



WASSERSTOFF KOMPASS

12/2022



Internationale Wasserstoff-Strategien im Vergleich

Länderanalyse

Inhalt

| | |
|---|----|
| Kurzfassung | 4 |
| Länderauswahl | 5 |
| Methodik | 7 |
| Ziele und Zielvorgaben der Länder | 8 |
| Schritte zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft | 9 |
| Fossile Erzeugungsrouten | 10 |
| Wasserelektrolyse | 12 |
| Anwendungsfelder | 16 |
| Fazit und Ausblick | 23 |
| Anhang | 24 |
| Kontakt | 43 |

Abkürzungen

| | | | |
|----------------|---|----------------|---------------------------------------|
| AUS | Australien | GER | Deutschland |
| CAL | Kalifornien | HD-FCEV | Heavy Duty Fuel Cell Electric Vehicle |
| CAN | Kanada | HUN | Ungarn |
| CCS | Carbon Capture and Storage | ITA | Italien |
| CCU | Carbon Capture and Utilization | JPN | Japan |
| CCUS | Carbon Capture Utilization and Storage | KOR | Südkorea |
| CHL | Chile | LD-FCEV | Light Duty Fuel Cell Electric Vehicle |
| CHN | China | MAR | Marokko |
| CZE | Tschechien | NLD | Niederlande |
| EE | erneuerbare Energien | NOR | Norwegen |
| ESP | Spanien | PKW | Personenkraftwagen |
| EU | Europäische Union | POL | Polen |
| FC | Fuel Cell | PRT | Portugal |
| FCEV | Fuel Cell Electric Vehicle | RED | Renewable Energy Directive |
| F&E | Forschung und Entwicklung | RUS | Russland |
| FRA | Frankreich | GBR | Vereinigtes Königreich |
| | | USA | Vereinigte Staaten von Amerika |

Kurzfassung

In den Strategien der bislang betrachteten Länder wird die Etablierung einer Wasserstoffwirtschaft vor allem aus Gründen des Klimaschutzes, aber auch aufgrund wirtschaftlicher Erwägungen verfolgt. Generell stehen Anwendungsmöglichkeiten für Wasserstoff im Mittelpunkt der Papiere. Aber auch der Aufbau von internationalen Kooperationen, der Auf- und Ausbau der erforderlichen Infrastruktur oder die weitere Stärkung der F&E-Aktivitäten werden benannt. Außerdem spielen in einigen Papieren regulatorische Maßnahmen eine Rolle mit dem erklärten Ziel, eine Kostenparität zwischen Wasserstoff auf Basis erneuerbarer Energien und Wasserstoff auf Basis fossiler Rohstoffe zu erreichen. In den meisten Fällen geht es dabei um eine Einführung beziehungsweise Anhebung der CO₂-Bepreisung.

Bei der zukünftigen Nutzung von Wasserstoff sind sich die Länder großteils einig, dass Wasserstoff auf Basis fossiler Ressourcen² zu ersetzen ist. Alle Länder setzen dabei auf den Einsatz von Wasserelektrolyse zur Wasserstofferzeugung, vor allem auf Basis von Strom aus erneuerbaren Energien. Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CO₂-Abscheidung wird aber in einigen Strategien als Übergangslösung benannt. Hierbei gilt zu berücksichtigen, dass alle ausgewerteten Strategien vor dem Angriffskrieg in der Ukraine verfasst wurden. Vor diesem Hintergrund ist zu erwarten, dass insbesondere europäische Länder diese Option in nächster Zeit anders

bewerten: ein Einsatz von Erdgas zur Wasserstofferzeugung über das bestehende Maß hinaus erscheint in nächster Zeit nicht wahrscheinlich.

Bezogen auf Anwendungsgebiete, wird im Verkehrssektor in den meisten Fällen der Einsatz von Wasserstoff im (Schwer-)Lastverkehr sowie in Flottenverbänden auf einer kurz- bis mittelfristigen Basis angestrebt. Im PKW-Bereich unterscheiden sich die Länderstrategien stark: Es wird entweder ein Einsatz in den nächsten Jahren erwartet oder der Einsatz von Wasserstoff für PKW wird überhaupt nicht adressiert. Die Nutzung von Wasserstoff in der Industrie wird auf kurz- und mittelfristiger Basis besonders in Bereichen angestrebt, die bereits hohe Wasserstoffbedarfe sowie eine vorhandene Infrastruktur aufweisen. Hier sind unter anderem die chemische Industrie und Raffinerien zu nennen. Im Rahmen von Wärme- und Energieanwendungen wird der Einsatz von Wasserstoff zumeist mittel- bis langfristig gesehen.

Eine wichtige Fragestellung innerhalb der verschiedenen Strategien ist auch, wie zukünftige Wasserstoffbedarfe gedeckt werden können. Immerhin ein Drittel der Länder sehen sich explizit als zukünftige Exporteure von Wasserstoff und dessen Derivaten. Die Entwicklung einer globalen Wasserstoffwirtschaft wird daher für Länder wie Deutschland, die sich als klarer Wasserstoffimporteur positionieren, von großem Interesse sein.

²Zur Farbenlehre des Wasserstoffs siehe [Kopernikus-Projekte: Wasserstoffforschung der Kopernikus-Projekte](#)

Länderauswahl

Die nachfolgende Weltkarte zeigt auf, welche Wasserstoffstrategien oder Roadmaps in der bisherigen Auswertung erfasst wurden. Der aktuelle Stand von 22 Ländern oder Regionen wird fortlaufend ergänzt. Im Großteil der Studien wird der Fokus nicht auf ein Schwerpunktthema gelegt, sondern der Wasserstoffeinsatz holistisch betrachtet. Spezialfälle sind

die Papiere aus China und Kalifornien. Hierbei handelt es sich um dedizierte Strategien für den Einsatz von Brennstoffzellfahrzeugen, die keine weiteren Anwendungsmöglichkeiten für Wasserstoff betrachten. Aufgrund der wirtschaftlichen Relevanz beider Regionen werden sie allerdings, an geeigneter Stelle, ebenfalls in der Auswertung berücksichtigt.



Unterstützt von Bing
© Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Geospatial Data Edit, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom, Wikipedia

Abbildung 1: Die markierten Länder sind in der Analyse berücksichtigt.

LISTE DER AUSGEWERTETEN DOKUMENTE:

1. China (CHN), Fuel Cell Vehicle Roadmap, 11/2017
2. Japan (JPN), Basic Hydrogen Strategy, 12/2017
3. Kalifornien (CAL), The California Fuel Cell Revolution, 07/2018
4. Südkorea (KOR), Hydrogen Economy Roadmap of Korea, 01/2019
5. Australien (AUS), Australia's National Hydrogen Strategy, 11/2019
6. Niederlande (NLD), Government Strategy on Hydrogen, 04/2020
7. Deutschland (GER), Die Nationale Wasserstoffstrategie, 06/2020
8. Norwegen (NOR), The Norwegian Government's Hydrogen Strategy, 06/2020
9. Europäische Union (EU), A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe, 07/2020
10. Portugal (PRT), Portugal National Hydrogen Strategy, 08/2020
11. Frankreich (FRA), Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France, 09/2020
12. Chile (CHL), National Green Hydrogen Strategy, 09/2020
13. Spanien (ESP), Hoja de Ruta del Hidrogeno, 10/2020
14. Italien (ITA), Strategia Nazionale Idrogeno Linee Guida Preliminari, 11/2020
15. Vereinigte Staaten von Amerika (USA), Hydrogen Program Plan, 11/2020
16. Kanada (CAN), Hydrogen Strategy for Canada, 12/2020
17. Ungarn (HUN), Hungary's National Hydrogen Strategy, 05/2021
18. Polen (POL), Polish Hydrogen Strategy, 05/2021
19. Vereinigtes Königreich (GBR), UK Hydrogen Strategy, 08/2021
20. Russland (RUS), Development of Hydrogen Energy in the Russian Federation, 08/2021
21. Marokko (MAR), Feuille de Route Hydrogène Vert, 08/2021
22. Tschechien (CZE), The Czech Republic's Hydrogen Strategy, 09/2022

Methodik

Um eine Grundlage für den Vergleich zu schaffen, wurden alle Papiere nach den gleichen Kriterien ausgewertet. Für alle Veröffentlichungen wurden:

- **Generelle Informationen** wie der Typ, der Titel sowie der Herausgeber des Papiers (Strategie, Roadmap, Konzeptpapier), das Datum der Veröffentlichung sowie die betrachteten Zeithorizonte zusammengetragen.
- **Zielvorgaben** erfasst, zum Beispiel angestrebte Erzeugungskapazitäten, Zielpreise oder Wasserstoffherzeugungsmengen.
- Die in der Veröffentlichung beschriebene **Vorgehensweise** sowie angekündigte **positive Aspekte** durch den Einsatz von Wasserstoff analysiert, zum Beispiel ob eine Wasserstoffwirtschaft aufgebaut werden soll und dadurch neue Arbeitsplätze geschaffen werden können.
- Die **inländische Wasserstofferzeugung** betrachtet (auf Basis fossiler Rohstoffe oder über Elektrolyse).
- Die **Anwendungsfelder** erfasst, in denen Wasserstoff auf kurz-, mittel-, oder langfristige Sicht eingesetzt werden soll.

Diese Informationen wurden zusammengeführt und, soweit möglich, quantitativ ausgewertet. Die Auswertung der einzelnen Länder wurde in Steckbriefen kondensiert, welche im Anhang dargestellt sind.

Ziele und Zielvorgaben der Länder

Die Beweggründe für den Einsatz von Wasserstoff sind verschieden. Ein Großteil der Strategien (16 von insgesamt 20-16/20) verknüpft den Einsatz von Wasserstoff mit dem Erreichen der Ziele des Pariser Abkommens, also mit dem Klimaschutz. Darüber hinaus gibt es allerdings auch Länder, die den Einsatz von Wasserstoff primär aus wirtschaftlichen Gründen verfolgen (zum Beispiel AUS, RUS).

In der Hälfte der Papiere (10/20) werden konkrete Erzeugungskapazitäten für Wasserstoff auf Basis von EE-Strom definiert. So wurden ~30 GW von acht europäischen Ländern (DEU, FRA, HUN, ITA, NLD, GBR, POL, ESP) für das Jahr 2030 angekündigt; im Vergleich dazu werden in der Strategie der EU 40 GW Elektrolysekapazität für den gleichen Zeitpunkt angestrebt.

Konkrete Angaben zu den angestrebten Produktionsmengen von Wasserstoff machen nur wenige Länder (5/20). So plant zum Beispiel Ungarn für das Jahr 2030 die Erzeugung von 20 Kilotonnen pro Jahr emissionsarmem und 16 Kilotonnen pro Jahr emissionsfreiem Wasserstoff aus inländischer Produktion. Für dasselbe Zieljahr wollen Kanada drei Megatonnen pro Jahr und die EU 10 Megatonnen pro Jahr an Wasserstoff erzeugen. Allerdings müssen beim Vergleich solcher Angaben unterschiedliche Grundvoraussetzungen, zum Beispiel durch unterschiedliche Bevölkerungsdichten oder verfügbare Flächen, berücksichtigt werden.

Angaben zu geplanten Exportmengen von Wasserstoff wurden nur von Russland gemacht. In dem entsprechenden Konzeptpapier wird eine Spanne von

2-12 Megatonnen Wasserstoff für den Export im Jahr 2035 angestrebt.

Ein expliziter Zielpreis für Wasserstoff wird nur in wenigen Fällen angegeben (6/20). Hierbei liegt die Preisspanne zwischen 1 €/kg H₂ bis zu etwa 4,50 €/kg H₂ und variiert teilweise auch je nach Anwendungsgebiet. So definieren die USA beispielsweise verschiedene Zielpreise für die stationäre Energieversorgung (1 \$/kg H₂) und für den Verkehrssektor (2 \$/kg H₂).

Neun Papiere definieren jeweils eine Anzahl an Brennstoffzellenfahrzeuge für den Verkehrssektor (HUN, NLD, POL, ESP, CAN, JPN, KOR, CAL, CHN). Bis zum Jahr 2030 definieren die Papiere hierbei Spannbreiten zwischen einigen Tausenden an FCEVs bis zu einer Million (CAL). Die höchste Angabe macht Südkorea mit 6,2 Millionen FCEVs im Jahr 2040, von denen 3,3 Millionen für den Export eingeplant sind. Sieben der Papiere definieren zusätzlich eine genaue Anzahl an Wasserstofftankstellen, die errichtet werden sollen, um den Wasserstoffeinsatz im Straßenverkehr voranzubringen. Hierbei werden bis 2030 maximal bis zu 1.000 Tankstellen als Ziel angegeben (CAL, CHN).

Einig sind sich die Länder darin, dass Wasserstoff einen zunehmenden Anteil am Endenergieverbrauch ausmachen wird. Allerdings wird nur in drei Strategien definiert, wie hoch dieser Anteil sein soll. Für 2030 streben Italien und Portugal einen Wasserstoffanteil von 2% beziehungsweise 5% am Energieverbrauch an; Kanada möchte bis 2050 30% seines Endenergiebedarfs durch Wasserstoff decken.

Schritte zum Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft

Da allgemein der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft angestrebt wird (18/20), gibt es große Überschneidungen bei den dargelegten Plänen der einzelnen Länder. Die Ausrichtung orientiert sich aber an lokalen Gegebenheiten, wie etwa der Anwesenheit eines bestimmten Industriezweigs. Im Zusammenhang damit wird auch mit der Schaffung neuer Arbeitsplätze gerechnet sowie der Bedarf nach Ausbildung von Fachkräften betont (16/20). Um die Wasserstoffwirtschaft zu etablieren, verweisen 95 % der Studien auf die Bereitstellung von staatlichen Fördermitteln (19/20). Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt auch der Aufbau internationaler Kooperationen dar (18/20). Dies betrifft sowohl den wissenschaft-

lichen Austausch als auch den Aufbau von Handelsbeziehungen.

Für einen erfolgreichen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft verfolgen viele Länder (17/20) das Ziel, die Erzeugungskosten zu senken, beziehungsweise Kostenparität mit fossilem Wasserstoff zu erreichen. Für letzteres wird in etwa der Hälfte der Studien die CO₂-Bepreisung als geeignetes Instrument erwähnt (10/20). Zusätzlicher Handlungsbedarf wird von den meisten Ländern beim Auf- und Ausbau der Infrastruktur gesehen (19/20). Auch die Erstellung einheitlicher Regulierungen/Zertifizierungen (19/20) und die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (19/20) werden als wichtig erachtet.

