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/die-nationale-wasserstoffstrategie.pdf>

Zugriffsdatum: 14.01.2022

Institut der deutschen Wirtschaft (2021): Synthetische Kraftstoffe – Potenziale für Europa, Köln.

Internetseite: <https://www.iwkoeln.de/studien/manuel-fritsch-thomas-puls-thilo-schaefer-klimaschutz-und-wertschoepfungseffekte-eines-hochlaufs-der-herstellung-klimafreundlicher-fluessiger-energetraeger.html> Zugriffsdatum: 04.05.2022

KPMG (2021): National hydrogen strategies – An update on recent progress in the hydrogen markets.

Internetseite: <https://home.kpmg/xx/en/home/insights/2021/08/national-hydrogen-strategies.html>

Zugriffsdatum: 14.01.2022

World Energy Council (2021): Working paper – National hydrogen strategies. Internetseite:

https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Working_Paper_-_National_Hydrogen_Strategies_-_September_2021.pdf Zugriffsdatum: 14.01.2022

7 Abkürzungen

AFID	Alternative Fuels Infrastructure Directive, RL 2014/94/EU
AFIR	Alternative Fuels Infrastructure Regulation
Äq.	Äquivalent
ARENA	Australian Renewable Energy Agency
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
CAPEX	Capital Expenditure, dt. Investitionsausgaben
Clusters4Future	Zukunftscluster-Initiative
CO2-WIN	Förderrichtlinie „CO ₂ als nachhaltige Kohlenstoffquelle – Wege zur industriellen Nutzung“

dena	Deutsche Energie-Agentur GmbH
EEG 2021	Erneuerbare-Energien-Gesetz 2021
EEV	Verordnung zur Umsetzung des EEG 2021 und zur Änderung weiterer energierechtlicher Vorschriften
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
ESYS	Energiesysteme der Zukunft
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH
H2-Diplo	Global Hydrogen Diplomacy
H2E	REDEFINE Hydrogen Economy
h2-well	Wasserstoffquell- und Wertschöpfungsregion Main-Elbe-LINK
HYPOS	Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany
IPCEI	Important Projects of Common European Interest
IPHE	International Partnership for Hydrogen in the Economy
IRENA	International Renewable Energy Agency
ITZ	Innovations- und Technologiezentrum Wasserstoff
KSV	Klimaschutzdifferenzverträge
LKW	Lastkraftwagen
LOHC	Flüssige organische Wasserstoffträger
NIP	Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie
NOW	Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie GmbH
NSR	Nationaler Strategierahmen
NWR	Nationaler Wasserstoffrat
NWS	Nationale Wasserstoffstrategie
PKW	Personenkraftwagen
PtJ	Projektträger Jülich
PtL	Power-to-Liquid
PtX	Power-to-X
RED II EU	Erneuerbare-Energien-Richtlinie
SaubFahrzeugBeschG	Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge
SoEnergieV	Verordnung zur Vergabe von sonstigen Energiegewinnungsbereichen in der ausschließlichen Wirtschaftszone
SRIA	Strategische Forschungs- und Innovationsagenda
THG	Treibhausgas
WasserstoffNEV	Verordnung über die Kosten und Entgelte für den Zugang zu Wasserstoffnetzen
WindSeeG	Windenergie-auf-See-Gesetz
ZUG	Zukunft-Umwelt-Gesellschaft gGmbH

Anhang



Im Kapitel 3 wurde über die Instrumente des Aktionsplans berichtet, die in besonderem Maße auf die sieben strategischen Ziele einzahlen und gleichzeitig nennenswerte Fortschritte zu berichten haben. Die folgende Tabelle benennt alle 38 Maßnahmen des NWS-Aktionsplans chronologisch und listet alle geplanten Instrumente bzw. Aktivitäten innerhalb der einzelnen Maßnahmen auf. Neben dem verantwortlichen Ressort werden die Art der Umsetzungsmaßnahme, die Laufzeit, der Stand der

Umsetzung sowie weiterführende Informationen aufgeführt. Außerdem findet für alle Instrumente bzw. Maßnahmen eine Zuordnung zu den sieben strategischen Zielen statt.

