



ludwig bölkow
systemtechnik

WORLD
ENERGY
COUNCIL

WELTENERGIERAT
DEUTSCHLAND

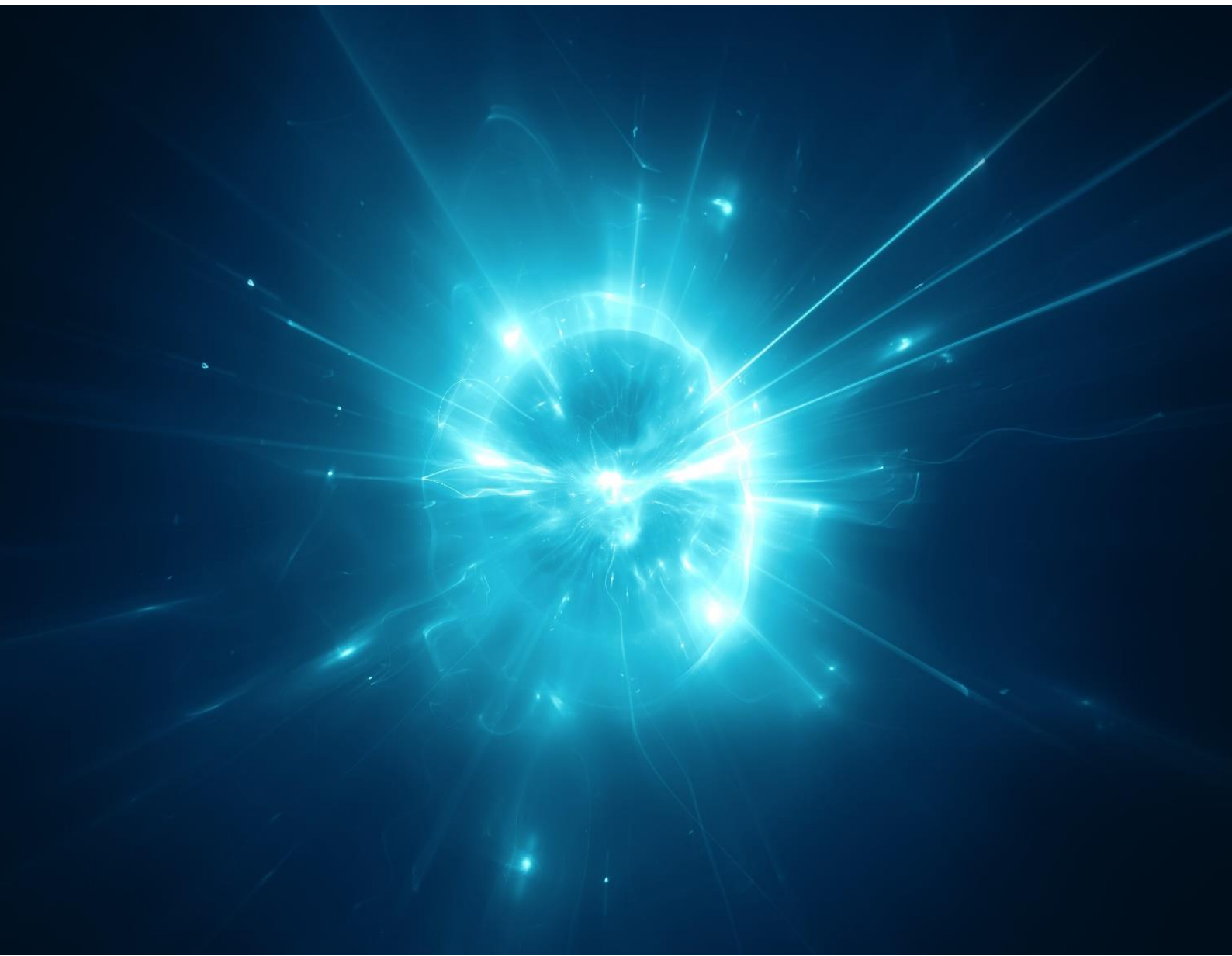


INTERNATIONALE WASSERSTOFFSTRATEGIEN

Studie im Auftrag des und in Kooperation mit dem
Weltenergieerat – Deutschland e.V.