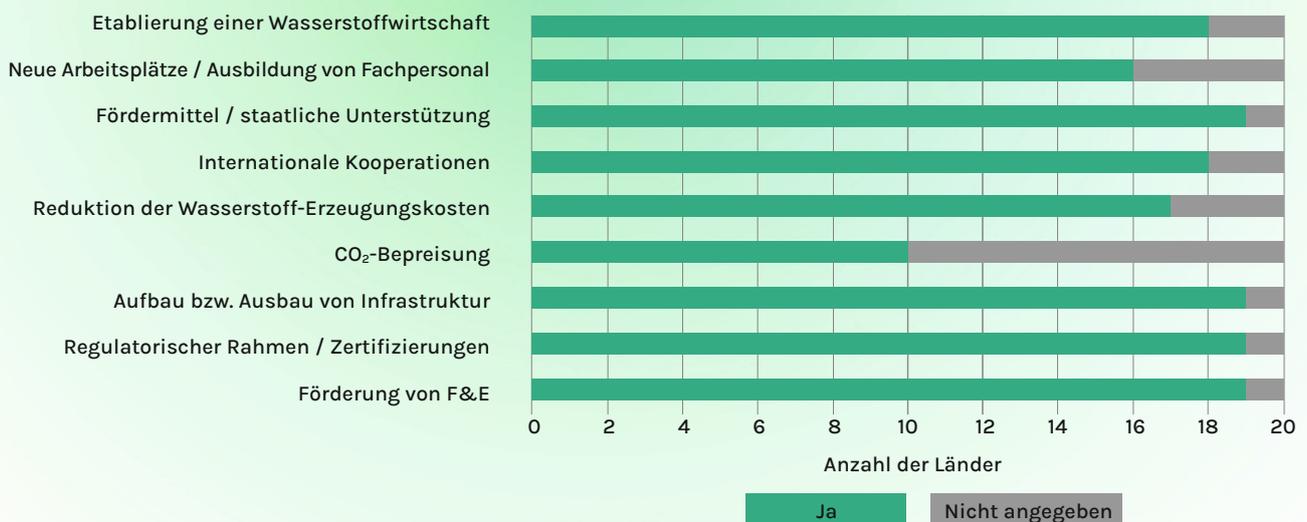
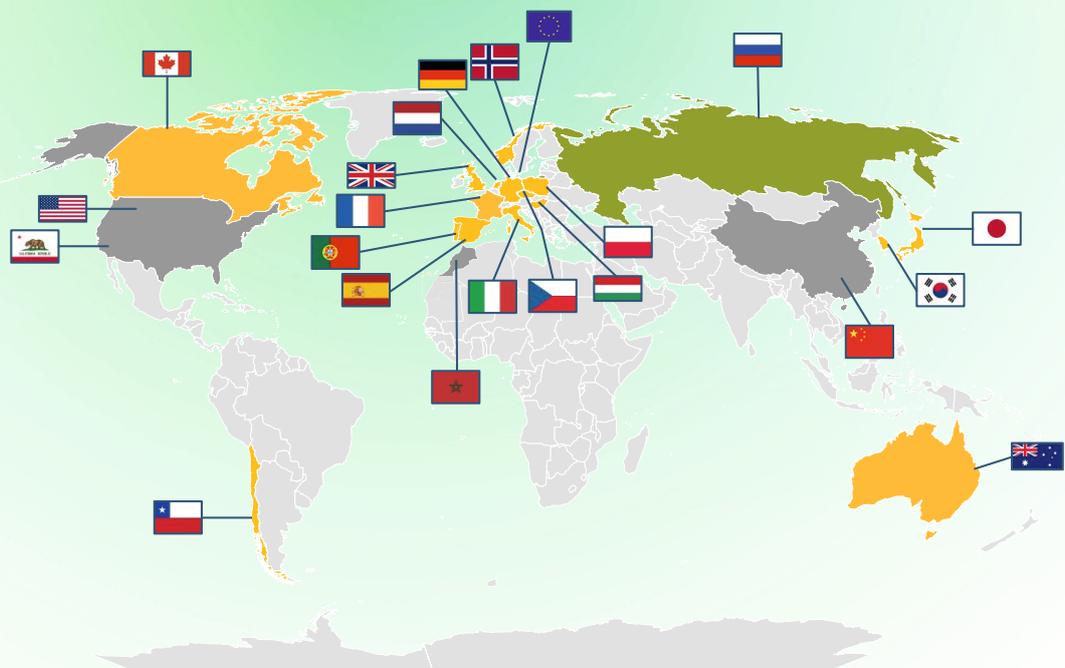
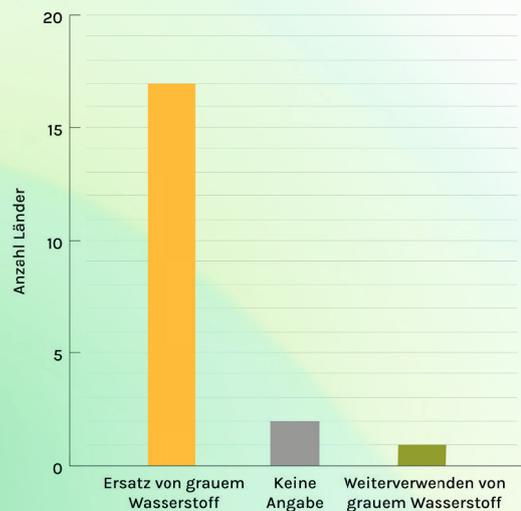


Abbildung 2: Übersicht über verschiedene Handlungsfelder, die in den Strategien der Länder eine Rolle spielen oder nicht explizit adressiert werden.

Verwendung fossilen Wasserstoffs

WASSERSTOFF AUF BASIS FOSSILER ROHSTOFFE OHNE CCUS

Die bisherige Wasserstofferzeugung basiert vor allem auf der Dampfreformierung oder Vergasung fossiler Rohstoffe (Erdgas, Erdöl, Kohle) ohne CO₂-Abscheidung (CCS) oder -Nutzung (CCU). 85% der Strategien (17/20) sehen den Bedarf, diesen grauen Wasserstoff zu ersetzen. In zwei Strategien (USA, MAR) findet sich keine Angabe zur zukünftigen Rolle von grauem Wasserstoff. Nur Russland gibt an, grauen Wasserstoff unter Nutzung einer geeigneten Kompensation weiter verwenden zu wollen, ohne dass hierzu nähere Angaben gemacht werden.



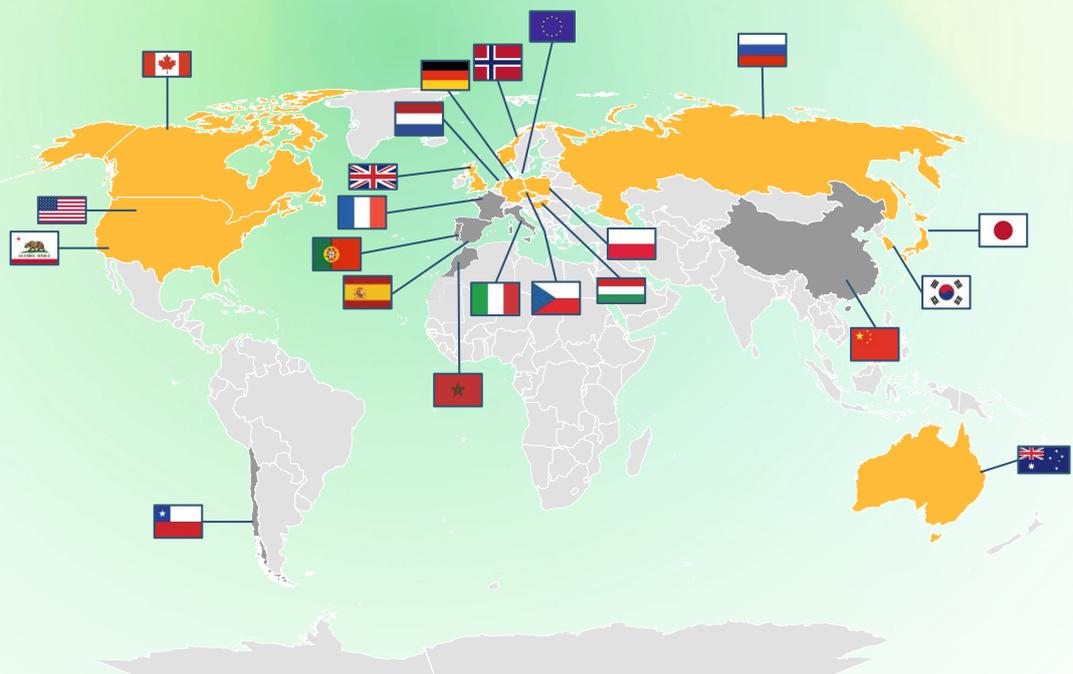
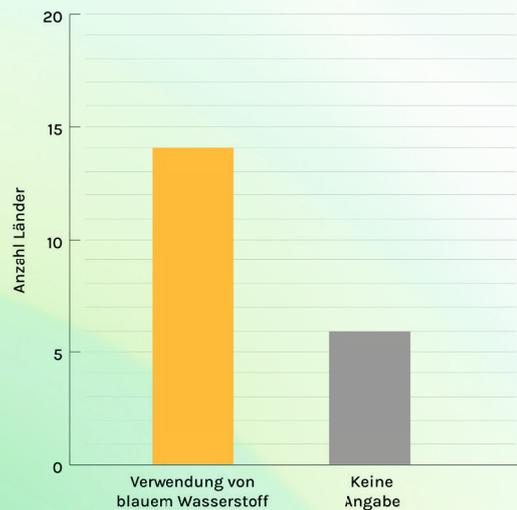
Unterstützt von Bing
© Australian Bureau of Statistics, GeoNamesMicrosoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom Wikipedia

Abbildung 3: Übersicht über die Positionierung der Länder zur weiteren Verwendung von Wasserstoff auf fossiler Basis (oliv) beziehungsweise dessen Ersatz durch klimaneutral erzeugten Wasserstoff (orange).

WASSERSTOFF AUF BASIS FOSSILER ROHSTOFFE MIT CCUS

Blauer Wasserstoff basiert auf der Wasserstofferzeugung durch fossile Ressourcen unter Abscheidung des anfallendem CO₂. Zur Verwendung von blauem Wasserstoff gibt es in acht Fällen keine expliziten Aussagen in den Papieren. Die restlichen Strategien (14/20) geben an, blauen Wasserstoff nutzen zu wollen. In elf dieser Strategien wird der Einsatz zeitlich beschränkt gesehen, um einen (schnelleren) Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen. Als einzige Länderstrategie benennt die norwegische Strategie explizit das Ziel, blauen Wasserstoff nicht nur für Anwendungen im eigenen Land zu nutzen, sondern auch für Exporte. Bei der Nutzung von fossilen Rohstoffen für die Wasserstofferzeugung muss beachtet werden, dass aufgrund des Angriffskrieges in der Ukraine zumindest in Europa weniger fossile Rohstoffe (insbesondere Erdgas) zu niedrigen Preisen verfügbar sind. Daher ist zu erwarten, dass vorhandene Erdgas-Ressourcen in

nächster Zeit nicht über bereits bestehende Anwendungen hinaus für die Erzeugung von Wasserstoff eingesetzt werden. Ob diese Entwicklung den Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft hemmt oder sie durch einen beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien kompensiert wird, lässt sich zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht vorhersagen.



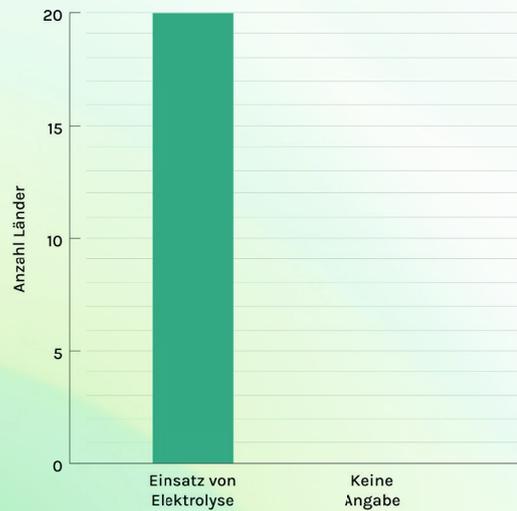
Unterstützt von Bing
© Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom, Wikipedia

Abbildung 4: Positionierung der Länder zur Erzeugung von klimaneutralem Wasserstoff auf fossiler Basis in Verbindung mit CCUS.

Wasserelektrolyse

GENERELLE ZUSTIMMUNG

In allen analysierten Strategien wird davon ausgegangen, dass Wasserstoffherzeugung mittels Wasserelektrolyse eine wichtige Rolle spielen wird (20/20). Allerdings werden verschiedene Formen der Stromerzeugung diskutiert, die für die Wasserelektrolyse verwendet werden sollen.