Programme, die nach Regierungswechsel und Ressortneuzuschnitt vom BMUV in das BMWK übertragen wurden, sind mit einem Stern (*) gekennzeichnet.

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
					1	2	3	4	5	6	7	
1 Einsatz von erneuerbarem Strom zur Sektorkopplung					1	2	3	4	5	6	7	
EEG 2021 und Verordnung zur Umsetzung des EEG 2021 (EEV)	BMWK	Regulatorik	ab 2021	abgeschlossen	x	x		x				http://www.gesetze-im-internet.de/eeg_2014/BJNR106610014.html https://www.gesetze-im-internet.de/ausglmechv_2015/BJNR014610015.html
Ambitionierter Erneuerbaren-Ausbau und effiziente Sektorkopplung in der MENA-Region	BMUV* BMWK	Förderprogramm	2022–2028	in Vorbereitung	x	x		x			x	in Vorbereitung
2 Neue Geschäfts- und Kooperationsmodelle					1	2	3	4	5	6	7	
Reallabore der Energiewende (Schwerpunkt Wasserstoff)	BMWK	Förderprogramm	2020–2026	laufend		x			x	x		http://www.energieforschung.de/spotlights/reallabore
3 Innovationspakt Klimaschutz & Industrie					1	2	3	4	5	6	7	
Important Projects of Common European Interest (IPCEI)	BMWK/ BMDV	Förderprogramm	ab 2021	laufend		x	x	x	x	x		https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/ipcei-wasserstoff.html https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Artikel/K/62-wasserstoff-grossprojekte.html
4 Off-Shore Wind					1	2	3	4	5	6	7	
Windenergie-auf-See-Gesetz (WindSeeG) und Verordnung zu Vergabe von sonstigen Energiegewinnungsbereichen in der ausschließlichen Wirtschaftszone	BMWK	Regulatorik	ab 2021	abgeschlossen	x	x						https://www.gesetze-im-internet.de/windseeg/ https://www.gesetze-im-internet.de/soenergiev/BJNR432800021.html

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
					1	2	3	4	5	6	7	
5 Umsetzung RED II					1	2	3	4	5	6	7	
Änderungen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) und der nachgelagerten Verordnung (BImSchV)	BMWK/BMDV	Regulatorik	2020–2021	RED II abgeschlossen, Novellierung laufend	x	x	x		x			https://www.gesetze-im-internet.de/bimschg/ https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_37/BjNR119500017.html
6 Fortsetzung NIP und Investitionen in Wasserstoff-Anwendungen im Verkehr					1	2	3	4	5	6	7	
Förderrichtlinie für Maßnahmen der Marktaktivierung im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie Phase II (NIP)	BMDV	Förderprogramm	2016–2026	laufend		x	x		x	x		https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/elektromobilitaet-mit-wasserstoff.html https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/wasserstoff-und-brennstoffzelle/
Förderrichtlinie für Maßnahmen der Forschung, Entwicklung und Innovation im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie Phase II (NIP)	BMDV	Förderprogramm	2016–2026	laufend		x	x		x	x		https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/elektromobilitaet-mit-wasserstoff.html https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/wasserstoff-und-brennstoffzelle/
HyLand – Wasserstoffregionen in Deutschland	BMDV	Förderprogramm	seit 2019	laufend		x	x		x			https://www.hy.land/
Richtlinie über die Förderung von leichten und schweren Nutzfahrzeugen mit alternativen, klimaschonenden Antrieben und dazugehöriger Tank- und Ladeinfrastruktur	BMDV	Förderprogramm	2021–2024	laufend			x		x			https://www.bag.bund.de/DE/Foerderprogramme/KlimaschutzundMobilitaet/KSNI/Ksni_node.html
Richtlinie zur Förderung alternativer Antriebe von Bussen im Personenverkehr	BMDV	Förderprogramm	2021–2025	laufend			x		x			https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/hb0lhY-FYjwk5dDQBhEx/content/hb0lhYFYjwk5dDQBhEx/BAnz%20AT%2017.09.2021%20B6.pdf?inline
Richtlinie zur Förderung alternativer Antriebe im Schienenverkehr	BMDV	Förderprogramm	2021–2024	laufend		x	x		x			https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/0Ma1y-aNdo2Tp2DODf1z/content/0Ma1yaNdo2Tp2DODf1z/BAnz%20AT%2017.02.2021%20B5.pdf?inline https://www.ptj.de/projektfoerderung/schienenfahrzeuge