Executive Summary

September 2020



Der Weltenergierat – Deutschland ist die unabhängige Stimme für internationale Energiefragen in Deutschland. Er repräsentiert durch seine Mitglieder alle Energieträger und Technologien. Sein Ziel ist es, die globale Perspektive in die nationale Debatte einzubringen und das Energiesystem der Zukunft zu gestalten. Als Teil des World Energy Council vertritt der Weltenergierat das deutsche Energiesystem im größten internationalen Netzwerk der Energiewirtschaft. Seit fast 100 Jahren setzt er sich weltweit für eine nachhaltige Energieversorgung zum Wohl aller Menschen ein.

Die Studie wurde durch die Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH im Auftrag des Weltenergierat – Deutschland verfasst (www.weltenergierat.de/international-hydrogen-strategies/) und durch folgende Mitglieder unterstützt:

50Hertz	MunichRe
DVGW	Open Grid Europe
EnBW	RWE
E.ON	Siemens Energy
Equinor	TenneT
EWE	TÜV SÜD
Gazprom Germania	Uniper
Institut für Wärme und Oeltechnik	Uniti Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen
Mineralölwirtschaftsverband	
Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland	VDA

Weitere Unterstützer waren die Internationale Energieagentur (IEA) und der Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI).

Für die Studie wurden Beiträge und Experteninterviews des Netzwerks des Weltenergierats in Frankreich, den Niederlanden, Australien, Marokko, Deutschland, Japan, Italien, Kalifornien, der Schweiz und China genutzt.

Autoren:

Dr. Uwe Albrecht, Dr. Ulrich Bünger, Dr. Jan Michalski, Tetyana Raksha, Reinhold Wurster und Jan Zerhusen

Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH, www.lbst.de

Einleitung

Wasserstoff (H₂) kann in einem künftigen Energiesystem, das auf erneuerbaren Energien basiert, eine bedeutende Rolle spielen. Als wichtiges Bindeglied ermöglicht er die Nutzung intermittierend erzeugter erneuerbarer Wind- und Solarenergie durch Energieverbraucher, die gegenwärtig chemische Energieträger in großen Mengen nutzen, um sie in Strom oder Wärme umzuwandeln. Um die Anwendung relevanter Wasserstoffmengen, einschließlich deren Herstellung, Transport, Verteilung und Verwendung, voranzubringen und wirtschaftlich zu machen, bedarf es jedoch einer öffentlichen Unterstützung sowie eines geeigneten politischen und regulatorischen Umfelds.

Vor diesem Hintergrund diskutieren die großen Wirtschaftsnationen der Welt derzeit mögliche Handlungsoptionen, bereiten entsprechende Maßnahmen vor und beschließen zielgerichtete Wasserstoffstrategien. Die vom Weltenergieerat – Deutschland beauftragte Studie analysiert staatliche Instrumente für den Wasserstoffeinsatz in 16 Staaten (Großbritannien, Japan, Südkorea, Australien, Niederlande, Frankreich, Italien, Spanien, China, Ukraine, Deutschland, Schweiz, Marokko, Kalifornien¹, Russland und Norwegen) sowie in der Europäischen Union (EU). Ein Schwerpunkt der Untersuchungen liegt auf den jeweiligen nationalen Zielen, den adressierten Sektoren und den notwendigen Infrastrukturen. Darüber hinaus werden auch die aktuellen Unterstützungsmaßnahmen, die Anforderungen, die an den Wasserstoff gestellt werden, sowie die bisherigen Erfolge bei der Umsetzung betrachtet.