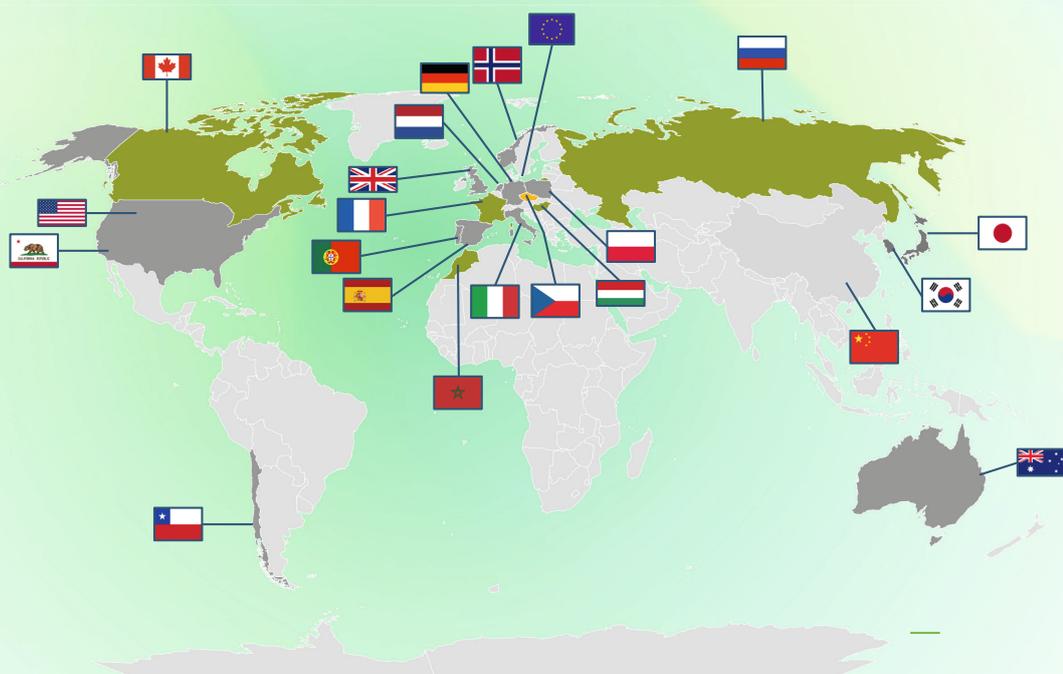
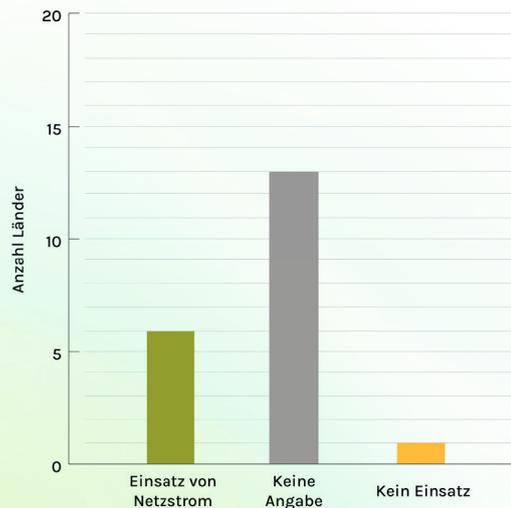


Unterstützt von Bing
© Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Geospatial Data Edit, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom, Wikipedia

Abbildung 5: Positionierung der Länder zur Nutzung von Elektrolyse zur Wasserstoffherzeugung.

NUTZUNG VON NETZSTROM

Ein Bezug von Strom für Elektrolyse könnte aus dem Stromnetz des jeweiligen Landes erfolgen. Hierbei ist der landesspezifische Strommix² zu berücksichtigen, der in Abhängigkeit von Art und Menge der dafür genutzten fossilen Energieträger zu individuellen Treibhausgasemissionen für den erzeugten Wasserstoff führt. Sechs Papiere (MAR, RUS, CAN, FRA, HUN, EU) diskutieren die Nutzung von Netzstrom für die Elektrolyse beziehungsweise setzen ihn im Fall von Marokko bereits ein. Der Großteil der analysierten Strategien äußert sich nicht zum Einsatz von Netzstrom (13/20). Nur in der tschechischen Strategie wird Netzstrom aufgrund der damit verbundenen hohen Treibhausgasemissionen explizit ausgeschlossen.



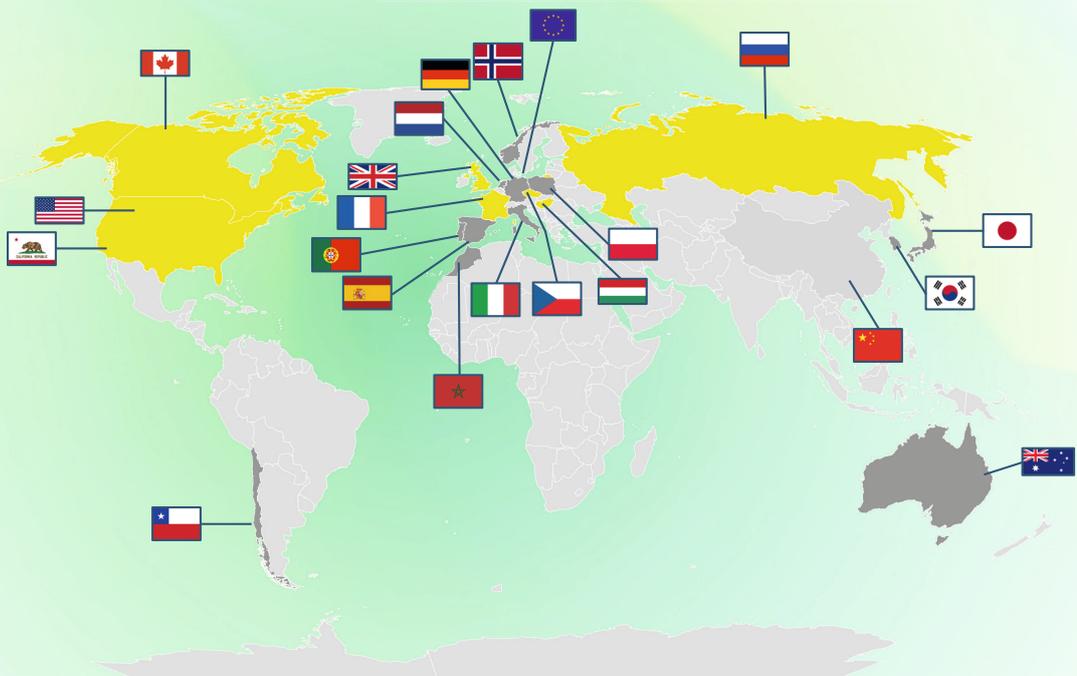
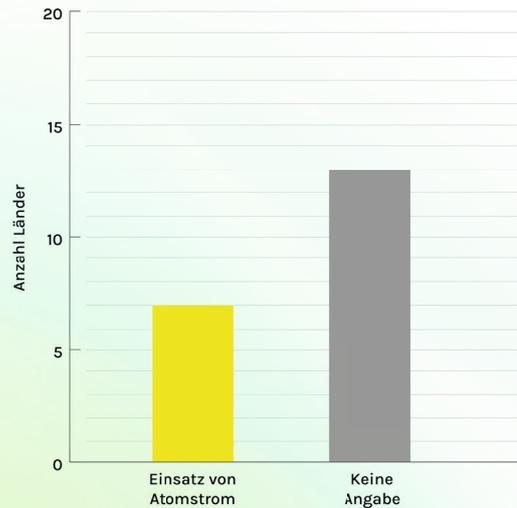
Unterstützt von Bing
© Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Geospatial Data Edit, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom, Wikipedia

Abbildung 6: Positionierung der Länder zum Einsatz von Netzstrom.

²Hier verweisen wir auf <https://app.electricitymaps.com/map>

NUTZUNG VON NUKLEAR ERZEUGTEM STROM (ATOMSTROM)

Der Einsatz von Strom aus Kernreaktoren zum Betrieb der Elektrolyseure wird von den meisten Strategien nicht adressiert (15/22). Im Gegensatz dazu geben Russland, USA und GBR mit Hinweis auf die geringen Treibhausgas-Emissionen bei dessen Produktion ausdrücklich an, Atomstrom nutzen zu wollen. Auch die französische Strategie erwähnt die Nutzung von Atomstrom nicht explizit. Stattdessen verweist diese Strategie auf den Einsatz des CO₂-armen französischen Netzstroms, welcher aber zu einem hohen Anteil nuklearen Ursprungs ist. Auch in Kanada, Ungarn und Tschechien wird der Einsatz von Atomstrom in Betracht gezogen.

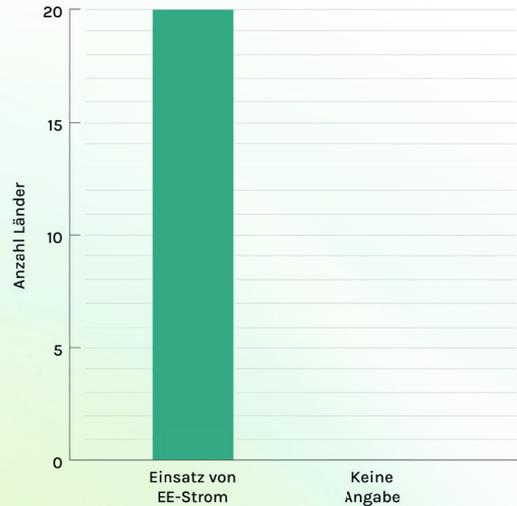


Unterstützt von Bing
© Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Geospatial Data Edit, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom, Wikipedia

Abbildung 7: Positionierung der Länder zur Frage, ob Strom aus Kernkraft eingesetzt werden soll.

NUTZUNG VON STROM AUS ERNEUERBAREN ENERGIEQUELLEN

Einigkeit herrscht hinsichtlich der Verwendung von Strom auf Basis erneuerbarer Energien (EE-Strom) als eine zentrale Option für die Nutzung in Kombination mit Wasserelektrolyse (20/20). Allerdings wird auch realistisch eingeschätzt, dass eine Umstellung auf EE-Strom eine längere Umstellungsphase benötigt. Kanada führt den Weg zu einer solchen EE-Strom-basierten Elektrolyse näher aus und beschreibt eine vorausgehende Hochlaufphase. In dieser Zeit soll der Anteil erneuerbarer Energien am Strommix immer weiter steigen.



Unterstützt von Bing
© Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Geospatial Data Edit, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom, Wikipedia

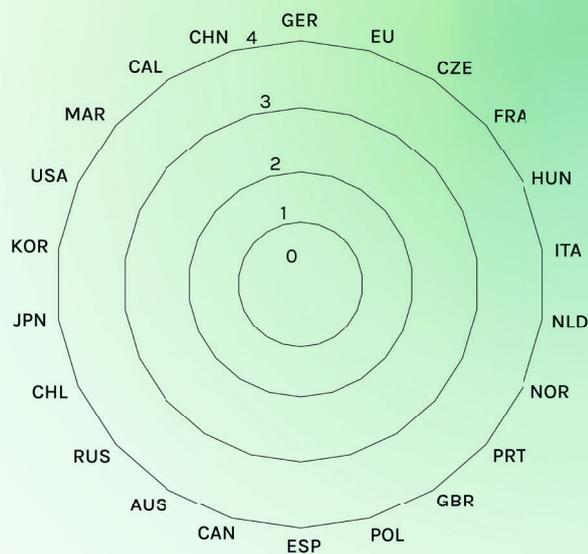
Abbildung 8: Positionierung der Länder zur Erzeugung von Wasserstoff unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien.

Anwendungsfelder

GEWÄHLTE DARSTELLUNGSFORM

Wasserstoff kann einen wesentlichen Beitrag zur Defossilisierung der Industrie, des Verkehrssektors und der Energieversorgung leisten.

Um als Ergebnis der Analyse einen Vergleich der von den verschiedenen Ländern adressierten Anwendungen von Wasserstoff und deren Priorisierung abzubilden, wurde die Darstellung in Form von Netzdiagrammen gewählt:



- 0: Anwendung nicht explizit erwähnt
- 1: Anwendung ohne Zeitschiene erwähnt
- 2: langfristige Anwendung
- 3: mittelfristige Anwendung
- 4: kurzfristige Anwendung

Abbildung 9: Generelles Schema zur Darstellung der Auswertung.

Dabei werden die Anwendungen in folgende zeitliche Kategorien (0 - 4) eingeteilt:

- 0 = eine Anwendung wurde in der Strategie nicht explizit adressiert
- 1 = eine Anwendung wurde als relevant eingestuft, aber es wurde kein zeitlicher Horizont genannt
- 2 = eine Anwendung wird auf langfristiger Basis gesehen
- 3 = eine Anwendung soll mittelfristig erfolgen
- 4 = eine Anwendung soll kurzfristig, also zeitnah, erfolgen

Die zeitliche Darstellung basiert auf den in den Strategien der Länder formulierten Zeithorizonten. Die Einordnung „kurzfristig“ entspricht dem Zeitpunkt vor 2030, „mittelfristig“ dem Zeitpunkt ab 2030 und „langfristig“ in etwa dem Zeitraum ab 2040. Allerdings sind in den Papieren nicht immer klare Zeithorizonte definiert, sodass Anwendungen teilweise auch auf kurz- bis mittelfristiger Basis (3,5) beziehungsweise mittel- bis langfristiger Basis (2,5) eingestuft wurden. Diese Zuordnung ist in Form von Netzdiagrammen dargestellt, um einen direkten Vergleich der verschiedenen Länder zu ermöglichen. Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass eine nicht explizite Erwähnung (Kategorie 0) nicht mit einer ablehnenden Haltung gegenüber einer bestimmten Anwendung gleichgesetzt werden darf!

Der Einsatz von Wasserstoff wurde für den Verkehrssektor, die Industrie sowie für die Energieversorgung analysiert. Nach einer allgemeinen Analyse erfolgt eine spezifischere Darstellung dieser drei Bereiche.

ALLGEMEIN

Die allgemeine Betrachtung fokussiert sich auf die Sektoren Verkehr, Industrie und Energie. Hier ist zu beachten, dass die beiden expliziten FCEV-Strategien von Kalifornien und China nur in der Analyse des Verkehrssektors berücksichtigt wurden.

Betrachtet man den Verkehrssektor, so geben alle 22 Strategien an, dass Wasserstoff im Verkehr eingesetzt werden soll. In über 70% der Fälle (16/22) wird hierbei sogar ein kurzfristiger Einsatz gesehen. Eine Besonderheit stellt hier die tschechische Strategie dar. Diese definiert explizit, dass der Verkehrssektor prioritär mit Wasserstoff versorgt werden soll, da hier eine schnellere Kostenparität von Wasserstoff mit den konventionellen Kraftstoffen prognostiziert wird.

Auch für Industrieanwendungen sehen viele Strategien das Potential, (erneuerbaren) Wasserstoff ein-

zusetzen. Mehr als die Hälfte (14/20) geben an, Wasserstoff kurz- bis mittelfristig einsetzen zu wollen. Meist werden hier Anwendungen beziehungsweise Branchen genannt, die in dem jeweiligen Land stark vertreten sind beziehungsweise einen einfachen Ersatz von fossilem durch emissionsarmen/erneuerbaren Wasserstoff in den bereits bestehenden Bedarfen ermöglichen.