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
					1	2	3	4	5	6	7	
7 Entwicklung und Erzeugung strombasierter Kraftstoffe					1	2	3	4	5	6	7	
Produktion und Einsatz nachhaltiger strombasierter Kraftstoffe für den Luft- und Seeverkehr	BMUV * BMWK	Förderprogramm	2022 – 2027	in Vorbereitung		x			x			BMDV: https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/regenerative-kraftstoffe/ https://ptxlablausitz.de/
NAMOSYN – Nachhaltige Mobilität dank synthetischer Kraftstoffe	BMBF	Förderprogramm	2019 – 2022	laufend					x	x		https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/namosyn.php
Gesamtförderkonzept erneuerbare Kraftstoffe												
Förderrichtlinie für Maßnahmen zur Entwicklung regenerativer Kraftstoffe	BMDV	Förderprogramm	2021 – 2024	laufend					x	x		https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/regenerative-kraftstoffe/
Entwicklungsplattform für Power-to-Liquid-Kraftstoffe für den Luft- und Seeverkehr	BMDV	Einzelförderung	2022 – 2035	Auswahlprozess laufend					x	x		https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/regenerative-kraftstoffe/
Förderrichtlinie für Investitionen in Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Kraftstoffe	BMDV	Förderprogramm	2022 – 2025	in Vorbereitung		x			x			https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/regenerative-kraftstoffe/
Förderrichtlinie für den Markthochlauf der Power-to-Liquid-Kerosin-Produktion	BMDV	Förderprogramm	2022 – 2024	in Vorbereitung; konsultatives Markttestverfahren absolviert		x			x			https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderprogramme/regenerative-kraftstoffe/
8 Aufbau Tankinfrastruktur					1	2	3	4	5	6	7	
Förderrichtlinie für Maßnahmen der Marktaktivierung im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie Phase II (NIP)	BMDV	Förderprogramm	2016 – 2026	laufend		x	x		x	x		https://www.now-gmbh.de/foerderung/foerderfinder/oeffentliche-wasserstofftankstellen-im-strassenverkehr-10-2021/ (in Verbindung mit NWS-Maßnahme 6)
9 Weiterentwicklung europ. Infrastrukturaufbau/grenzüberschreitende Verkehre					1	2	3	4	5	6	7	
Revision der Richtlinie (AFID) und Umwandlung in eine Verordnung (AFIR)	BMDV	Regulatorik	k.A.	in Vorbereitung	x		x		x			https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0559
10 Aufbau einer wettbewerbsfähigen Zuliefererindustrie für Brennstoffzellensysteme					1	2	3	4	5	6	7	
Aufbau eines Innovations- und Technologiezentrum für Wasserstofftechnologien (ITZ)	BMDV	Förderung	seit 2021	in Vorbereitung					x	x		https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Pressemitteilung/2021/102-scheuer-standortentscheidung-innovations-technologiezentrum-gesamt.html