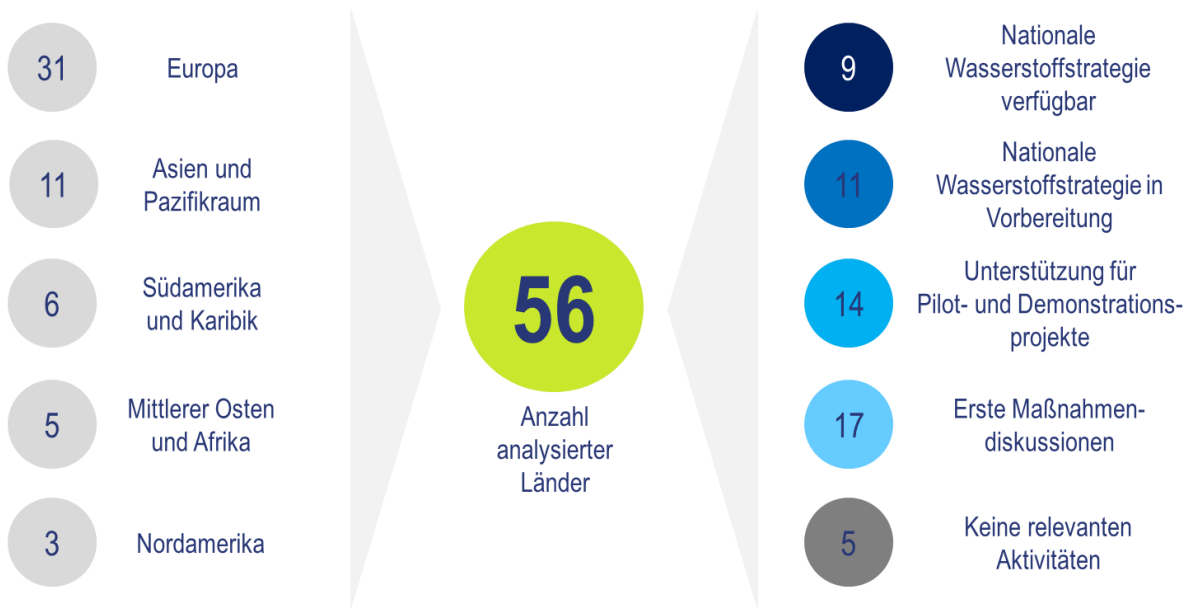
Zunehmende Anzahl an Wasserstoffstrategien als Indiz für einen dynamisch wachsenden Markt

- **Es ist zu erwarten, dass Länder, die für über 80% des globalen BIP stehen, bis 2025 Wasserstoffstrategien haben werden**

Aus einer ersten Analyse der 56 global stärksten Volkswirtschaften geht hervor, dass 20 Länder, die für fast die Hälfte der globalen Wirtschaftsleistung stehen, bereits eine nationale Wasserstoffstrategie verabschiedet haben oder kurz davorstehen, dies zu tun. Darüber hinaus unterstützen weitere 31 Länder nationale Wasserstoffprojekte oder diskutieren erste politische Maßnahmen.

Der umfassende Charakter bestehender und geplanter Wasserstoffstrategien, welche unterschiedliche Anwendungsbereiche adressieren und sowohl ökologische als auch wirtschaftliche Ziele verfolgen, zeigt klar, welche signifikante Rolle diese Technologie künftig voraussichtlich spielen wird.

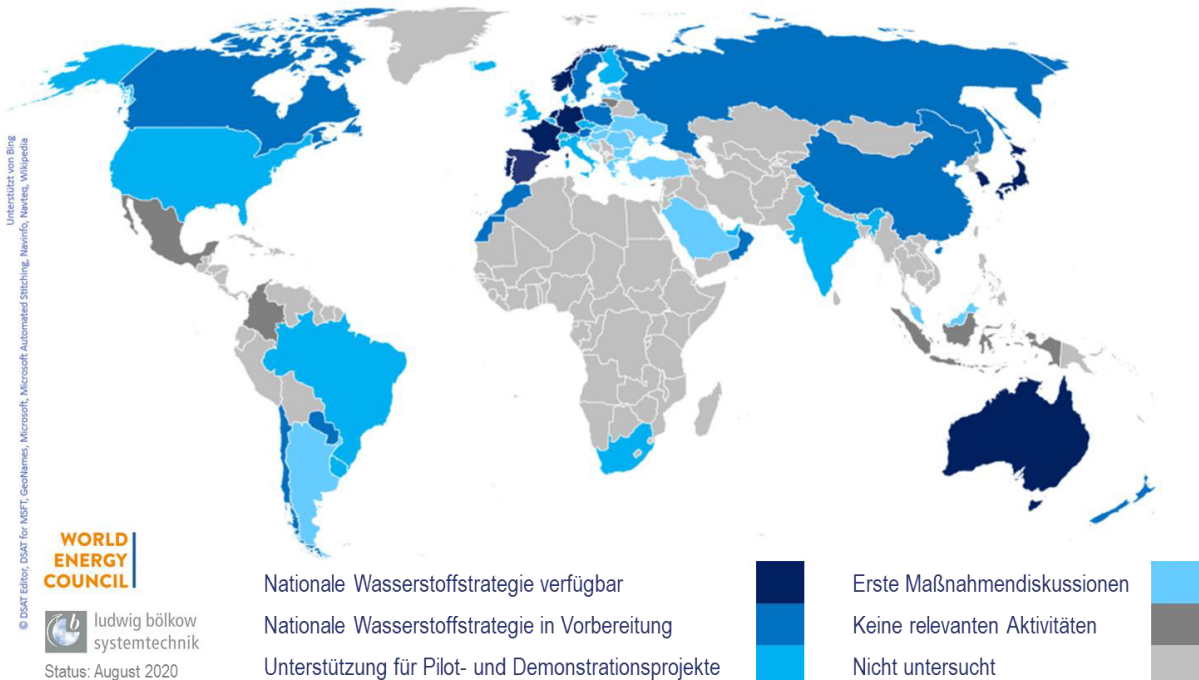
¹ Die US-amerikanischen Bundesstaaten besitzen eine hohe Eigenständigkeit in der Energiepolitik. Aufgrund seiner führenden Rolle beim Einsatz von Wasserstoff im Straßenverkehr wurde Kalifornien in die Analyse mit aufgenommen.