Bei Anwendungen im Bereich Energie ergibt sich dagegen ein diverses Bild: Ein Teil der Strategien (8/20) sieht hier den Einsatz von Wasserstoff auf kurz- bis mittelfristiger Basis. Auf der anderen Seite gibt es einige Länder, die diese Anwendungen nicht oder nur auf langfristiger Zeitskala adressieren.

Im Folgenden werden nun spezifische Anwendungsfelder innerhalb dieser drei Bereiche dargestellt.

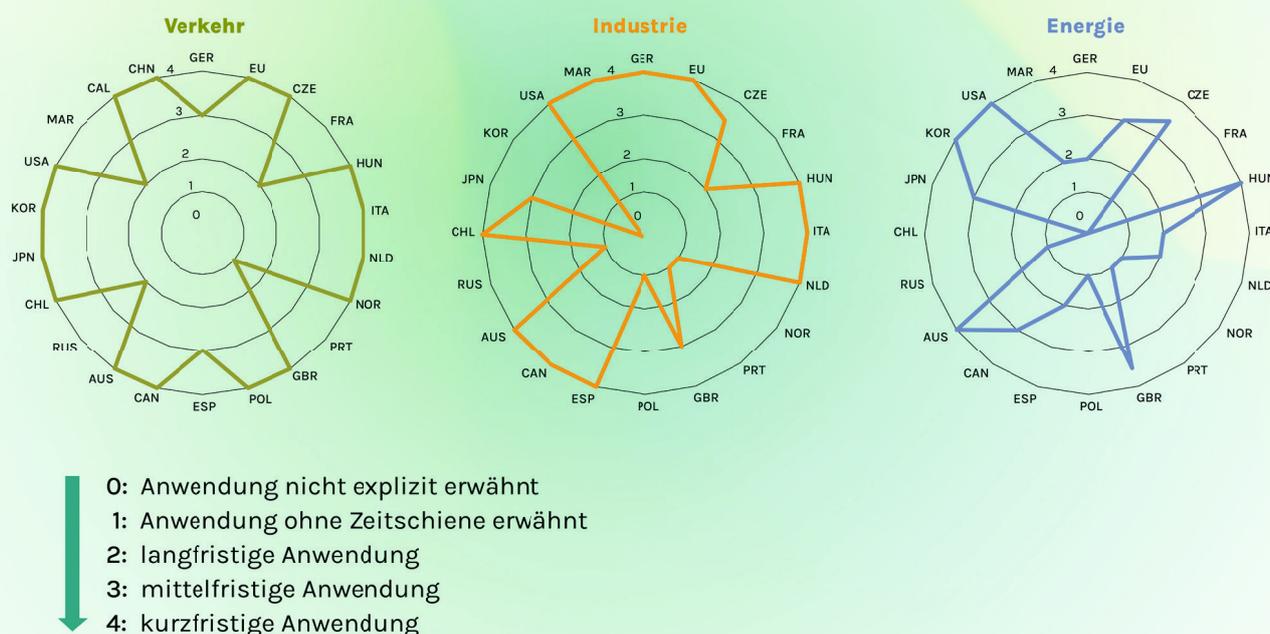


Abbildung 10: Übergeordnete Auswertung für verschiedene Sektoren.

VERKEHRSSSEKTOR

Der Wasserstoffeinsatz im Verkehrssektor wird divers diskutiert, beispielsweise in Bezug auf Brennstoffzellenfahrzeuge. Aufgrund ihres Fokus auf FCEVs werden die Angaben der Dokumente aus China und Kalifornien in diesem Kapitel berücksichtigt. In den Strategien der Länder gibt es große Unterschiede bezüglich FCEVs. Auf der einen Seite adressieren zehn Strategien den Einsatz von Wasserstoff in PKWs nicht explizit. Auf der anderen Seite gibt es sieben Strategien (CHN, JPN, KOR, USA, CAL, JPN, CAN), die einen kurzfristigen Einsatz von Brennstoffzellen-PKW sehen.

Wasserstoffanwendungen werden im (Schwer-)Lastverkehr kurz- bis mittelfristig von zwölf Strategien gesehen, womit dieser Option ein hohes Potential zugesprochen wird. Auch der Einsatz von Wasserstoff für Fahrzeuge in Flottenverbänden (zum Beispiel Taxis und Busse) wird als sehr relevant eingestuft. Diesen stufen 14 Strategien als kurz- bis mittelfristig relevant ein, beispielsweise aufgrund der Möglichkeit zu einer effizienten Nutzung von Versorgungsinfrastrukturen.

Im Schienenverkehr wird der Wasserstoffeinsatz nur in sieben Fällen als mittel- bis kurzfristig relevant angesehen (zum Beispiel ITA, AUS). Hierbei gilt es zu beachten, dass der Einsatz nicht flächendeckend gesehen wird, sondern auf Strecken, die nicht elektrifizierbar sind.

Im Schiffsverkehr wird ein Wasserstoffeinsatz eher auf einer langfristigen Basis gesehen, zum Beispiel aufgrund von ungeklärten Fragestellungen bezüglich des Kraftstoffes. Nur vier Länder definieren einen kurz- bis mittelfristigen Einsatz (ESP, AUS, JPN, NOR). Ein Sonderfall ist Norwegen. Dort wird der Einsatz von Wasserstoff im Schiffsverkehr, beispielsweise für den Antrieb von Fähren, sehr konkret beschrieben und vorangetrieben.

Im Bereich des Luftverkehrs wird in keiner der 22 Strategien von einem kurzfristigen Einsatz von Wasserstoff ausgegangen. Dies kann mit langen Umsetzungszeiträumen aber auch mit fehlenden Erzeugungskapazitäten für synthetisches Kerosin zusammenhängen. Daher wird der Wasserstoffeinsatz

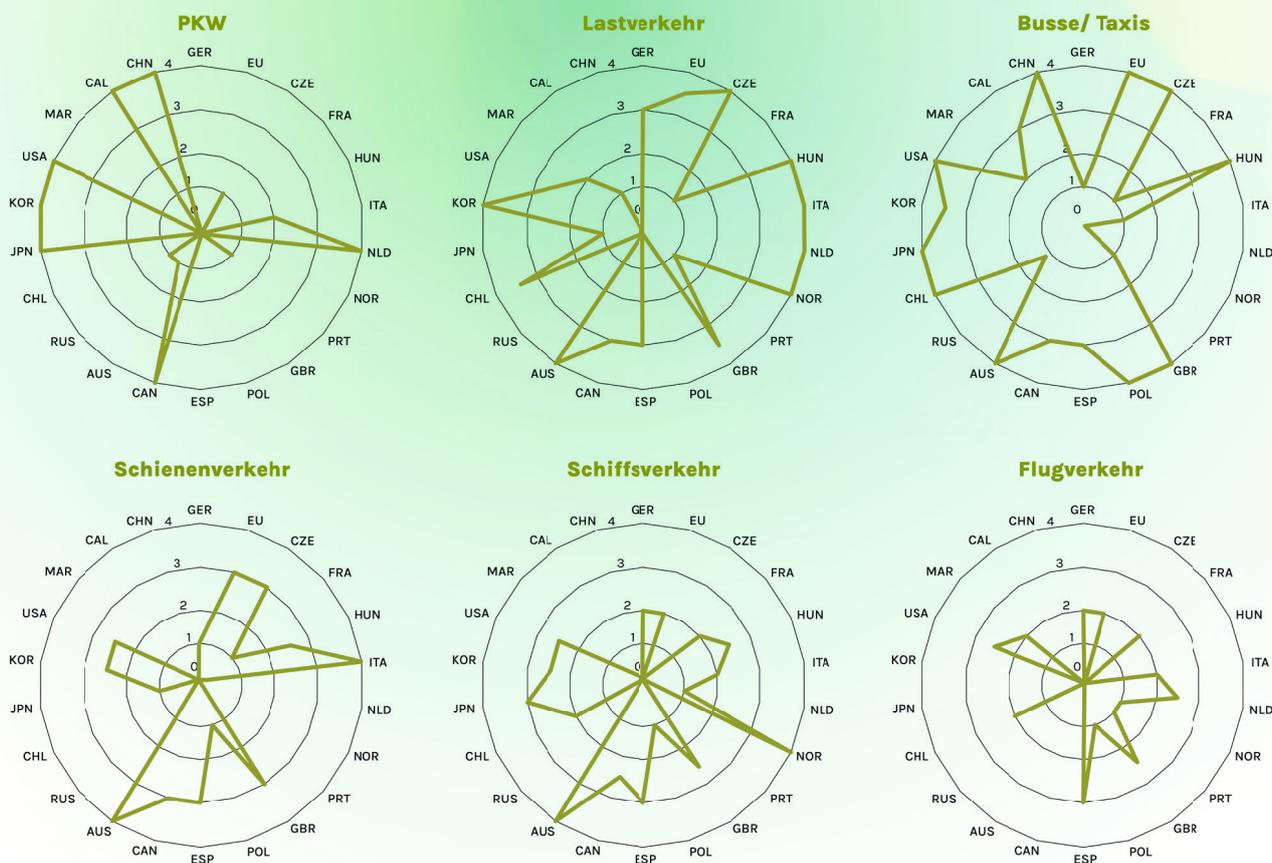


Abbildung 11: Anwendungsspezifische Auswertung für den Verkehrssektor.

im Flugverkehr in den Strategien vor allem auf mittel- bis langfristiger Basis gesehen.

Nicht aufgeführt wurden in der obigen Darstellung Anwendungsbeispiele, die nur vereinzelt erwähnt werden. Dazu gehören die Verwendung von syntheti-

schon Kraftstoffen (6/22) oder der Einsatz von Wasserstoff in Nutzfahrzeugen wie zum Beispiel Gabelstapler, Bergbaufahrzeuge und Agrarmaschinen. Für eine genauere Auflistung wird auf die Steckbriefe im Anhang verwiesen.

INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

Auch für verschiedene Industriezweige wird in vielen Strategien ein hohes Potential zur Reduktion von Treibhausgasemissionen durch klimaneutral erzeugten Wasserstoff gesehen. Oftmals wird betont, dass bestimmte Industrien, beispielsweise die chemische Industrie oder Raffinerien, als Abnehmer von Wasserstoff in Frage kommen, da sie bereits über die nötigen Infrastrukturen verfügen und gleichzeitig hohe Wasserstoffbedarfe aufweisen.

In der chemischen Industrie wird in 13 Fällen ein kurz- bis mittelfristiger Einsatz von Wasserstoff gesehen, vor allem für die Herstellung von Ammoniak/Dünger und Methanol; dies sind bereits heute die wichtigsten Einsatzgebiete von Wasserstoff. Nur in zwei Strategien wird die chemische Industrie nicht explizit adressiert. Raffinerien weisen schon heute einen hohen Wasserstoffbedarf auf, zum Beispiel für Aufreinigungsprozes-

se wie die Entschwefelung. Hier sehen elf Strategien einen kurz- bis mittelfristigen Einsatz von Wasserstoff. Dem gegenüber stehen nur drei Strategien, die den Einsatz von Wasserstoff in Raffinerieprozessen nicht explizit erwähnen.

Der Einsatz von Wasserstoff in der Stahlherstellung hat zentrale Bedeutung für die Umstellung vom bisherigen Hochofenprozess auf die Eisendirektreduktion. Einen kurz- bis mittelfristigen Einsatz benennen sechs der Strategien, wohingegen dieser Einsatz in sieben Strategien nicht explizit erwähnt wird. Dies kann verschiedene Gründe haben, wie beispielsweise das Fehlen von Primärstahlerzeugung in einer relevanten Größenordnung in dem jeweiligen Land.

Zusätzlich gibt es weitere Industriebranchen, die nur vereinzelt betrachtet werden. Hierbei handelt es sich vor allem um die Zementindustrie oder den Bergbau. Auch hier wird auf den Anhang verwiesen.

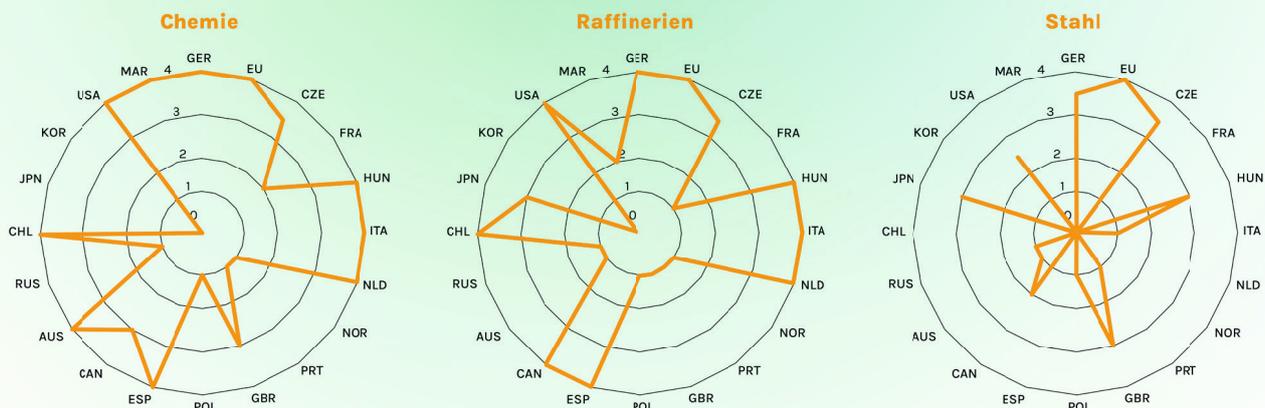


Abbildung 12: Branchenspezifische Auswertung für ausgewählte Industriezweige.