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
					1	2	3	4	5	6	7	
11 Umsetzung Clean Vehicles Directive (CVD)					1	2	3	4	5	6	7	
Saubere-Fahrzeuge-Beschaffungs-Gesetz (SaubFahrzeugBeschG)	BMDV	Regulatorik	ab 2021	abgeschlossen	x				x			http://www.gesetze-im-internet.de/saubfahrzeugbeschg/SaubFahrzeugBeschG.pdf https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Artikel/G/clean-vehicles-directive.html
12 CO₂-Differenzierung LKW-Maut					1	2	3	4	5	6	7	
Umsetzung der Eurovignetten-Richtlinie in nationales Recht	BMDV	Regulatorik	2023	in Vorbereitung	x				x			k.A.
13 Harmonisierung von Standards für Mobilitätsanwendungen					1	2	3	4	5	6	7	
Website (inter)nationale Regelwerke, Durchführungsverordnungen und Normen Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie im Bereich Mobilität	BMDV	Informationsquelle	k.A.	laufend	x				x			https://rcs.now-gmbh.de/
14 CO₂-Vermeidung und -Nutzung in der Industrie					1	2	3	4	5	6	7	
Dekarbonisierung in der Industrie	BMUV * BMWK	Förderprogramm	seit 2021	laufend					x			https://www.klimaschutz-industrie.de/foerderung/foerderprogramm/
Wasserstoffeinsatz in der Industrieproduktion (IPCEI)	BMWK	Förderprogramm	2020 – 2026	laufend					x			http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/ipcei-wasserstoff.html
CO ₂ -Vermeidung und -Nutzung in Grundstoffindustrien	BMWK	Förderprogramm	laufend	laufend			x		x		x	k.A.
CO ₂ als nachhaltige Kohlenstoffquelle – Wege zur industriellen Nutzung (CO ₂ -WIN)	BMBF	Förderprogramm	2020 – 2023	laufend					x	x		http://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/co2-als-nachhaltige-kohlenstoffquelle.php
15 Klimaschutzdifferenzverträge (KSV)					1	2	3	4	5	6	7	
Klimaschutzdifferenzverträge	BMUV* BMWK	Förderprogramm	2022 – 2031	in Vorbereitung		x			x			https://www.bmuv.de/download/eckpunkte-pilotprogramm-fuer-klimaschutzvertraege
16 Nachfrageförderung für CO₂-arme Produkte					1	2	3	4	5	6	7	
Zertifizierung & Labeling klimafreundliche Grundstoffe	BMWK	Regulatorik	k.A.	laufend	x			x	x			k.A.
17 Dialogformate zu Dekarbonisierungsstrategien					1	2	3	4	5	6	7	
Handlungskonzept Stahl	BMWK	Dialog	2020	abgeschlossen			x		x			https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/handlungskonzept-stahl.html

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
					1	2	3	4	5	6	7	
18 Anreizprogramm Energieeffizienz (APEE)					1	2	3	4	5	6	7	
Anreizprogramm Energieeffizienz	BMWK	Förderprogramm	ab 2015	laufend					x			http://www.kfw.de/PDF/Download-Center/F%C3%B6rderprogramme-(Inlandsf%C3%B6rderung)/PDF-Dokumente/6000003811_M_433_Brennstoffzelle.PDF
19 Wasserstoff-Readiness-Anlagen					1	2	3	4	5	6	7	
Evaluierung Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz-Prüfung, H2-Readiness als Förderbedingung	BMWK	Regulatorik	2022	laufend	x							https://www.gesetze-im-internet.de/kwkg_2016/
20 Infrastruktur					1	2	3	4	5	6	7	
EnWG 2021 und Verordnung über die Kosten und Entgelte für den Zugang zu Wasserstoffnetzen (Wasserstoffnetz-entgeltverordnung – WasserstoffNEV)	BMWK	Regulatorik	2021	abgeschlossen	x		x					https://www.gesetze-im-internet.de/enwg_2005/BJNR197010005.html https://www.gesetze-im-internet.de/wasserstoffnev/index.html
Roadmap/Systemanalyse im Leitprojekt TransHyDE	BMBF	Studie	2021 – 2025	laufend	x		x					https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/leitprojekte/transhyde
21 Verzahnung Strom-, Gas- und Wärmeinfrastrukturen					1	2	3	4	5	6	7	
Integrierte Projekte im Rahmen von IPCEI	BMWK	Förderprogramm	ab 2021	laufend	x		x					https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/ipcei-wasserstoff.html
22 Wasserstoff-Tankstellennetz					1	2	3	4	5	6	7	
siehe NWS-Maßnahme 8												
23 Roadmaps					1	2	3	4	5	6	7	
H2-Kompass	BMWK BMBF	Studie	2021 – 2023	laufend						x		http://www.wasserstoff-leitprojekte.de/partner_projekte/h2kompass
24 Demonstrationsprojekte internationale Lieferketten					1	2	3	4	5	6	7	
Deutsch-australischer Wasserstoff-Akkord/ HyGate	BMBF	Förderprogramm	ab 2022	Förderaufruf veröffentlicht						x	x	https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/2022/03/070322-Hy-gate.html
25 Forschung und Entwicklung für Wasserstofftechnologien					1	2	3	4	5	6	7	
Technologieoffensive Wasserstoff	BMWK BMBF	Förderprogramm	2021	abgeschlossen				x	x	x		http://www.energieforschung.de/antragsteller/foerderangebote/technologieoffensive-wasserstoff