August 2020, World Energy Council, LBST

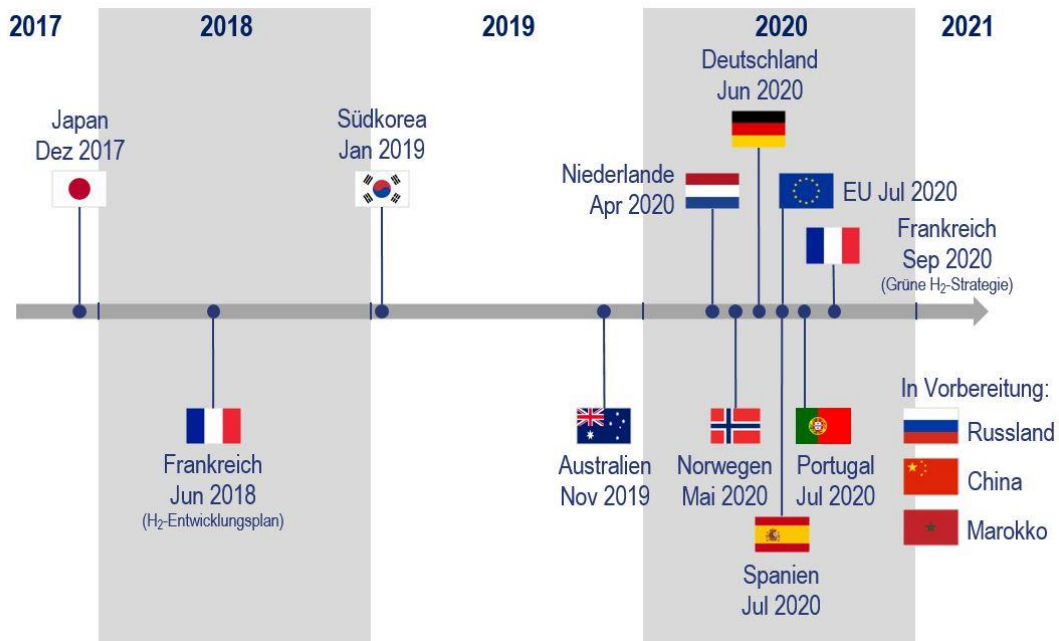
Analyse von 56 Ländern hinsichtlich ihrer H₂-Aktivitäten (August 2020)

Die H₂-Aktivitäten sind über den gesamten Globus verteilt. Regionale Schwerpunkte bilden Europa, Asien, der Pazifikraum sowie der amerikanische Kontinent.



Internationaler Stand der H₂-Aktivitäten nationaler Regierungen (Stand: August 2020)

Die meisten Strategien wurden erst kürzlich erarbeitet und angekündigt, d.h. im Jahr 2020 oder Ende 2019 (AU, NL, NO, DE, EU, ES, PT). Nur drei der ausgewählten Länder haben eine Strategie, die älter als ein Jahr ist (JP, FR, KR).



Veröffentlichungszeitpunkte der untersuchten nationalen Wasserstoffstrategien

- **Wasserstoff wird als wesentliches Element eines dekarbonisierten Energiesystems anerkannt**