ENERGIESYSTEM

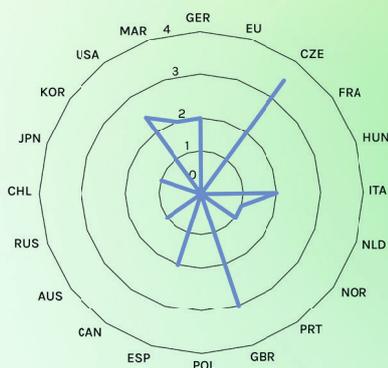
Die Nutzung von Wasserstoff im Rahmen der Wärmebereitstellung und im Stromsystem wurde nur in wenigen Fällen auf kurz- bis mittelfristiger Basis gesehen, da es noch viele ungeklärte Fragen gibt, beispielsweise in Bezug auf eine notwendige Infrastruktur. Dies zeigt sich deutlich bei der Betrachtung der einzelnen Anwendungen. Die Bereitstellung von Prozess-/Hochtemperaturwärme durch Wasserstoff oder Wasserstoffderivate wird nur in zwei Fällen (GBR, CZE) auf einer kurz- bis mittelfristigen Basis diskutiert. Mehr als die Hälfte der Strategien äußert sich dagegen nicht explizit dazu (11/20).

Bei der Bereitstellung von Gebäudewärme sehen sechs Strategien einen kurz- bis mittelfristigen Einsatz von Wasserstoff. Hierbei werden unter anderem Brennstoffzellen oder Brenner für Wasserstoff/synthetisches Erdgas als Beispiele genannt. Allerdings

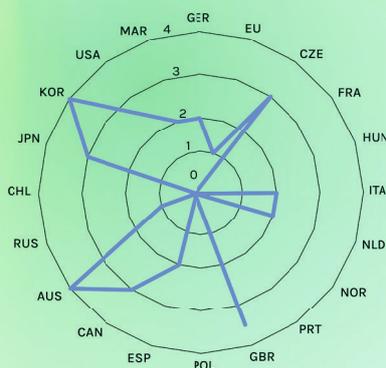
wird auch hier in acht Fällen die Anwendung von Wasserstoff zur Bereitstellung von Gebäudewärme oder die Beimischung ins Erdgasnetz nicht explizit adressiert.

Oft diskutiert wird auch die Nutzung von Wasserstoff oder Wasserstoffderivaten zur Speicherung von Energie/Strom für den Ausgleich der Fluktuationen des Stromangebots bei Bereitstellung auf Basis erneuerbarer Energiequellen. Dies wird in vier Strategien auf einer kurz- bis mittelfristigen Basis gesehen (USA, GBR, NLD, EU). Auf der anderen Seite wird der Einsatz von Wasserstoff für diese Anwendungsfelder in sieben Strategien nicht explizit adressiert. Einen Sonderfall bildet Norwegen. Hier wird keine Notwendigkeit für einen Einsatz von Wasserstoff zur Speicherung von Energie/Elektrizität gesehen, da auf heimische Kapazitäten für die Speicherung durch Wasserkraft verwiesen wird.

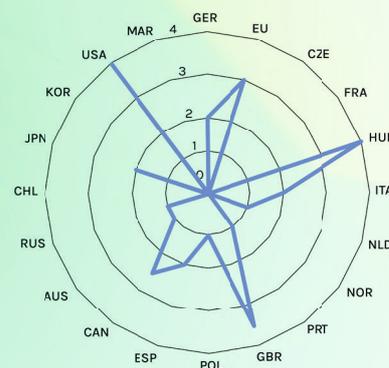
Prozesswärme/Hochtemperaturwärme



Gebäudewärme



Elektrizität/Speicherung



- 0: Anwendung nicht explizit erwähnt
 1: Anwendung ohne Zeitschiene erwähnt
 2: langfristige Anwendung
 3: mittelfristige Anwendung
 4: kurzfristige Anwendung

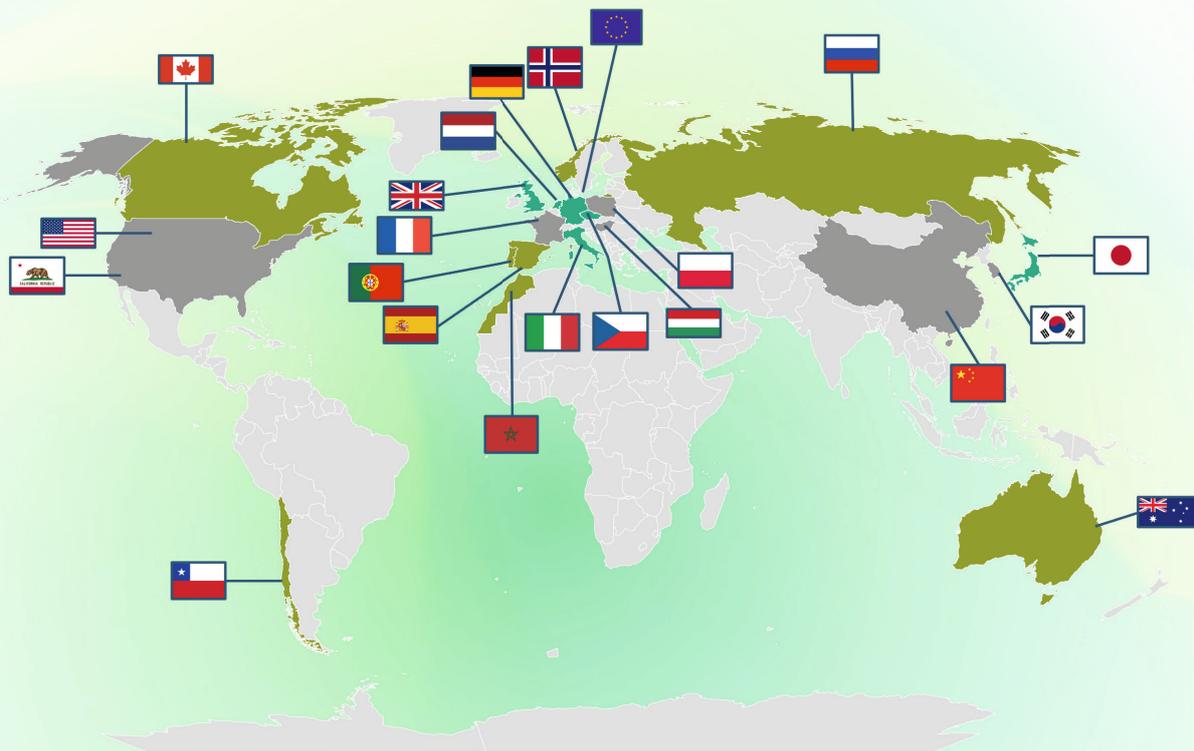
Abbildung 13: Wasserstoff und Wasserstoffderivate für den Einsatz im Energiesystem.

IMPORT UND EXPORT VON WASSERSTOFF

Um die im Vorfeld beschriebenen Anwendungen mit emissionsarmem/emissionsfreiem Wasserstoff zu versorgen, muss weltweit ein Kapazitätsausbau für erneuerbaren Strom erfolgen. Gleichzeitig müssen auch die Wasserstofferzeugungskapazitäten steigen. Aufgrund unterschiedlicher Standortbedingungen

(NOR). Insgesamt formulieren acht Länder die Ambition, Wasserstoff zu exportieren.

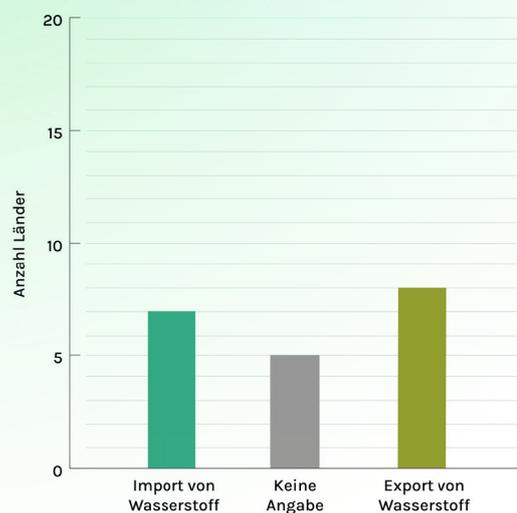
Dem gegenüber stehen sieben Länder, die angeben, dass sie auf Wasserstoffimporte angewiesen sein werden, um die Bedarfe beim Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft zu decken. Dies wird dadurch begründet, dass die eigenen Standortbedingungen nicht



Unterstützt von Bing
© Australian Bureau of Statistics, GeoNames, Geospatial Data Edit, Microsoft, Navinfo, OpenStreetMap, TomTom, Wikipedia

Abbildung 14: Auswertung zur Frage, ob sich die Länder als Exporteur oder als Importeur von Wasserstoff sehen.

gibt es unterschiedliche Potenziale für die Erzeugung von Wasserstoff. Dies beeinflusst die Ambitionen eines Landes, als Importeur oder Exporteur von Wasserstoff und dessen Derivaten zu agieren. Nationen mit günstigen Bedingungen für die Produktion grünen Stroms und damit auch grünen Wasserstoffs haben häufig auch einen Wasserstoffexportwunsch festgehalten. Aufgrund hoher Potenziale für Photovoltaik und/oder Windkraft haben Länder wie Chile, Spanien, Portugal oder Marokko die Absicht, Wasserstoff zu exportieren. Zusätzlich möchten sich Länder auch auf Basis fossiler Rohstoffquellen (Kohle, Gas) als Wasserstoffexporteur positionieren (AUS, CAN,



ausreichen, um eine autarke Versorgung mit Wasserstoff oder Wasserstoffderivaten zu erreichen. Länder, die in ihren Strategien einen Importbedarf festhalten, sind GBR, GER, ITA, EU, CZE, JPN, NLD. Dabei nehmen die Niederlande eine Sonderrolle ein. Diese wollen sich als Transitland positionieren, indem

sie Wasserstoff importieren, um ihn, neben der Deckung des eigenen Bedarfs, auch an andere europäische Länder weiter zu verteilen.

In den restlichen fünf Strategien wurde nicht explizit aufgeführt, ob Wasserstoff exportiert werden soll oder ein Bedarf an Wasserstoffimporten gesehen wird.

Fazit und Ausblick

Bei dieser Länderanalyse muss berücksichtigt werden, dass alle ausgewerteten Strategien vor dem Angriffskrieg in der Ukraine verfasst wurden. Daher dürfte beispielsweise der Einsatz von Erdgas zur Wasserstoffherzeugung heute in einigen Ländern anders bewertet werden als zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Ob dieser Krieg zu einer Hemmung des Hochlaufs der Wasserstoffwirtschaft führt oder durch einen beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien kompensiert wird, muss sich erst noch zeigen.

Die analysierten Strategien verweisen auf die Notwendigkeit von Wasserstoff und/oder Wasserstoffderivaten. Dabei liefern die Papiere teilweise Einblicke in Zielvorgaben der jeweiligen Länder (zum Beispiel Zielpreis, Erzeugungskapazitäten) oder Vorgehensweisen.

Bei der Wasserstoffnutzung sind sich die Länder größtenteils einig, dass grauer Wasserstoff in der Zukunft zu ersetzen ist. Blauer Wasserstoff wird in einigen Strategien als Übergangslösung aufgeführt. Zukünftig planen alle Länder den Einsatz der Elektrolyse zur

Wasserstoffherzeugung. Die Bereitstellung des Stroms für die Elektrolyse kann hierbei unterschiedlich sein. In allen Strategien wird aber auf die Nutzung erneuerbarer Energien verwiesen.

Je nach Strategie werden Wasserstoffanwendungen im Rahmen des Verkehrssektors, der Industrie oder im Energiesystem in unterschiedlicher Detailtiefe adressiert. Zusätzlich werden für die geplanten Einsatzgebiete aufgrund von unterschiedlichen Prioritäten und lokalen Gegebenheiten sowie offenen Fragestellungen der einzelnen Länder unterschiedliche Umsetzungszeiträume benannt.

Um die zukünftigen Wasserstoffbedarfe zu decken, wird globaler Handel mit Wasserstoff und -derivaten entstehen, da viele Länder die benötigten Wasserstoffbedarfe nicht selbstständig decken können. Im Rahmen ihrer Strategien haben verschiedene Länder daher ihre Ambitionen als Importeure oder Exporteure von Wasserstoff und Wasserstoffderivaten verschriftlicht.

Diese Länderanalyse soll weitergeführt und fortlaufend ergänzt werden, um neue Strategien zu inkludieren.

Anhang

1. China (CHN), Fuel Cell Vehicle Roadmap, 11/2017
2. Japan (JPN), Basic Hydrogen Strategy, 12/2017
3. Kalifornien (CAL), The California Fuel Cell Revolution, 07/2018
4. Südkorea (KOR), Hydrogen Economy Roadmap of Korea, 01/2019
5. Australien (AUS), Australia's National Hydrogen Strategy, 11/2019
6. Niederlande (NLD), Government Strategy on Hydrogen, 04/2020
7. Deutschland (GER), Die Nationale Wasserstoffstrategie, 06/2020
8. Norwegen (NOR), The Norwegian Government's Hydrogen Strategy, 06/2020
9. Europäische Union (EU), A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe, 07/2020
10. Portugal (PRT), Portugal National Hydrogen Strategy, 08/2020
11. Frankreich (FRA), Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France, 09/2020
12. Chile (CHL), National Green Hydrogen Strategy, 09/2020
13. Spanien (ESP), Hoja de Ruta del Hidrogeno, 10/2020
14. Italien (ITA), Strategia Nazionale Idrogeno Linee Guida Preliminari, 11/2020
15. Vereinigte Staaten von Amerika (USA), Hydrogen Program Plan, 11/2020
16. Kanada (CAN), Hydrogen Strategy for Canada, 12/2020
17. Ungarn (HUN), Hungary's National Hydrogen Strategy, 05/2021
18. Polen (POL), Polish Hydrogen Strategy, 05/2021
19. Vereinigtes Königreich (GBR), UK Hydrogen Strategy, 08/2021
20. Russland (RUS), Development of Hydrogen Energy in the Russian Federation, 08/2021
21. Marokko (MAR), Feuille de Route Hydrogène Vert, 08/2021
22. Tschechien (CZE), The Czech Republic's Hydrogen Strategy, 09/2022

1. CHINA (CHN) - FUEL CELL VEHICLE ROADMAP

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: Beratender Strategieausschuss für die Technologieroadmap zur Energieeinsparung und für neue Energiefahrzeuge
- Veröffentlicht: 11/2017
- Betrachtete Zeithorizonte: 2020, 2025, 2030

2. Zielvorgaben

- FCEVs: 50.000 (2025); 1.000.000 (2030)
- H₂-Tankstellen: 100 (2020); 350 (2025); 1.000 (2030)