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
Ideenwettbewerb Wasserstoffrepublik Deutschland: Leitprojekte und Grundlagenforschung Grüner Wasserstoff	BMBF	Förderprogramm	ab 2020	laufend	x	x	x	x		x		https://www.wasserstoff-leitprojekte.de/
Internationale Forschungspräsenzen Grüner Wasserstoff	BMBF	Förderprogramm	ab 2020	laufend		x	x	x		x	x	https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2020/08/3103_bekanntmachung
Internationale Forschungsk Kooperationen Grüner Wasserstoff	BMBF	Förderprogramm	ab 2021	laufend		x	x	x	x	x	x	http://www.bmbf.de/bmbf/de/home/_documents/internationale-kooperationen-gruener-wasserstoff.html
Forschungsnetzwerk Wasserstoff	BMWK	Förderprogramm	2020	laufend						x	x	https://www.forschungsnetzwerke-energie.de/wasserstoff
Reallabore der Energiewende	BMWK	Förderprogramm	2020–2024	laufend		x		x	x	x		https://www.energieforschung.de/spotlights/reallabore
HC-H2: Helmholtz-Cluster für nachhaltige und infrastrukturkompatible Wasserstoffwirtschaft	BMBF	Förderprogramm	ab 2021	laufend			x	x	x	x		https://helmholtz-cluster-wasserstoff.de/
Zukunftscluster Wasserstoff in Clusters4Future	BMBF	Förderprogramm	ab 2021	laufend		x	x		x	x		https://h2-cluster.de/
TRAINS: Wandel zur Technologieregion: Zukunftssicherung der Region Anhalt durch Innovative und Nachhaltige Technologien für Schienenverkehrssysteme	BMBF	Förderprogramm	2019–2025	laufend	x	x	x	x	x	x		https://www.trains-anhalt.de
CAMPFIRE: Wind und Wasser zu Ammoniak – maritimer Kraftstoff und Energiespeicher für eine emissionsfreie Zukunft	BMBF	Förderprogramm	ab 2019	laufend	x	x			x	x	x	https://wir-campfire.de/
h2-well: Wasserstoffquell- und Wertschöpfungsregion Main-Elbe-LINK	BMBF	Förderprogramm	2019–2025	laufend		x	x	x	x	x		https://www.h2well.de/startseite.html
HYPOS: Hydrogen Power Storage & Solutions East Germany	BMBF	Förderprogramm	2013–2022	laufend	x	x	x	x	x	x		https://www.hypos-eastgermany.de/
Kopernikus-P2X	BMBF	Förderprogramm	ab 2016	laufend	x	x	x	x	x	x		https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/p2x
Carbon2Chem	BMBF	Cluster-Projekt	ab 2016	laufend	x	x	x	x	x	x		http://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/carbon2chem.php