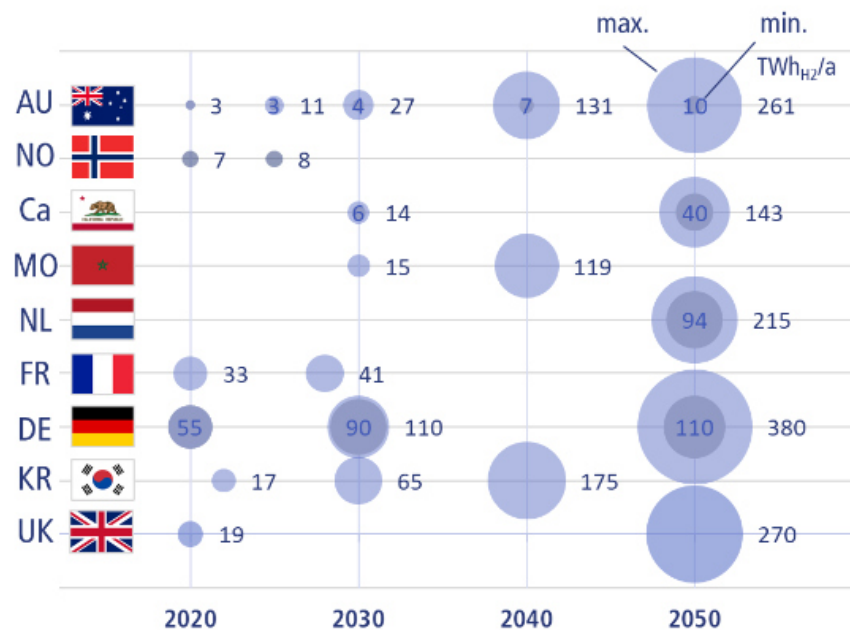
Haupttreiber dieser Entwicklung sind die Reduzierung nationaler Treibhausgasemissionen und die verbesserte Integration erneuerbarer Energien in das Energiesystem. Darüber hinaus stehen Chancen für wirtschaftliches Wachstum im Fokus, etwa durch die Schaffung neuer Arbeitsplätze, technologische Entwicklungen und zusätzliche Einnahmen infolge von Wasserstoff- und Technologieexporten. Obwohl sich die nationalen Strategien, je nach Industriebasis und Interessenlage, voneinander unterscheiden, verbindet sie die generelle Erkenntnis, dass Wasserstoff ein wesentliches und unverzichtbares Element eines dekarbonisierten Energiesystems darstellt.



Relevanz der strategischen Ziele in den ausgewählten Ländern

- **Globales Wasserstoffpotenzial von bis zu 9000 TWh im Jahr 2050**

Nicht alle Länder quantifizieren in ihren Strategien den zu erwartenden nationalen Wasserstoffbedarf. In den Ländern, die dies tun, liegt der Bedarf jedoch bei allen in einer ähnlichen Größenordnung (bezogen auf ihre Wirtschaftsleistung). Extrapoliert man den für 2050 in den nationalen Strategien erwarteten oberen Wasserstoffbedarf weltweit, ergibt sich ein Nachfragepotenzial von bis zu 9000 TWh oder rund 270 Millionen Tonnen Wasserstoff pro Jahr. Dies entspricht der Menge an Primärenergie, die derzeit weltweit durch erneuerbare Energien bereitgestellt wird.



Erwarteter jährlicher Wasserstoffverbrauch in TWh_{H2} pro Jahr






- **In Ländern mit hohem Energieverbrauch wird ein wesentlicher Teil des H₂-Bedarfs durch Importe gedeckt werden, zunächst auf der Grundlage bilateraler Abkommen**

Während die Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energien eine Chance für einen höheren Grad an Energieunabhängigkeit bietet, erkennen dicht besiedelte Länder mit hohem Energiebedarf bereits die Grenzen der heimischen Produktionskapazitäten. Vor allem Japan, Südkorea und Deutschland rechnen damit, bedeutende Importkapazitäten aufzubauen. Aufgrund der dafür erforderlichen hohen Investitionen in die Produktionskapazitäten in den Exportländern sowie in die damit verbundene Transportlogistik entlang der Lieferkette auf beiden Seiten, werden erste Projekte auf bilateralen Abkommen basieren, um so die Risiken für das eingesetzte Kapital zu begrenzen.

- **Anwendungsbereiche konzentrieren sich zunächst auf Transport und Industrie**

Zu den Zielsektoren der nationalen Strategien gehören insbesondere der Verkehr und die Industrie. Letztere vor allem in Ländern mit einem starken Industriesektor und einem starken

Fokus auf der Reduzierung der Treibhausgasemissionen. Die Bandbreite der Anwendungen, die in einer Strategie adressiert werden, hängt in vielen Fällen vom Zeitpunkt ihrer Entstehung sowie von den Klimaschutzambitionen ab. Neuere und ambitioniertere Strategien zeichnen sich typischerweise durch höhere Treibhausgasreduktionsziele aus. Diese führen zu einer höheren Relevanz des Industrie-, Gebäude- und Energiesektors als bedeutende Wasserstoffverbraucher.

H ₂ -Zielsektor	EU	DE	NL	FR	ES	IT	UK	NO	CH	UA	RU	JP	KR	CN	AU	CA	MO
 Industrie	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	✗	✗	✓	(✓)	✗	✗	✓	(✓)	✓
 Energie	(✓)	(✓)	(✓)	✓	(✓)	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)	(✓)
 Transport	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	✓	✓	(✓)	✓	✓	✓	✓	✓	(✓)
 Gebäude	(✓)	(✓)	(✓)	(✓)	✗	✗	(✓)	✗	✗	(✓)	(✓)	✓	✓	✗	(✓)	(✓)	(✓)
 Export	✗	✗	✗ ¹⁾	✗	✓	✗	✗	✗ ²⁾	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓

✓ Hauptsektor (✓) Weniger relevant ✗ Nicht adressiert



































1) Mögliche Durchleitung von H₂-Importen anderer Länder (z.B. Deutschland)

2) Kein direkter Export von Wasserstoff, aber indirekt durch Export von H₂ und Bereitstellung nationaler CCS-Kapazitäten

Zielsektoren nach Ländern

▪ Grüner Wasserstoff im Mittelpunkt aller Strategien

Mit Blick auf die langfristig erforderlichen internationalen Anstrengungen zur Dekarbonisierung bis 2050 konzentrieren sich die meisten nationalen Strategien und Diskussionen langfristig auf den Einsatz von grünem Wasserstoff, der ausschließlich aus erneuerbaren Energien gewonnen wird. Besonders ausgeprägt ist die Betonung von grünem Wasserstoff in der EU. Kurz- bis mittelfristig werden jedoch auch andere Arten kohlenstoffarmen Wasserstoffs als wirksames und pragmatisches Mittel angesehen, um die erforderlichen H₂-Mengen bereitzustellen, die Technologiekosten zu senken und die H₂-Wirtschaft auf den Weg zu bringen.

Hauptquellen für H ₂	EU	DE	NL	FR	ES	IT	UK	NO	CH	UA	RU	JP	KR	CN	AU	CA	MO
2030																	
2050																	

 Erneuerbar  Fossil basiert mit CCS  Methanpyrolyse  Fossil*

* In Russland 2050 v.a. basierend auf Kernenergie

Mittel- und langfristige H₂-Produktionsoptionen nach Ländern

Neue Chancen und Anwendungsbereiche für die Industrie

- **Innerhalb der EU wird sich bis 2030 ein großer Markt für Anlagen zur Herstellung von grünem Wasserstoff entwickeln, der kumulierte Investitionen von über 40 Milliarden Euro erfordert**

Mehrere Länder geben klare und ehrgeizige Ziele für den Ausbau der grünen Wasserstoffproduktion an. Der Übergang von der derzeit installierten Kapazität an Elektrolyseuren im unteren Megawattbereich zu Kapazitäten im Gigawattbereich innerhalb von weniger als einem Jahrzehnt deutet auf einen massiven Wachstumspfad in den kommenden Jahren sowie einen großen Technologiemarkt hin. Allein das EU-Ziel verweist auf eine kumulative Marktgröße für Elektrolyseure und H₂-Erzeugungsanlagen von mehr als 40 Milliarden Euro bis 2030.

- **Große Industriepartnerschaften für die Produktion und den Export/Import werden gebildet**

Es wird erwartet, dass die ersten Export-/Importbeziehungen auf bilateralen Abkommen basieren. Entsprechende Lieferketten werden von einer engen Verflechtung profitieren, die zu Partnerschaften zwischen den relevanten Hauptakteuren in den Bereichen Produktion, Infrastruktur und Logistik führt. Solche Partnerschaften sind bereits im Entstehen. Die relevanten Industrievertreter sollten deshalb jetzt aktiv werden.

- **Raffinerien und die chemische Industrie werden mittelfristig die ersten großen Wasserstoffmärkte**

Grüner Wasserstoff wird als einer der wichtigsten Hebel zur Dekarbonisierung des Industriesektors angesehen. Raffinerien und die chemische Industrie sind bereits heute große Wasserstoffverbraucher. Der schrittweise Ersatz des auf fossilen Rohstoffen basierenden „grauen“ Wasserstoffs durch grünen oder kohlenstoffarmen Wasserstoff ist ein Element mehrerer Strategien. Darüber hinaus bietet die Neufassung der Erneuerbare-Energien-Richtlinie der EU (RED II) einen starken regulatorischen Anreiz für die H₂-Nutzung, da der Einsatz grünen Wasserstoffs in Raffinerien auf das verbindliche EE-Ziel für den Transportsektor anrechenbar ist. Gemäß RED II soll der Anteil erneuerbarer Energien im Verkehr bis 2030 auf 14 % steigen. Infolgedessen werden bereits große Elektrolyseure in und um europäische Raffinerien herum geplant.

- **In Asien gibt es einen stärkeren Fokus auf den Straßenverkehr und Brennstoffzellenmarkt als in Europa**

Der Transportsektor stellt in allen analysierten Staaten einen relevanten Zielmarkt dar. Beim Vergleich der Länder mit einer relevanten Automobilproduktion ist die erwartete Nutzung von Wasserstoff in Brennstoffzellen-Pkw und -Lkw in Asien jedoch stärker ausgeprägt als in Europa. Während in Japan, Südkorea und China Brennstoffzellenfahrzeuge in allen Straßenverkehrssektoren gesehen werden, konzentrieren sich europäische Strategien hauptsächlich auf schwere Nutzfahrzeuge.

In ähnlicher Weise spielen Brennstoffzellen im Gebäude- und Energiesektor in Asien eine ausgeprägte Rolle, während sie in Europa kaum bis gar nicht in den Strategien diskutiert werden.






- **Chance für synthetische flüssige E-Kraftstoffe (PtL), insbesondere im Luft- und/oder Seeschifffahrtssektor**

In einigen Strategien werden grüne synthetische Kraftstoffe als eine Option für die Luft- und Seeschifffahrt genannt. Da sie ohne größere Modifikationen in den bestehenden Motoren verwendet werden können, bieten sie kurzfristig eine Perspektive für die Dekarbonisierung. Eine direkte Wasserstoffnutzung wird eher als potenziell längerfristige Lösung angesehen, die eine tiefgreifendere Technologieentwicklung und eine längere Vorlaufzeit erfordert. Eine mögliche Einführung von Quoten im Luftfahrtsektor wird in der deutschen und niederländischen Strategie diskutiert, womit beträchtliche Nachfragemengen verbunden wären. Ebenso können die bestehenden Emissionsreduktionsziele im maritimen Sektor und der internationale Druck, den Weg dorthin zu beschleunigen, zu einem weiteren Wachsen des Marktes beitragen.

Neue Maßnahmen und Instrumente zur Erreichung strategischer Ziele erforderlich

- **Derzeitige Maßnahmen reichen nicht aus, um das geplante starke Wachstum des Wasserstoffmarktes anzustoßen**

Die meisten Strategien konzentrieren sich bislang eher auf Ziele für eine umweltfreundliche Wasserstoffproduktion und die Entwicklung entsprechender Technologien als auf politische Instrumente für die Umsetzung. Viele der bestehenden Strategien fokussieren sich auf F&E-orientierte Maßnahmen, die zwar nach wie vor relevant, aber weniger wichtig sind, als die Förderung der Kommerzialisierung.

Maßnahmentyp	EU	DE	NL	FR	ES	IT	UK	NO	CH	UA	RU	JP	KR	CN	AU	CA	MO
 F&E-Förderung	++	++	++	++	++	+	++	+	o	+	++	++	++	++	++	+	++
 Regulatorische Maßnahmen	++	+	++	+	++	+	+	+	+	o	+	++	++	++	++	+	+
 Finanzielle Fördermittel	++	++	++	+	++	+	+	+	+	o	+	++	++	++	++	++	+
 Akzeptanz und Training	+	+	o	+	+	o	o	+	o	o	o	+	+	o	++	++	o
 Staatliche Steuerung etc.	+	++	+	+	+	+	o	o	o	o	+	++	++	o	++	++	o

++ Starker Fokus + Weniger ausgeprägt o Nicht erwähnt

Bestehende und geplante H₂-Unterstützungsmaßnahmen nach Ländern

In den meisten Fällen hinkt die Politikentwicklung den strategischen Ambitionen hinterher. Neue politische Maßnahmen zur Erreichung der Ziele sind gerade erst im Entstehen begriffen.

- **Aufbauend auf früheren Erfolgen sollte sich die Politik auf die Kommerzialisierung konzentrieren**

Viele Länder unterstützen Wasserstoff und seine Anwendungen bereits seit geraumer Zeit. Folgende Maßnahmen haben sich in der Vergangenheit als besonders hilfreich bei der Umsetzung erwiesen:

- Obligatorische Quoten oder Emissionsbegrenzungen wurden in der Vergangenheit erfolgreich eingesetzt, um zur Schaffung von Märkten für kohlenstoffarme oder effizientere Technologien beizutragen. **Gut konzipierte sektorale Quoten für grüne Roh- und Kraftstoffe in Industrie und Verkehr können die Nachfrage in großem Maßstab stimulieren.**
- Der Übergang von der F&E-Förderung, die in der Vergangenheit der vorherrschende öffentliche Fördermechanismus war, zur Unterstützung der Kommerzialisierung und Demonstration ganzer Wertschöpfungsketten, z. B. in Deutschland ("Reallabore") und Europa ("Hydrogen Valleys"), hat große Projekte und umfangreiche Aktivitäten angestoßen, sogar in Regionen, die keine Fördermittel erhalten. **Die gezielte Förderung des Aufbaus umfassender Wertschöpfungsketten schafft die Basis für weiteres Wachstum und für eine nachhaltige Wirtschaftlichkeit.**
- Die öffentliche Finanzierung von Investitionen senkt zwar die Einstiegshürde für die Teilnehmer in Projekten, führt aber aufgrund der hohen Kosten für grünen Strom in der Regel nicht zur Wirtschaftlichkeit grünen Wasserstoffs. **Der Übergang von der Investitionsförderung (CAPEX) zu Instrumenten, die bei den Betriebskosten ansetzen (OPEX), wird dazu beitragen, nachhaltige Geschäftsmodelle für die Betreiber zu etablieren.** Solche Maßnahmen können von der Senkung der Grünstromkosten bis zu sogenannten Carbon Contracts for Difference (CCfD) reichen, die derzeit in der europäischen und deutschen Strategie diskutiert werden.
- Die Reduzierung von Treibhausgasemissionen ist eines der Hauptziele aller Wasserstoffstrategien. Die Bepreisung von Kohlenstoffemissionen ist bereits in vielen Regionen der Welt ein gut etabliertes Instrument. Während die derzeitigen Kohlenstoffpreise in den meisten Fällen zu niedrig sind, um nachhaltige Geschäftsmodelle für grünen Wasserstoff zu ermöglichen, würden **weltweit hohe CO₂-Preise dazu beitragen, die Kostenlücke weiter zu verringern und gleiche Wettbewerbsbedingungen zu schaffen.**
- Auf dem Weg zu einem kommerziellen Einsatz von Wasserstoff muss jedes politische Instrument eine **langfristige Perspektive und Investitionssicherheit** bieten, die den typischen Investitionslaufzeiten entspricht.

- **Zertifizierungsmechanismen für grünen Wasserstoff müssen eingeführt werden**

Ein Produzent von grünem Wasserstoff muss in der Lage sein, die Qualität seines Produkts nachzuweisen. Ein allgemein anerkannter Zertifizierungsmechanismus für grünen oder kohlenstoffarmen Wasserstoff ist deshalb entscheidend für eine erfolgreiche Marktentwicklung.

- **Infrastrukturentwicklung erfordert zentrale Koordination und finanzielle Unterstützung**

Eine zuverlässige und für alle Marktteilnehmer zugängliche Infrastruktur ist notwendige Voraussetzung für die Anwendung außerhalb der Großindustrie und muss der Marktentwicklung vorausgehen. Dies gilt in ähnlicher Weise für Wasserstoffpipelines, wo die bestehende Infrastruktur für die Gasbeförderung und -verteilung auf den Transport von reinem Wasserstoff umgestellt werden kann, sowie für Tankstellen. **Eine umfassende Infrastrukturentwicklung erfordert eine öffentliche Finanzierung, eine zentrale Koordination von Planung und Harmonisierung sowie ein geeignetes regulatorisches Umfeld.**

- **Öffentliche Akzeptanz ist entscheidend**

Die Akzeptanz der Öffentlichkeit ist entscheidend für den Einsatz neuer Technologien. Geeignete **Maßnahmen zur Förderung der öffentlichen Akzeptanz** müssen jede Politikentwicklung ergänzen. Beispiele hierfür sind Aufklärungskampagnen, Schulungsprogramme und ein entsprechendes Engagement innerhalb der Gemeinden.