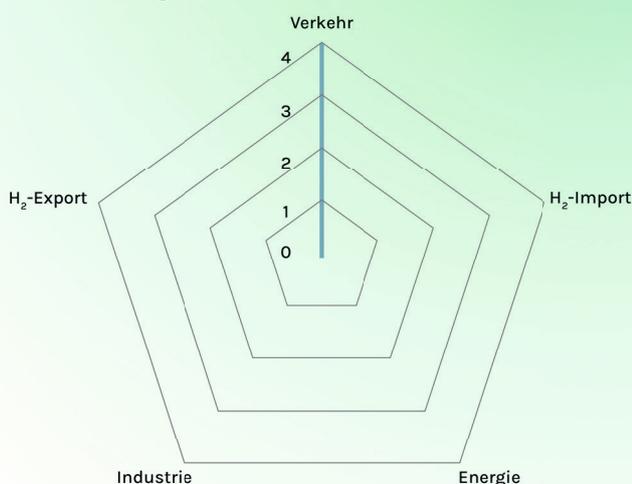
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✗
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✗
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✗
- Internationale Kooperationen ✗
- Reduktion H₂-Kosten ✗
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✗
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



Anmerkung: Auswertung auf Basis der Fuel Cell Vehicle Roadmap. Daher wird in diesem Dokument der Fokus rein auf FCEVs gelegt und auch andere Verkehrsoptionen nicht behandelt.

| | Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|---------------------|-------------|---------------|-------------|--------------------------|
| PKW Busse/ Taxis | | | | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Lastverkehr, Flugverkehr, Schiffsverkehr, Schienenverkehr
 - › Sonstiges: Bergbaufahrzeuge, Gabelstapler, Hafengeräte, Agrarmaschinen
- Industrie
 - › Chemie, Raffinerie, Stahl
 - Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme, Gebäudewärme, Elektrizität/Speicherung

2. JAPAN (JPN) - BASIC HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Japanischer Ministerrat für erneuerbare Energie, Wasserstoff und verwandte Themen
- Veröffentlicht: 12/2017
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Zielpreis: 2,5 Euro/kg H₂ (bis 2030) und 1,8 Euro/kg H₂ (ab 2030)
- Produktionsmenge 300 kt H₂/a (2030)
- FCEVs: 200.000 (bis 2025), 800.000 (bis 2030)
- FC-Busse: 1.200 (2030)
- FC-Gabelstapler: 10.000 (2030)

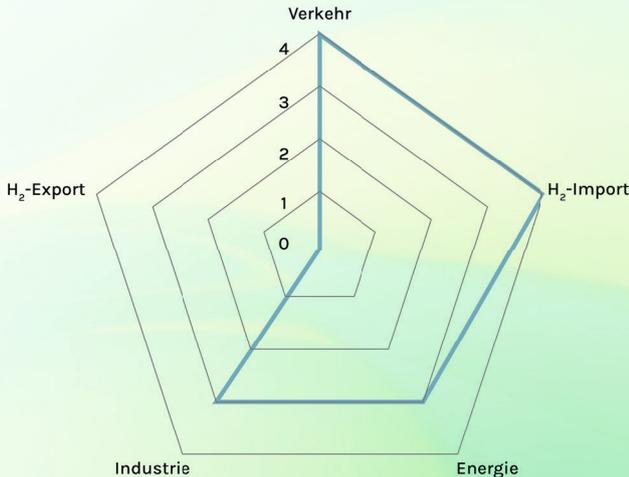
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------------------------------|----------------------|---|--------------------------------|
| PKW Busse/ Taxis Gabelstapler | Schiffsverkehr | | Schienerverkehr Lastverkehr |
| | Stahl Raffinerien | | |
| | Gebäudewärme | Prozesswärme/ Hochtemperatur- wärme Elektrizität/ Speicherung | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Flugverkehr
 - › Sonstiges: Bergbaufahrzeuge, Hafengeräte, Agrarmaschinen, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, Synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Chemie
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau

3. KALIFORNIEN (CAL) - THE CALIFORNIA FUEL-CELL REVOLUTION

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: California Fuel Cell Partnership
- Veröffentlicht: 07/2018
- Zeithorizonte: 2018, 2030

2. Zielvorgaben

- FCEVs: 1.000.000 (2030)
- H₂-Tankstellen: 200 (2025), 1.000 (2030)

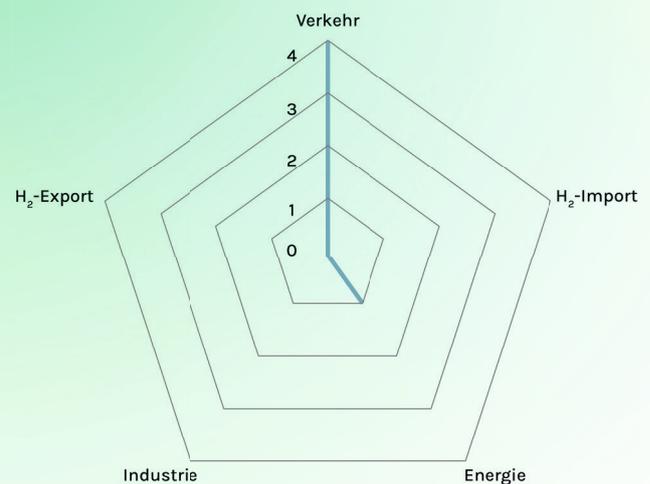
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✗
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✗
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✗

4. H₂-Erzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------|---------------|-------------|------------------------------|
| PKW | Busse/ Taxis | | Lastverkehr |
| | | | Elektrizität/ Speicherung |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Flugverkehr, Schiffsverkehr, Schienenverkehr
 - › Sonstiges: Bergbaufahrzeuge, Gabelstapler, Hafengeräte, Agrarmaschinen
- Industrie
 - › Chemie, Raffinerie, Stahl
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme,
 - › Gebäudewärme

4. SÜDKOREA (KOR) – HYDROGEN ECONOMY ROADMAP OF KOREA

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: Südkoreanische Regierung
- Veröffentlicht: 01/2019
- Zeithorizonte: 2018, 2030, 2050

2. Zielvorgaben

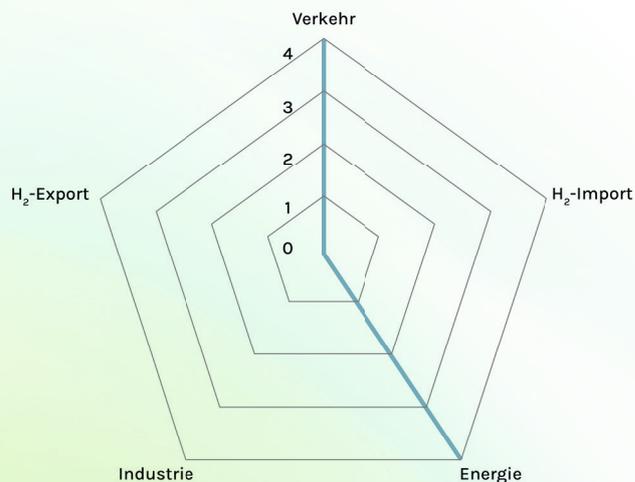
- Zielpreis: 4,4 Euro/kg H₂ (2022) und 2,2 Euro/kg H₂ (ab 2040)
- FCEVs: 6,2 Millionen (3,3 Millionen für Export) in 2040

3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Ergänzende Nutzung von Wasserstoff, der als Nebenprodukt gewonnen wird.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder

| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|------------------------------------|--|-------------|--------------------------|
| PKW Busse/ Taxis Lastverkehr | Schiienenverkehr Schiffsverkehr Fahrzeuge im Verteidigungs- sektor | | |
| Gebäudewärme | | | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Flugverkehr
 - › Sonstiges: Bergbaufahrzeuge, Hafengeräte, Agrarmaschinen, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, Synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Chemie, Raffinerie, Stahl
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme,
 - › Elektrizität/Speicherung

5. AUSTRALIEN (AUS) - AUSTRALIA'S NATIONAL HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: COAG Energy Council Hydrogen Working Group im Auftrag der australischen Regierung
- Veröffentlicht: 11/2019
- Zeithorizonte: 2030, 2045/2050

2. Zielvorgaben

- Keine expliziten Angaben

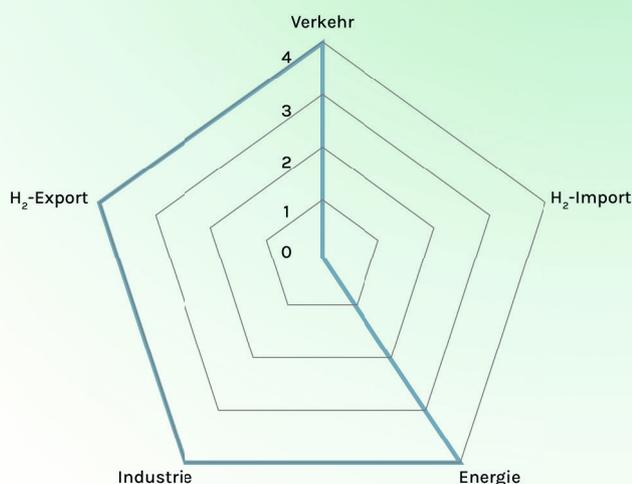
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|---|---------------|-------------|--|
| Lastverkehr Schienenverkehr Bergbaufahrzeuge Busse/Taxis Schiffsverkehr | | | PKW |
| Chemie | | | Stahl Raffinerien |
| Gebäudewärme | | | Prozesswärme/ Hochtemperaturwärme Elektrizität/ Speicherung |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Flugverkehr
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Hafengeräte, Agrarmaschinen, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, Synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau

6. NIEDERLANDE (NLD) - GOVERNMENT STRATEGY ON HYDROGEN

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Niederländische Regierung
- Veröffentlicht: 04/2020
- Zeithorizonte: 2025, 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 500 MW (2025) und 3-4 GW (bis 2030)
- FCEVs: 15.000 (2025) und 300.000 (2030)
- HD-FCEVs: 3.000 (2025)
- 50 H₂-Tankstellen (2025)

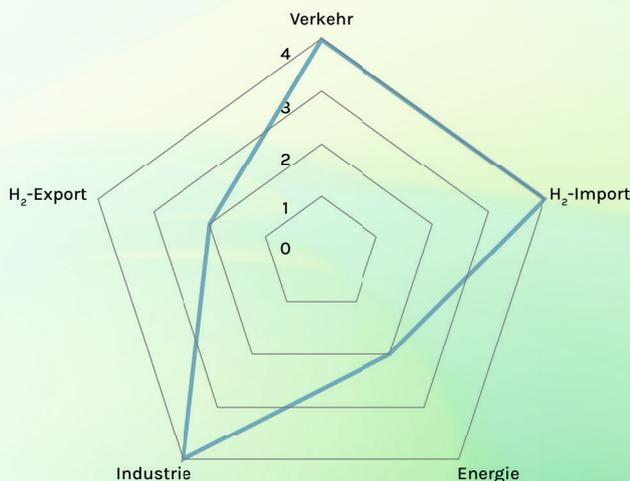
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-----------------------|---------------|--|--|
| Lastverkehr PKW | Flugverkehr | Schienenverkehr Bergbaufahrzeuge Busse/Taxis Schiffsverkehr | |
| Chemie Raffinerien | | | |
| | | Gebäudewärme | Prozesswärme/ Hochtemperaturwärme Elektrizität/ Speicherung |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - Busse/Taxis, Flugverkehr
 - Sonstiges: Gabelstapler, Hafengeräte, Fahrzeuge im Verteidigungssektor
- Industrie
 - Stahl
 - Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau

7. DEUTSCHLAND (GER) – DIE NATIONALE WASSERSTOFFSTRATEGIE

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), nun: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
- Veröffentlicht: 06/2020
- Zeithorizonte: 2020, 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 5 GW (10 GW nach Koalitionsvertrag) bis 2030 und Zubau von 5 GW bis 2040
- Klimaneutralität bis 2050 (bis 2045 nach Koalitionsvertrag)

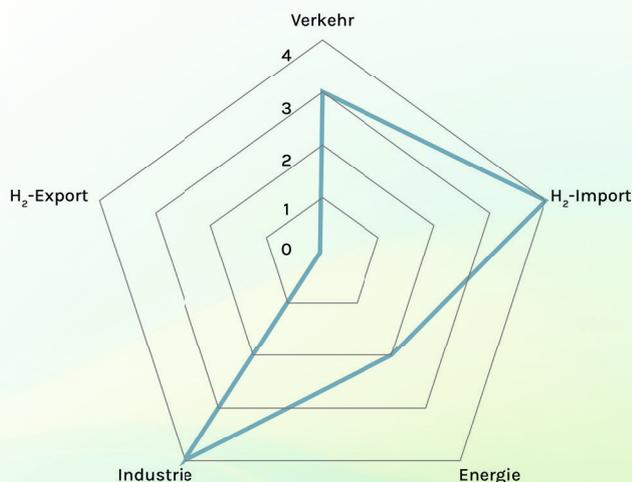
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-----------------------|---|--|--------------------------------|
| | Lastverkehr Synthetische Kraftstoffe | Flugverkehr Schiffsverkehr Fahrzeuge im Verteidigungssektor | Busse/Taxis Schienenverkehr |
| Chemie Raffinerien | Stahl | | |
| | | Gebäudewärme Prozesswärme/ Hochtemperaturwärme Elektrizität/Speicherung | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - PKW
 - Sonstiges: Bergbaufahrzeuge, Gabelstapler, Hafengeräte, Agrarmaschinen
- Industrie
 - Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau

8. NORWEGEN (NOR) – THE NORWEGIAN GOVERNMENT’S HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Norwegisches Ministerium für Erdöl und Energie & Norwegisches Ministerium für Klima und Umwelt
- Veröffentlicht: 06/2020
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Keine expliziten Angaben