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
					1	2	3	4	5	6	7	
Katalysezentrum CatLab – Wasserstoff weitergedacht: Dünnschichtkatalysatoren für eine nachhaltige Chemie mit erneuerbaren Energien	BMBF	Aufbau FuE-Infrastruktur	2020–2025	laufend				x		x		https://www.helmholtz-berlin.de/projects/catlab/
iNEW 2.0: Inkubator Nachhaltige Elektrochemische Wertschöpfungsketten	BMBF	Förderprojekt	ab 2021	laufend		x		x		x		https://www.fona.de/de/neue-innovationsplattform-zu-power-to-x-
26 Leitprojekt zur wissenschaftlichen Politikberatung					1	2	3	4	5	6	7	
Wasserstoffwirtschaft 2030/Energiesysteme der Zukunft (ESYS)	BMBF	Studie	ab 2020	laufend	x					x		https://energiesysteme-zukunft.de/presse/meldung/rechtsrahmen-wasserstoffwirtschaft
Kopernikus-Projekt Ariadne	BMBF	Förderprogramm	2020–2023	laufend	x				x	x		https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/ariadne
27 Förderung hybrid-elektrisches Fliegen					1	2	3	4	5	6	7	
EnaBle	BMWK	Förderprojekt	2021	abgeschlossen					x	x		http://www.uni-ulm.de/med/fakultaet/med-detailseiten/news-detail/article/klimaneutral-fliegen-wasserstoffelektrische-antriebe-fuer-die-luftfahrtuni-ulm-erhaelt-18-millionen-euro-aus-dem-forschungsverbund-enable/
28 Maritimes Forschungsprogramm					1	2	3	4	5	6	7	
Maritime.Green (Green Shipping)	BMWK	Förderprogramm	2019	laufend					x	x		http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Technologie/forschung-entwicklung-innovation-in-der-maritimen-wirtschaft-02.html
29 Stärkung von Bildung und Ausbildung					1	2	3	4	5	6	7	
Master-Graduiertenschulprogramm Energie und Grüner Wasserstoff in Westafrika	BMBF	Gemeinsame, internationale Ausbildungsmaßnahme	2021–2025	laufend						x	x	http://www.fona.de/de/aktuelles/nachrichten/2021/WASCAL-Masterprogramm_IMP-EGH.php https://wascal.org/young-specialists-for-green-hydrogen/
Arbeitskräftebedarf und Arbeitskräfteangebot entlang der Wertschöpfungskette Wasserstoff	BMBF	Studie	2021–2023	laufend		x		x		x		https://www.bibb.de/de/153294.php
H2Pro: Wasserstoff – ein Zukunftsthema der beruflichen Bildung im Kontext der Energiewende	BMBF	Studie	offen	laufend		x		x		x		http://www.bibb.de/dienst/dapro/de/index_dapro.php/detail/7.8.218

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
					1	2	3	4	5	6	7	
30 Nachhaltigkeitsstandards					1	2	3	4	5	6	7	
Konzept für Nachhaltigkeitsstandards, Umsetzung von Bilanzierungs- und Zertifizierungssystemen	BMUV/BMWK	Regulatorik	ab 2022	in Vorbereitung	x							in Vorbereitung
31 Forschung, Entwicklung und Demonstration auf EU-Ebene					1	2	3	4	5	6	7	
Important Projects of Common European Interest (IPCEI)	BMWK/BMDV	Förderrahmen	2020	abgeschlossen	x	x	x					x https://ec.europa.eu/growth/industry/strategy/hydrogen/ipceis-hydrogen_en https://www.bmvi.de/Shared-Docs/DE/Artikel/K/62-wasserstoff-grossprojekte.html
Strategische Forschungs- und Innovationsagenda für den Europäischen Forschungsraum (SRIA)	BMBF	Europäische Kooperation	2021 – 2022	laufend						x		http://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2021/07_08/ihre_meinung_ist_gefragt.html
32 Beschleunigung EU-Wasserstoffinitiativen					1	2	3	4	5	6	7	
Fit-for-55	BMWK	Regulatorik	2021	laufend	x			x				x https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021DC0550
33 Gründung europäische Wasserstoffgesellschaft					1	2	3	4	5	6	7	
Gründung einer europäischen Wasserstoffgesellschaft zur Förderung und Erschließung gemeinsamer internationaler Produktionskapazitäten und -infrastrukturen	BMWK	Europäische Kooperation	k.A.	in Vorbereitung		x	x					Diskussionen zu einem derartigen europäischen Format laufen bisher bilateral mit Mitgliedstaaten, eine konkrete Umsetzung zeichnet sich zeitlich noch nicht ab.
34 Integration von Wasserstoff in Energiepartnerschaften					1	2	3	4	5	6	7	
Energiepartnerschaften	BMWK	Dialogformat	2020	laufend			x	x				x http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/internationale-energiepolitik-2.html
35 Wasserstoffallianzen und Positionierung in Auslandsmärkten					1	2	3	4	5	6	7	
Unternehmensallianz Energie	BMWK BMZ	Förderprogramm	2019 – 2022	laufend			x	x				x https://www.bmz.de/de/entwicklungspolitik/wasserstoff
H2Global	BMWK	Förderprogramm	2022 – 2033	laufend			x	x				x https://www.h2global-stiftung.com/
Förderrichtlinie Internationale H2-Projekte	BMWK BMBF	Förderprogramm	2021 – 2024	laufend			x	x		x	x	https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/F/20210410-pm-sachstand-foer-derrichtlinie.pdf

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)	
					1	2	3	4	5	6	7		
H2-Uppp	BMWK	Förderprogramm	2021–2023	laufend			x	x				x	http://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Schlaglichter-der-Wirtschaftspolitik/2022/02/14-gruener-wasserstoff.html
International PtX Hub	BMUV* BMWK	Internationale Kooperation	ab 2021	laufend	x					x			https://ptx-hub.org/de/tag/hydrogen/
P2X Wachstumsfonds	BMWK	Förderprogramm	k.A.	in Vorbereitung			x	x				x	k.A.
36 Internationale Kooperationen					1	2	3	4	5	6	7		
HySupply – Deutsch-Australische Machbarkeitsstudie zu Wasserstoff aus erneuerbaren Energien	BMBF	Studie	2020–2022	laufend						x	x		http://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/hysupply_machbarkeitsstudie-deu-austr-h2.php
Potenzialatlas Grüner Wasserstoff in Afrika	BMBF	Studie	2020–2022	laufend						x	x		https://www.h2atlas.de/de/
Potenzialatlas (HyPAT)	BMBF	Studie	2021–2024	laufend						x	x		https://www.hypat.de/hypat/
37 Pilotprojekte in Partnerländern					1	2	3	4	5	6	7		
Dekarbonisierung des chilenischen Energiesektors	BMUV* BMWK	Förderprogramm	2019–2022	laufend					x				http://www.international-climate-initiative.com/de/details/project/dekarbonisierung-des-chilenischen-energiesektors-19_I_391-3103
H2Brasil (Vorhaben der technischen Zusammenarbeit)	BMZ	Förderprogramm	09/2021–12/2023	laufend				x				x	https://www.giz.de/de/weltweit/106138.html
H2South Africa (2 Vorhaben, umgesetzt durch GIZ und KfW)	BMZ	Förderprogramm	08/2021–12/2023	laufend (GIZ), in Vorbereitung (KfW)				x				x	Webauftritt ist in Arbeit
Wasserstoffallianz Marokko	BMZ	Förderprogramm	2021–2025	Umsetzung (GIZ), in Vorbereitung (KfW)				x				x	Webauftritt in Arbeit
Wasserstoffallianz Algerien	BMZ	Förderprogramm	2022–2025	laufend (GIZ)				x				x	Webauftritt in Arbeit
Wasserstoffallianz Tunesien	BMZ	Förderprogramm	2021–2025	laufend (GIZ)				x				x	Webauftritt in Arbeit
Wasserstoffpartnerschaft mit Namibia	BMBF	Förderprogramm	ab 2022/2023	in Vorbereitung						x	x		http://gh2namibia.com/jcol/

Maßnahme NWS-Aktionsplan und Instrumente bzw. Aktivitäten	Ressort	Art Umsetzungsmaßnahme	Laufzeit	Stand Umsetzung	Ziele							Weitere Informationen (Website)
					1	2	3	4	5	6	7	
Deutsch-Südafrikanisches Leuchtturmprojekt CARE-o-SENE zu grünem Flugbenzin	BMBF	Förderprogramm	2022 – 2025	in Vorbereitung					x	x	x	Webauftritt in Arbeit
38 Dialog mit Exporteuren fossiler Energien					1	2	3	4	5	6	7	
Aufbau von Wasserstoffdiplomatiebüros	AA	Internationale Kooperation	2021 – 2023	laufend (GIZ)							x	http://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/themen/energie/wasserstoff-buero-nigeria/2495118
Klimaneutrale alternative Kraftstoffe für Verkehrsanwendungen in Brasilien	BMWK*	Förderprogramm	2017 – 2022	laufend					x		x	http://www.international-climate-initiative.com/de/details/project/klimaneutrale-alternative-kraftstoffe-17_I_263-2840

 zurück zur Abbildung 4



[bmwk.de](https://www.bmwk.de)