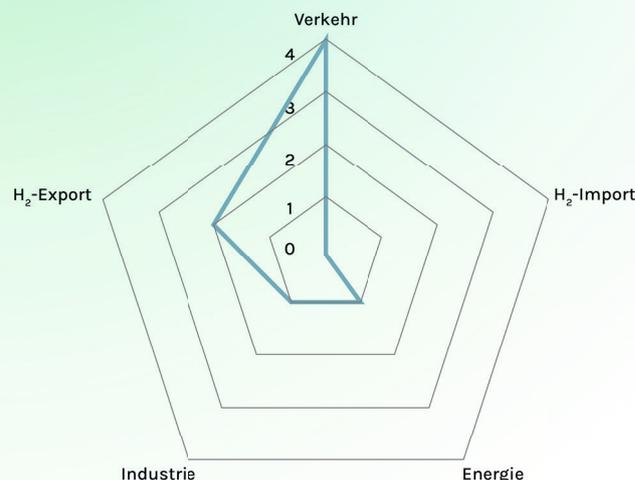
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✗
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✗
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------------------------|---------------|-------------|--|
| Lastverkehr Schiffsverkehr | | | Flugverkehr Fahrzeuge im Ver- teidigungssektor |
| | | | Chemie Raffinerien |
| | | | Prozesswärme/ Hoch- temperaturwärme |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW, Busse/Taxis, Schienenverkehr
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Berg-
baufahrzeuge, Hafengeräte
- Industrie
 - › Stahl
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau
- Energie
 - › Gebäudewärme, Elektrizität/ Speicherung

9. EUROPÄISCHE UNION (EU) – A HYDROGEN STRATEGY FOR A CLIMATE-NEUTRAL EUROPE

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Europäische Kommission
- Veröffentlicht: 07/2020
- Zeithorizonte: 2024-2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 6 GW (2020er); 40 GW + 40 GW in Nachbarländern (bis 2030)
- Produktionsmengen: 1 Mt EE-H₂ (2020er) und 10 Mt EE-H₂ (bis 2030)

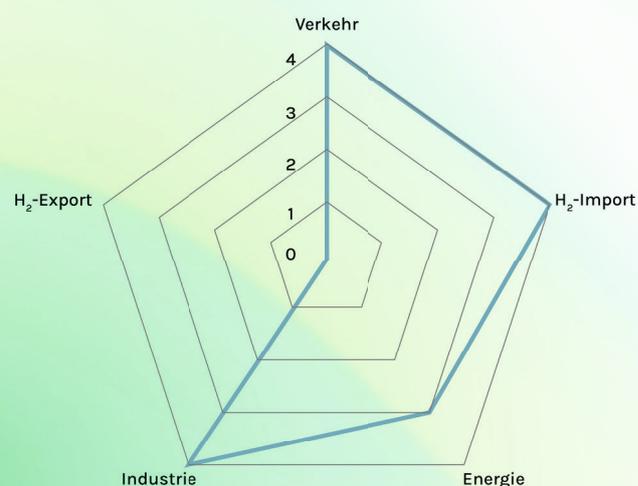
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom übergangsweise erlaubt.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|--------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|
| Lastverkehr Busse/ Taxis | Schienenverkehr | Flugverkehr Schiffsverkehr Synthetische Kraft- stoffe | |
| Chemie Raffinerien Stahl | | | |
| | Elektrizität/Spei- cherung | | Gebäudewärme |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Hafengeräte, Fahrzeuge im Verteidigungssektor
- Industrie
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/ Hochtemperaturwärme

10. PORTUGAL (PRT) – PORTUGAL NATIONAL HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Portugiesische Regierung
- Veröffentlicht: 08/2020
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- 50-100 H₂-Tankstellen (2030)
- 5% Anteil H₂ am Endenergieverbrauch (2030)

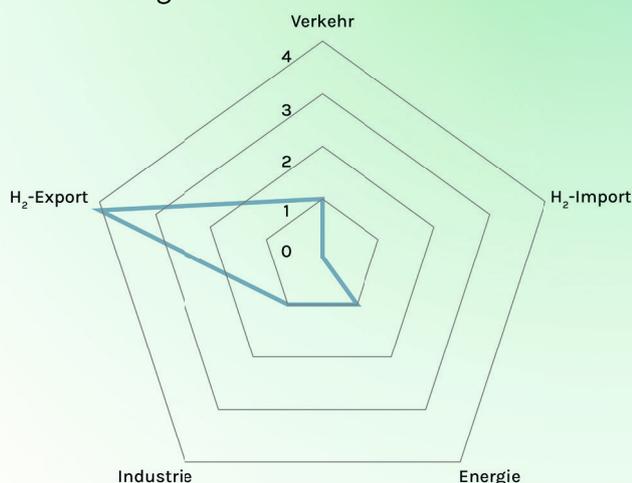
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------|---------------|-------------|---|
| | | | PKW Lastverkehr Busse/Taxis Flugverkehr Synthetische Kraftstoffe |
| | | | Chemie Raffinerien Stahl |
| | | | Elektrizität/Spei- cherung |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Schiffsverkehr, Schienenverkehr
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Hafengeräte, Fahrzeuge im Verteidigungssektor
- Industrie
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/ Hochtemperaturwärme, Gebäudewärme

11. FRANKREICH (FRA) – STRATÉGIE NATIONALE POUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'HYDROGÈNE DÉCARBONÉ EN FRANCE

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Französische Regierung
- Veröffentlicht: 09/2020
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 6,5 GW (2030)

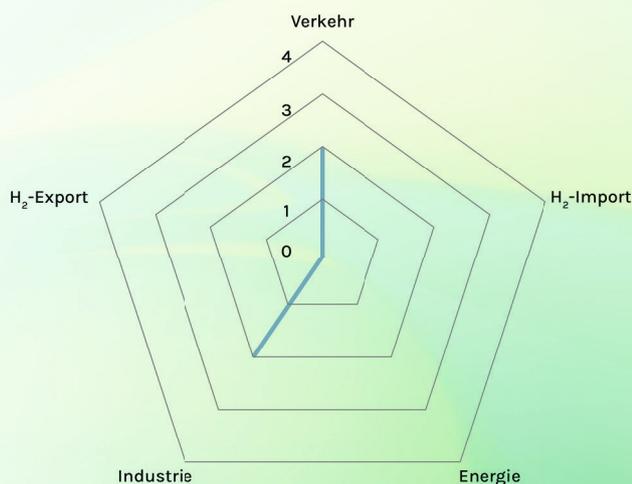
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✗
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✗
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✗
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom, da der eigene Strommix durch den Einsatz von Kernkraft emissionsarm ist.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------|---------------|-------------------------------|---|
| | | Schiffsverkehr Flugverkehr | Lastverkehr Busse/Taxis Schienenverkehr |
| | | Chemie | Raffinerien |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Hafengeräte, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Stahl
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme, Gebäudewärme, Elektrizität/ Speicherung

12. CHILE (CHL) – NATIONAL GREEN HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Chilenisches Energieministerium
- Veröffentlicht: 09/2020
- Zeithorizonte: 2023-2028, 2028-2033, ab 2033

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 5 GW operativ oder Inbetriebnahme (2025); 25 GW (2030)
- H₂-Zielpreis < 1,5 \$/kg H₂

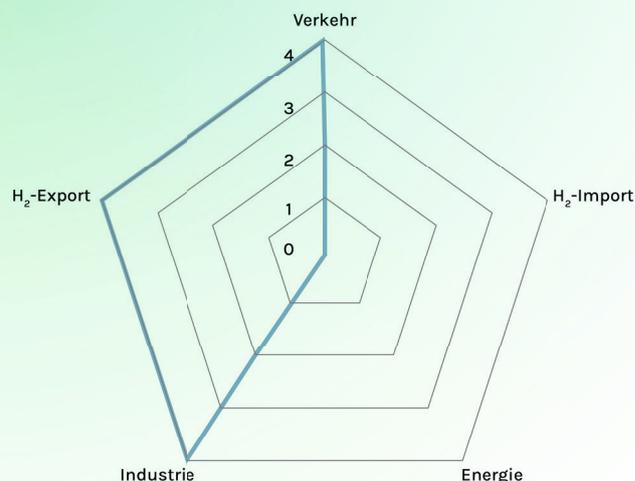
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|----------------------------|------------------|---|--------------------------|
| Busse/Taxis Lastverkehr | Bergbaufahrzeuge | Schiffsverkehr Flugverkehr Synthetische Kraftstoffe | |
| Chemie Raffinerien | | Bergbau | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- **Verkehrssektor**
 - › PKW, Schienenverkehr
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Hafengeräte, Fahrzeuge im Verteidigungssektor
- **Industrie**
 - › Stahl
 - › Sonstiges: Zementindustrie
- **Energie**
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme, Gebäudewärme, Elektrizität/ Speicherung

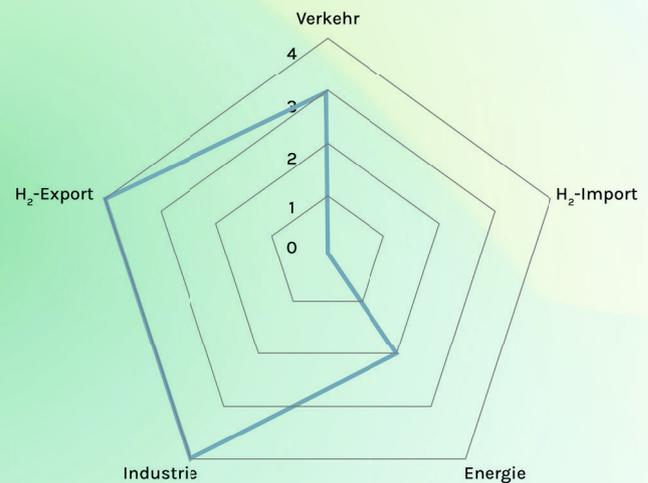
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



13. SPANIEN (ESP) – HOJA DE RUTA DEL HIDROGENO

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Spanisches Ministerium für den ökologischen Übergang und die demografische Herausforderung
- Veröffentlicht: 10/2020
- Zeithorizonte: 2024, 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 300-600 MW (2020er); 4 GW (2030)
- 150-200 FC-Busse (2030)
- 5.000-7.500 LD- und HD-FCEVs (2030)
- 100-150 H₂-Tankstellen (2030)

| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-----------------------|--|--|--------------------------|
| | Lastverkehr Schiffsverkehr Busse/Taxis Schienenverkehr Flugverkehr | | |
| Chemie Raffinerien | | | |
| | | Prozesswärme/ Hochtemperaturwärme Gebäudewärme Elektrizität/Speicherung | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Hafengeräte, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Stahl
 - › Sonstiges: Zementindustrie, Bergbau

14. ITALIEN (ITA) – STRATEGIA NAZIONALE IDROGENO LINEE GUIDA PRELIMINARI

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Italienisches Ministerium für wirtschaftliche Entwicklung
- Veröffentlicht: 11/2020
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 300-600 MW (2020er); 4 GW (2030)
- 150-200 FC-Busse (2030)
- 5.000-7.500 LD- und HD-FCEVs (2030)
- 100-150 H₂-Tankstellen (2030)

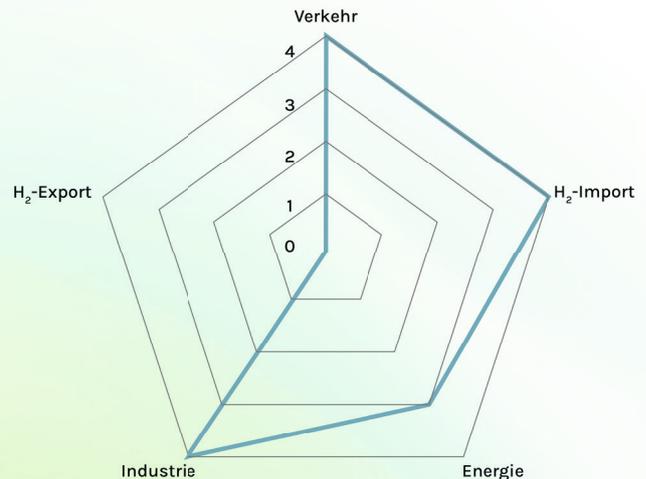
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|--------------------------------|---------------|--|--|
| Lastverkehr Schienenverkehr | | PKW Schiffsverkehr Flugverkehr | Busse/Taxis Synthetische Kraftstoffe |
| Chemie Raffinerien | | | Stahl Zement |
| | | Prozesswärme/ Hochtemperatur- wärme Gebäudewärme Elektrizität/Spei- cherung | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Hafengeräte, Fahrzeuge im Verteidigungssektor
- Industrie
 - › Sonstiges: Bergbau

15. VEREINIGTE STAATEN VON AMERIKA (USA) – HYDROGEN PROGRAM PLAN

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: Amerikanisches Energieministerium
- Veröffentlicht: 11/2020
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- H₂-Kosten: 2 \$/kg (Transport); 1 \$/kg (Industrie/
Stationäre Anwendungen)

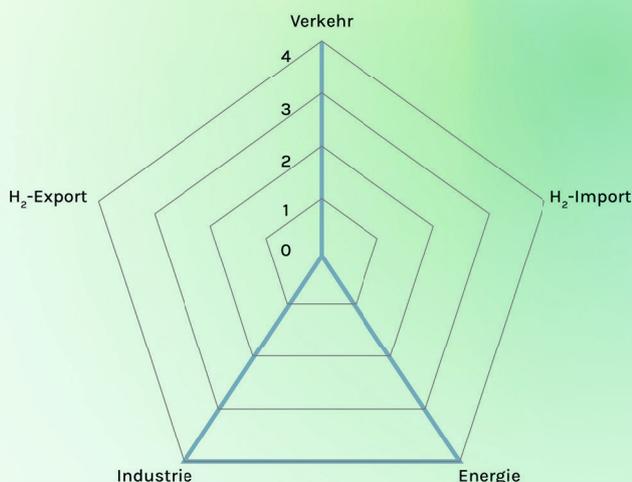
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------------------------|---|-------------|---|
| PKW Busse/Taxis | Schiffsverkehr Flugverkehr | | Gabelstapler Synthetische Kraftstoffe |
| Chemie Raffinerien | Stahl Zement | | |
| Elektrizität/Spei- cherung | Prozesswärme/Hochtemperatur- wärme Gebäudewärme | | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Sonstiges: Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Fahrzeuge im Verteidigungssektor
- Industrie
 - › Sonstiges: Bergbau

16. KANADA (CAN) – HYDROGEN STRATEGY FOR CANADA

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Kanadische Regierung
- Veröffentlicht: 12/2020
- Zeithorizonte: 2020-2025, 2025-2030, 2030-2050

2. Zielvorgaben

- H₂-Zielpreis 1,5-3,5 \$/kg H₂
- H₂-Erzeugung: 3 Mt H₂/a (2020er und 2030); 4 Mt H₂/a (2040); 20 Mt H₂/a (2050)
- FC-Busse: 5.000 (2025)
- 30% Anteil von H₂ am Endenergieverbrauch (2050)

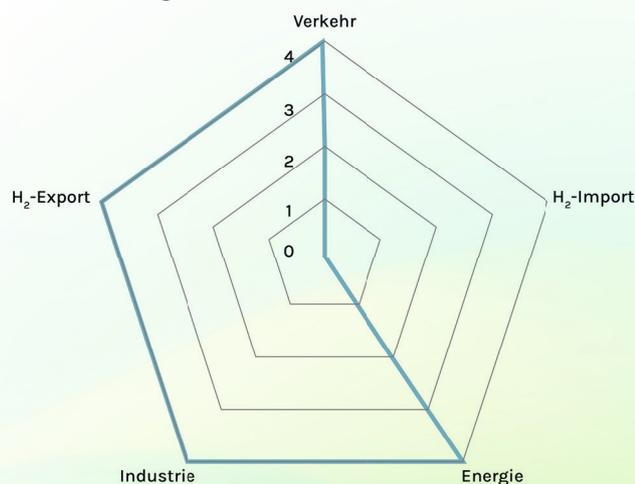
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Atomstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|---------------------|--|-------------|--------------------------|
| PKW Gabelstapler | Lastverkehr Schiffsverkehr Busse/Taxis Schienenverkehr Hafengeräte | | |
| Raffinerien | Chemie Bergbau | Stahl | |
| | Gebäudewärme Elektrizität/Spei- cherung | | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Flugverkehr
 - › Sonstiges: Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Sonstiges: Zement
- Energie
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme

17. UNGARN (HUN) – HUNGARY'S NATIONAL HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Ungarische Regierung
- Veröffentlicht: 05/2021
- Zeithorizonte: 2030, 2040, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 240 MW (2030)
- H₂-Erzeugung: 20 kt low-carbon H₂ und 16 kt EE-H₂ (2030)
- 4.800 Fahrzeuge
- 60 H₂-Tankstellen (2030)

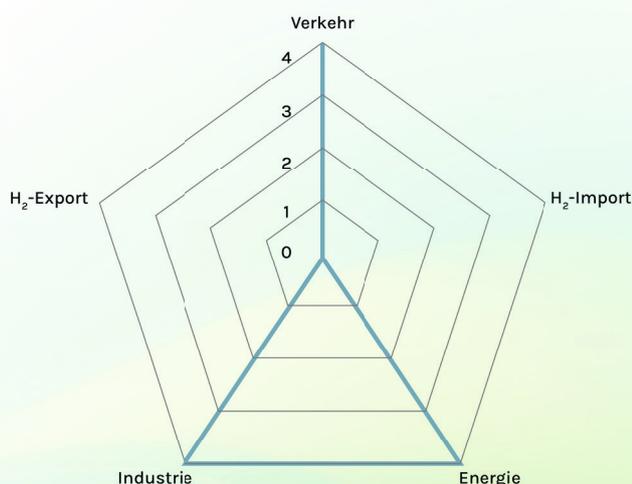
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✗
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Atomstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|--------------------------|
| Lastverkehr Busse/Taxis | Schienenverkehr Schiffsverkehr | | |
| Chemie Raffinerien | Stahl Zement | | |
| Elektrizität/Spei- cherung | | | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW, Flugverkehr
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, Hafengeräte, synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Sonstiges: Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme, Gebäudewärme

18. POLEN (POL) – POLISH HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Polnisches Ministerium für Klima und Umwelt
- Veröffentlicht: 05/2021
- Zeithorizonte: 2030, 2040

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 50 MW (2030); 2 GW (2040)
- FC-Busse: 100-250 (2025); 800-1.000 (2030)
- 32 H₂-Tankstellen

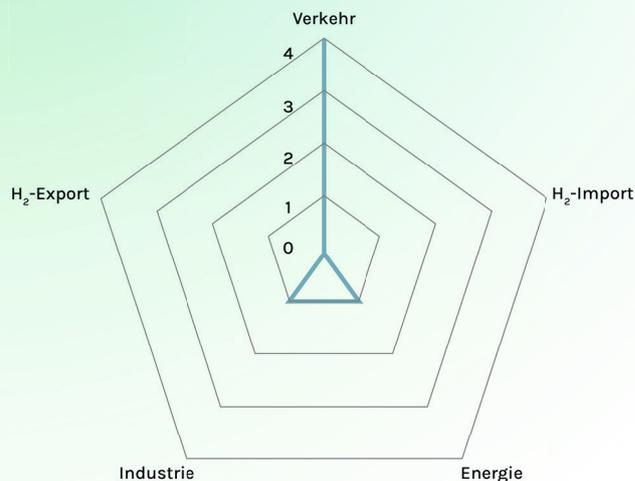
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✗
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✗
- Reduktion H₂-Kosten ✗
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------|---------------|-------------|--|
| Busse/Taxis | | | Schiffsverkehr Flugverkehr Schienenverkehr |
| | | | Chemie Raffinerien Stahl |
| | | | Elektrizität/Speicherung |

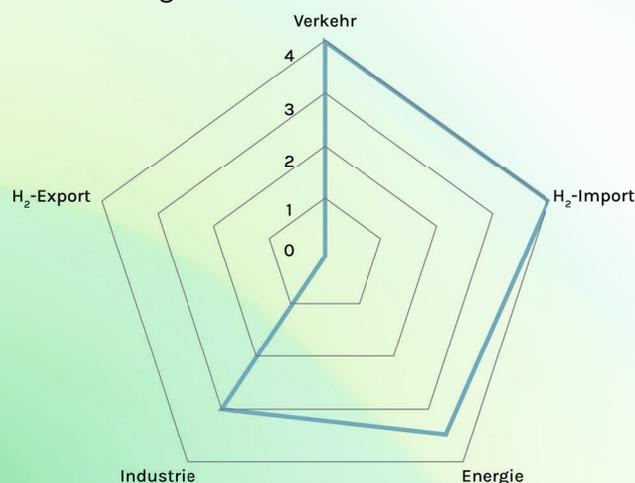
4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Atomstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW, Lastverkehr
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, Hafengeräte, synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Sonstiges: Zement, Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme, Gebäudewärme

5. Anwendungsfelder



19. VEREINIGTES KÖNIGREICH (GBR) – UK HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Staatssekretariat für Wirtschaft, Energie und Industriestrategie
- Veröffentlicht: 08/2021
- Zeithorizonte: 2025, 2030, 2040

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 1 GW (2025); 5 GW (2030)

3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|--|--|-------------|--------------------------|
| Busse/Taxis Lastverkehr | Schienenverkehr Flugverkehr Schiffsverkehr | | |
| | Chemie Stahl | | Raffinerien |
| Elektrizität/Speicherung Gebäudewärme | | | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, Hafengeräte, synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Sonstiges: Zement, Bergbau
- Energie
 - › Prozesswärme/Hochtemperaturwärme

20. RUSSLAND (RUS) – DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY IN THE RUSSIAN FEDERATION

1. Generelle Informationen

- Konzept
- Herausgeber: Russische Regierung
- Veröffentlicht: 08/2021
- Zeithorizonte: 2023, 2035, 2050

2. Zielvorgaben

- H₂-Exportmengen: 0,2 Mt (2024); 2-12 Mt (2035); 15-50 Mt (2050)

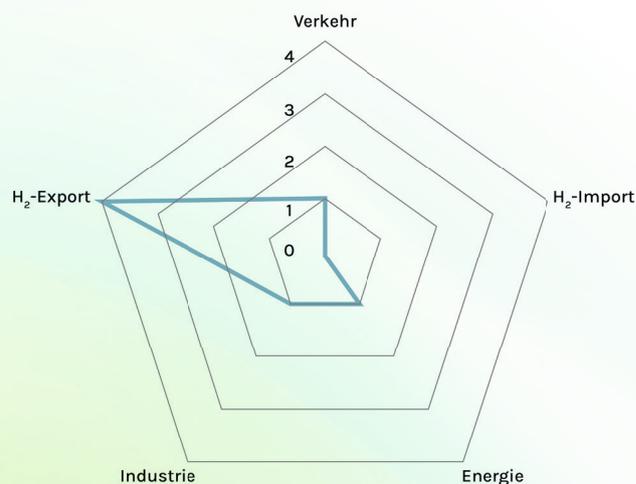
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✗
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS nutzen.
- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Atomstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|-------------|---------------|-------------|--|
| | | | Busse/Taxis PKW |
| | | | Raffinerien Chemie Stahl |
| | | | Elektrizität/Speicherung Gebäudewärme |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › Lastverkehr, Schiffsverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, Hafengeräte, synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - Sonstiges: Zement, Bergbau
- Energie
 - Prozesswärme/Hochtemperaturwärme

21. MAROKKO (MAR) – FEUILLE DE ROUTE HYDROGÈNE VERT

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: Marokkanisches Ministerium für Energie, Bergbau und Umwelt
- Veröffentlicht: 01/2021
- Zeithorizonte: 2030, 2040, 2050

2. Zielvorgaben

- Keine expliziten Angaben

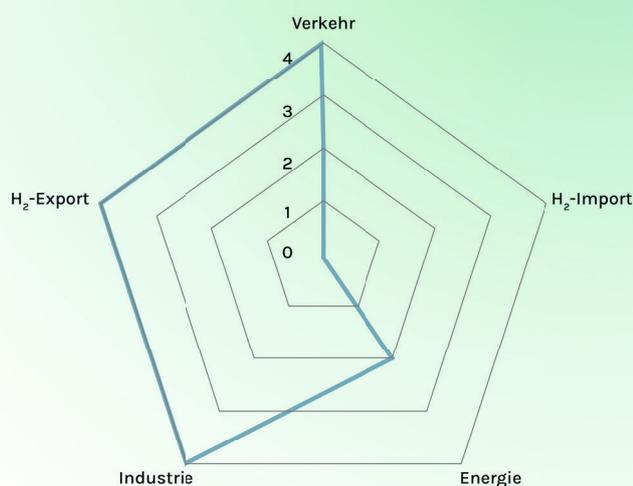
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✗
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|--------------------------|---------------|--|--------------------------|
| Synthetische Kraftstoffe | | Lastverkehr Busse/Taxis Flugverkehr | |
| Chemie | | Raffinerien | |
| | | Gebäudewärme Prozesswärme/ Hochtemperaturwärme | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW, Schiffsverkehr, Schienenverkehr
 - › Sonstiges: Bergbaufahrzeuge, Gabelstapler, Hafengeräte, Agrarmaschinen
- Industrie
 - › Stahl
 - › Sonstiges: Zement, Bergbau
- Energie
 - › Elektrizität/Speicherung

22. TSCHECHIEN (CZE) – THE CZECH REPUBLIC'S HYDROGEN STRATEGY

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Tschechisches Ministerium für Industrie und Handel
- Veröffentlicht: 09/2021
- Zeithorizonte: 2021-2025, 2026-2030, 2031-2050

2. Zielvorgaben

- H₂-Zielpreis 1-1,5 Euro/kg H₂

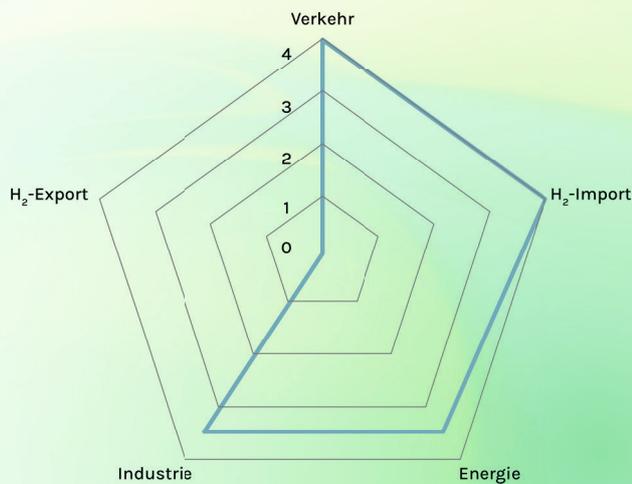
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- Etablierung H₂-Wirtschaft ✓
- Neue Arbeitsplätze/Ausbildung Fachpersonal ✓
- Fördermittel/staatliche Unterstützung ✓
- Internationale Kooperationen ✓
- Reduktion H₂-Kosten ✓
- CO₂-Bepreisung ✓
- Aufbau Infrastruktur ✓
- Regulatorischer Rahmen/Zertifizierungen ✓
- F&E ✓

4. H₂-Erzeugung

- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Keine Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



| Kurzfristig | Mittelfristig | Langfristig | Ja (keine Zeitangabe) |
|---|-----------------|-------------|--------------------------|
| Busse/Taxis Lastverkehr | Schienenverkehr | | PKW |
| Chemie Raffinerien Stahl | | | |
| Prozesswärme/ Hochtemperatur- wärme | Gebäudewärme | | |

Nicht adressiert in diesem Dokument:

- Verkehrssektor
 - › PKW, Schiffsverkehr, Flugverkehr
 - › Sonstiges: Gabelstapler, Agrarmaschinen, Bergbaufahrzeuge, Fahrzeuge im Verteidigungssektor, Hafengeräte, synthetische Kraftstoffe
- Industrie
 - › Sonstiges: Zement, Bergbau
- Energie
 - › Elektrizität/Speicherung

Kontakt

KONTAKTPERSONEN

Dominik Blaumeiser

Dominik.blaumeiser@dechema.de

Jens Artz

Jens.artz@dechema.de

HERAUSGEBER



DECHEMA

Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.



acatech

DEUTSCHE AKADEMIE DER
TECHNIKWISSENSCHAFTEN

Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

info@dechema.de
www.dechema.de

Pariser Platz 4a
10117 Berlin

info@acatech.de
www.dechema.de

EMPFOHLENE ZITIERWEISE

DECHEMA, acatech (Hrsg.), Internationale Wasserstoff-
strategien im Vergleich, Frankfurt 2022.

FOTONACHWEIS TITELSEITE

© beeboys - stock.adobe.com

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages