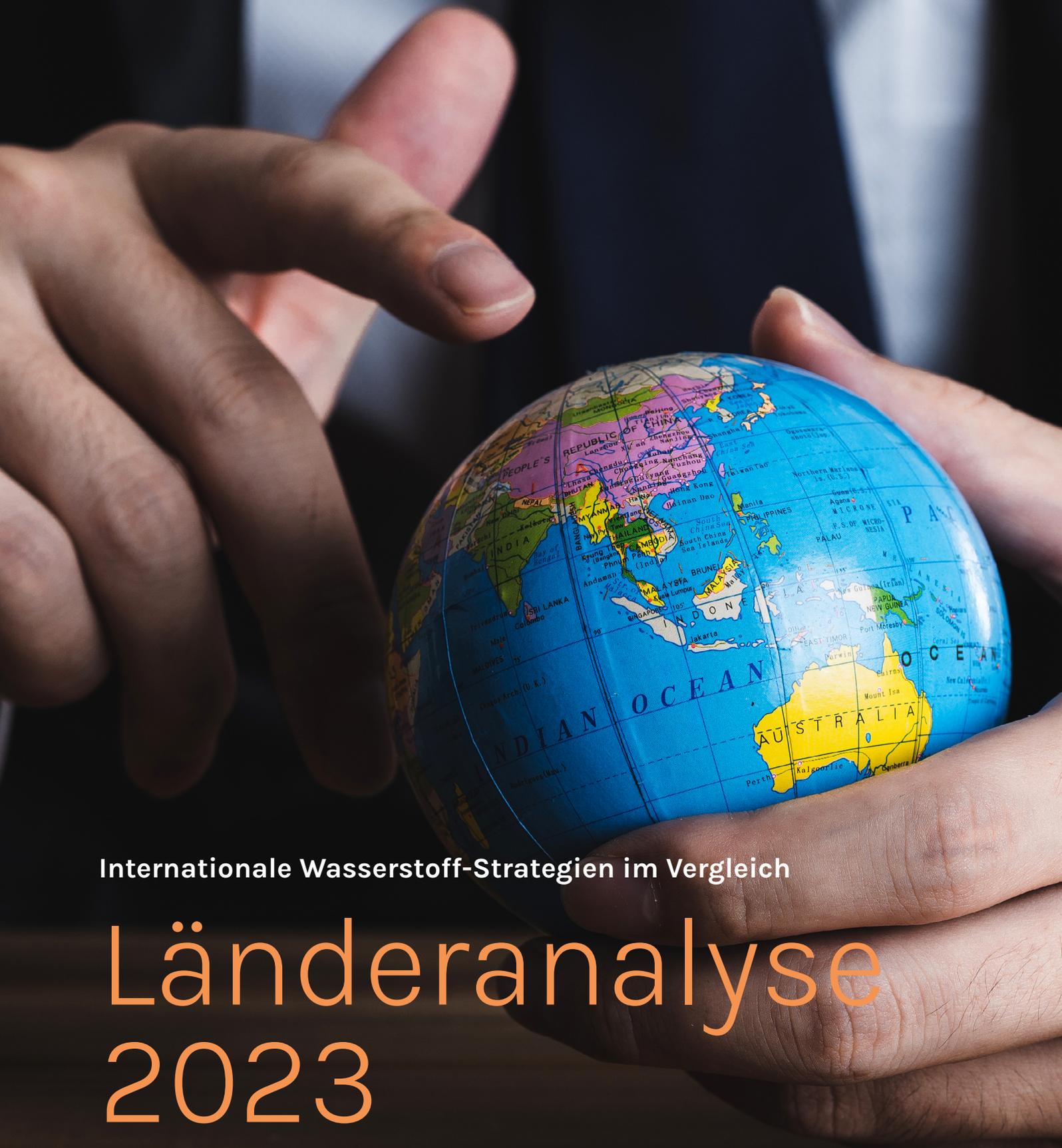




WASSERSTOFF KOMPASS

02/2024



Internationale Wasserstoff-Strategien im Vergleich

Länderanalyse 2023

Inhalt

Vorwort	5
Kurzfassung	6
Länderauswahl	8
Methodik	10
Ziele und Zielvorgaben der Länder	11
Häufig adressierte Aspekte in den Strategien	14
Verwendung fossilen Wasserstoffs	15
Wasserelektrolyse	17
Weitere Wasserstofferzeugung / -gewinnung	21
Anwendungsfelder	22
Import und Export von Wasserstoff	33
Anhang	37
Kontakt	81

Abkürzungen

CCS	Carbon Capture and Storage	k. A.	keine Angabe
CCU	Carbon Capture and Utilization	kf	kurzfristig, im Zeitraum bis 2030
CCUS	Carbon Capture Utilization and Storage	LD-FCEV	Light Duty Fuel Cell Electric Vehicle
EE	erneuerbare Energien	lf	langfristig, im Zeitraum ab 2040
EU	Europäische Union	LOHCs	Liquid organic hydrogen carriers
FC	Fuel Cell	mf	mittelfristig, im Zeitraum ab 2030
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle	PKW	Personenkraftwagen
F&E	Forschung und Entwicklung	RED	Renewable Energy Directive
HD-FCEV	Heavy Duty Fuel Cell Electric Vehicle	USD	US-Dollar

Verwendete Ländercodes

ARE	Vereinigte Arabische Emirate	ITA	Italien
AUS	Australien	JPN	Japan
AUT	Österreich	KEN	Kenia
BEL	Belgien	KOR	Südkorea
BRA	Brasilien	MAR	Marokko
CAN	Kanada	NAM	Namibia
CHL	Chile	NLD	Niederlande
CHN	China	NOR	Norwegen
COL	Kolumbien	NZL	Neuseeland
CZE	Tschechien	POL	Polen
DNK	Dänemark	PRT	Portugal
ESP	Spanien	PRY	Paraguay
FIN	Finnland	RUS	Russland
FRA	Frankreich	SGP	Singapur
GBR	Vereinigtes Königreich	SVK	Slowakei
GB-SCT	Schottland	SWE	Schweden
GER	Deutschland	TUR	Türkei
HRV	Kroatien	URY	Uruguay
HUN	Ungarn	USA	Vereinigte Staaten von Amerika
IND	Indien	US-CAL	Kalifornien
IRL	Irland	ZAF	Südafrika

Vorwort

Wasserstoff ist als Baustein der Energiewende unverzichtbar. Er kann vielfältig zur Defossilisierung der Industrie, des Verkehrs und des Energie- und Gebäudesektors eingesetzt werden.

Ähnlich vielfältig wie die Einsatzmöglichkeiten sind auch die technologischen Bereitstellungsoptionen und die geografischen Regionen, in denen Wasserstoff erzeugt werden kann. Unterschiedliche Länder und Regionen weisen unterschiedliche Rohstoffvorkommen oder Potentiale an erneuerbaren Energien auf und setzen daher auf verschiedene Technologien zur Wasserstoffherzeugung beziehungsweise Import- oder Exportstrategien.

Im Dezember 2022 wurde eine erste Analyse internationaler Wasserstoffstrategien und Roadmaps von Seiten des Wasserstoff-Kompasses veröffentlicht. In diese Analyse flossen zum damaligen Stand 22 Dokumente ein. Aufgrund der Vielzahl an Updates (beispielsweise die Fortschreibung der deutschen Nationalen Wasserstoffstrategie im Juli 2023) sowie neu

veröffentlichten Strategien und Roadmaps erfolgt nun eine Aktualisierung der Länderanalyse des Wasserstoff-Kompasses.

In die vorliegende Länderanalyse sind nunmehr 43 Strategien unterschiedlicher Länder und Regionen mit teilweise sehr ambitionierten Zielen eingeflossen. Da die einzelnen Strategien zu unterschiedlichen Zeiten entstanden und veröffentlicht worden sind, können scheinbare Widersprüche auftreten. Beispielsweise soll entsprechend der fortgeschriebenen Strategie Deutschlands Wasserstoff bereits bis 2030 im Flugverkehr eingesetzt werden. Diese Aussage spiegelt EU-Regulatorik wider, die verbindliche Beimischungsquoten von nachhaltigen Flugkraftstoffen vorsieht. Aufgrund der Veröffentlichungsreihenfolge fehlen entsprechende Aussagen allerdings in der EU-Strategie sowie in den Strategien anderer EU-Länder.

Wir wünschen Ihnen viel Spaß bei der Lektüre,
Ihr Wasserstoff-Kompass-Team

Kurzfassung

Der Einsatz von Wasserstoff wird in den analysierten Strategien stark mit dem Klimaschutz beziehungsweise dem Pariser Klimaabkommen verknüpft. Auch wirtschaftliche Beweggründe spielen für den zukünftigen Einsatz von Wasserstoff eine Rolle.

In vielen Strategien und Roadmaps werden explizite Zielvorgaben definiert. So geben beispielsweise 16 europäische Länder explizite Elektrolysekapazitäten von insgesamt etwa 50 GW für das Jahr 2030 an. Darüber hinaus werden in einigen Papieren explizite Zielpreise für Wasserstoff im Bereich von 4,50 €/kg bis zu unter 1 €/kg formuliert. In einigen Fällen variieren diese Angaben auch in Abhängigkeit des Anwendungsbereichs, in dem Wasserstoff eingesetzt werden soll.

Den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft unterstützen die Länder durch entsprechende Fördermaßnahmen. Auch die Wichtigkeit gemeinsamer Kooperationen sowie Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten wird immer wieder betont. Als Grundlage für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft wird in den meisten Fällen auch auf Infrastrukturmaßnahmen verwiesen, um Wasserstoff und seine Derivate entsprechend verteilen zu können. Aber auch das Erreichen der Kostenparität zwischen fossil-basiertem und erneuerbarem Wasserstoff spielt eine wichtige Rolle. Hierfür wird teilweise eine CO₂-Bepreisung genannt.

Im Rahmen der Wasserstofferzeugung geben über die Hälfte der Strategien und Roadmaps an, fossil-basierten Wasserstoff ohne CO₂-Abscheidung¹ ersetzen zu wollen. Dennoch gibt es durchaus Länder, die auch zukünftig auf diese Art der Wasserstoffproduktion setzen. Fossil-basierter Wasserstoff mit CO₂-Abscheidung und -Verpressung² (oder -Nutzung) wird in mehr als der Hälfte der Papiere als relevante Option genannt.

Teilweise wird jedoch explizit darauf hingewiesen, dass dessen Einsatz nur zeitlich befristet erfolgen soll, um einen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen. Einigkeit herrscht bezüglich des Ziels, die Wasserelektrolyse als Technologie einzusetzen. Hinsichtlich des einzusetzenden Stroms (Strommix aus dem Netz, Atomstrom, Strom aus erneuerbaren Energien) variieren allerdings die Ansichten und hängen stark von lokalen Gegebenheiten ab.

Dies zeigt sich auch, wenn man die Einsatzgebiete für Wasserstoff und seine Derivate betrachtet:

Im Verkehr wird ein Einsatz insbesondere im Schwerlastverkehr sowie für Flottenverbünde gesehen. Insbesondere bezüglich Brennstoffzellenfahrzeugen gibt es stark abweichende Ansichten, ob ein Einsatz eher kurzfristig erfolgen sollte, oder ob dieser als weniger relevant eingestuft wird.

Im Bereich der industriellen Verbraucher werden die chemische Industrie und auch die Raffinerien als sehr relevant eingestuft. Denn dort bestehen bereits jetzt hohe Wasserstoffbedarfe und entsprechendes Wissen im Umgang mit Wasserstoff ist vorhanden. Aber auch die Stahlindustrie wird als sehr attraktiv eingestuft, wenn es um den Einsatz von Wasserstoff im Rahmen ihrer Transformationsstrategie geht.

Im Gegensatz zum Verkehr und der Industrie wird der Einsatz von Wasserstoff im Energiesektor eher mittel- bis langfristig gesehen. Allerdings wird durchaus betont, dass Wasserstoff und seinen Derivaten in einigen Bereichen, beispielsweise der Hochtemperaturprozesswärme, eine relevante Rolle zukommen wird, da Elektrifizierung teilweise technologisch nicht möglich oder ökonomisch nicht sinnvoll ist.

¹auch bekannt als „grauer“ Wasserstoff

²auch bekannt als „blauer“ Wasserstoff

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass Wasserstoffbedarfe global steigen werden. Offen ist die Frage, wie diese zukünftigen Wasserstoffbedarfe gedeckt werden können. Viele Länder haben sich positioniert und wollen als Exporteur von Wasserstoff auftreten. Dem gegenüber gibt es eine geringere Anzahl an Län-

dern, die explizit angeben, auf Wasserstoffimporte angewiesen zu sein, da die eigenen Erzeugungspotenziale nicht ausreichen. Ein Sonderfall stellen Länder dar, die als Transitländer auftreten wollen – also Wasserstoff importieren, um ihn dann weiter an andere Staaten verteilen zu können.

Länderauswahl

Die nachfolgende Weltkarte zeigt, welche Wasserstoffstrategien oder Roadmaps in der aktualisierten Auswertung erfasst wurden. Die Analyse wurde von 22 Ländern oder Regionen (Stand 12/2022, blau) auf insgesamt 43 Länder und Regionen erweitert (Stand 11/2023, grün).

Im Großteil der Strategien und Roadmaps 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 Brennstoffzellen, vor allem im

Verkehrs-, aber auch im Energiesektor. Aufgrund der wirtschaftlichen Relevanz beider Regionen werden sie allerdings an geeigneter Stelle ebenfalls in der Auswertung berücksichtigt.

Im Falle überarbeiteter Strategien und Roadmaps wurde die jeweils neueste Version berücksichtigt. Nur für Deutschland wurde die im Jahr 2023 von der deutschen Bundesregierung veröffentlichte Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie ergänzend zu der Strategie aus dem Jahr 2020 separat diskutiert, um einen Rückschluss auf die Veränderungen seit Erstveröffentlichung zuzulassen.

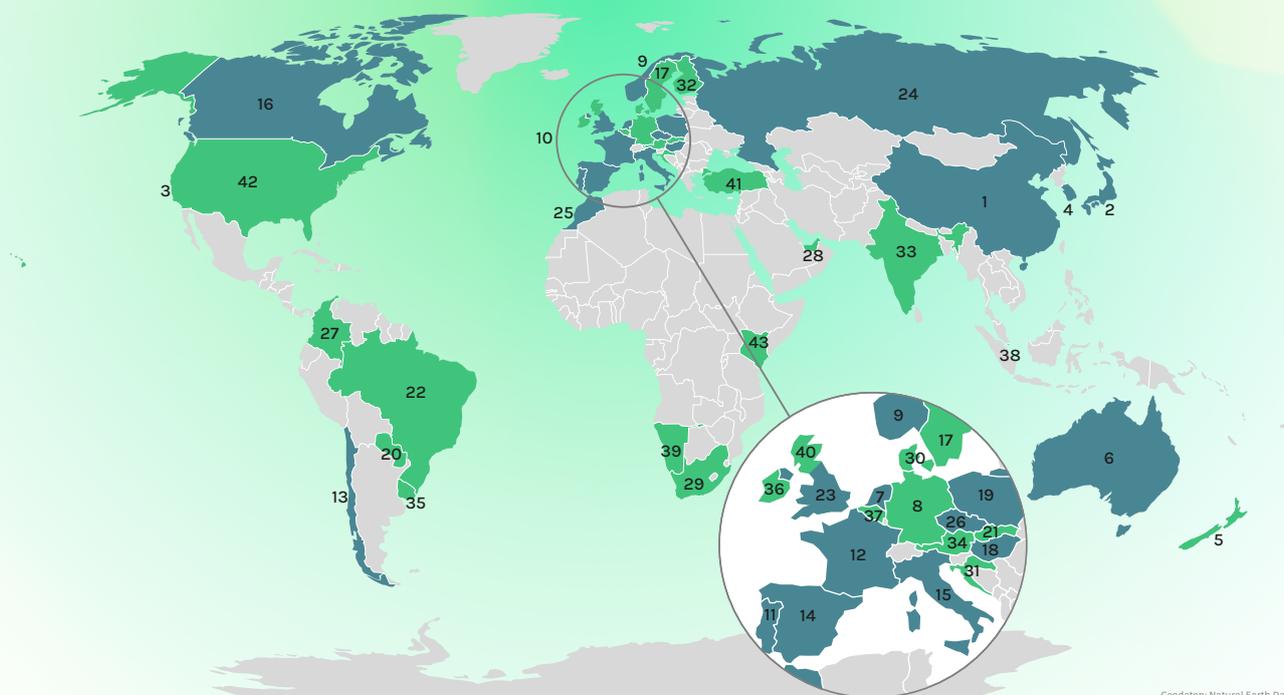


Abbildung 1: Die markierten Länder inklusive der EU sind in der Analyse berücksichtigt (in blau: Länder aus der ersten Version; in grün: neu ergänzte Länder),

**LISTE DER AUSGEWERTETEN DOKUMENTE (CHRONOLOGISCH NACH ERSCHEINUNGSDATUM;
INKL. LÄNDERCODES:**

1. China (CHN), Fuel Cell Vehicle Roadmap, 11/2017
2. Japan (JPN), Basic Hydrogen Strategy, 12/2017
3. Kalifornien (US-CAL), The California Fuel Cell Revolution, 07/2018
4. Südkorea (KOR), Hydrogen Economy Roadmap of Korea, 01/2019
5. Neuseeland (NZL), A Vision for Hydrogen in New Zealand, 09/2019
6. Australien (AUS), Australia's National Hydrogen Strategy, 11/2019
7. Niederlande (NLD), Government Strategy on Hydrogen, 04/2020
8. Deutschland (GER), Die Nationale Wasserstoffstrategie, 06/2020 & Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie, 07/2023
9. Norwegen (NOR), The Norwegian Government's Hydrogen Strategy, 06/2020
10. Europäische Union (EU), A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe, 07/2020
11. Portugal (PRT), Portugal National Hydrogen Strategy, 08/2020
12. Frankreich (FRA), Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France, 09/2020
13. Chile (CHL), National Green Hydrogen Strategy, 09/2020
14. Spanien (ESP), Hoja de Ruta del Hidrogeno, 10/2020
15. Italien (ITA), Strategia Nazionale Idrogeno Linee Guida Preliminari, 11/2020
16. Kanada (CAN), Hydrogen Strategy for Canada, 12/2020
17. Schweden (SWE), Strategy for fossil free competitiveness, 01/2021
18. Ungarn (HUN), Hungary's National Hydrogen Strategy, 05/2021
19. Polen (POL), Polish Hydrogen Strategy, 05/2021
20. Paraguay (PRY), Towards the Green Hydrogen Roadmap in Paraguay, 06/2021
21. Slowakei (SVK), National Hydrogen Strategy: Ready for the Future, 06/2021
22. Brasilien (BRA), Programa Nacional do Hidrogênio, 07/2021
23. Vereinigtes Königreich (GBR), UK Hydrogen Strategy, 08/2021
24. Russland (RUS), Development of Hydrogen Energy in the Russian Federation, 08/2021
25. Marokko (MAR), Feuille de Route Hydrogène Vert, 08/2021
26. Tschechien (CZE), The Czech Republic's Hydrogen Strategy, 09/2021
27. Kolumbien (COL), Colombia's Hydrogen Roadmap, 09/2021
28. Vereinigte Arabische Emirate (ARE), Hydrogen: From Hype to Reality, 2021
29. Südafrika (ZAF), Hydrogen Society Roadmap for South Africa 2021, 2021
30. Dänemark (DNK), The Government's Strategy for Power-to-X, 12/2021
31. Kroatien (HRV), Hydrogen Strategy of the Republic of Croatia until 2050, 03/2022
32. Finnland (FIN), Hydrogen economy - Opportunities and limitations, 05/2022
33. Indien (IND), Harnessing Green Hydrogen, 06/2022
34. Österreich (AUT), Wasserstoffstrategie für Österreich, 06/2022
35. Uruguay (URY), Green Hydrogen Roadmap in Uruguay, 06/2022
36. Irland (IRL), Consultation on Developing a Hydrogen Strategy for Ireland, 07/2022
37. Belgien (BEL), Vision and strategy, Hydrogen, Update October 2022, 10/2022
38. Singapur (SGP), Singapore's National Hydrogen Strategy, 10/2022
39. Namibia (NAM), Namibia. Green Hydrogen and Derivatives Strategy, 11/2022
40. Schottland (GB-SCT), Hydrogen Action Plan, 12/2022
41. Türkei (TUR), Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi Ve Yol Haritası, 01/2023
42. Vereinigte Staaten von Amerika (USA), U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap, 06/2023
43. Kenia (KEN), Green Hydrogen Strategy and Roadmap for Kenya, 09/2023

Methodik

Um eine Grundlage für den Vergleich zu schaffen, wurden alle Dokumente 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 Wasserstoffermengungen.
- häufig adressierte, übergreifende Aspekte identifiziert, zum Beispiel ob durch den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft neue Arbeitsplätze entstehen.
- die Technologien untersucht, auf die die einzelnen Länder bei der inländischen Wasserstoffherzeugung setzen.
- die Anwendungsfelder erfasst, in denen Wasserstoff kurz-, mittel-, oder langfristig eingesetzt werden soll.

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

Ziele und Zielvorgaben der Länder

Die Beweggründe für den Einsatz von Wasserstoff sind verschieden. Ein Großteil der Strategien (35 von insgesamt 41) verknüpft den Einsatz von Wasserstoff mit dem Erreichen der Ziele des Pariser Klimaabkommens. Allerdings gibt es auch Länder, die den Einsatz von Wasserstoff primär aus wirtschaftlichen Gründen verfolgen (zum Beispiel AUS, RUS).

In mehr als der Hälfte der Papiere (25/41) werden konkrete Erzeugungskapazitäten für Wasserstoff auf Basis von EE-Strom definiert (siehe Abbildung 2 und 3). So wurden insgesamt ~52 GW von 17 Ländern in Europa (DEU, FRA, HUN, ITA, NLD, GBR, POL, PRT, ESP, AUT, HRV, BEL, DNK, SWE, SVK, TUR, FIN) für das Jahr 2030 angekündigt. In der Strategie der EU werden mindestens

40 GW Elektrolysekapazität für den gleichen Zeitpunkt angestrebt. Die Strategien der südamerikanischen Länder Chile, Uruguay und Kolumbien streben für 2030 insgesamt zwischen 27 und 30 GW Elektrolysekapazität an. 25 GW davon entfallen auf Chile. Die Vereinigten Staaten von Amerika streben 3 GW an. Die beiden afrikanischen Länder Südafrika und Kenia zielen für 2030 auf eine Elektrolyse-Kapazität von knapp 2 GW ab. Die größte geplante Elektrolysekapazität wurde in der indischen Strategie mit mindestens 25 bis hin zu 60 GW in 2030 definiert. Hierbei wurde angemerkt, dass die Kapazität im Jahr 2030 nochmals deutlich größer ausfallen könnte, um Wasserstoff oder Wasserstoffderivate für den Export bereitzustellen.

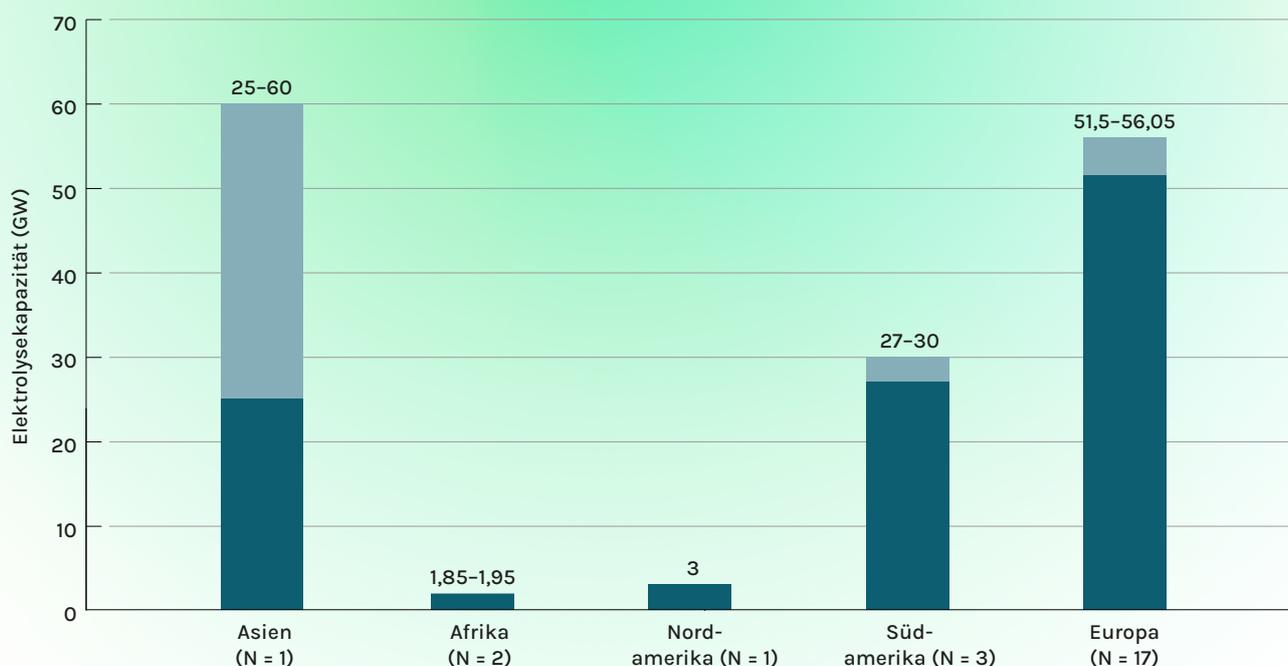


Abbildung 2: Weltweite Elektrolysekapazität bis 2030 nach Kontinent

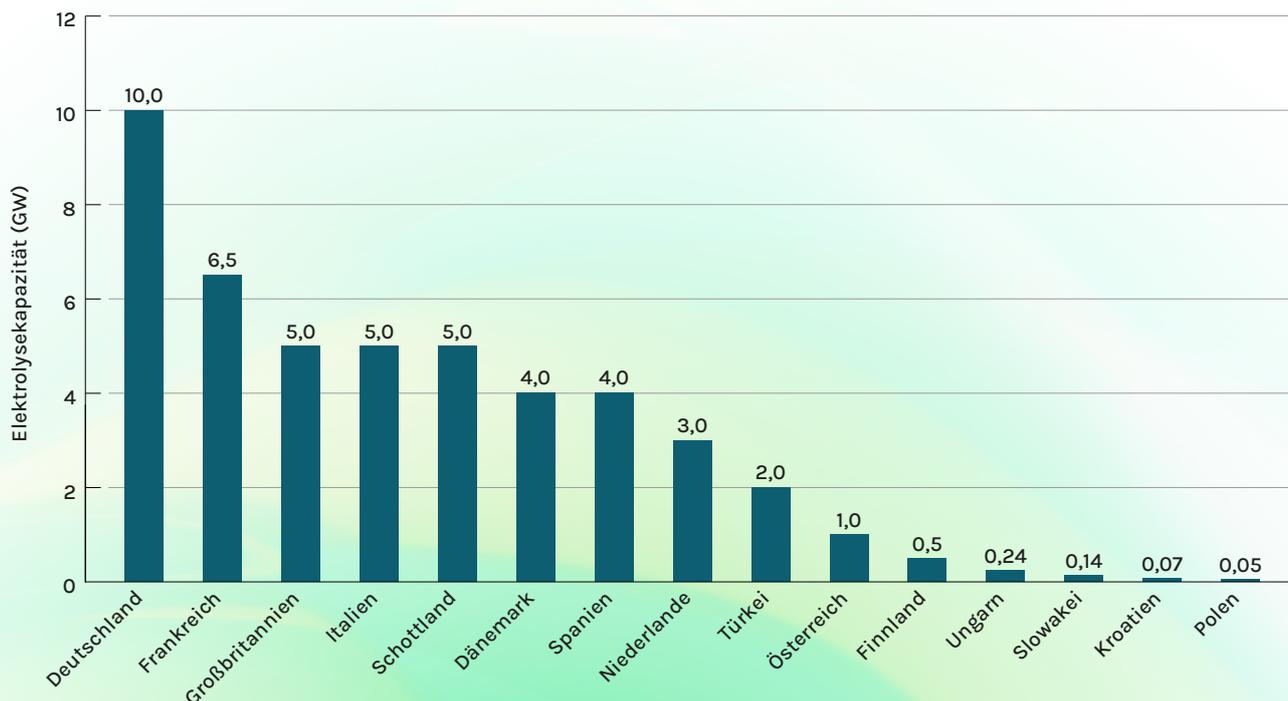


Abbildung 3: Länderspezifische Verteilung der Elektrolysekapazität (Minimum) in Europa in GW bis 2030

Konkrete Angaben zu den angestrebten Produktionsmengen von Wasserstoff machen nur wenige Länder (14/41). So plant zum Beispiel Ungarn für das Jahr 2030 die Erzeugung von 20 kt/a emissionsarmem und 16 kt/a emissionsfreiem Wasserstoff aus inländischer Produktion. Für dasselbe Zieljahr wollen Kanada 3 Mt/a und die EU sowie die Vereinigten Staaten von Amerika jeweils 10 Mt/a an Wasserstoff erzeugen. Allerdings müssen beim Vergleich solcher Angaben unterschiedliche Grundvoraussetzungen, zum Beispiel unterschiedliche Bevölkerungsdichten oder verfügbare Flächen, berücksichtigt werden.

Russland hat geplante Exportmengen von Wasserstoff angegeben. In dem entsprechenden Konzeptpapier wird eine Spanne von 2–12 Mt Wasserstoff für den Export im Jahr 2035 angestrebt. Im Rahmen der indischen Strategie werden mögliche Exportmengen an Ammoniak zwischen 4,15 und 4,9 Mt beschrieben.

Ein expliziter Zielpreis für elektrolysebasierten Wasserstoff wird in weniger als der Hälfte der Fälle angegeben (14/41). Hierbei reicht die Preisspanne von 0,60 €/kg H₂ (IND) bis zu etwa 4,50 €/kg H₂ (KOR) und variiert teilweise auch je nach Anwendungsgebiet. So definieren die Vereinigten Staaten von Amerika bei-

spielsweise verschiedene Zielpreise für die stationäre Energieversorgung (0,92 €/kg H₂³) und für den Verkehrssektor (1,83 €/kg H₂). Im Gegensatz dazu haben Schweden, Finnland und Uruguay nur Produktionskosten angegeben, welche laut Uruguay im Bereich von 1,37–2,20 €/kg H₂ im Jahr 2025 und 0,92–1,28 €/kg H₂ im Jahr 2050 liegen sollen.

15 Papiere definieren jeweils eine Anzahl an Brennstoffzellfahrzeugen für den Verkehrssektor (HUN, NLD, POL, ESP, CAN, JPN, KOR, US-CAL, CHN, COL, URY, ZAF, ARE, IND, SVK). Bis zum Jahr 2030 legen die Länder hierbei unterschiedlich hohe Ziele fest, die zwischen einigen Tausend FCEVs bis zu einer Million (US-CAL) liegen. Die höchste Angabe macht Südkorea mit 6,2 Mio. FCEVs im Jahr 2040, von denen 3,3 Millionen für den Export eingeplant sind. Die Arabischen Emirate geben keine konkreten Zielvorgaben an. Stattdessen planen sie bis zum Jahr 2050, die Hälfte der öffentlichen Flotte schwerer Nutzfahrzeuge auf Brennstoffzellentechnologie umzustellen.

Zwölf der Dokumente definieren zusätzlich eine genaue Anzahl an Wasserstofftankstellen, die errichtet werden sollen, um den Wasserstoffeinsatz im Straßenverkehr voranzubringen. Hierbei werden bis 2030

³ Zum Zeitpunkt der Umrechnung (22.11.2023) entspricht 1 USD 0,92 Euro

maximal bis zu 1.000 Tankstellen als Ziel angegeben (US-CAL, CHN).

Einig sind sich die Länder darin, dass Wasserstoff einen zunehmenden Anteil am Endenergieverbrauch ausmachen wird. Allerdings wird nur in sechs

Strategien definiert, wie hoch dieser Anteil sein soll. Beispielsweise streben Italien und Portugal für 2030 einen Wasserstoffanteil von 2 % bzw. 5 % am Energieverbrauch an. Kanada möchte bis 2050 30 % seines Endenergiebedarfs durch Wasserstoff decken.

Häufig adressierte Aspekte in den Strategien

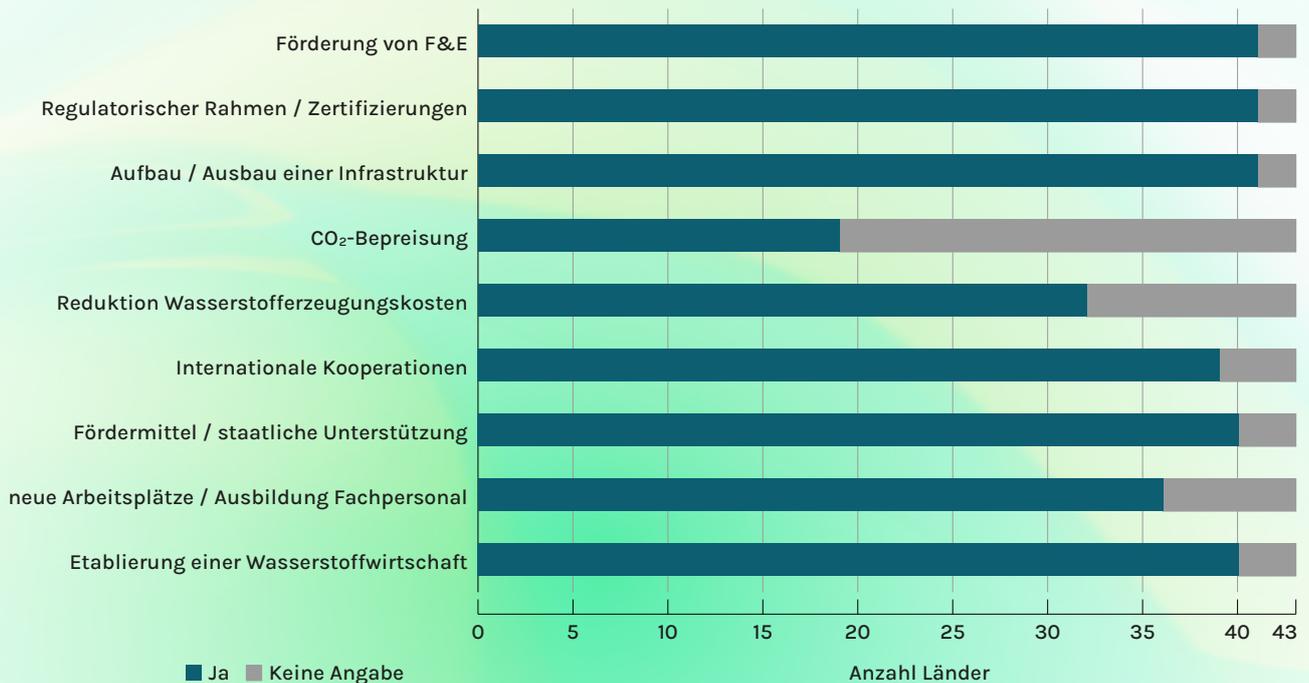


Abbildung 4: Übersicht über verschiedene Handlungsfelder, die in den Strategien der Länder eine Rolle spielen (grün) oder nicht explizit adressiert werden (grau).

Da im Allgemeinen der Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft angestrebt wird (40/43), gibt es entsprechend große Überschneidungen bei den dargelegten Plänen der einzelnen Länder. Die Ausrichtung orientiert sich aber an lokalen Gegebenheiten, wie etwa der Anwesenheit von Industriezweigen oder Rohstoffvorkommen. In der Türkei lagern beispielsweise mehr als 70 % der weltweiten Borvorkommen. Die Türkei ist das einzige Land, das Borwasserstoffverbindungen in ihrer Strategie erwähnt und Natriumborhydrid als Wasserstoffspeicher u. a. für unbemannte Fahrzeuge nutzen möchte. Außerdem wird auch mit der Schaffung neuer Arbeitsplätze gerechnet sowie der Bedarf nach Ausbildung von Fachkräften betont (36/43). 95 % der Studien verweisen auf die Bereitstellung von staatlichen Fördermitteln (40/43). Einen

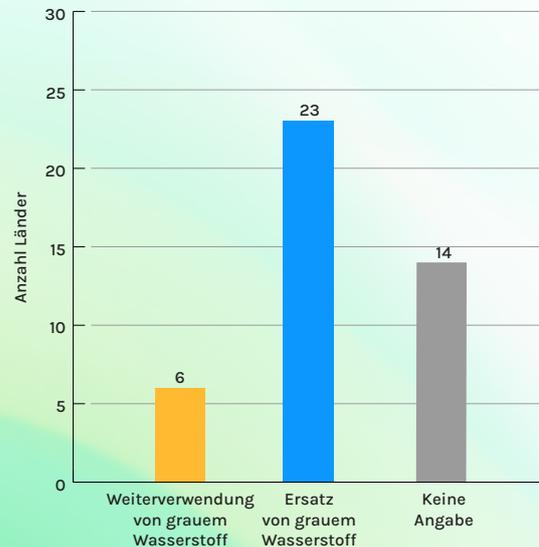
weiteren wichtigen Aspekt stellt der Aufbau internationaler Kooperationen dar (39/43). Dies betrifft sowohl den wissenschaftlichen Austausch als auch den Aufbau von Handelsbeziehungen.

Für einen erfolgreichen Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft verfolgen viele Länder das Ziel, die Erzeugungskosten zu senken (32/43) beziehungsweise Kostenparität mit fossilem Wasserstoff zu erreichen. Für letzteres wird in etwa der Hälfte der Studien die CO₂-Bepreisung als geeignetes Instrument erwähnt (19/43). Zusätzlicher Handlungsbedarf wird von den meisten Ländern im Auf- und Ausbau der Infrastruktur gesehen (41/43). Auch die Erstellung einheitlicher Regulierungen/Zertifizierungen (41/43) und die Förderung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten (41/43) werden als wichtig erachtet.

Verwendung fossilen Wasserstoffs

WASSERSTOFF AUF BASIS FOSSILER ROHSTOFFE OHNE CCS

Die bisherige Wasserstofferzeugung basiert vor allem auf der Dampfreformierung oder Vergasung fossiler Rohstoffe (Erdgas, Erdöl, Kohle) ohne CO₂-Abscheidung und -Verpressung (Engl. Carbon Capture and Sequestration, CCS) oder -Nutzung (Engl. Carbon Capture and Utilization CCU). Mehr als die Hälfte der Strategien (23/43) formulieren die Notwendigkeit, diesen grauen Wasserstoff zu ersetzen. In 14 Strategien findet sich keine Angabe zur zukünftigen Rolle von grauem Wasserstoff (MAR, SGP, COL, US-CAL, URU, PAR, IRL, HRU, BEL, DNK, SWE, NAM, KEN). Die Türkei, Russland, Südafrika, Neuseeland, die Vereinigten Arabischen



Emirate und die Vereinigten Staaten von Amerika geben an, grauen Wasserstoff unter bestimmten Bedingungen, beispielsweise geeigneter Kompensation, vorerst weiter verwenden zu wollen. Die Türkei möchte hierfür beispielsweise auf ihre Braunkohlevorkommen zurückgreifen.

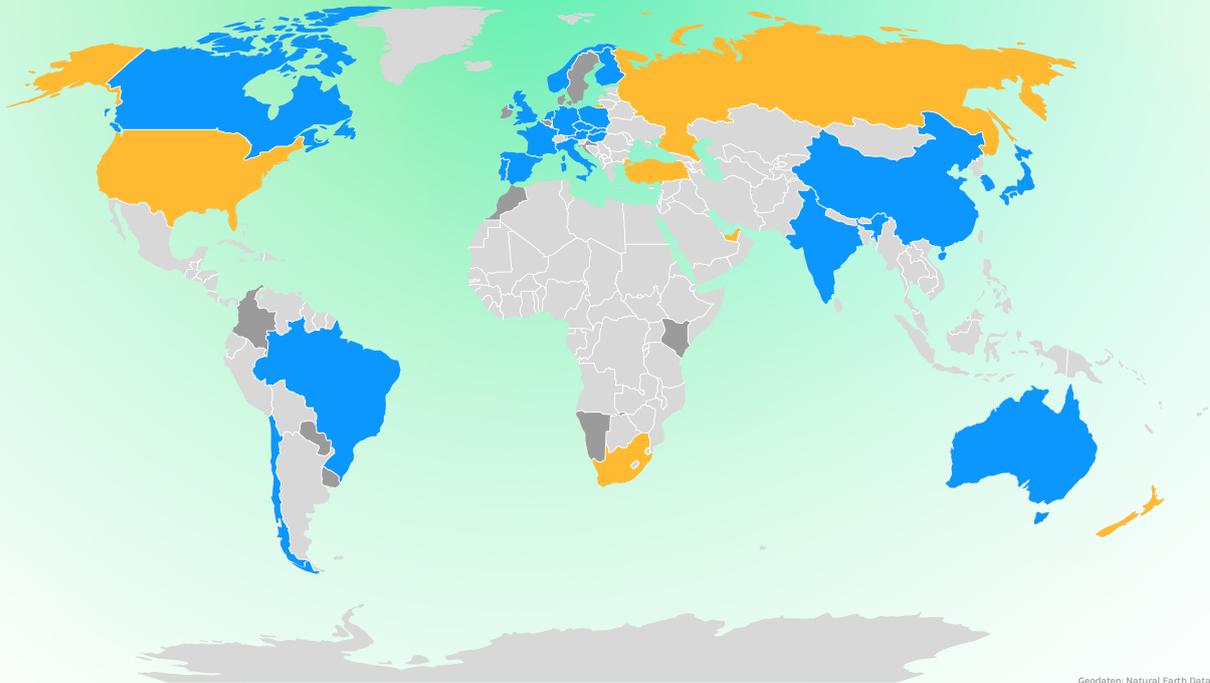
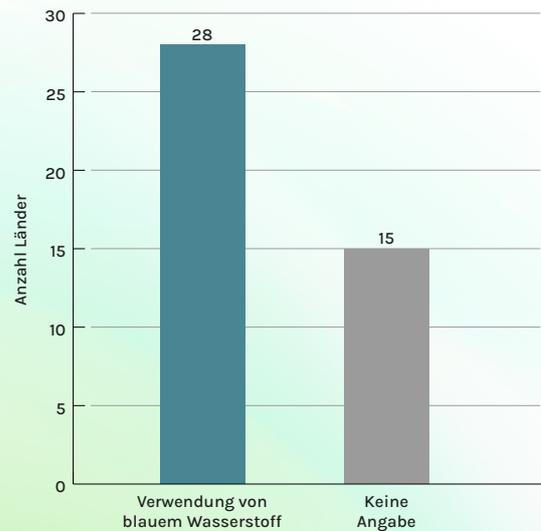


Abbildung 5: Übersicht über die Positionierung der Länder zur weiteren Verwendung von Wasserstoff auf fossiler Basis (orange) beziehungsweise dessen Ersatz durch klimaneutral erzeugten Wasserstoff (hellblau).

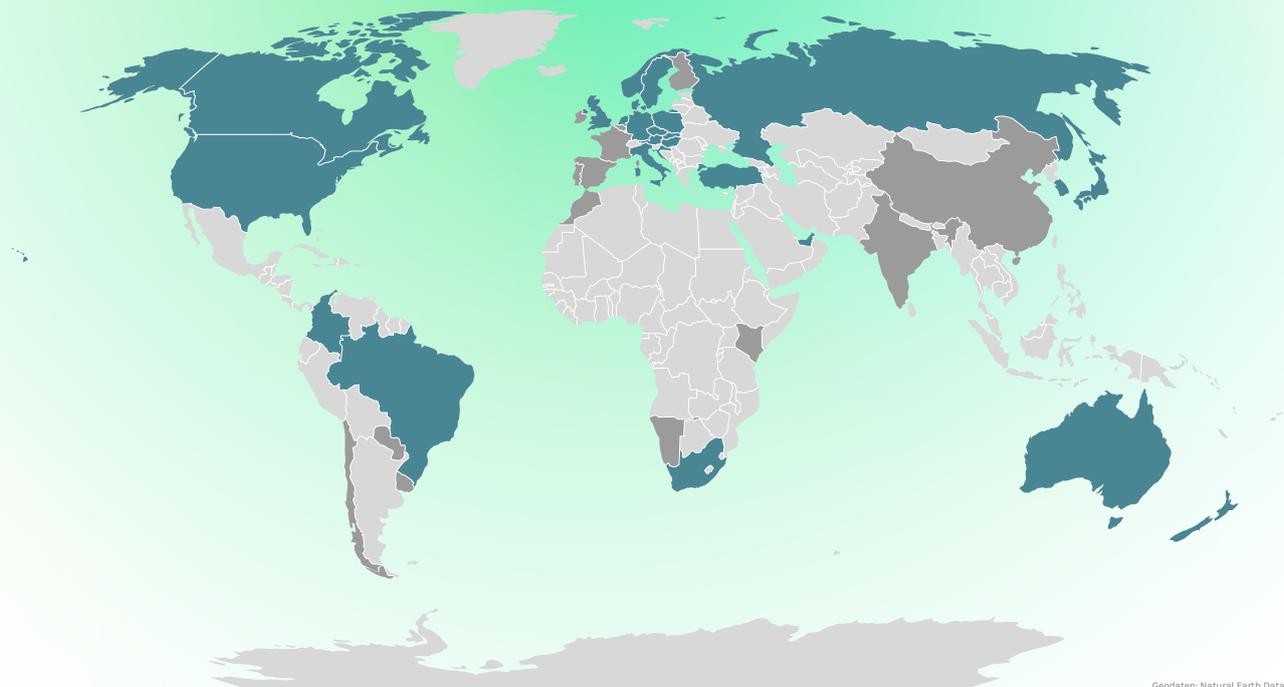
WASSERSTOFF AUF BASIS FOSSILER ROHSTOFFE MIT CCS

Blauer Wasserstoff basiert auf der Wasserstofferzeugung durch fossile Ressourcen unter Abscheidung und Verpressung des anfallenden CO₂ (CCS). Zur Verwendung von blauem Wasserstoff gibt es in 15 Fällen keine expliziten Aussagen. Die restlichen Strategien (28/43) geben an, blauen Wasserstoff nutzen zu wollen. In dreizehn dieser Strategien wird der Einsatz zeitlich beschränkt gesehen (AUS, CAN, CZE, EU, GBR, GER, HUN, JPN, KOR, NDL, NOR, NZL, TUR), um einen (schnelleren) Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft zu ermöglichen. Insbesondere Länder mit eigenen Erdgasvorkommen haben auch Interesse an der Erzeugung von blauem Wasserstoff. Als einzige Länderstrategie benennt die norwegische Strategie hierbei explizit das Ziel, blauen Wasserstoff nicht nur für Anwendungen im eigenen Land erzeugen zu wollen, sondern auch für Exporte. Im Gegensatz dazu hat beispielsweise Finnland angegeben, dass eine eigene Produktion von blauem Wasserstoff nicht als attraktiv erachtet wird, da Finnland weder über geeignete Erdgasvorkommen noch über geologische CO₂-Speicherstätten verfügt.

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 weiterhin unklar, inwiefern Erdgas über bereits bestehende Anwendungen hinaus für die Erzeugung von Wasserstoff eingesetzt werden kann. Des Weiteren lässt sich immer noch nicht sagen, ob diese Entwicklung den Hochlauf einer Wasserstoffwirtschaft hemmt oder sie durch einen beschleunigten Ausbau erneuerbarer Energien kompensiert wird.



Geodaten: Natural Earth Data

Abbildung 6: Positionierung der Länder zur Verwendung von Wasserstoff auf fossiler Basis in Verbindung mit CCS (blau).

NUTZUNG VON NETZSTROM

Ein Bezug von Strom für Elektrolyse könnte aus dem jeweiligen Stromnetz des Landes erfolgen. Hierbei ist der landesspezifische Strommix⁴ zu berücksichtigen, der in Abhängigkeit von Art und Menge der dafür genutzten fossilen Energieträger zu individuellen Treibhausgasemissionen für den erzeugten Wasserstoff führt.

Zwölf Papiere (EU, FRA, HUN, CAN, RUS, MAR, COL, NZL, HRV, DNK, SWE, FIN) diskutieren die (zeitweise) Nutzung von Netzstrom für die Elektrolyse beziehungsweise setzen ihn im Fall von Marokko bereits heute ein. Kolumbien, Kroatien und Neuseeland geben an, Netzstrom erst nutzen zu wollen, wenn er klimaneutral ist. In der finnischen Publikation wird das Ergebnis einer Umfrage mit Stakeholdern dargestellt, laut derer die Nutzung von Netzstrom von einer Mehrzahl der Befragten befürwortet wird, wenn dieser „sauber“ ist. Hierunter fallen laut Finnlands Strategie Strom aus erneuerbaren Energien sowie Kernkraft. Der Großteil der

analysierten Strategien äußert sich allerdings nicht zum Einsatz von Netzstrom für die Wasserelektrolyse (30/43). Nur in der tschechischen Strategie wird Netzstrom aufgrund der damit verbundenen hohen Treibhausgasemissionen explizit ausgeschlossen.

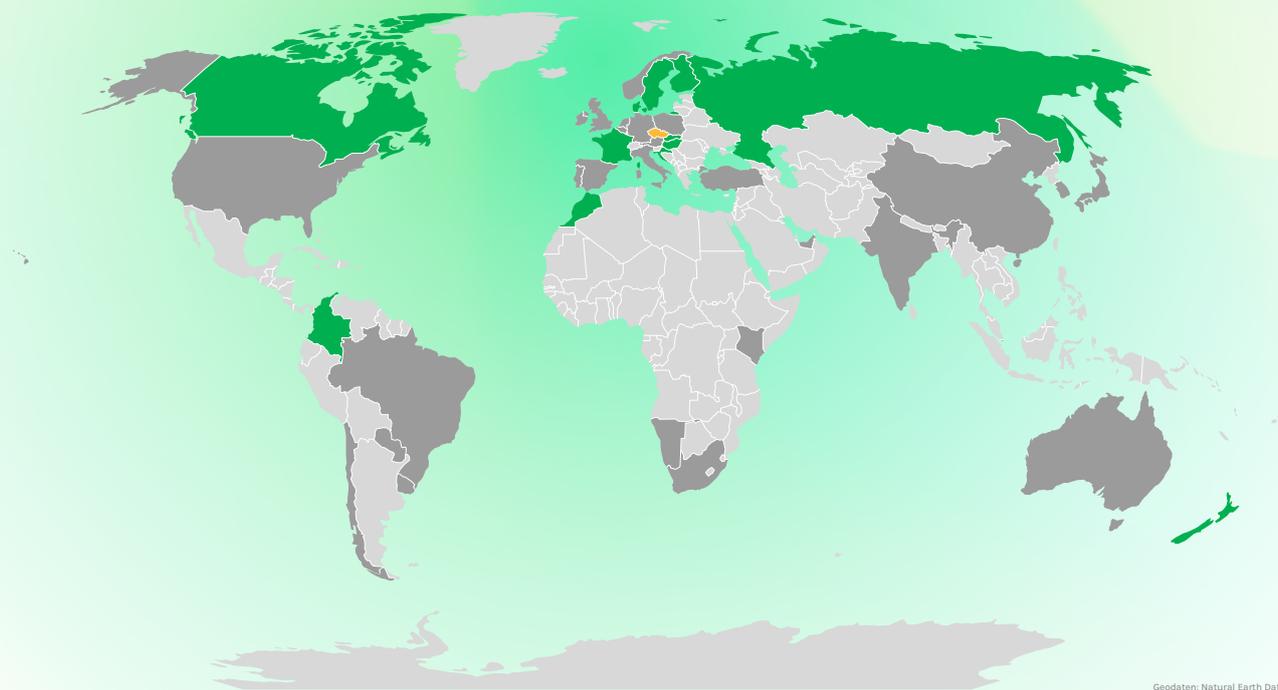
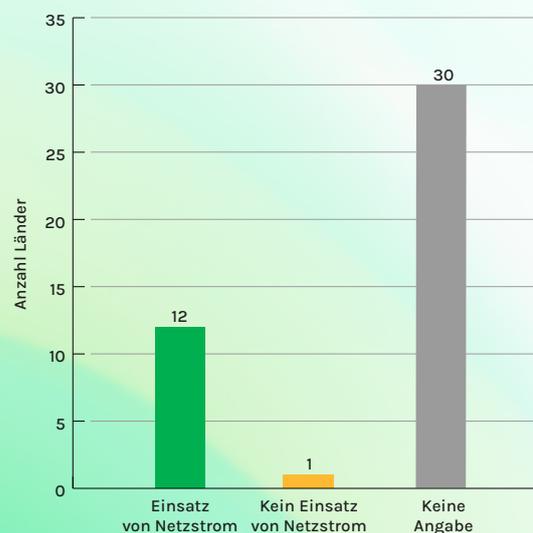


Abbildung 8: Positionierung der Länder zum Einsatz von Netzstrom.

⁴ Hier verweisen wir auf <https://app.electricitymaps.com/map>

NUTZUNG VON NUKLEAR ERZEUGTEM STROM (ATOMSTROM)

Der Einsatz von Strom aus Kernenergie zum Betrieb der Elektrolyseure wird von den meisten Strategien nicht adressiert (33/43). Im Gegensatz dazu geben zehn Länder (RUS, USA, GBR, BRA, SWE, SVK, TUR, CAN, CZE, HUN) mit explizitem Hinweis auf die geringen Treibhausgas-Emissionen bei dessen Produktion an, Atomstrom nutzen zu wollen oder dessen Nutzung in Betracht zu ziehen. 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.

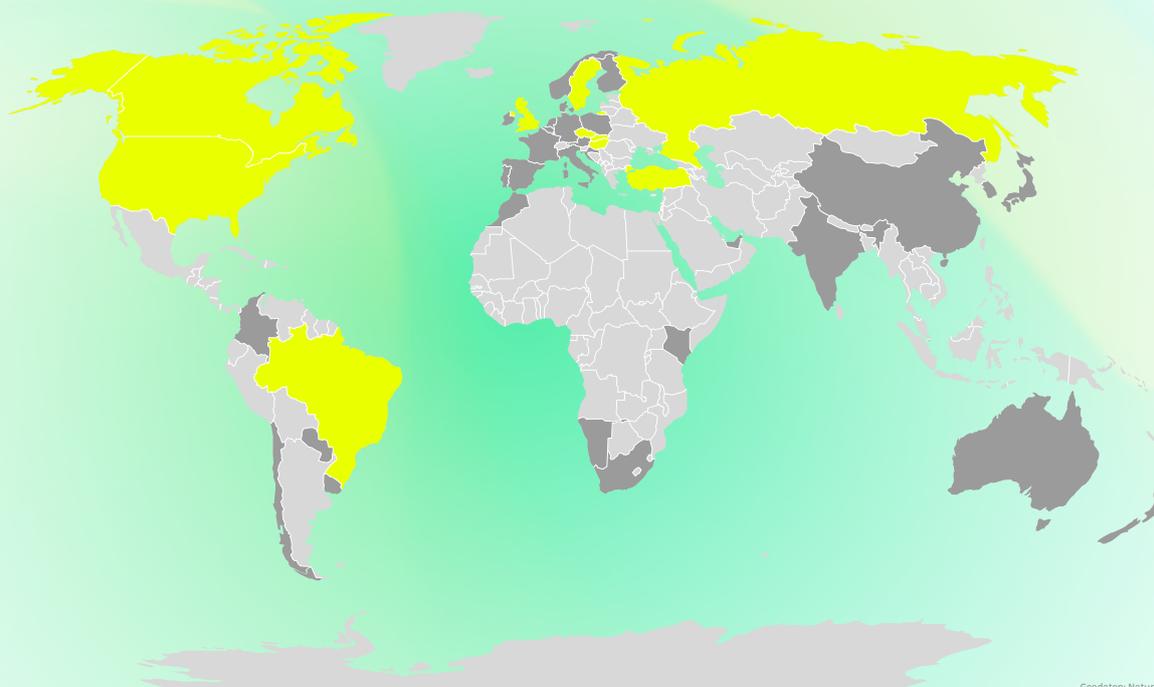
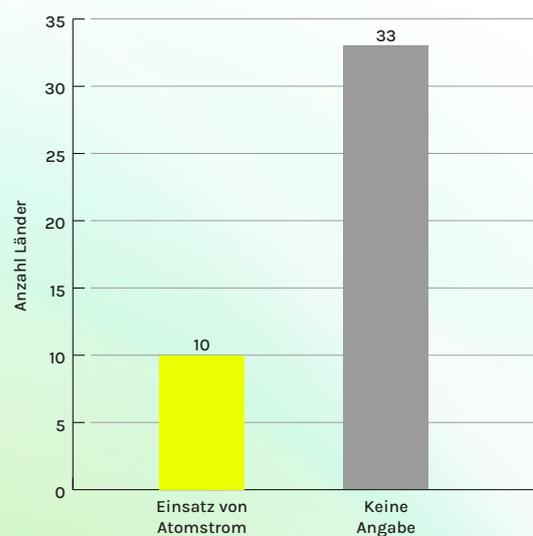


Abbildung 9: Positionierung der Länder zur Frage, ob Strom aus Kernkraft eingesetzt werden soll.

NUTZUNG VON STROM AUS ERNEUERBAREN ENERGIEQUELLEN

Grundsätzliche Einigkeit herrscht hinsichtlich der Verwendung von EE-Strom als eine zentrale Option für die Nutzung in zur Wasserelektrolyse (42/43). Allerdings wird auch realistisch eingeschätzt, dass eine Umstellung auf EE-Strom einen längeren Transformationsprozess 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.

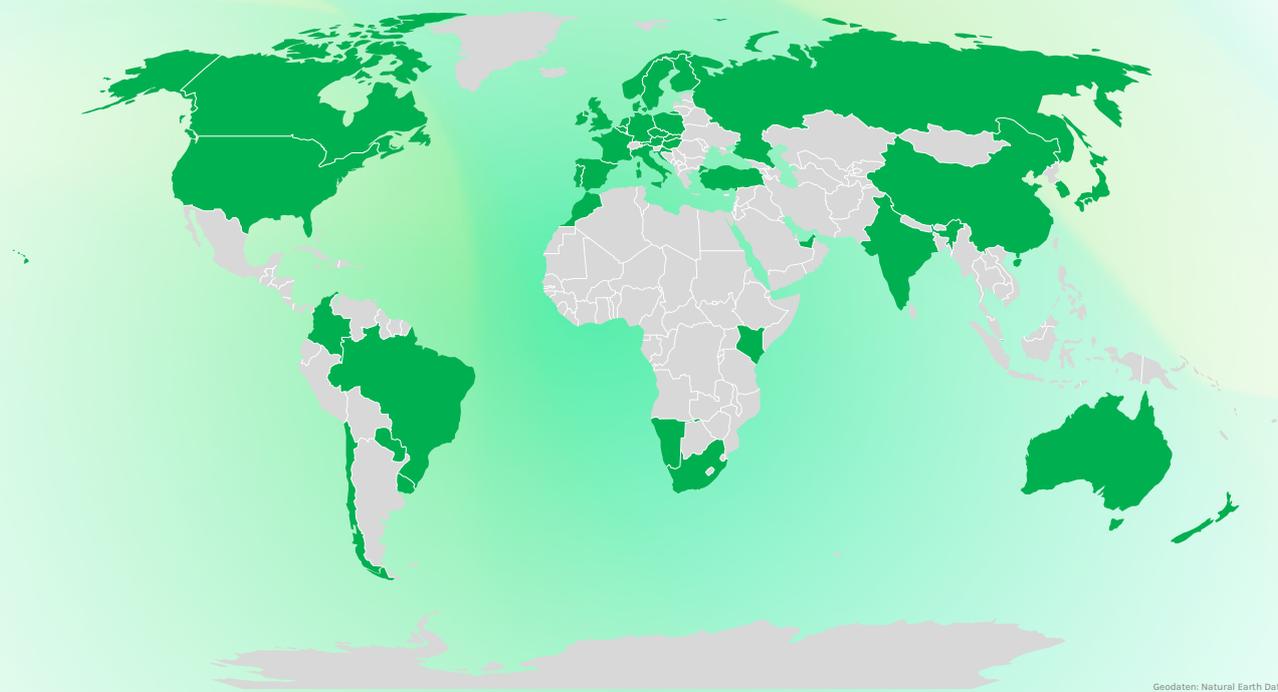
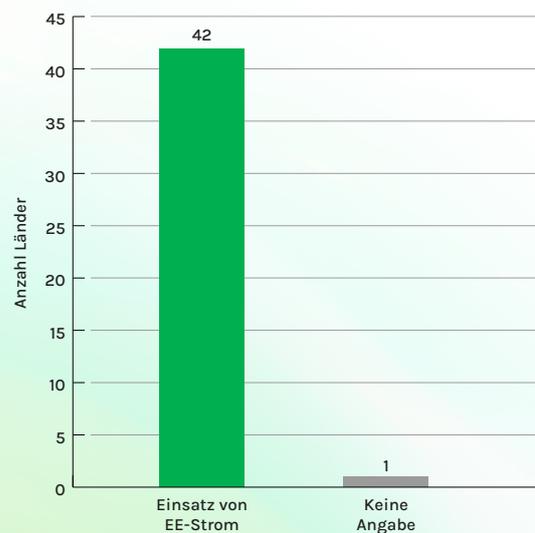


Abbildung 10: Positionierung der Länder zur Erzeugung von Wasserstoff unter Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien.

Weitere Optionen zur Wasserstoffherzeugung/-gewinnung

Neben den oben genannten Technologien und Prozessen zur Wasserstoffherzeugung (Wasserelektrolyse, Dampfreformierung von Erdgas, Kohlevergasung) benennen einige Länder auch weitere Optionen, wie Wasserstoff erzeugt beziehungsweise gewonnen werden kann.

So beschreibt beispielsweise die Fortschreibung der deutschen Nationalen Wasserstoffstrategie, dass der Einsatz von Methanpyrolyse⁵ im Rahmen des Hochlaufs einer Wasserstoffwirtschaft unter Berücksichtigung von Treibhausgasgrenzwerten gefördert werden könne.

Auch die Nutzung von Biomasse zur Wasserstoffherzeugung⁶ wird in einigen Dokumenten erwähnt, zum Beispiel im Rahmen der österreichischen oder slowakischen Strategie. Bei der Nutzung von Biomasse sol-

len Vergärungs- oder Vergasungsverfahren eingesetzt werden, um Wasserstoff zu erzeugen.

(Thermochemische) Vergasungsverfahren können auch bei (Kunststoff-)Abfällen eingesetzt werden. Dieser Ansatz wird beispielsweise in der deutschen, der brasilianischen und der US-amerikanischen Strategie erwähnt. Zusätzlich nimmt die US-amerikanische Strategie Bezug zum Einsatz photoelektrochemischer Prozesse⁷ für die Wasserstoffherzeugung.

Zu guter Letzt gibt es auch Strategien, die geologisch vorkommenden/extrahierbaren Wasserstoff⁸ erwähnen beziehungsweise explizit nach entsprechenden Vorkommen suchen wollen. Letzteres wird beispielsweise im Rahmen der marokkanischen Roadmap beschrieben.

⁵ Auch bekannt als „türkiser“ Wasserstoff.

⁶ Auch bekannt als „orangener“ Wasserstoff.

⁷ Auch bekannt als „Künstliche Photosynthese“.

⁸ Auch bekannt als „weißer“ Wasserstoff.

Anwendungsfelder

GEWÄHLTE DARSTELLUNGSFORM

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

Im Rahmen der Länderanalyse werden die Anwendungen in folgende (zeitliche) Kategorien eingeteilt:

- eine Anwendung wurde in der Strategie nicht explizit adressiert
- eine Anwendung wurde als relevant eingestuft, aber es wurde kein zeitlicher Horizont genannt
- eine Anwendung wird auf langfristiger Basis gesehen
- eine Anwendung soll mittelfristig erfolgen
- 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 beziehungsweise mittel- bis langfristiger Basis eingestuft wurden. Diese Zuordnung ist in tabellarischer Form zusammengefasst. Wurde eine Anwendung in einer Strategie nicht explizit erwähnt, ist daraus nicht abzuleiten, dass diese Anwendung abgelehnt wird.

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

ALLGEMEINE EINFÜHRUNG

In dieser allgemeinen Einführung wird zunächst auf übergeordneter Ebene auf die Sektoren Verkehr, Industrie und Energie eingegangen. Hier ist zu beachten, dass die beiden expliziten FCEV-Strategien von Kalifornien und China lediglich in der Analyse des Verkehrssektors im entsprechenden Abschnitt berücksichtigt sind.

Betrachtet man den Verkehrssektor, so geben alle 43 Strategien an, dass Wasserstoff und/oder seine Derivate im Verkehr eingesetzt werden sollen. In mehr als der Hälfte der Fälle (23/43) 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 einzusetzen. Etwa 46 % (19/41) 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 (14/41) sieht hier den Einsatz von Wasserstoff kurz- bis mittelfristig. Auf der anderen Seite gibt es einige Länder, die diese Anwendungen nur langfristig beziehungsweise ohne definierte Zeitskala adressieren.

Anwendung	kurzfristige Anwendung	mittelfristige Anwendung	langfristige Anwendung	Anwendung erwähnt (ohne Zeitangabe)	nicht explizit erwähnt
Verkehr	Australien, Chile, China, Dänemark, Deutschland (2023), EU, Finnland, Großbritannien, Irland, Italien, Japan, Kalifornien, Kanada, Niederlande, Polen, Singapur, Slowakei, Südkorea, Tschechien, Türkei, Ungarn, Uruguay, Vereinigte Staaten von Amerika 23/43	Deutschland (2020), Indien, Kenia, Österreich, Spanien 5/43	Frankreich, Marokko 2/43	Belgien, Brasilien, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Paraguay, Portugal, Russland, Schottland, Schweden, Südafrika, Vereinigte Arabische Emirate 14/43	
Industrie	Australien, Chile, Dänemark, Deutschland (2020), Deutschland (2023), EU, Finnland, Indien, Italien, Kanada, Marokko, Niederlande, Spanien, Tschechien, Türkei, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika 16/41	Japan, Kenia, UK 3/41	Frankreich 1/41	Belgien, Brasilien, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Österreich, Paraguay, Polen, Portugal, Russland, Schottland, Schweden, Singapur, Slowakei, Südafrika, Uruguay, Vereinigte Arabische Emirate 19/41	Irland, Südkorea 2/41
Energie	Australien, Dänemark, Deutschland (2023), Großbritannien, Indien, Südkorea, Tschechien, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika 9/41	EU, Finnland, Japan, Kanada, Kenia 5/41	Deutschland (2020), Italien, Marokko, Niederlande, Singapur, Spanien 5/41	Belgien, Brasilien, Irland, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Österreich, Paraguay, Polen, Portugal, Russland, Schottland, Slowakei, Südafrika, Türkei, Uruguay, Vereinigte Arabische Emirate 19/41	Chile, Frankreich, Schweden 3/41

Tabelle 1: Übergeordnete Auswertung für verschiedene Sektoren.

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

VERKEHRSSSEKTOR

Der Wasserstoffeinsatz im Verkehrssektor wird in den betrachteten Strategien unterschiedlich diskutiert, beispielsweise in Bezug auf Brennstoffzellenfahrzeuge. In den Strategien der Länder gibt es große Unterschiede bezüglich FCEVs. Auf der einen Seite adressieren 18 Strategien den Einsatz von Wasserstoff in PKWs nicht explizit. Auf der anderen Seite gibt es neun Strategien (CHN, NLD, KOR, USA, US-CAL, JPN, CAN, SVK, TUR), die einen kurzfristigen Einsatz von Brennstoffzellen-PKW sehen.

Wasserstoffanwendungen im (Schwer-)Lastverkehr werden in 19 Strategien kurz- bis mittelfristig gesehen, womit dieser Option ein hohes Potential zugesprochen wird. Auch der Einsatz von Wasserstoff für Fahrzeuge in Flottenverbänden (zum Beispiel Taxis und Busse) wird von einigen Dokumenten als sehr relevant eingeschätzt. So stufen 17 Strategien den Wasserstoffeinsatz in Flottenverbänden als kurz- bis mittelfristigen relevant ein, beispielsweise aufgrund der Möglichkeit zu einer effizienten Nutzung von lokalen Versorgungsinfrastrukturen.

Anwendung	kurzfristige Anwendung	mittelfristige Anwendung	langfristige Anwendung	Anwendung erwähnt (ohne Zeitangabe)	nicht explizit erwähnt
PKW	China, Japan, Kalifornien, Kanada, Niederlande, Slowakei, Südkorea, Türkei, Vereinigte Staaten von Amerika 9/43	Dänemark 1/43	Italien 1/43	Australien, Belgien, Irland, Kolumbien, Kroatien, Neuseeland, Österreich, Paraguay, Portugal, Russland, Schottland, Schweden, Singapur, Tschechien 14/43	Brasilien, Chile, Deutschland (2020), Deutschland (2023), EU, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Indien, Kenia, Marokko, Namibia, Norwegen, Polen, Spanien, Südafrika, Ungarn, Uruguay, Vereinigte Arabische Emirate 18/43
Lastverkehr	Australien, Chile, Deutschland (2023), EU, Finnland, Großbritannien, Italien, Niederlande, Slowakei, Südkorea, Tschechien, Ungarn, Uruguay 13/43	Dänemark, Deutschland (2020), Indien, Kanada, Kenia, Spanien, Vereinigte Staaten von Amerika 6/43	Marokko 1/43	Belgien, Brasilien, Frankreich, Irland, Japan, Kalifornien, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Österreich, Paraguay, Portugal, Schottland, Schweden, Südafrika, Türkei, Vereinigte Arabische Emirate 19/43	China, Polen, Russland, Singapur 4/43
Busse/ Taxis	Australien, Chile, China, Dänemark, EU, Großbritannien, Irland, Japan, Polen, Südkorea, Tschechien, Ungarn, Uruguay, Vereinigte Staaten von Amerika 14/43	Kalifornien, Kanada, Spanien 3/43	Marokko 1/43	Deutschland (2020), Frankreich, Indien, Italien, Kolumbien, Kroatien, Neuseeland, Österreich, Paraguay, Portugal, Russland, Schottland, Schweden, Slowakei, Südafrika 13/43	Belgien, Brasilien, Deutschland (2023), Finnland, Kenia, Namibia, Niederlande, Norwegen, Paraguay, Singapur, Türkei, Vereinigte Arabische Emirate 12/43

Anwendung	kurzfristige Anwendung	mittelfristige Anwendung	langfristige Anwendung	Anwendung erwähnt (ohne Zeitangabe)	nicht explizit erwähnt
Schieneverkehr	Australien, Italien, Slowakei, Vereinigte Staaten von Amerika 4/43	EU, Großbritannien, Kanada, Österreich, Spanien, Südkorea, Tschechien, Türkei, Ungarn 9/43		Belgien, Brasilien, Dänemark, Deutschland (2020), Deutschland (2023), Frankreich, Irland, Japan, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Polen, Schottland, Schweden, Südafrika 15/43	Chile, China, Finnland, Indien, Kalifornien, Kenia, Kolumbien, Marokko, Niederlande, Paraguay, Portugal, Russland, Singapur, Uruguay, Vereinigte Arabische Emirate 15/43
Schiffsverkehr	Australien, Deutschland (2023), Singapur, Uruguay 4/43	Dänemark, Großbritannien, Japan, Kanada, Kenia, Spanien, Südkorea, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika 9/43	Chile, Deutschland (2020), EU, Frankreich, Indien, Italien, Türkei 6/43	Belgien, Brasilien, Finnland, Irland, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Paraguay, Polen, Schottland, Schweden, Slowakei, Vereinigte Arabische Emirate 17/43	China, Kalifornien, Marokko, Portugal, Russland, Südafrika, Tschechien 7/43
Flugverkehr	Deutschland (2023), Singapur 2/43	Dänemark, Großbritannien, Niederlande, Spanien, Uruguay, Vereinigte Staaten von Amerika 6/43	Chile, Deutschland (2020), EU, Frankreich, Indien, Italien, Marokko, Türkei 7/43	Belgien, Brasilien, Finnland, Irland, Kenia, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Österreich, Paraguay, Polen, Portugal, Schottland, Schweden, Slowakei, Südafrika, Vereinigte Arabische Emirate 19/43	Australien, China, Japan, Kalifornien, Kanada, Russland, Südkorea, Tschechien, Ungarn 9/43

Tabelle 2: Anwendungsspezifische Auswertung für den Verkehrssektor.

Im Schienenverkehr wird der Wasserstoffeinsatz in 13 Fällen als mittel- bis kurzfristig relevant angesehen. Hierbei gilt es zu beachten, dass der Einsatz meist nicht flächendeckend gesehen wird, sondern auf Strecken, die nicht oder nur schwer elektrifizierbar sind.

Ebenfalls 13 Länder definieren den Einsatz von Wasserstoff im Schiffsverkehr auf einer kurz- bis mittelfristigen Basis. In der norwegischen Strategie wird der Einsatz von Wasserstoff im Schiffsverkehr, beispielsweise für den Antrieb von Fähren, sehr konkret beschrieben und vorangetrieben.

Im Bereich des Flugverkehrs wird in Singapur von einem kurzfristigen Einsatz von Wasserstoff ausgegangen. Auch die Fortschreibung der deutschen Wasserstoffstrategie verweist auf Quoten für Power-to-Liquid Kerosin, sodass auch hier zeitnah höhere Wasserstoffbedarfe anfallen können. In den meisten Strategien (19/43) wird der Wasserstoffeinsatz im Flugverkehr jedoch ohne Zeitangabe erwähnt, was auch daran liegen kann, dass sie veröffentlicht worden sind, bevor verbindliche Quoten vereinbart wurden, wie zum Beispiel bei den europäischen Strategien.

Die EU hat auf Basis der Initiative „ReFuelEU Aviation“⁹ im Oktober einen neuen Rechtsakt zur Dekarbonisierung des Luftverkehrs verabschiedet, in der sie Mindestquoten für den Einsatz von nachhaltigem

und synthetischem Kerosin definiert haben. Die Mindestquoten hierbei liegen für nachhaltige Flugkraftstoffe ab 2025 bei 2 %, ab 2030 bei 6 % und ab 2050 bei 70 %. Der Anteil der synthetischen Kraftstoffe muss ab 2030 bei 1,2 % liegen und bis 2050 auf 35 % erhöht werden.

Nicht aufgeführt wurden in der obigen Darstellung Anwendungsbeispiele, die nur vereinzelt und/oder ohne Zeitangaben erwähnt werden, beispielsweise die Verwendung von synthetischen Kraftstoffen (15/43) oder der Einsatz von Wasserstoff in Nutzfahrzeugen wie Gabelstapler (6/43), Bergbaufahrzeuge (3/43), Agrarmaschinen (6/43) oder Militärfahrzeugen (4/43). Für eine vollständige Auflistung wird auf die Steckbriefe im Anhang verwiesen.

⁹ Europäischer Rat. (9. Oktober 2023). Initiative „ReFuelEU Aviation“: Rat verabschiedet neuen Rechtsakt zur Dekarbonisierung des Luftfahrtsektors [Pressemitteilung]. Abgerufen am [05.12.2023], von <https://www.consilium.europa.eu/de/press/press-releases/2023/10/09/refueeu-aviation-initiative-council-adopts-new-law-to-decarbonise-the-aviation-sector/>

	SynFuels	Gabelstapler	Bergbau	Agrarmaschinen	Militär
AUS			X		
AUT	X				
CAN		X			
CHL	X		X		
DNK	X				X
EU	X				
FIN	X				
GER	X				X
HRV				X	
IND	X				
ITA	X				
JPN		X			
KEN				X	
MAR	X				
NLD	X			X	
NOR					X
NZL		X			
POR	X				
PRY	X				
SGP	X				
SVK	X	X			
SWE				X	
TUR		X			X
URY	X			X	
USA		X	X	X	

Tabelle 3: Alternative Anwendungsbeispiele für den Verkehrssektor.

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

beispielsweise die chemische Industrie oder Raffinerien als Abnehmer von Wasserstoff in Frage kommen, da sie bereits über die nötigen Infrastrukturen sowie das notwendige Know-How verfügen und dabei gleichzeitig hohe Wasserstoffbedarfe aufweisen.

Anwendung	kurzfristige Anwendung	mittelfristige Anwendung	langfristige Anwendung	Anwendung erwähnt (ohne Zeitangabe)	nicht explizit erwähnt
Chemische Industrie	Australien, Chile, Deutschland (2020), Deutschland (2023), EU, Indien, Italien, Marokko, Niederlande, Spanien, Tschechien, Türkei, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika 13/41	Großbritannien, Kanada 2/41	Frankreich 1/41	Belgien, Brasilien, Dänemark, Finnland, Kenia, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Österreich, Paraguay, Polen, Portugal, Russland, Schottland, Schweden, Singapur, Slowakei, Südafrika, Vereinigte Arabische Emirate 21/41	Irland, Japan, Südkorea, Uruguay 4/41
Raffinerien	Chile, Dänemark, Deutschland (2020), Deutschland (2023), EU, Indien, Italien, Kanada, Niederlande, Spanien, Tschechien, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika 12/41	Japan 1/41	Marokko 1/41	Australien, Belgien, Finnland, Frankreich, Großbritannien, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Polen, Portugal, Russland, Schottland, Slowakei, Südafrika, Türkei, Uruguay, Vereinigte Arabische Emirate 19/41	Brasilien, Irland, Kenia, Österreich, Paraguay, Schweden, Singapur, Südkorea 8/41
Stahl	Deutschland (2020), Deutschland (2023), EU, Finnland, Indien, Tschechien, Türkei 6/41	Großbritannien, Japan, Kenia, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika 5/41	Kanada 1/41	Australien, Belgien, Brasilien, Italien, Kolumbien, Namibia, Neuseeland, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Russland, Schottland, Schweden, Singapur, Slowakei, Südafrika, Uruguay, Vereinigte Arabische Emirate 19/41	Chile, Dänemark, Frankreich, Irland, Kroatien, Marokko, Niederlande, Paraguay, Spanien, Südkorea 10/41

Tabelle 4: Branchenspezifische Auswertung für ausgewählte Industriezweige.

In der chemischen Industrie wird in 15 Fällen ein kurz- bis mittelfristiger Einsatz von Wasserstoff gesehen, vor allem für die Herstellung von Ammoniak oder Düngemittel und Methanol; dies sind bereits heute die wichtigsten Einsatzgebiete von Wasserstoff in der chemischen Industrie. Nur in sechs Strategien wird die chemische Industrie nicht explizit adressiert.

Auch Raffinerien weisen schon heute einen hohen Wasserstoffbedarf auf, zum Beispiel für Aufreinigungsprozesse wie die Entschwefelung. Hier benennen 13 Strategien einen kurz- bis mittelfristigen Einsatz von Wasserstoff, beispielsweise damit Raffinerien erneuerbare/nachhaltige Energieträger bereitstellen beziehungsweise verarbeiten können. Dem gegenüber stehen acht Strategien, die den Einsatz von Wasserstoff in Raffinerieprozessen nicht explizit erwähnen.

Der Einsatz von Wasserstoff in der Stahlherstellung hat eine zentrale Bedeutung für die Umstellung vom bisherigen Hochofenprozess auf die Eisendirektreduktion. Einen kurz- bis mittelfristigen Einsatz benennen elf Länder. Wiederum wird dieser Einsatz auch in zehn Strategien nicht explizit erwähnt wird. Dies kann allerdings verschiedene andere Gründe haben, wie beispielsweise das Fehlen der Primärstahlerzeugung in einer relevanten Größenordnung im jeweiligen Land.

Zusätzlich gibt es weitere Industriebranchen, die weniger im Fokus stehen. Hierbei handelt es sich unter anderem um die Glasindustrie (5/41), die Zementindustrie (11/41), die Lebensmittelindustrie (5/41) oder den Bergbau (4/41). Auch hier wird für eine vollständige Auflistung auf den Anhang verwiesen.

	Glas	Zement	Lebensmittel	Bergbau
ARE		X		
AUT	X	X		
BEL	X	X		
BRA				X
CAN				X
CHL				X
COL	X		X	
FIN	X		X	
HRV		X		
HUN		X		
IND			X	
ITA		X		
PRY			X	
SGP		X		
SVK		X		
TUR	X	X		
USA		X		
ZAF		X		X

Tabelle 5: Alternative Anwendungsbeispiele für den Industriesektor.

ENERGIESYSTEM

Die Nutzung von Wasserstoff für die Wärmebereitstellung oder Stromerzeugung wurde nur in wenigen Fäl-

len als kurz- bis mittelfristige Maßnahmen benannt, da es noch viele ungeklärte Fragen gibt, beispielsweise in Bezug auf eine notwendige Infrastruktur.

Anwendung	kurzfristige Anwendung	mittelfristige Anwendung	langfristige Anwendung	Anwendung erwähnt (ohne Zeitangabe)	nicht explizit erwähnt
(Hochtemperatur-) Prozesswärme	Dänemark, Deutschland (2023), Indien 3/41	Großbritannien, Tschechien, Vereinigte Staaten von Amerika 3/41	Deutschland (2020), Italien, Marokko, Spanien 3/41	Australien, Belgien, Finnland, Irland, Japan, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Paraguay, Schottland, Singapur, Slowakei, Südafrika, Türkei, Uruguay 19/41	Brasilien, Chile, EU, Frankreich, Kanada, Kenia, Polen, Portugal, Russland, Schweden, Südkorea, Ungarn, Vereinigte Arabische Emirate 13/41
Gebäudewärme	Australien, Dänemark, Großbritannien, Südkorea 4/41	Deutschland (2023), Japan, Kanada, Tschechien, Vereinigte Staaten von Amerika 5/41	Deutschland (2020), Italien, Marokko, Niederlande, Spanien 4/41	Belgien, EU, Finnland, Indien, Irland, Kolumbien, Kroatien, Neuseeland, Österreich, Russland, Schottland, Slowakei, Südafrika, Türkei 14/41	Brasilien, Chile, Frankreich, Kenia, Namibia, Norwegen, Paraguay, Polen, Portugal, Schweden, Singapur, Ungarn, Uruguay, Vereinigte Arabische Emirate 14/41
Elektrizität / Speicherung	Deutschland (2023), Großbritannien, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika 4/40	EU, Finnland, Kanada, Kenia 4/40	Deutschland (2020), Indien, Italien, Japan, Singapur, Spanien 5/40	Australien, Belgien, Brasilien, Dänemark, Irland, Kolumbien, Kroatien, Namibia, Neuseeland, Niederlande, Österreich, Paraguay, Polen, Portugal, Russland, Schottland, Slowakei, Südafrika, Türkei, Uruguay, Vereinigte Arabische Emirate 21/40	Chile, Frankreich, Marokko, Schweden, Südkorea, Tschechien 6/40

Tabelle 6: Anwendungsspezifische Auswertung für den Einsatz im Energiesystem.

Die Bereitstellung von (Hochtemperatur-)Prozesswärme durch Wasserstoff oder Wasserstofffolgeprodukte wird nur in sechs Fällen auf einer kurz- bis mittelfristigen Basis diskutiert. Mehrheitlich wird der Anwendungsbereich ohne Zeitangabe erwähnt (19/41) und 13 von 41 Strategien äußern sich nicht explizit dazu.

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

Oft diskutiert wird auch die Nutzung von Wasserstoff oder Wasserstofffolgeprodukten zur Speicherung

von elektrischer Energie für den Ausgleich der Fluktuationen des Stromangebots bei Bereitstellung auf Basis erneuerbarer Energiequellen. Der Einsatz von Kraftwerken auf Basis von Wasserstoff und seinen Folgeprodukten wird ebenfalls adressiert. Dies wird in acht Strategien auf einer kurz- bis mittelfristigen Zeitskala beschrieben. Auf der anderen Seite wird der Einsatz von Wasserstoff für diese Anwendungsfelder in sechs Strategien nicht explizit adressiert. Einen Sonderfall bildet Norwegen. Hier wird keine Notwendigkeit für einen Einsatz von Wasserstoff zur Speicherung von elektrischer Energie gesehen, da auf heimische Kapazitäten für die Speicherung durch Wasserkraft verwiesen wird.

Import und Export von Wasserstoff

Um die im Vorfeld beschriebenen Anwendungen mit emissionsarmem oder emissionsfreiem Wasserstoff zu versorgen, muss weltweit ein Kapazitätsausbau für erneuerbare Energien erfolgen. Gleichzeitig müssen auch die Wasserstofferzeugungskapazitäten steigen. Aufgrund unterschiedlicher Standortbedingungen gibt es unterschiedliche Potenziale für die Erzeugung von Wasserstoff. Dies beeinflusst die Ambitionen eines Landes, als Importeur, Exporteur oder Transitland von Wasserstoff und dessen Folgeprodukten zu agieren.

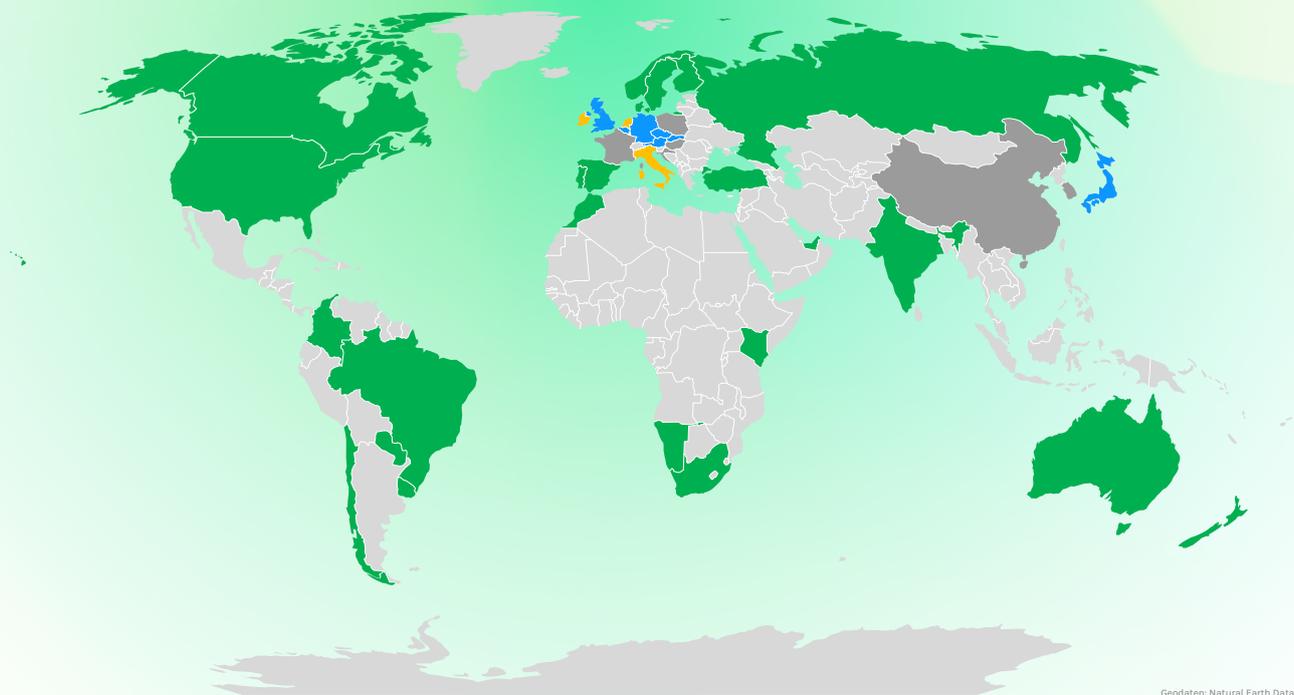
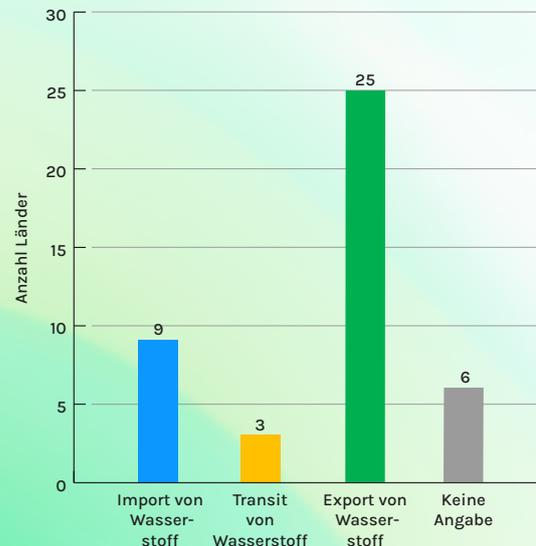


Abbildung 11: Auswertung zur Frage, ob sich die Regionen als Exporteur, Importeur oder Transitland von Wasserstoff sehen.

Nationen mit günstigen Bedingungen für die Produktion erneuerbarer Energien und damit auch erneuerbaren 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, wie Kohle oder Erdgas, als Wasserstoffexporteure positionieren (AUS, CAN, NOR). Insgesamt formulieren 25 Länder die Ambition, eigens produzierten Wasserstoff zu exportieren. So hat beispielsweise Uruguay für sich erklärt, dass für die Jahre 2030 beziehungsweise 2040 Gewinnmöglichkeiten von 93 Millionen Dollar beziehungsweise 1,3 Milliarden Dollar identifiziert wurden. Eine Sonderrolle nehmen die Niederlande, Italien und Irland ein. Diese wollen sich als Transitländer positionieren, indem sie Wasserstoff importieren, um ihn, neben der Deckung des eigenen Bedarfs, auch an andere europäische Länder weiter zu verteilen.

In Tabelle 5 ist eine Auflistung der Exportnationen (inkl. Transitländer) sowie der benannten Exportgüter dargestellt. 24 Länder benennen den Export oder die Weiterleitung von Wasserstoff explizit. Einzig Namibia gibt an, aufgrund geringerer Transportkosten nur auf Wasserstoffderivate oder wasserstoffbasierte Produkte setzen zu wollen. Insgesamt haben 17 Länder angegeben, Wasserstoffderivate exportieren zu wollen. Am häufigsten wurde Ammoniak genannt (14x) und teilweise auf bereits bestehende Logistikstrukturen verwiesen. Methanol (7x) aber auch synthetische Kraftstoffe wie Kerosin (6x) stellen ebenfalls attraktive Fälle dar. Der Export von Methan wurde nur in einem Fall genannt. Neben Wasserstoff und seinen Derivaten wurden auch wasserstoffbasierte Produkte wie Eisen/Stahl (3x) oder Kunststoffe (1x) als potenzielle Exportgüter benannt. Darüber hinaus wollen einige Länder ihre Technologieexpertise nutzen (7x), um beispielsweise (Komponenten für) Brennstoffzellen und Elektrolyseure zu exportieren. Paraguay möchte zusätzlich Sauerstoff exportieren.

Land	Adressierte Exportgüter							
	Wasserstoff	Wasserstofffolgeprodukte				Andere		Power-to-X-Technologien
		Ammoniak / Dünger	Methanol	SynFuels (u.a. Kerosin)	Methan	Eisen / Stahl	Kunststoffe	
ARE	X							
AUS	X	X						
BRA	X	X	X					
CAN	X							X
CHL	X	X	X	X				
COL	X	X						
DNK	X			X				X
ESP	X							
FIN	X			X				
GB-SCT	X	unspezifisch						
HRV	X							
IND	X	X				X		
IRL	X	X	X	X			X	
ITA	X							
KEN		unspezifisch						
MAR	X	X			X			
NAM		X	X	X		X		
NLD	X							
NOR	X							X
NZL	X	X	X					
PRT	X							X
PRY	X	X	X					
RUS	X							X

Land	Adressierte Exportgüter							
	Wasserstoff	Wasserstofffolgeprodukte				Andere		Power-to-X-Technologien
		Ammoniak / Dünger	Methanol	SynFuels (u.a. Kerosin)	Methan	Eisen / Stahl	Kunststoffe	
SWE						X		X
TUR	X	X						X
URY	X	X		X				
USA	X	X	X					
ZAF	X	X						

Tabelle 7: Übersicht der benannten Exportgüter, die im Bezug zu Wasserstoff stehen.

Dem gegenüber stehen neun Länder/Regionen, die angeben, dass sie auf Wasserstoffimporte angewiesen sein werden, um die Bedarfe beim Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft zu decken (GER, EU, CZE, GBR, JPN, SGP, AUT, BEL, SVK). Dies wird dadurch begründet, dass die eigenen Standortbedingungen nicht ausreichen, um eine autarke Versorgung mit Wasserstoff oder Wasserstoffderivaten zu erreichen. Die Art des Imports

wird hierbei nicht eingeschränkt, sondern meist nur die verschiedenen, bestehenden Optionen benannt, beispielsweise Pipelinetransport, Import von Derivaten wie Ammoniak oder Wasserstofftransport mit LOHCs (engl., liquid organic hydrogen carriers).

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

Anhang

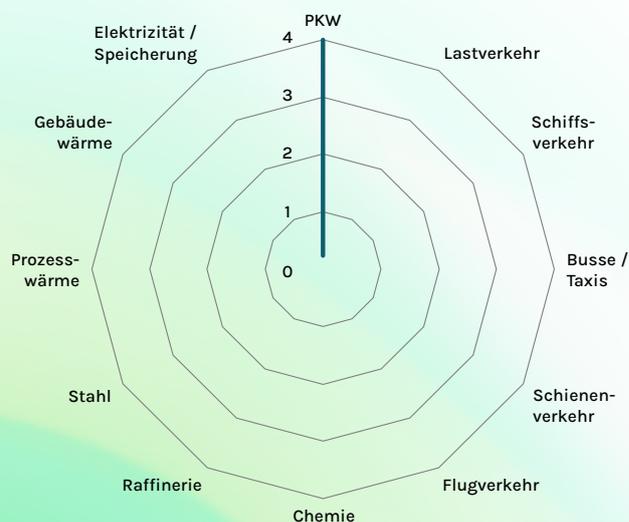
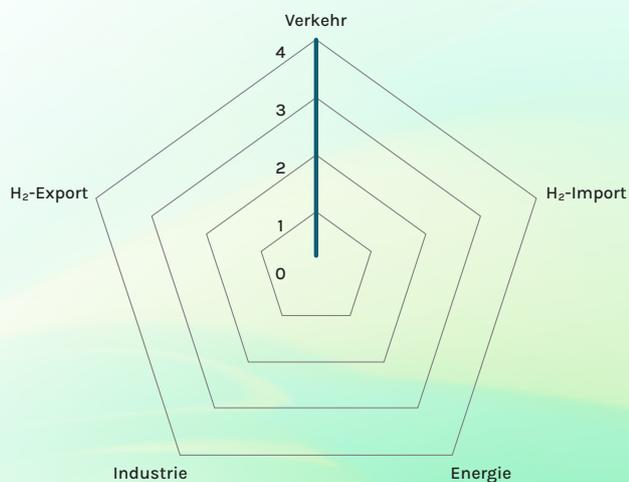
1. Vereinigte Arabische Emirate (ARE), Hydrogen: From Hype to Reality, 2021
2. Australien (AUS), Australia's National Hydrogen Strategy, 11/2019
3. Österreich (AUT), Wasserstoffstrategie für Österreich, 06/2022
4. Belgien (BEL), Vision and strategy, Hydrogen, Update October 2022, 10/2022
5. Brasilien (BRA), Programa Nacional do Hidrogênio, 07/2021
6. Kanada (CAN), Hydrogen Strategy for Canada, 12/2020
7. Chile (CHL), National Green Hydrogen Strategy, 09/2020
8. China (CHN), Fuel Cell Vehicle Roadmap, 11/2017
9. Kolumbien (COL), Colombia's Hydrogen Roadmap, 09/2021
10. Tschechien (CZE), The Czech Republic's Hydrogen Strategy, 09/2021
11. Dänemark (DNK), The Government's Strategy for Power-to-X, 12/2021
12. Spanien (ESP), Hoja de Ruta del Hidrogeno, 10/2020
13. Europäische Union (EU), A Hydrogen Strategy for a Climate-Neutral Europe, 07/2020
14. Finnland (FIN), Hydrogen economy - Opportunities and limitations, 05/2022
15. Frankreich (FRA), Stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné en France, 09/2020
16. Vereinigtes Königreich (GBR), UK Hydrogen Strategy, 08/2021
17. Schottland (GB-SCT), Hydrogen Action Plan, 12/2022
18. Deutschland (GER), Die Nationale Wasserstoffstrategie, 06/2020 & Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie, 07/2023
19. Kroatien (HRV), Hydrogen Strategy of the Republic of Croatia until 2050, 03/2022
20. Ungarn (HUN), Hungary's National Hydrogen Strategy, 05/2021
21. Indien (IND), Harnessing Green Hydrogen, 06/2022
22. Irland (IRL), Consultation on Developing a Hydrogen Strategy for Ireland, 07/2022
23. Italien (ITA), Strategia Nazionale Idrogeno Linee Guida Preliminari, 11/2020
24. Japan (JPN), Basic Hydrogen Strategy, 12/2017
25. Kenia (KEN), Green Hydrogen Strategy and Roadmap for Kenya, 09/2023
26. Südkorea (KOR), Hydrogen Economy Roadmap of Korea, 01/2019
27. Marokko (MAR), Feuille de Route Hydrogène Vert, 08/2021
28. Namibia (NAM), Namibia. Green Hydrogen and Derivatives Strategy, 11/2022
29. Niederlande (NLD), Government Strategy on Hydrogen, 04/2020
30. Norwegen (NOR), The Norwegian Government's Hydrogen Strategy, 06/2020
31. Neuseeland (NZL), A Vision for Hydrogen in New Zealand, 09/2019
32. Polen (POL), Polish Hydrogen Strategy, 05/2021
33. Portugal (PRT), Portugal National Hydrogen Strategy, 08/2020
34. Paraguay (PRY), Towards the Green Hydrogen Roadmap in Paraguay, 06/2021
35. Russland (RUS), Development of Hydrogen Energy in the Russian Federation, 08/2021

36. Singapur (SGP), Singapore's National Hydrogen Strategy, 10/2022
37. Slowakei (SVK), National Hydrogen Strategy: Ready for the Future, 06/2021
38. Schweden (SWE), Strategy for fossil free competitiveness, 01/2021
39. Türkei (TUR), Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi Ve Yol Haritası, 01/2023
40. Uruguay (URY), Green Hydrogen Roadmap in Uruguay, 06/2022
41. Vereinigte Staaten von Amerika (USA), U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap, 06/2023
42. Kalifornien (US-CAL), The California Fuel Cell Revolution, 07/2018
43. Südafrika (ZAF), Hydrogen Society Roadmap for South Africa 2021, 2021

GEWÄHLTE DARSTELLUNGSFORM

Um als Ergebnis der Analyse einen Vergleich der von den verschiedenen Ländern adressierten Anwendun-

gen von Wasserstoff und deren Priorisierung darzustellen, wurde die Darstellung in Form von Netzdiagrammen gewählt:



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

Abbildung 12: 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“ (auch „kf“) entspricht dem Zeitpunkt vor 2030, „mittelfristig“ (auch „mf“) dem Zeitpunkt ab 2030 und „langfristig“ (auch „lf“) 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 zu zeigen, wo in den einzelnen Ländern Wasserstoff zu welcher Zeit eingesetzt werden soll. Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass eine nicht explizite Erwähnung (Kategorie 0) nicht mit einer ablehnenden Haltung gegenüber einer bestimmten Anwendung gleichgesetzt werden darf!

VEREINIGTE ARABISCHE EMIRATE (ARE)

Hydrogen: From Hype to Reality

1. Generelle Informationen

- [Strategie]
- Herausgeber: Ministerium für Energie und Infrastruktur, Ministerium für Klimawandel und Umwelt – ARE
- Veröffentlicht: 2021
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Klimaneutralität bis 2050
- Dedizierte Fahrzeugmenge: bis zu 50 % der Schwerlastfahrzeuge im Öffentlichen Verkehr bis 2050
- Dedizierte Tankstellen: 100 bis 2050

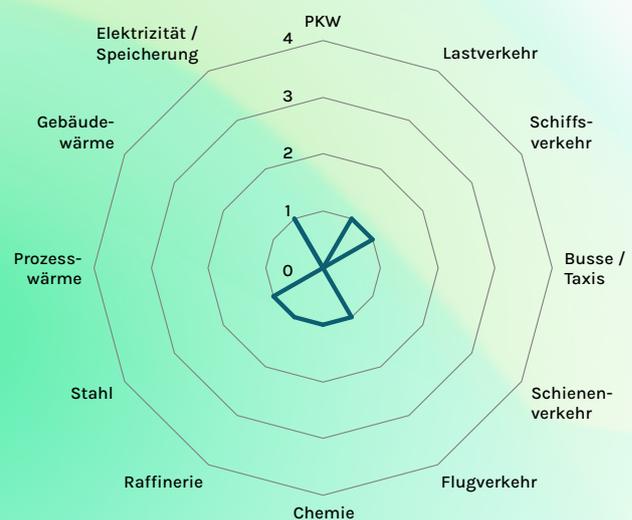
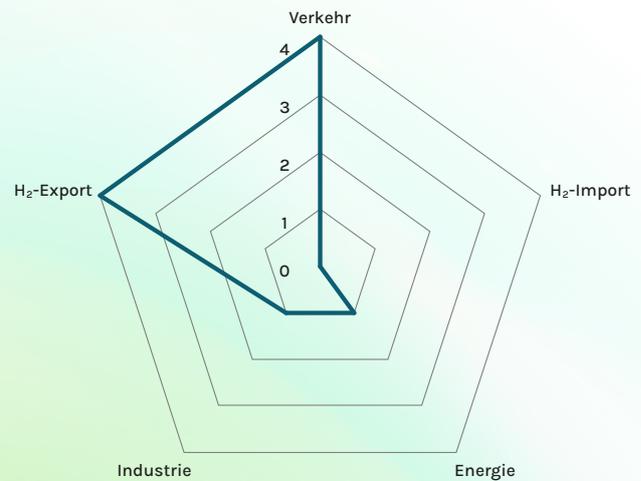
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- > Industrie: Zement (k.A.)

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

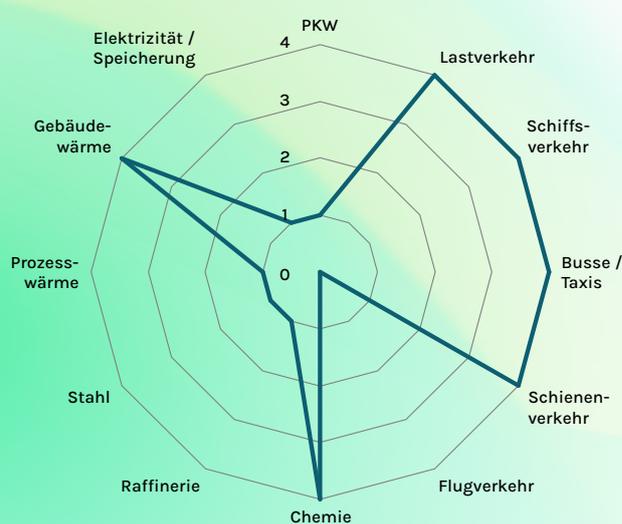
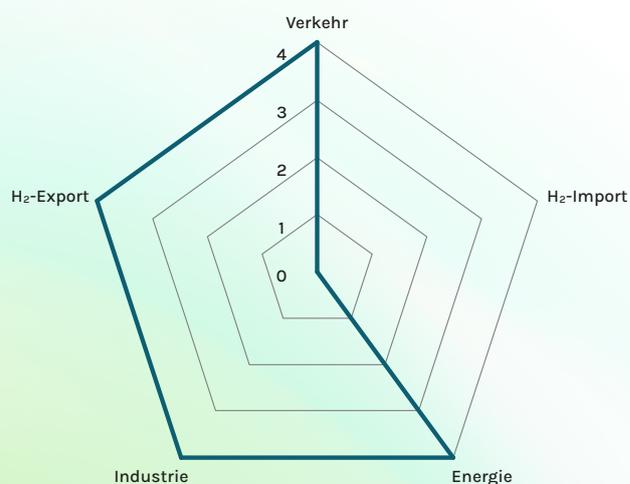
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- 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



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Bergbaufahrzeuge (kf)

ÖSTERREICH (AUT)

Wasserstoffstrategie für Österreich

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Bundesministerium Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, Bundesministerium Digitalisierung und Wirtschaftsstandort – Österreich
- Veröffentlicht: 2022
- Zeithorizonte: 2022, 2030, 2040

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 1 GW bis 2030
> Klimaneutralität bis 2040

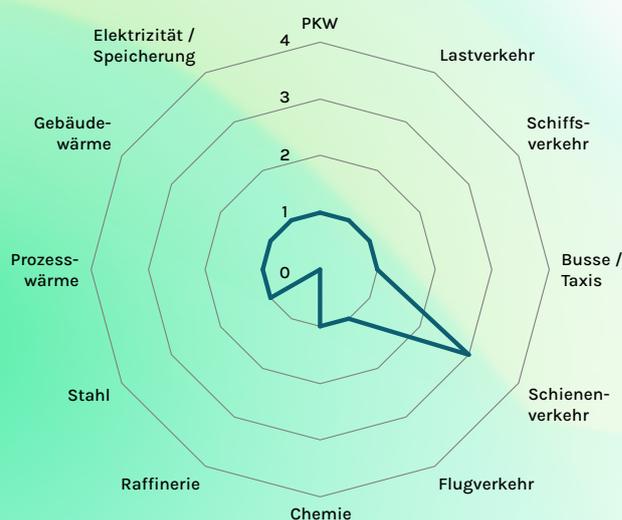
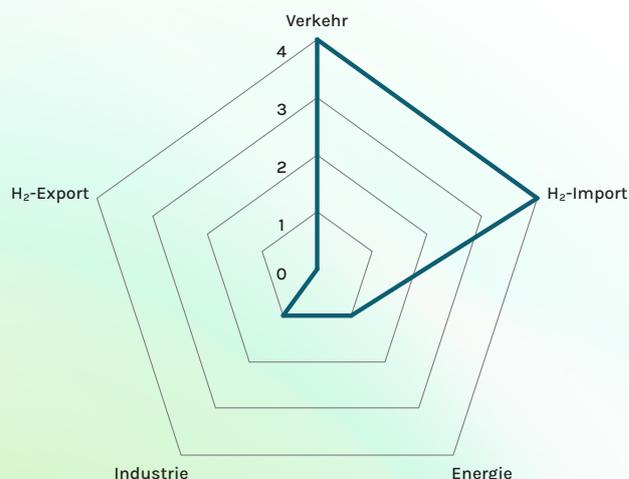
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.
- Verwendung von Vergärungsverfahren und Gasification von Biomasse zur Erzeugung von Biomethan und Wasserstoff
- Wasserstoffherzeugung mit Methanpyrolyse

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor
> Industrie:
- Industrie:
> Zement, Bau, Feuerfest, Glas, Nicht-Eisen-Metalle, Papier (k.A.)

BELGIEN (BEL)

Vision and strategy, Hydrogen

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Belgische Regierung
- Veröffentlicht: 10/2022
- Zeithorizonte: bis 2026, 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 150 MW bis 2026
- Klimaneutralität bis 2050

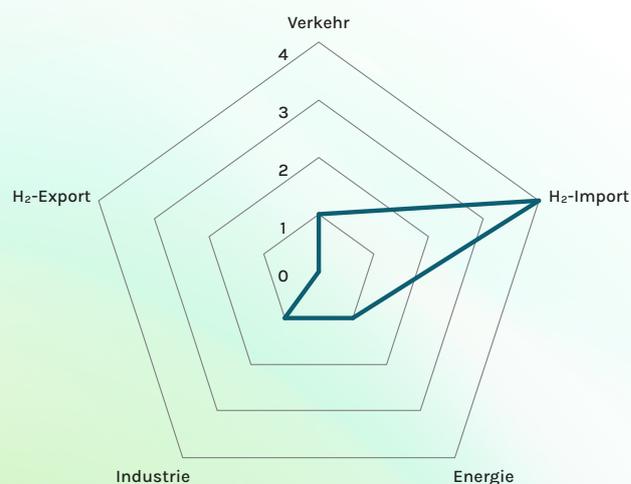
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Zwei- und Dreiräder, Ammoniak, Methanol (k.A.)
- Industrie:
 - > Zement, Aluminium, Keramik, Glas, Plastikrecycling (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- Importmengen: 20 TWh in 2030, 200–350 TWh in 2050
- Die belgische Regierung setzt im Wesentlichen auf Elektrifizierung als nach eigener Aussage effektivsten Weg, um erneuerbaren Strom nutzbar zu machen und zu verbrauchen.

BRASILIEN (BRA)

Programa Nacional do Hidrogênio

1. Generelle Informationen

- Basis für eine Strategie
- Herausgeber: Ministerium für Bergbau und Energie – Brasilien
- Veröffentlicht: 07/2021

2. Zielvorgaben

- Klimaneutralität bis 2050
- ...

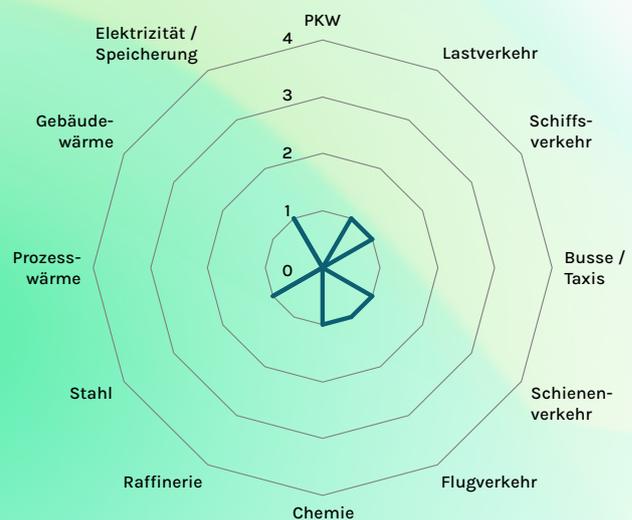
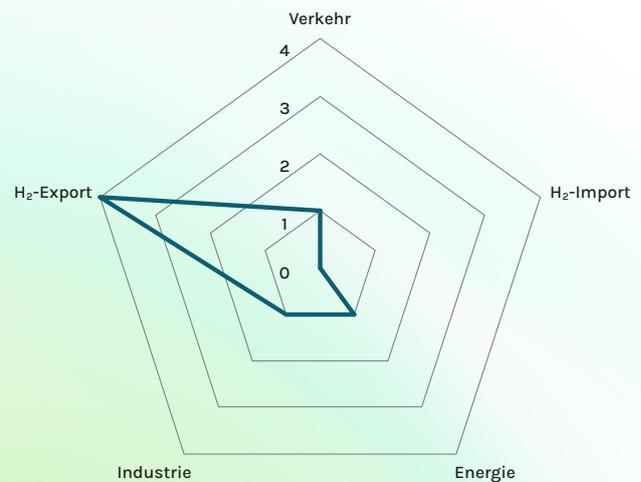
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen
- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Kernkraft
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Gestein
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Kunststoffen

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Bergbau, Düngemittel (k.A.)

KANADA (CAN)

Hydrogen Strategy for Canada

1. Generelle Informationen

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

2. Zielvorgaben

- H₂-Zielpreis 1,50–3,50 \$/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)

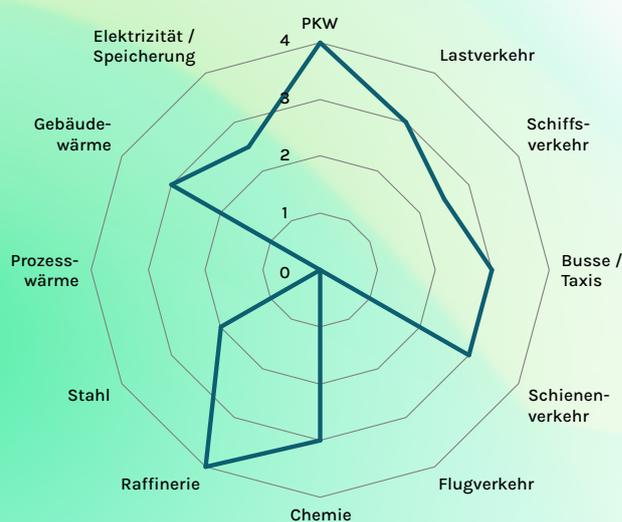
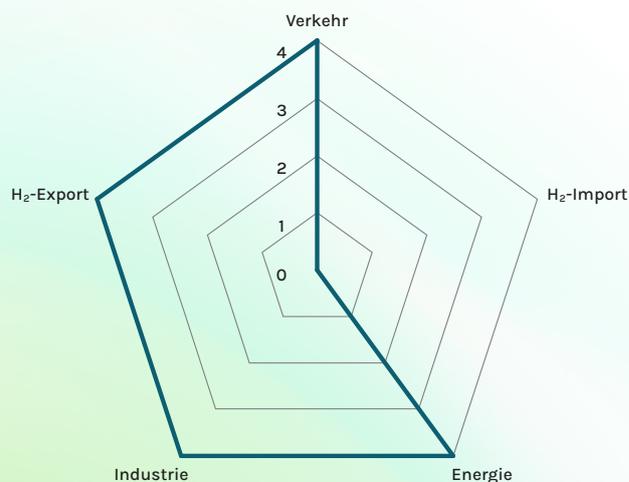
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Gabelstapler (kf), Hafengeräte (mf-lf)
- Industrie:
 - > Bergbau (mf)

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

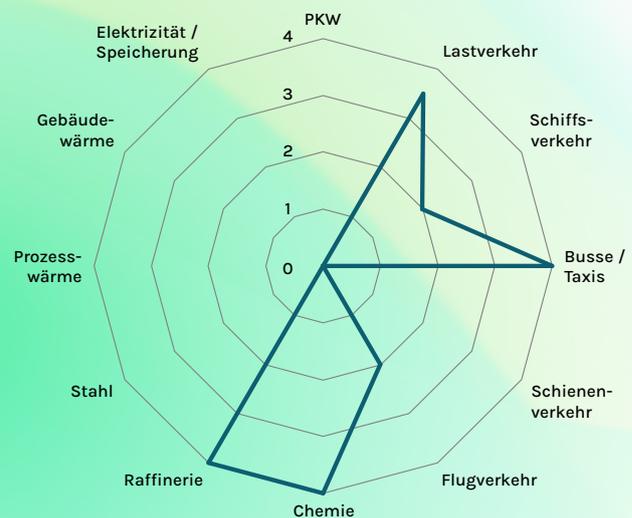
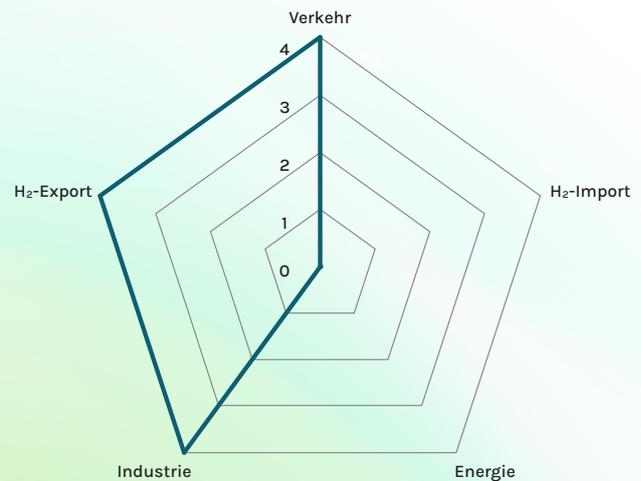
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Bergbaufahrzeuge (mf),
- Synthetische Kraftstoffe für Schiffe und Luftverkehr (lf)
- Industrie:
 - > Bergbau (lf)
 - > Beimischung ins Gasnetz (lf)

CHINA (CHN)

Fuel Cell Vehicle Roadmap

1. Generelle Informationen

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

2. Zielvorgaben

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

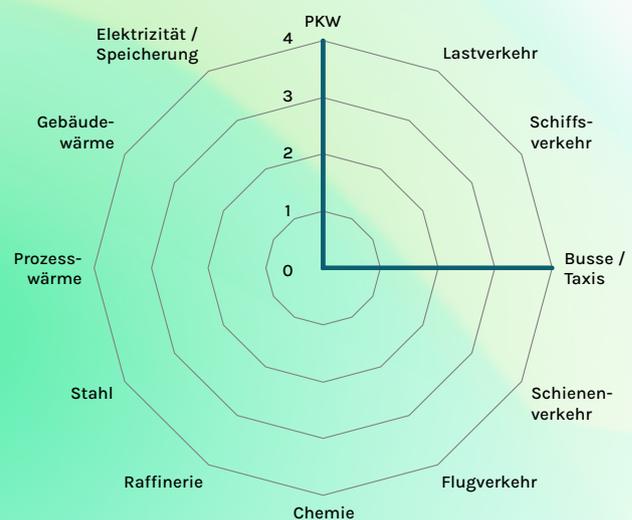
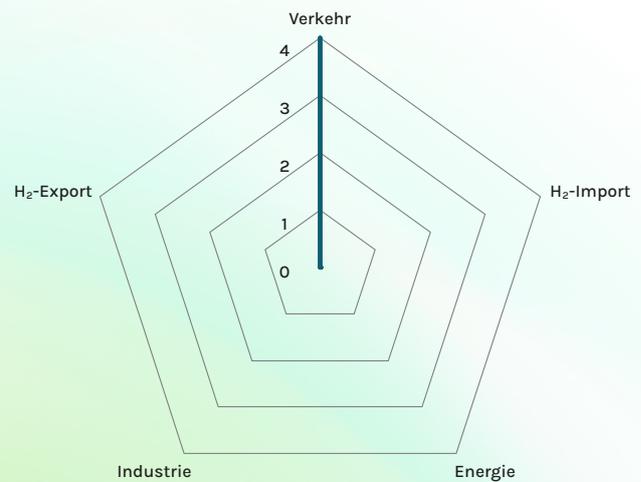
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



6. Kommentare / Anmerkungen

- In dieser Roadmap wurde der Fokus rein auf FCEVs gelegt und auch andere Verkehrsoptionen nicht behandelt.

KOLUMBIEN (COL)

Colombia's Hydrogen Roadmap

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: Energieministerium Kolumbien, Britische Regierung, Interamerikanische Entwicklungsbank
- Veröffentlicht: 2022
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 1–3 GW bis 2030
- Klimaneutralität bis 2050
- Zielpreis: 1,70 \$/kg H₂
- Dedizierte Produktionsmenge: 50kt blauer Wasserstoff
- Dedizierte Fahrzeugmengen: 2500–3500 bis 2030
- Dedizierte Tankstellen: 50–100 bis 2030
- 40 % Anteil für den Industriesektor als grüner und blauer Wasserstoff

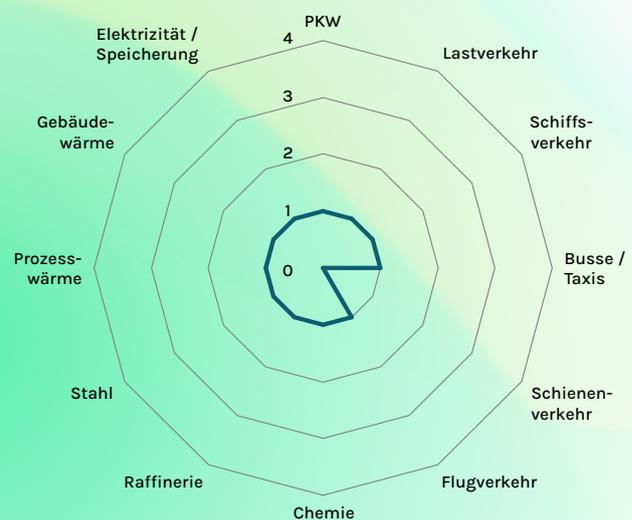
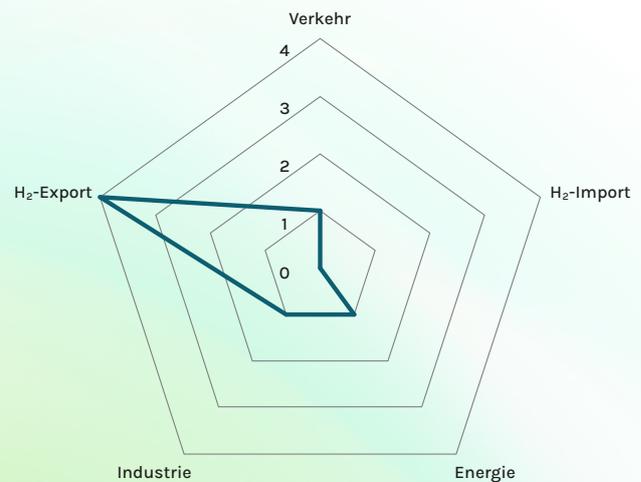
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom, wenn der Strom erneuerbar wird

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Eisen, Düngemittel, Floatglas, Verarbeitung von Fetten und Ölen für die Lebensmittelindustrie (k.A.)

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 1,00-1,50 Euro/kg H₂

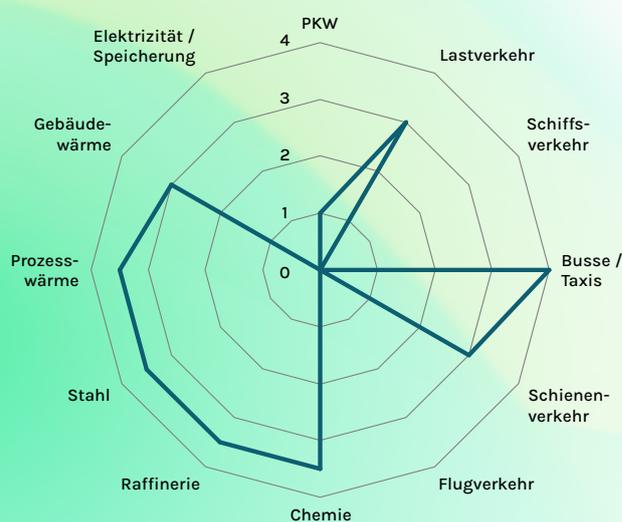
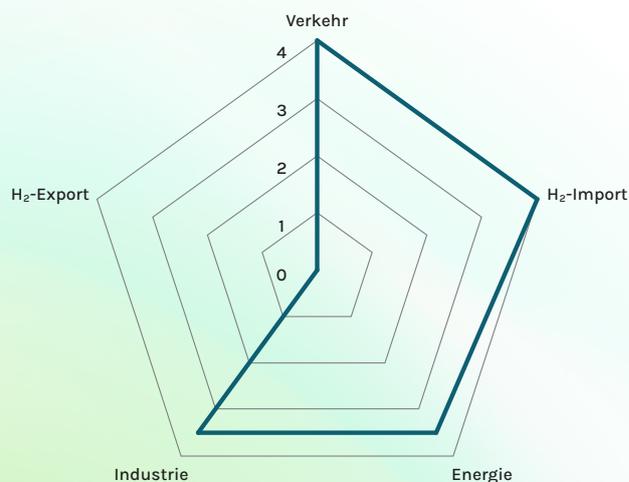
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstoffherzeugung 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



DÄNEMARK (DNK)

The Government's Strategy for Power-to-X

1. Generelle Informationen

- PtX Strategie
- Herausgeber: Ministerium für Klima, Energie und Versorgung – Dänemark
- Veröffentlicht: 12/2021
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 4-6 GW (7 GW Projekte) bis 2030
- Klimaneutralität bis 2050
- Zielpreis:
- H₂: 125 [16,76], Ammoniak: 225 [30,16], Methanol: 245 [32,84], SAF: 345 DKK/GJ [46,25 €/GJ] (kommende Dekade)
- Langfristig: H₂: 60 [8,04], Ammoniak: 145 [19,44], Methanol: 175 [23,46], SAF: 240 DKK/GJ [32,17 €/GJ] Umrechnungsfaktor Stand 15. Nov., 10:58 UTC

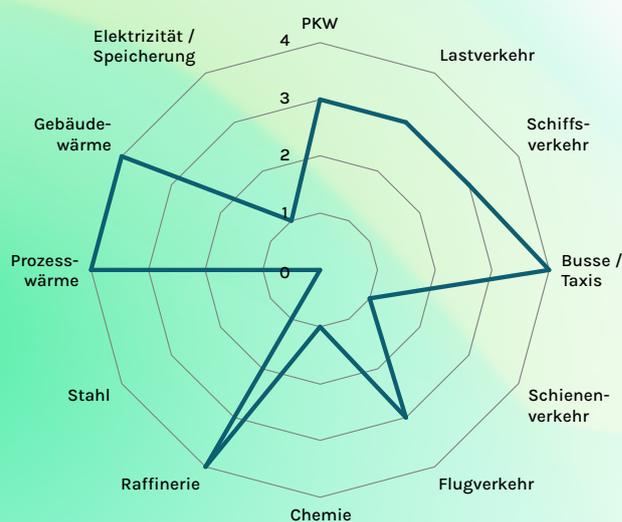
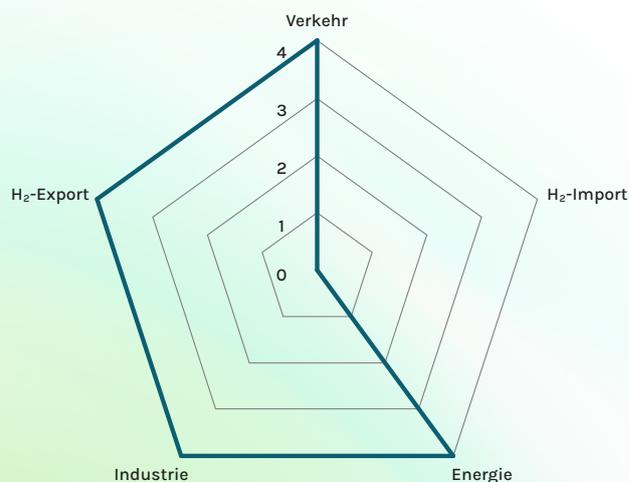
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom
- Wasserstoffherzeugung mit Pyrolyse

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Verteidigungsindustrie, Synthetische Kraftstoffe (Methanol, E-Benzin, E-Diesel, E-Kerosin) (kf)
- Industrie:
 - > Kunststoff, Düngemittel (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- PtX Strategie

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)

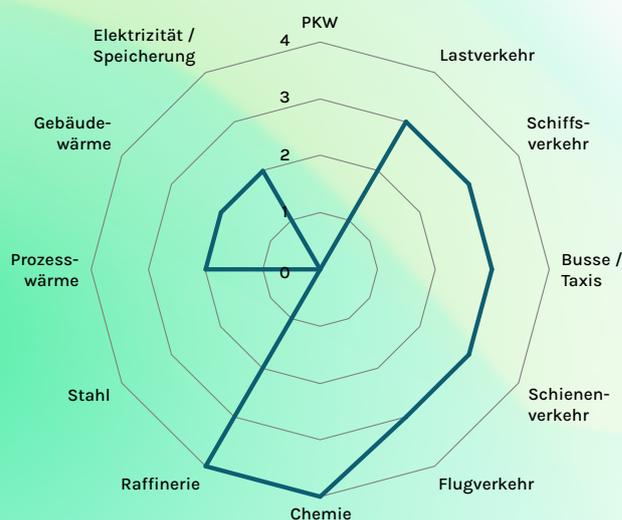
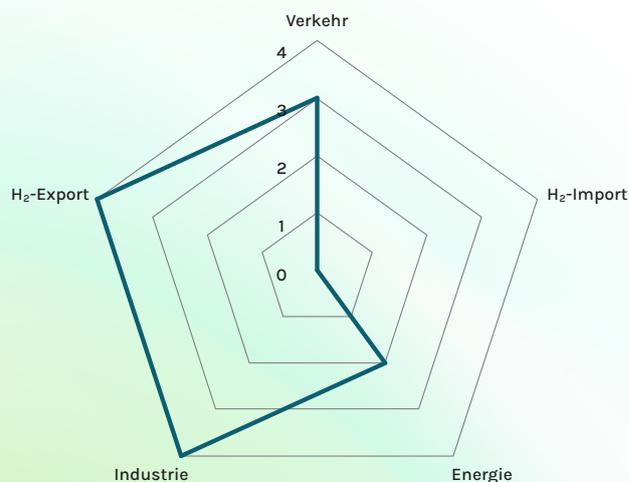
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstofferzeugung

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

5. Anwendungsfelder



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)

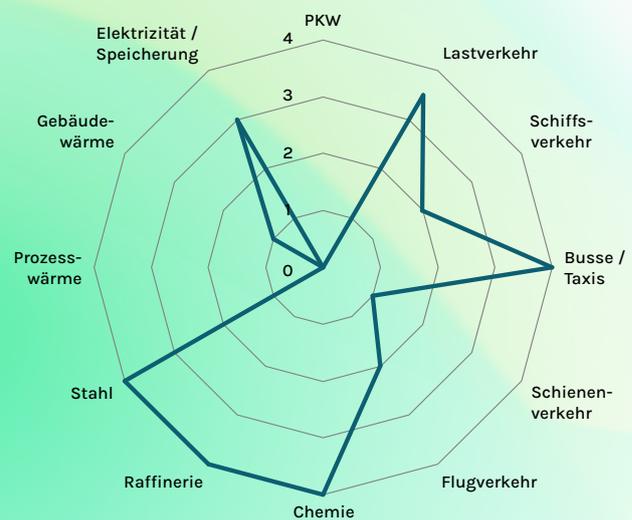
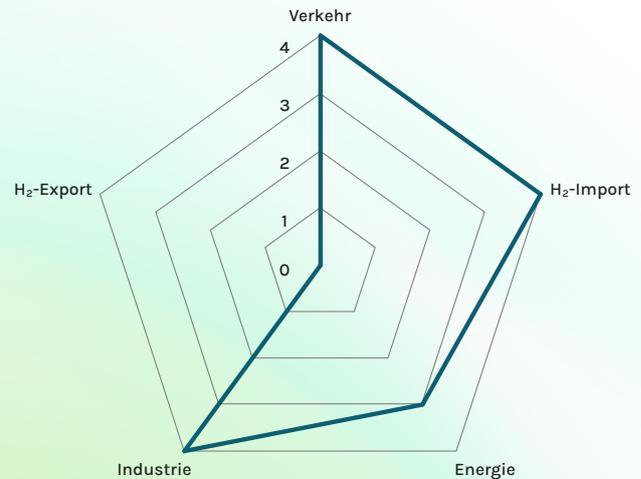
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstoffherzeugung 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



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Synthetische Kraftstoffe (If)

FINNLAND (FIN)

Hydrogen economy - Opportunities and limitations

1. Generelle Informationen

- Art der Quelle
- Herausgeber: Finnische Regierung
- Veröffentlicht: 05/2022
- Zeithorizonte: 2022, 2025, 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 0,5-1,3 GW bis 2030, 4,5-11 GW bis 2040, 12-27 GW bis 2050
- Klimaneutralität bis 2035
- Zielpreis (Produktionskosten): 2,6 €/kg
- Dedizierte Produktionsmenge: 3,7-7,9 TWh bis 2030, ca. 5-57 TWh bis 2040, 6,4-132,9 TWh bis 2050

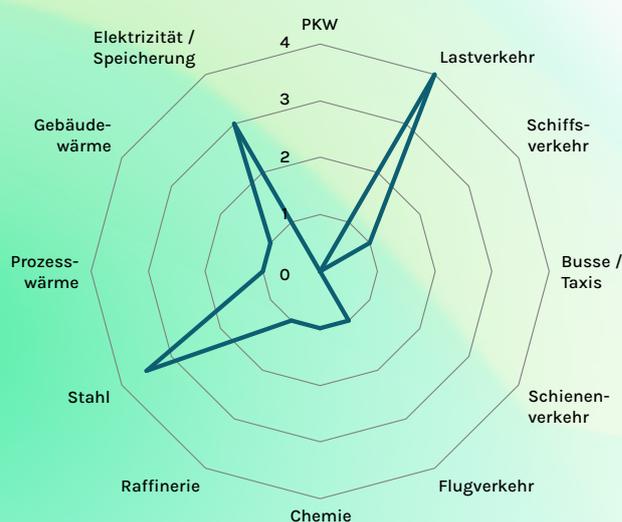
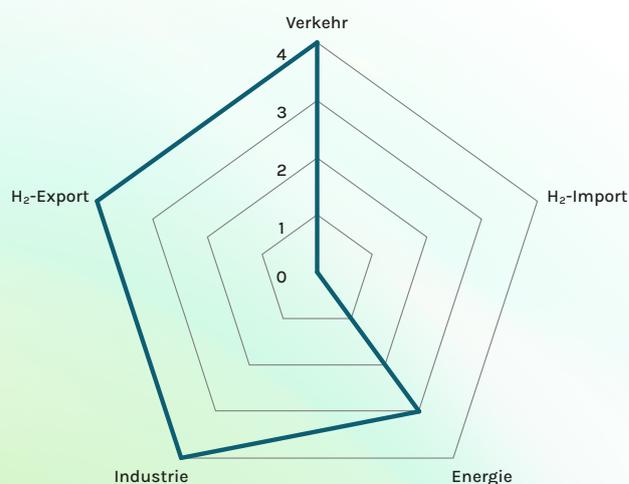
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Synthetische Kraftstoffe (Ammoniak, Methanol, Methan, Kerosin, Diesel, Benzin) (k.A.)
- Industrie:
 - > andere Metalle, Elektroindustrie, Forstwirtschaft (Papier), Fertigungsindustrie, Wasserstoffperoxid, Nahrungsmittel, Keramik- und Glas (k.A.)

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)

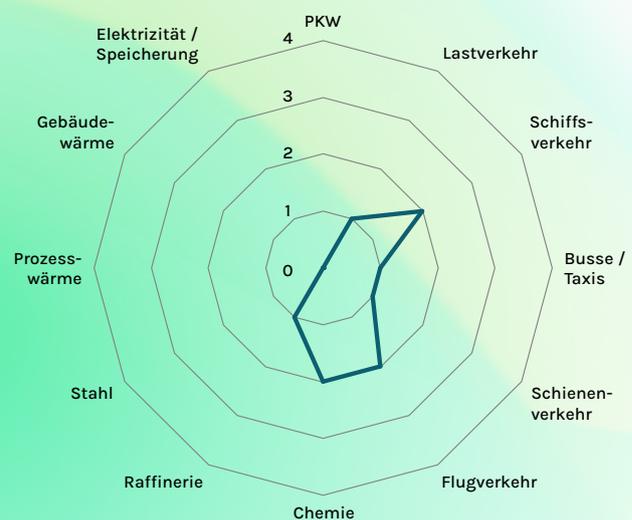
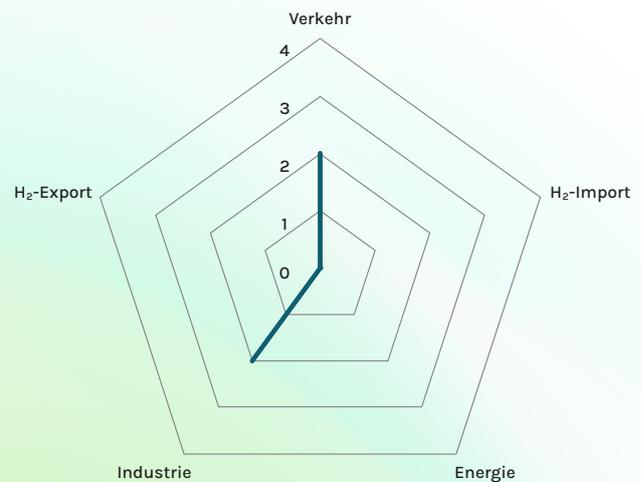
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung 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



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)

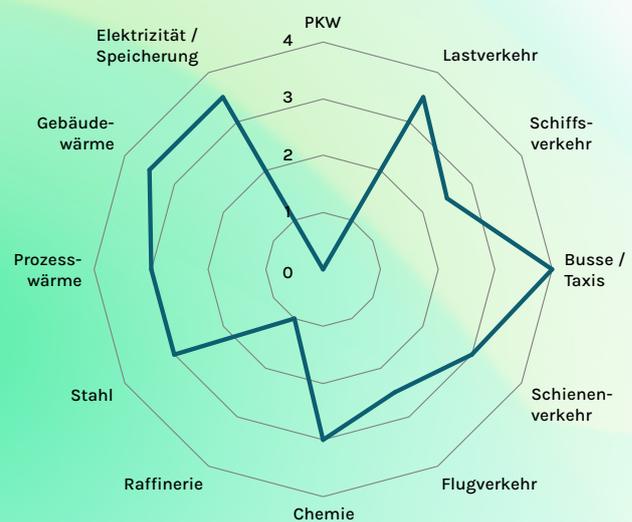
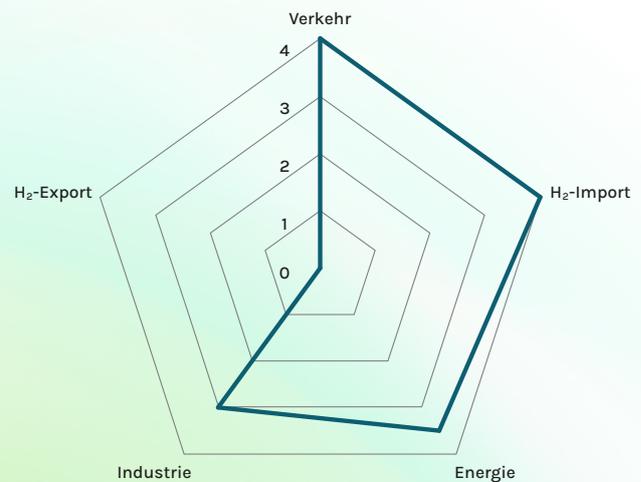
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

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

4. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



SCHOTTLAND (GB-SCT)

Hydrogen Action Plan

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Schottische Regierung
- Veröffentlicht: 2022
- Zeithorizonte: 2030, 2045

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 5 GW bis 2030, 25 GW bis 2045
- Klimaneutralität bis 2050
- Dedizierte Produktionsmenge: 450 kt (renewable & low carbon) bis 2030, 3,3 Mt bis 2045

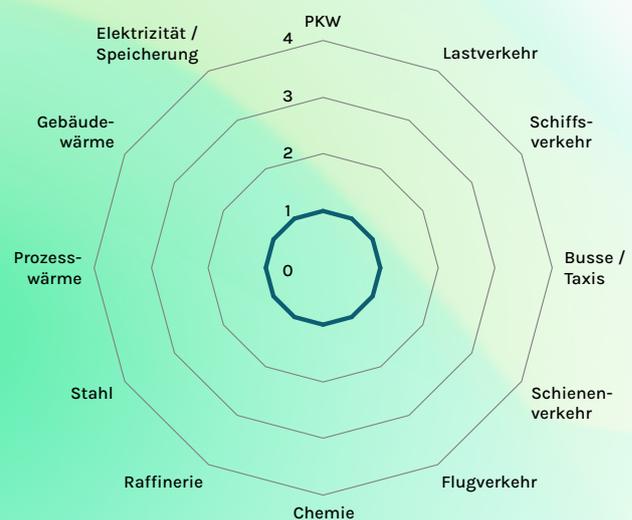
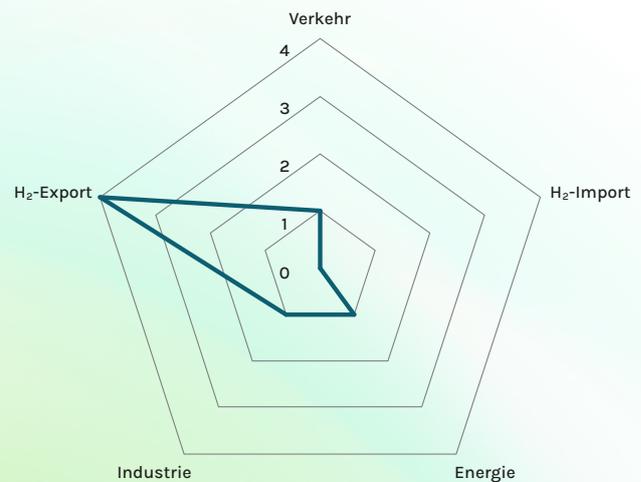
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Off-Road (k.A.)
- Industrie:
 - > Düngemittel, Brenneiereien (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- Die Strategie von Schottland definiert keine expliziten Ziele. Es wird im Wesentlichen im Konjunktiv formuliert "...hydrogen could play in Scotland's energy system."

DEUTSCHLAND (GER)

Die Nationale Wasserstoffstrategie + Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: ehem. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), heute: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK)
- Veröffentlicht: 06/2020 (07/2023)
- Zeithorizonte: 2020, 2030, 2050
- (2023, 2024-25, 2026-30)

2. Zielvorgaben

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

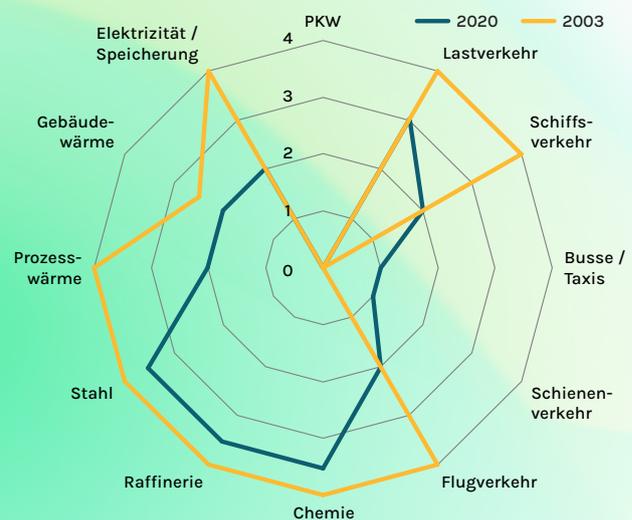
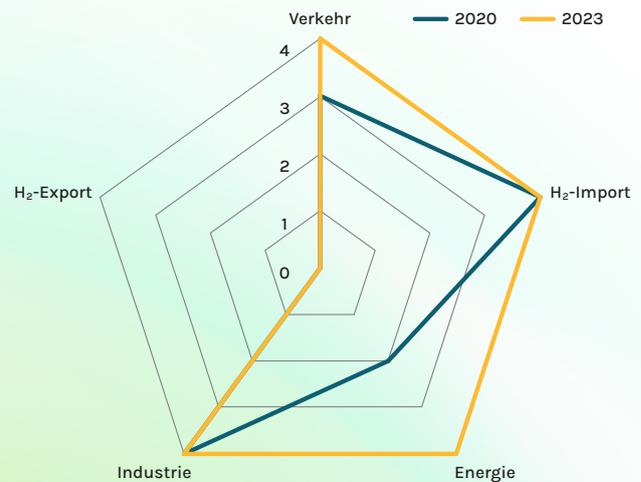
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- 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.
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Methanpyrolyse
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Abfall- und Reststoffen

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Synthetische Kraftstoffe (mf)
 - > Verteidigungssektor (lf)

6. Kommentare / Anmerkungen

- Die orangenen Werte und Angaben sind Ergänzungen aus der Fortschreibung der Nationalen Wasserstoffstrategie

KROATIEN (HRV)

Hydrogen Strategy of the Republic of Croatia until 2050

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Ministerium für Wirtschaft und nachhaltige Entwicklung – Kroatien
- Veröffentlicht: 03/2022
- Zeithorizonte: 2022–2026, 2027–2030, 2031–2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 70 MW bis 2030, 2750 MW bis 2050
- THG-Reduktion um 74 % bis 2050
- (vgl. 1990)
- Dedizierte Tankstellen: 15 bis 2030, 100 bis 2050
- H₂-Anteil am Energieverbrauch:
- 0,2 % bis 2030, 11 % bis 2050

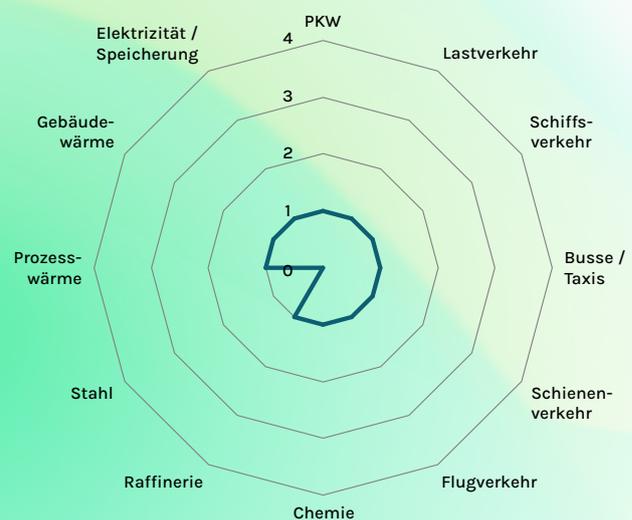
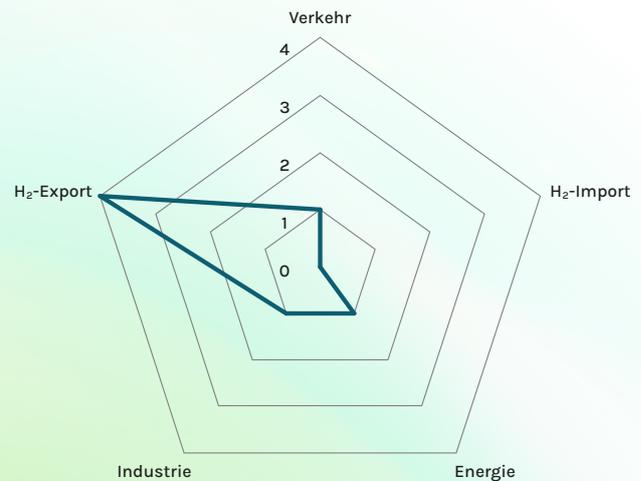
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom, wenn der Strom erneuerbar wird

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Zement, Landwirtschaft (k.A.)
- Energie/Wärme
 - > Teilsektor: Heizung und Kühlung (k.A.)

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)

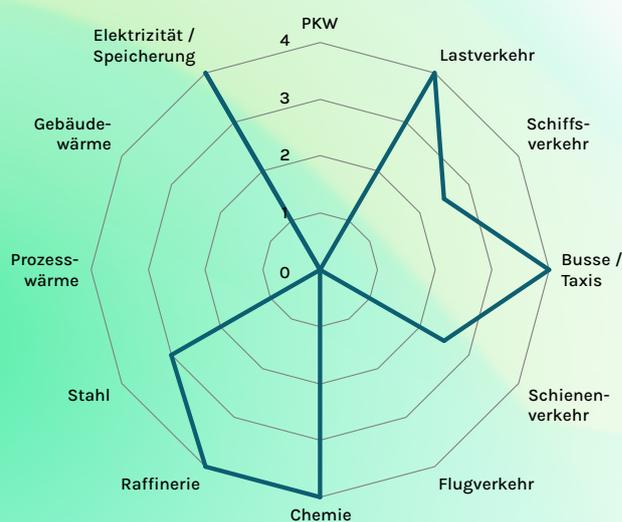
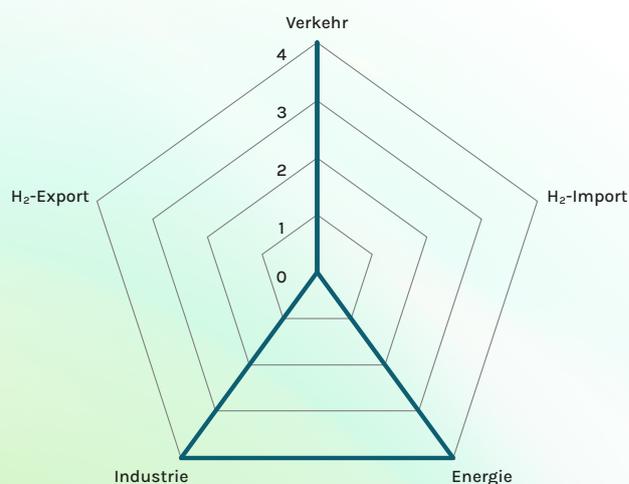
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstoffherzeugung 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



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Zement (mf)

INDIEN (IND)

Harnessing Green Hydrogen

1. Generelle Informationen

- Strategie und Roadmap
- Herausgeber: Regierungsorganisation NITI Aayog, RMI India
- Veröffentlicht: 06/2022
- Zeithorizonte: 2020, 2030, 2040, 2050, 2070

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 25 GW bis 2028, 60 GW bis 2030
- Klimaneutralität bis 2070
- Zielpreis: 1,7-2,4 \$/kg bis 2030, 0,6-1,2 \$/kg bis 2050
Dedizierte Produktionsmengen:
5 Mt bis 2030
- Dedizierte Fahrzeugmengen:
1000 LKW, 50 Boote, 10 Flugzeuge bis 2030

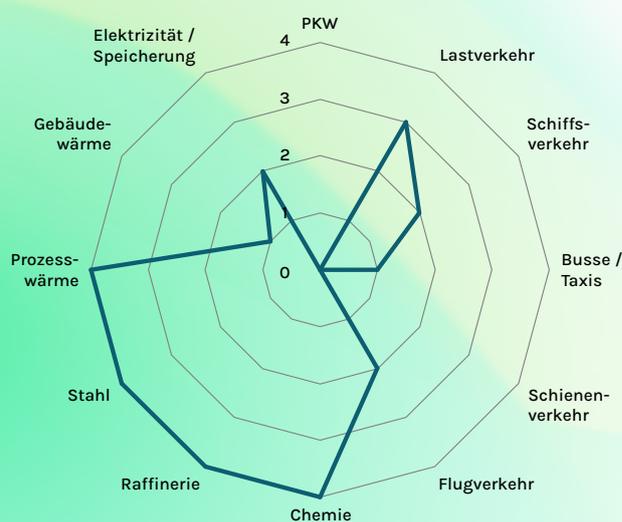
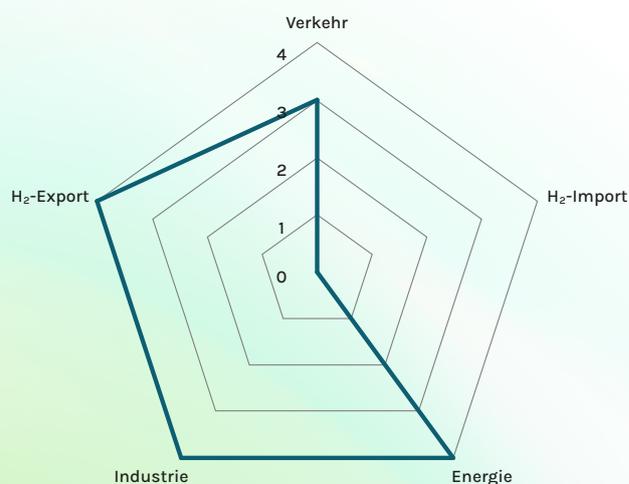
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > synthetische Kraftstoffe u.A. Ammoniak (kf)
- Industrie:
 - > Ammoniak als Düngemittel (kf), Lebensmittel (k.A.)

IRLAND (IRL)

Consultation on Developing a Hydrogen Strategy for Ireland

1. Generelle Informationen

- Konsultation zur Entwicklung einer Strategie
- Herausgeber: Irische Regierung
- Veröffentlicht: 07/2022

2. Zielvorgaben

- Klimaneutralität bis 2050

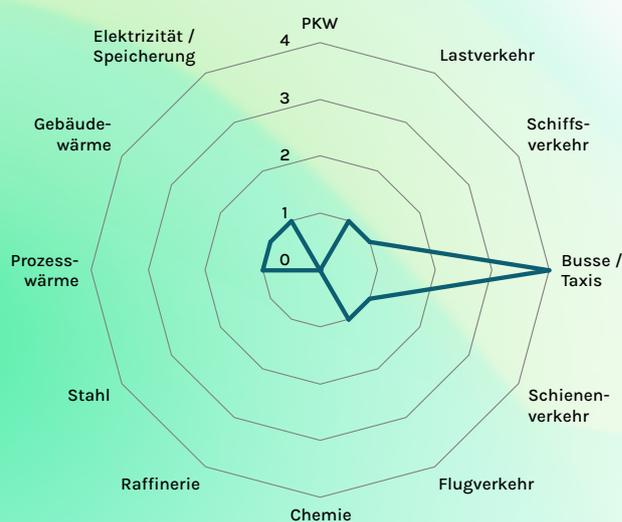
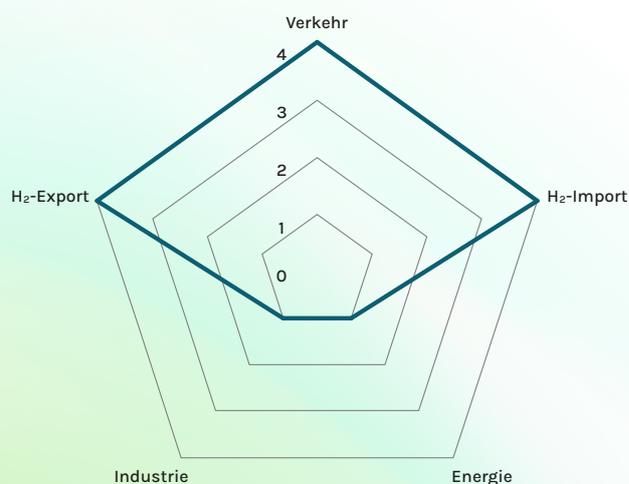
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Pharma, Schwerindustrie (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- Hierbei handelt es sich nicht um eine konkrete Strategie sondern eine „consultation.“ Sie wird durchgeführt, um die Meinungen der Stakeholder und anderen Interessensgruppen zu sammeln, um die Entwicklung einer Wasserstoffstrategie für Irland zu entwickeln. Es gibt keine konkreten/absoluten Aussagen. Bsp: „Hydrogen powered trains could potentially be substituted for conventional trains without the need for infrastructure upgrades and they can also work on overhead catenary lines when the network is fully electrified.“
- Einreichungen für die Konsultation waren im

Zeitraum vom 12.07.-02.09.2022 möglich.

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: 5 GW (2030)
- H₂-Erzeugung: 0,7 Mt H₂/a (2030)
- 2 % Anteil von H₂ am Endenergieverbrauch (2030)

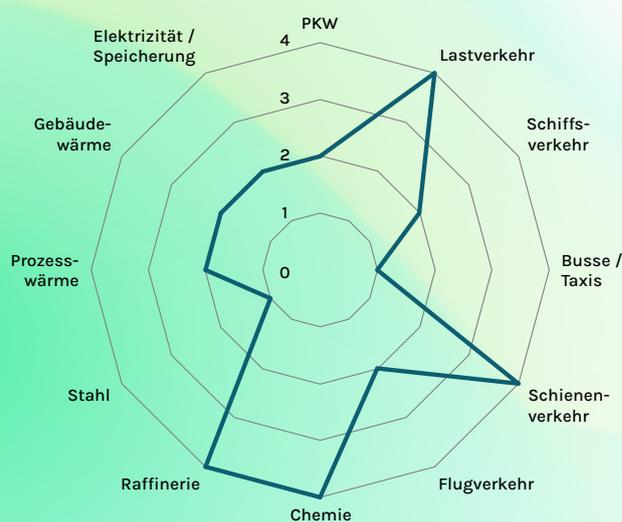
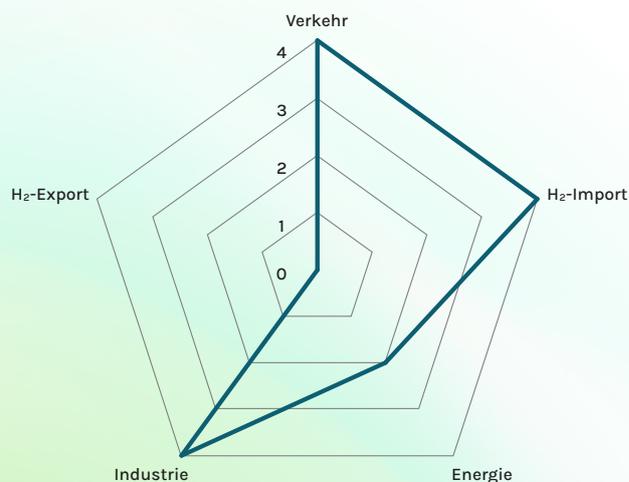
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Synthetische Kraftstoffe (k.A.)
- Industrie
 - > Zement (k.A.)

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: 2,50 Euro/kg H₂ (bis 2030) und 1,80 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)

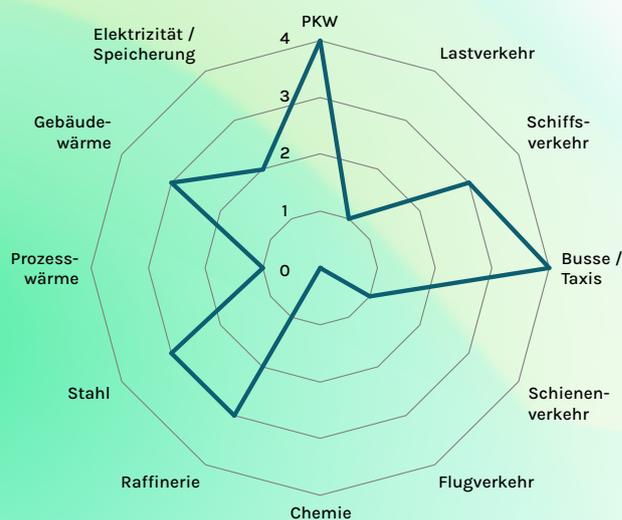
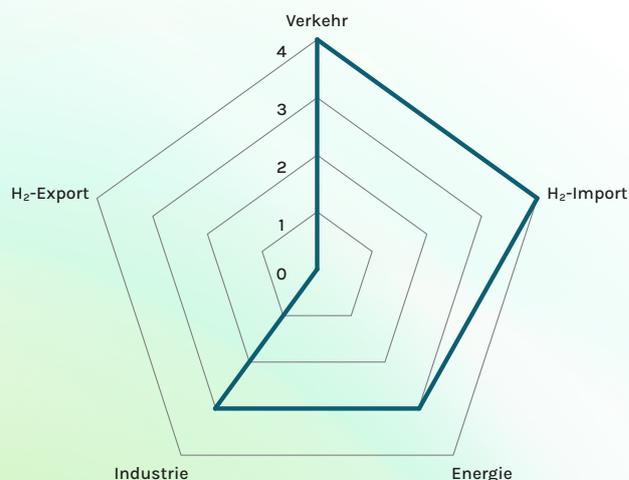
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Sonstiges: Gabelstapler(kf), Müllfahrzeuge (k.A.), Abschleppwägen (k.A.)

KENIA (KEN)

Green Hydrogen Strategy and Roadmap for Kenya

1. Generelle Informationen

- Strategie und Roadmap
- Herausgeber: Ministerium für Energie und Mineralöl
- Veröffentlicht: 09/2023
- Zeithorizonte: 2023–2027, 2028–2032, ab 2032

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 100 MW bis 2027, 150–250 MW bis 2030
- Klimaneutralität bis 2050

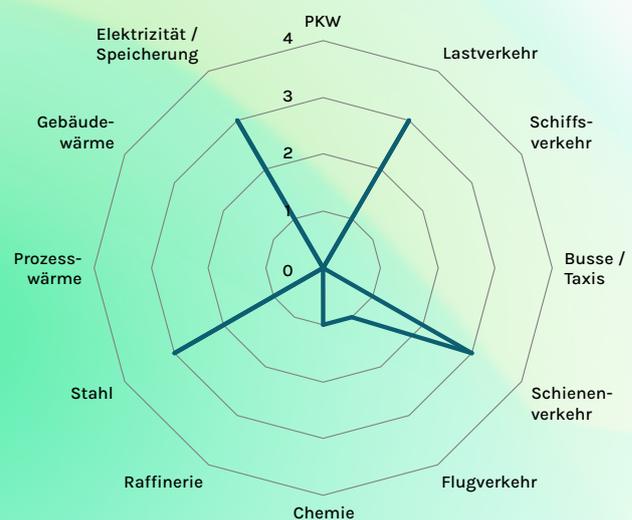
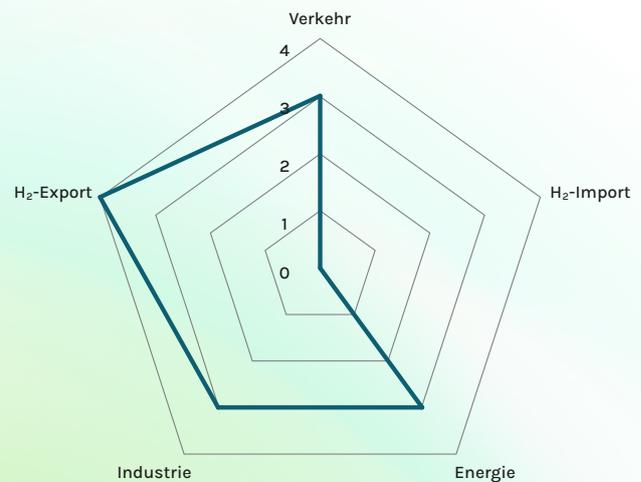
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstofferzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Wasserstofferzeugung auf Basis von Geothermie

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Landwirtschaft (Düngemittel) (kf), Ammoniak, Methanol

SÜDKOREA (KOR)

Hydrogen Economy Roadmap of Korea

1. Generelle Informationen

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

2. Zielvorgaben

- Zielpreis: 4,40 Euro/kg H₂ (2022) und 2,20 Euro/kg H₂ (ab 2040)
- FCEVs: 6,2 Mio. (3,3 Mio. für Export) in 2040

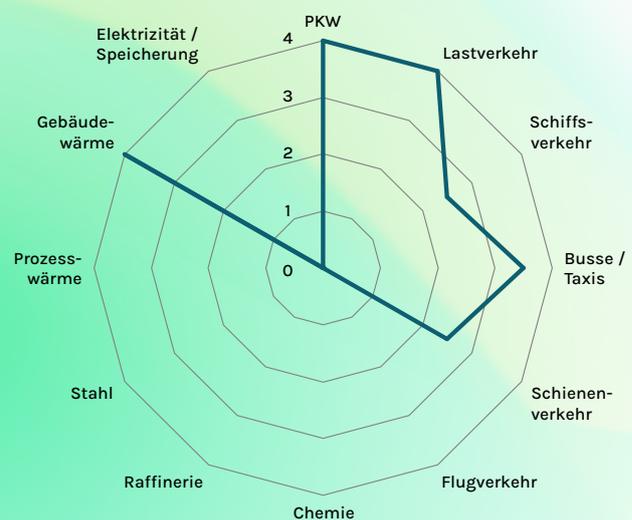
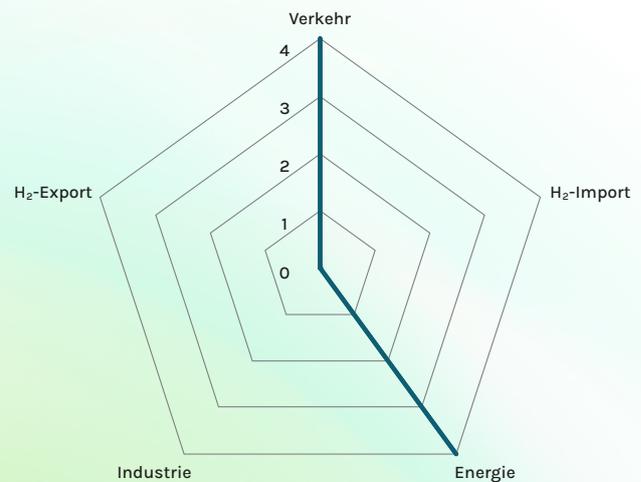
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen.
- Wasserstoffherzeugung 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



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Drohnen (mf)

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

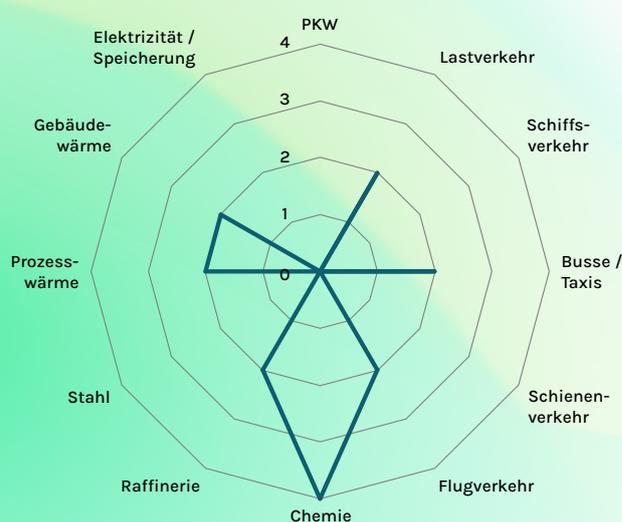
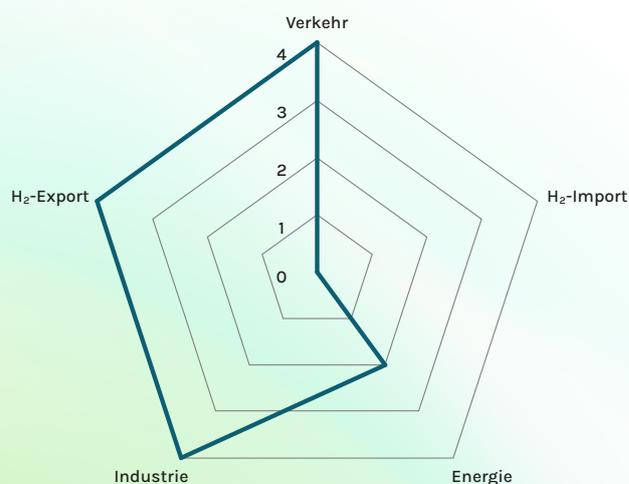
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.
- Suche nach weißem Wasserstoff

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Synthetische Kraftstoffe (kf)

NAMIBIA (NAM)

Namibia. Green Hydrogen and Derivatives Strategy

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: GH₂ Namibia, Harambee Prosperity Plan II, mit Unterstützung von: SASSCAL und BMBF
- Veröffentlicht: 11/2022
- Zeithorizonte: 2030, 2040, 2050

2. Zielvorgaben

- Zielpreis: LCOH 1.2-1.3 \$/kg 2030, wenn kein bestimmter Härtegrad benötigt wird.
- Derivate (e.g., Ammoniak oder Methanol) 1.5-1.6 \$/kg hydrogen in 2030
- Dedizierte Produktionsmengen: 1-2 Mt p.a. bis 2030, 5-7 Mt p.a. bis 2040, 10-15 Mt p.a. bis 2050 H₂ Äquivalente

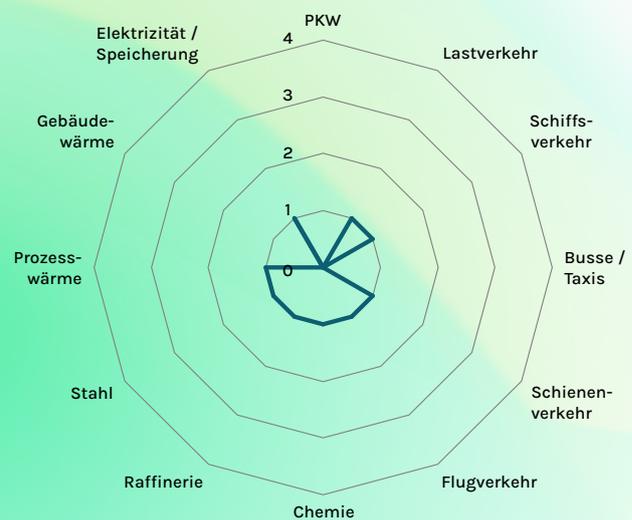
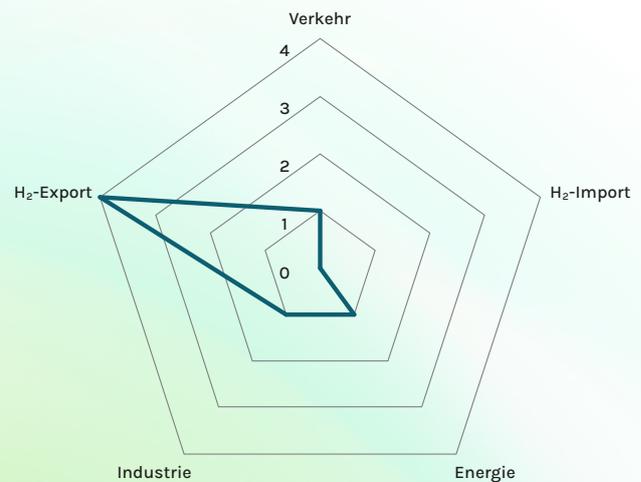
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Elektrolyse mit EE-Strom

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Ammoniak für Düngemittel, Zink, synthetisches Methanol (k.A.)

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)

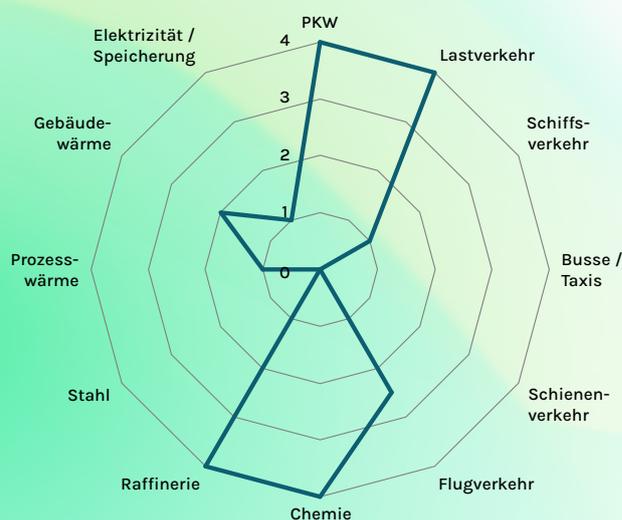
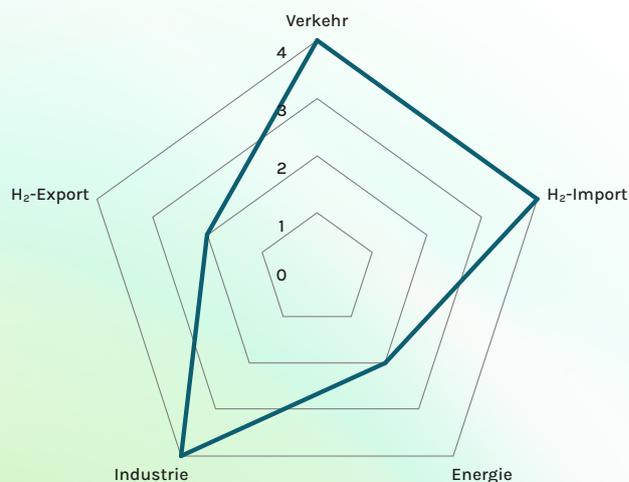
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- 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



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Synthetische Kraftstoffe im Luftverkehr (k.A.)
 - > Agrarfahrzeuge (k.A.)

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

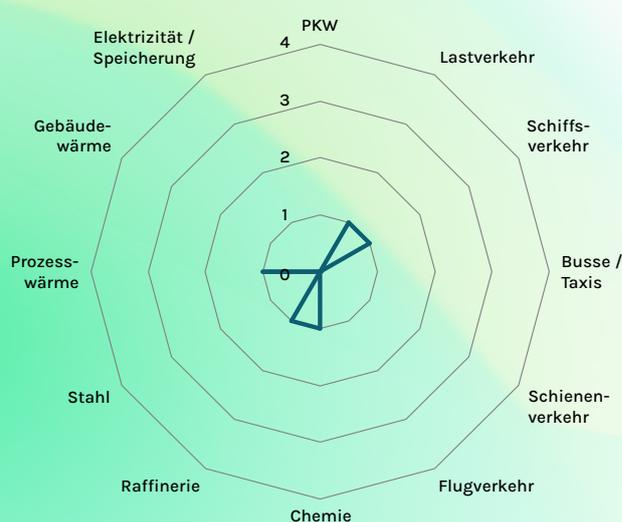
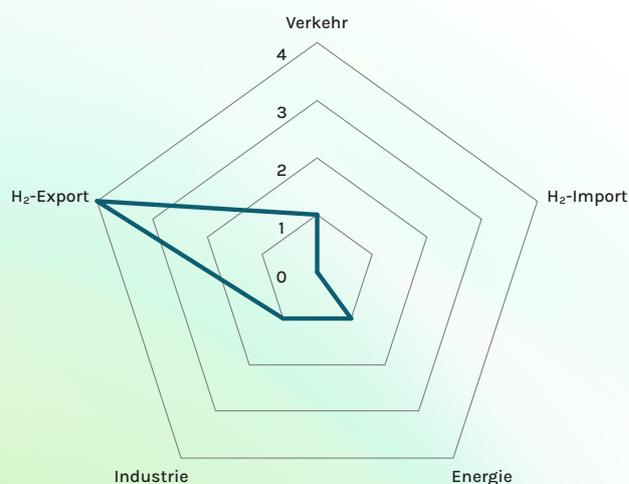
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- 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



Weitere Anwendungsfelder:

- Verteidigungssektor (k.A.)

NEUSEELAND (NZL)

A vision for hydrogen in New Zealand (Green Paper)

1. Generelle Informationen

- Green Paper zum Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft
- Herausgeber: neuseeländische Regierung
- Veröffentlicht: 09/2019
- Zeithorizonte: bis 2020, 2020-2025

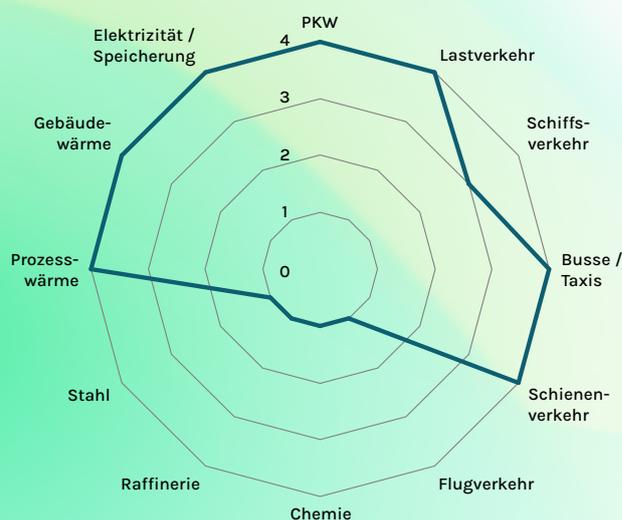
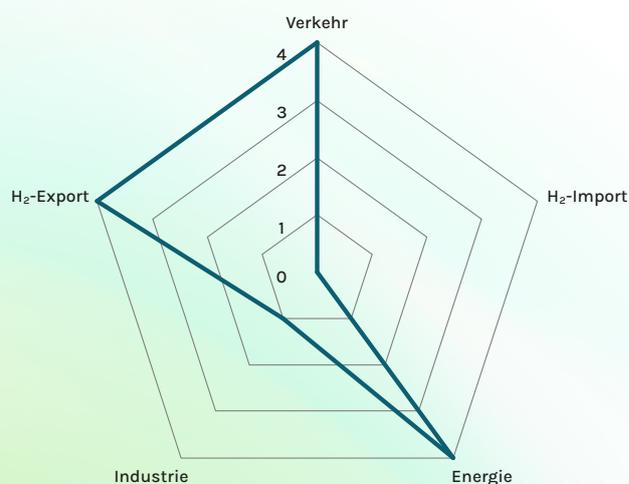
2. Zielvorgaben

- Klimaneutralität bis 2050
- Dedizierte Produktionsmengen: 10-12 Mtpa hydrogen äquivalent bis 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 ✓
- Wasserstofferzeugung
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS übergangsweise nutzen.
- Wasserstofferzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise nutzen.
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom (ab 2035 erneuerbar)

4. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehr:
 - > Gabelstapler, Geländemotorräder
- Industrie:
 - > Landwirtschaft, Metallurgie

5. Kommentare / Anmerkungen

- Dieses sogenannte „Green Paper“ wurde vom neuseeländischen Ministry of Business, Innovation & Employment (MBIE) für eine öffentliche Konsultation veröffentlicht, um Feedback zu den Herausforderungen und Möglichkeiten beim Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Neuseeland einzuholen.

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

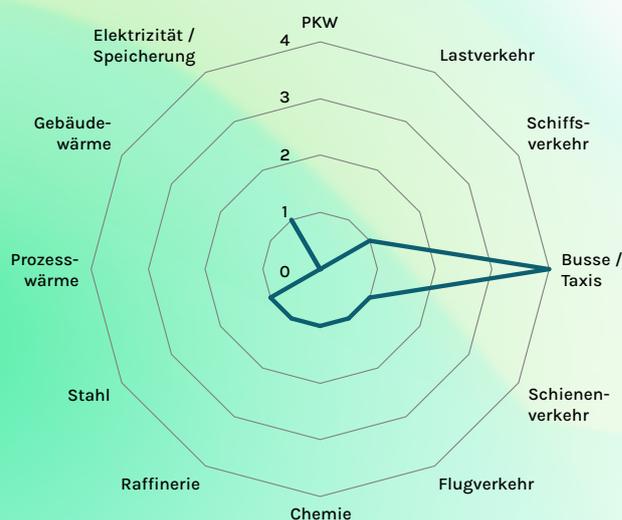
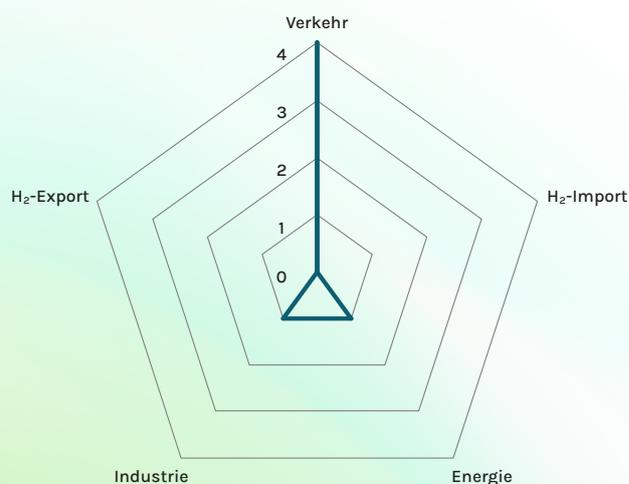
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



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)

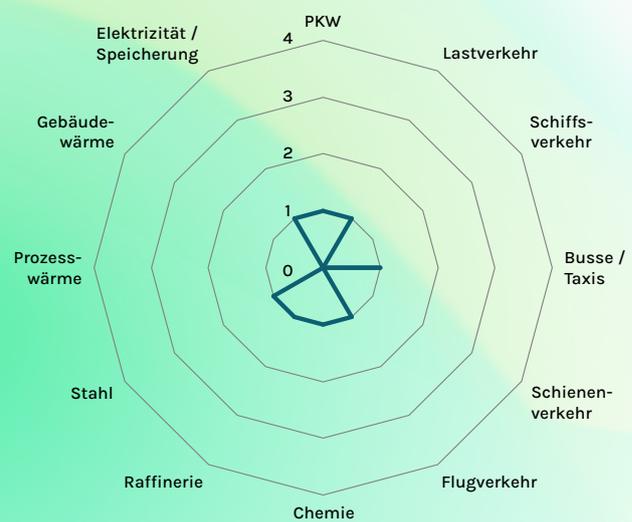
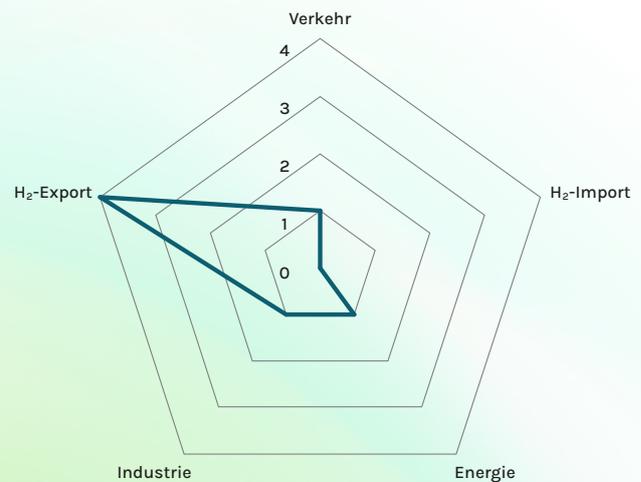
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

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

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Synthetische Kraftstoffe (k.A.)

PARAGUAY (PRY)

Towards the Green Hydrogen Roadmap in Paraguay

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: Vizeministerium für Bergbau und Energie
- Veröffentlicht: 06/2021
- Zeithorizonte: k.A.

2. Zielvorgaben

- Klimaneutralität: Dekarbonisierung genannt aber kein Zeitraum oder Pariser Abkommen erwähnt
- Zielpreis: unter 3 \$/kg
- Dedizierte Produktionsmenge: 1168 t bis 2030

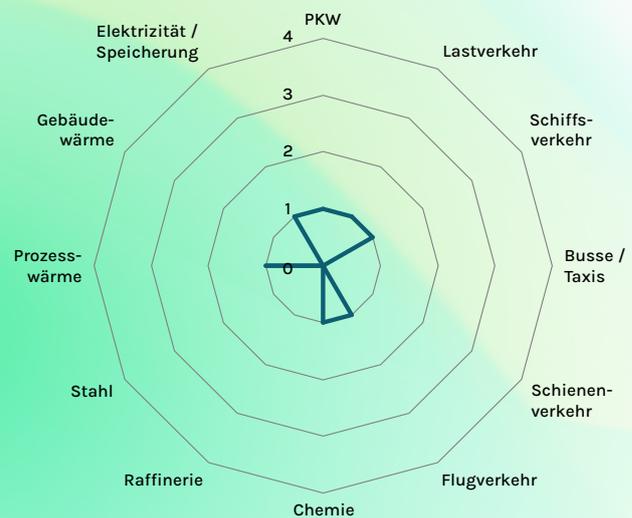
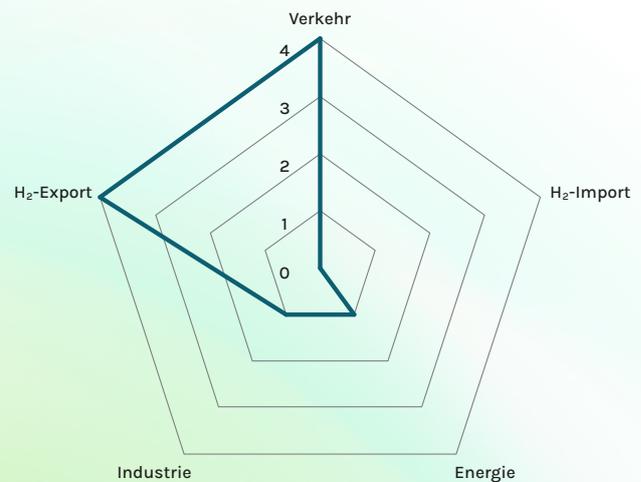
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Fracht und Passagiertransport, synthetische Kraftstoffe (k.A.)
- Industrie:
 - > Pharma, Nahrungsmittel, Metallurgie (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- In den folgenden Jahren soll eine nationale Wasserstoffstrategie entstehen

RUSSLAND (RUS)

Development of Hydrogen Energy in the Russian Federation

1. Generelle Informationen

- Konzept
- Herausgeber: Russische Regierung
- Veröffentlicht: 08/2021
- Zeithorizonte: 2024, 2035, 2050

2. Zielvorgaben

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

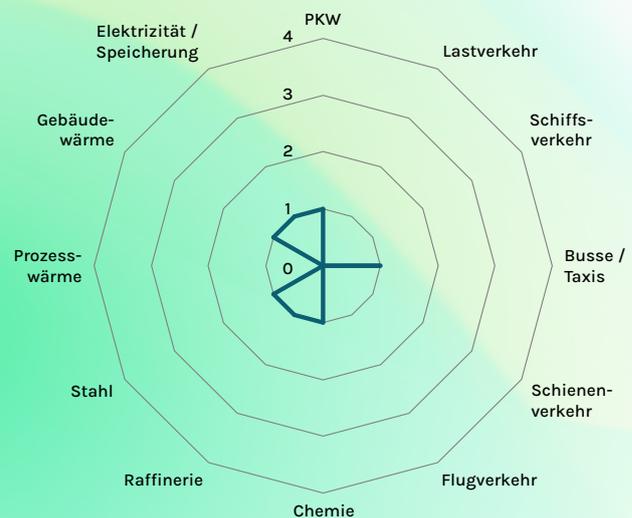
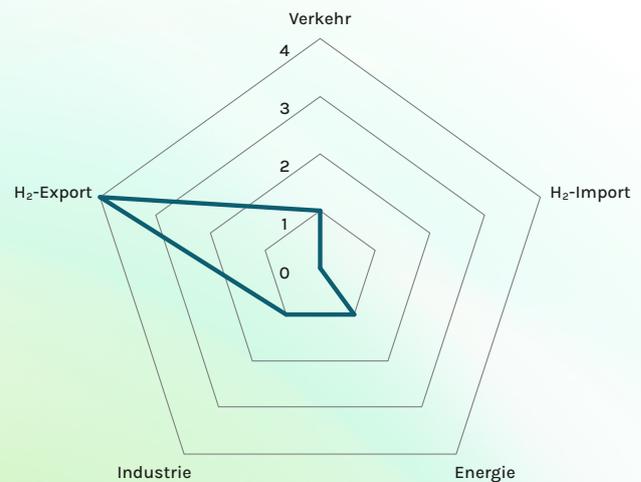
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- 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



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Robotik (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- Laut Russland handelt es sich um emissionsarmen H₂, wenn die Erzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS (Pyrolyse, Dampfreformierung) oder mittels Elektrolyse (Atomstrom, Wasserkraft, EE-Strom, Stromnetzbezug) erfolgt oder wenn die CO₂-Emissionen durch Klimaprojekte kompensiert werden.

SINGAPUR (SGP)

Singapore's National Hydrogen Strategy

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Ministerium für Handel und Industrie – Singapur
- 10/2022
- 2040, 2050

2. Zielvorgaben

- Klimaneutralität bis 2050

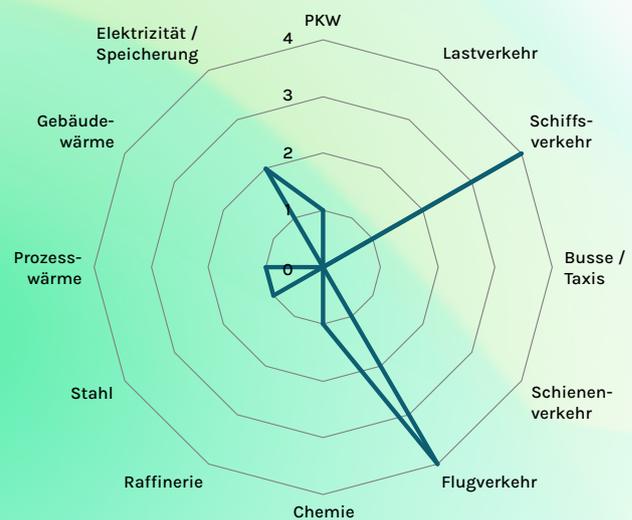
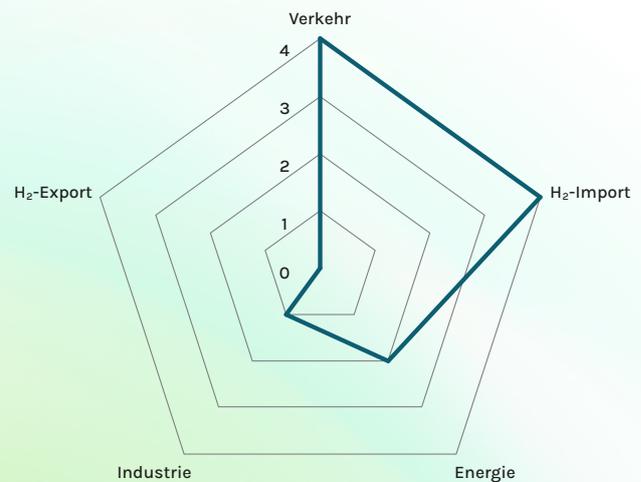
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Methan
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Ammoniak

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder

- Verkehrssektor:
 - > Biokraftstoffe, Synthetische Kraftstoffe (k.A.)
- Industrie:
 - > Zement (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- Singapur erwägt die Verwendung von Wasserstoffderivaten und Folgeprodukten im Bereich Luft- und Schifffahrt.

SLOWAKEI (SVK)

National Hydrogen Strategy: Ready for the Future

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Wirtschaftsministerium – Slowakei
- Veröffentlicht: 23/06/2021
- Zeithorizonte: 2030, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 140–390 MW bis 2030
- Klimaneutralität bis 2050
- Dedizierte Fahrzeugmengen: 5.000–15.000 PKWs, 100–300 Busse, 12–20 Züge, 500–2.000 Nutzfahrzeuge bis 2030
- Dedizierte Tankstellen: 15–40 bis 2030

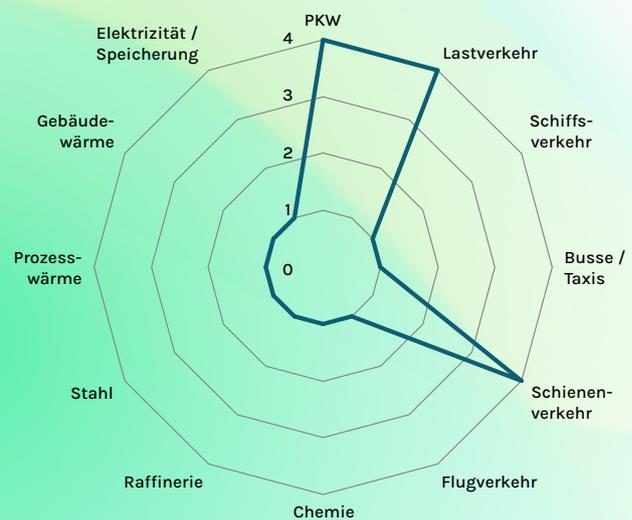
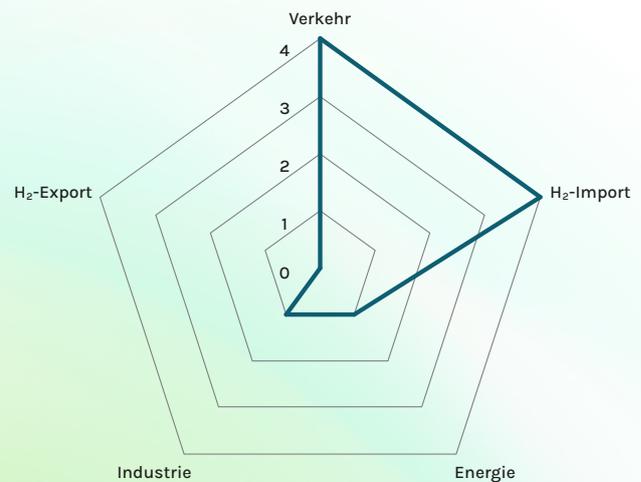
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen
- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Kernkraft
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Biomasse
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Abfall
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Fermentation

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Fahrräder und Scooter (k.A.), Nutzfahrzeuge (kf), Synthetische Kraftstoffe (k.A.), Gabelstapler (k.A.)
- Industrie:
 - > Metallurgie, Zement, Synthetische Kraftstoffe (k.A.)

SCHWEDEN (SWE)

Strategy for fossil free competitiveness

1. Generelle Informationen

- Strategie
- Herausgeber: Regierungsorganisation „Fossil Free Sweden“
- Veröffentlicht: 01/2021

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 3 GW bis 2030,
- 8 GW bis 2050
- Klimaneutralität bis 2050

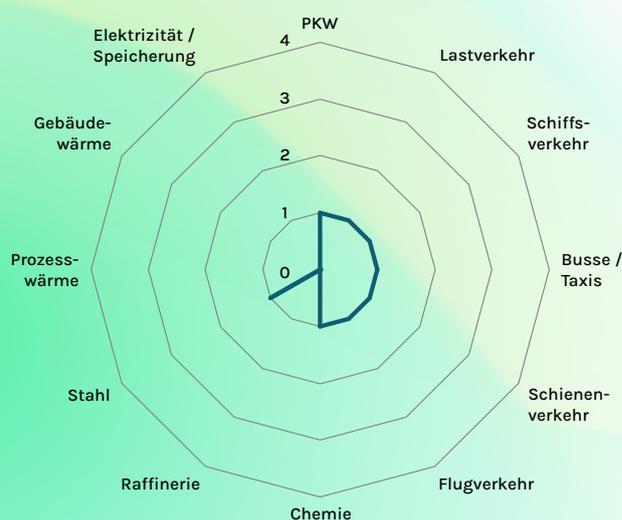
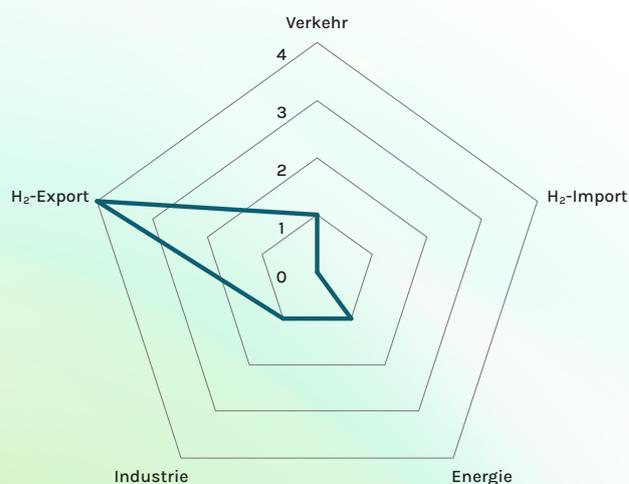
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Netzstrom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Kernkraft, da Netzstrom

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- > Industrie:
- > Eisenschwamm, Roheisen, Metall, Landwirtschaft (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- Die Strategie konzentriert sich darauf, die Förderung ausschließlich für fossilfreien Wasserstoff zu priorisieren, anstatt ein Verbot von blauem oder grauem Wasserstoff zu erlassen. Regelungen und Förderprogramme sind darauf ausgerichtet, vor allem Investitionen in fossilfreien Wasserstoff zu unterstützen.

TÜRKEI (TUR)

Türkiye Hidrojen Teknolojileri Stratejisi Ve Yol Haritası

1. Generelle Informationen

- Strategie und Roadmap
- Herausgeber: Ministerium für Energie und natürliche Ressourcen – Türkei
- Veröffentlicht: 2023
- Zeithorizonte: 2030, 2035, 2040, 2053

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 2 GW bis 2030, 5 GW bis 2035, 70 GW bis 2053
- Klimaneutralität bis 2053
- Zielpreis: 2,4 \$/kg bis 2035, 1,2 \$/kg bis 2053

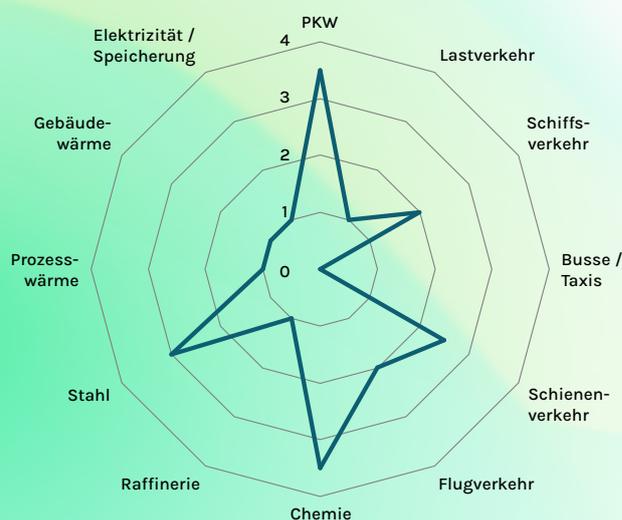
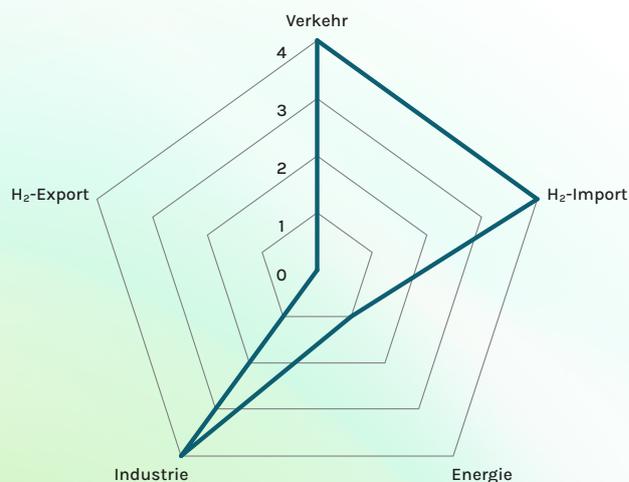
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS u.A. Braunkohle
- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS übergangsweise
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Kernkraft
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Biomasse
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Pyrolyse
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Fermentation (Bioreaktor)

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > Natriumborhydrid: Unbemannte Fahrzeuge, Akku, SEE-, Schiff-, Straßenverkehr, Militär, Raumfahrt (k.A.), Gabelstapler (k.A.), Methanol & Ammoniak (kf-lf)
- Industrie:
 - > Düngemittel/Ammoniak (kf-mf), Zement (kf-mf), Glas, & Keramik (kf-mf), Entschwefelung (k.A.), Wasserstoffperoxid & Chlorwasserstoff (kf-lf)

URUGUAY (URY)

Green Hydrogen Roadmap in Uruguay

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: Ministerium für Industrie, Energie und Bergbau – Uruguay
- Veröffentlicht: 2022
- Zeithorizonte: 2022–2024, 2025–2029, 2030–2040

2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 100–300 MW bis 2025, 1–2 GW bis 2030, 10 GW bis 2040
- Klimaneutralität bis 2050
- Zielpreis: 1,5–2,4 \$/kg bis 2025, 1,2–1,9 \$/kg bis 2030, 1,1–1,7 \$/kg bis 2040, 1–1,4 \$/kg bis 2050
- Dedizierte Produktionsmenge: 1 Mt bis 2040
- Dedizierte Fahrzeugmenge: 6500 in 2030, 17.500 in 2040 (LKWs)

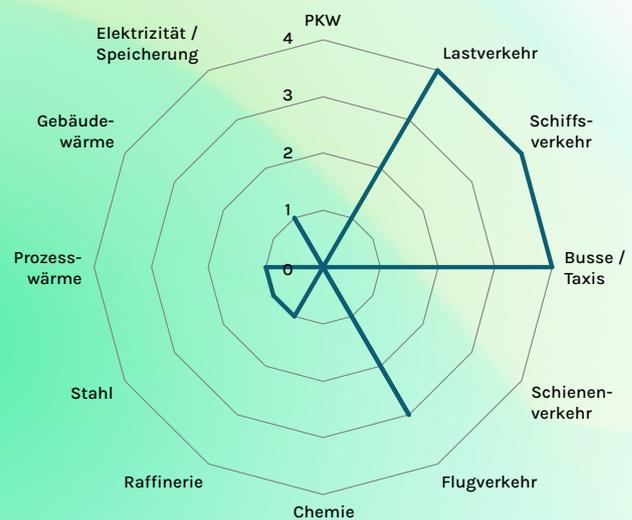
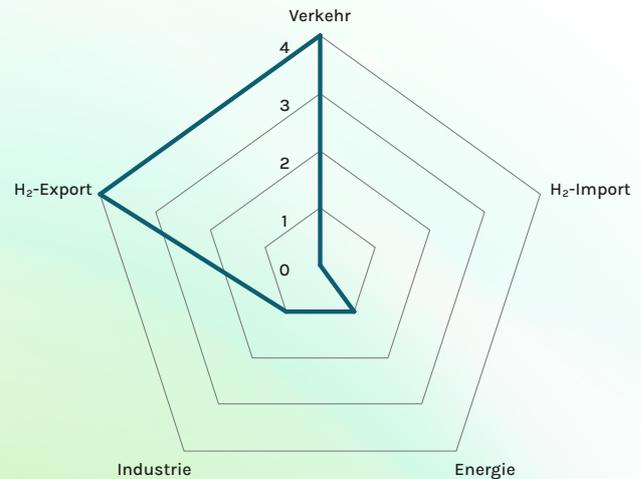
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor:
 - > synthetische Kraftstoffe (e-Methanol, e-jet-fuel) (kf), Landwirtschaftliche Fahrzeuge (kf)
- Industrie:
 - > Düngemittel (mf)

VEREINIGTE STAATEN VON AMERIKA (USA)

U.S. National Clean Hydrogen Strategy and Roadmap

1. Generelle Informationen

- Strategie und Roadmap
- Herausgeber: Energieministerium der Vereinigten Staaten
- Veröffentlicht: 06/2023
- Zeithorizonte: 2030, 2040, 2050

2. Zielvorgaben

- Elektrolyse-Kapazität: 3 GW bis 2030
- Klimaneutralität bis 2050
- Zielpreis: 1 USD/kg innerhalb einer Dekade, 2 USD/kg aus Elektrolyse bis 2026
- Dedizierte Produktionsmengen:
 - 10 Mt/a bis 2030, 20 Mt/a bis 2040,
 - 50 Mt/a bis 2050

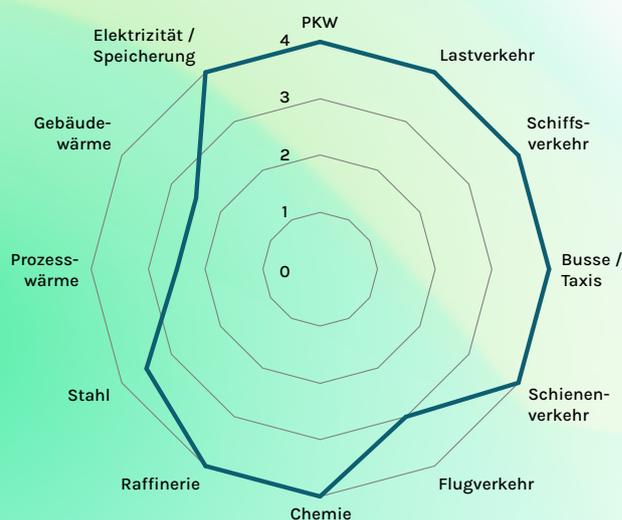
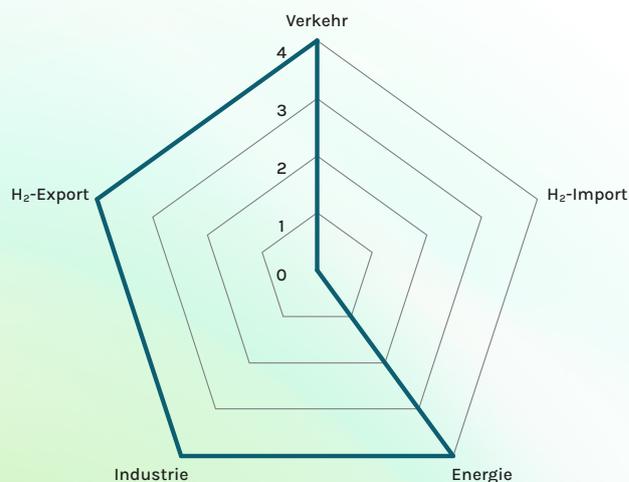
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe mit CCUS
- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von Kernkraft
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Biomasse
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von Abfall/Rohstoffen
- Wasserstoffherzeugung auf Basis von thermochemische, Biologische und Photoelektrochemische Prozesse

5. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Verkehrssektor
 - > Sonstiges: Gabelstapler, Geländewagen, „Offroad Equipment“ (Bergbau, Bauwesen, Landwirtschaft) (k.A.)
- Industrie:
 - > Flüssigtreibstoffe, Ammoniak, Methanol, Biokraftstoffe aus Biomasse (mf-lf),
- Zement (k.A.) , Lebensmittel (k.A.)

6. Kommentare / Anmerkungen

- Hydrogen Energy Earthshot als separates Dokument, auf das verwiesen wird

KALIFORNIEN (US-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)

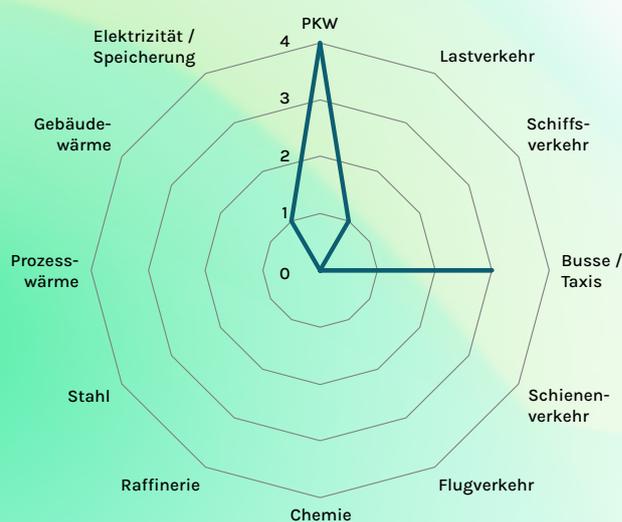
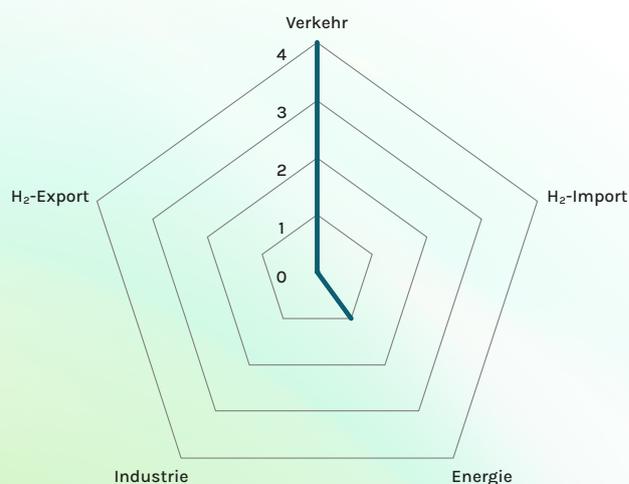
3. Vorgehen (✓ = adressiert; ✗ = nicht adressiert)

- 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. Wasserstoffherzeugung

- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

5. Anwendungsfelder



6. Kommentare / Anmerkungen

- Die nicht-staatliche Roadmap legt den Fokus auf Brennstoffzellenanwendungen, vor allem im Verkehr aber auch im Energiesystem. Daher werden im Rahmen dieser Roadmap keine anderen Wasserstoffanwendungen berücksichtigt.

SÜDAFRIKA (ZAF)

Hydrogen Society Roadmap for South Africa

1. Generelle Informationen

- Roadmap
- Herausgeber: Ministerium für Wissenschaft und Innovation – Südafrika
- Veröffentlicht: 2021
- Zeithorizonte: 2024, 2030, 2050

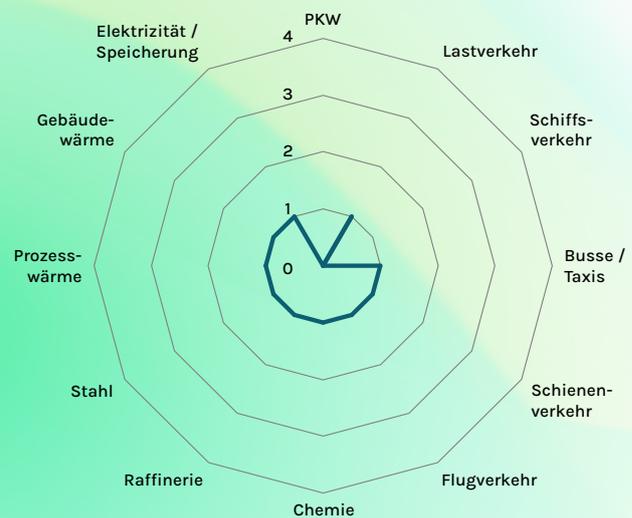
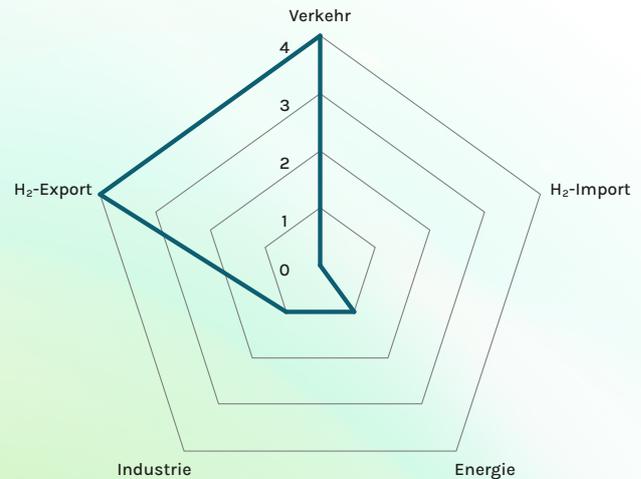
2. Zielvorgaben

- Elektrolysekapazität: 1 MW 2020er Jahre, 1,7 GW bis 2030, 15 GW bis 2040
- Klimaneutralität bis 2050
- Zielpreis: 1,6 \$/kg bis 2030
- Dedizierte Produktionsmenge: 2 Mt 2020er mit grauem H₂, 500kt jährlich ab 2030,
- Dedizierte Fahrzeugmenge: 100 Busse und LKWs bis 2025,
- 500 Busse und LKWs bis 2030
- Dedizierte Tankstellen: 5 bis 2025
- 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 ✓

3. Wasserstoffherzeugung

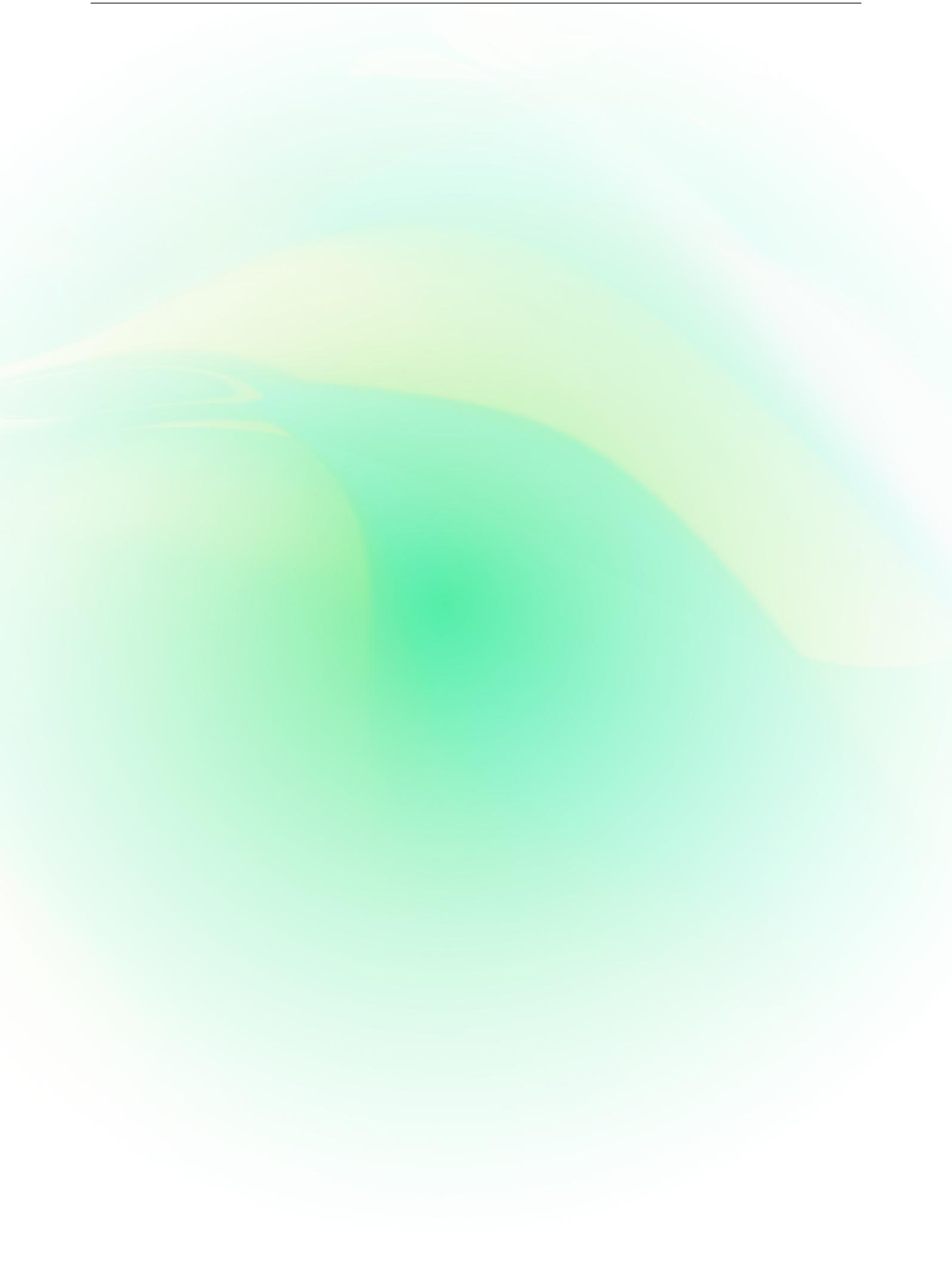
- Wasserstoffherzeugung auf Basis fossiler Rohstoffe ohne CCUS ersetzen
- Verwendung von Elektrolyse auf Basis von EE-Strom.

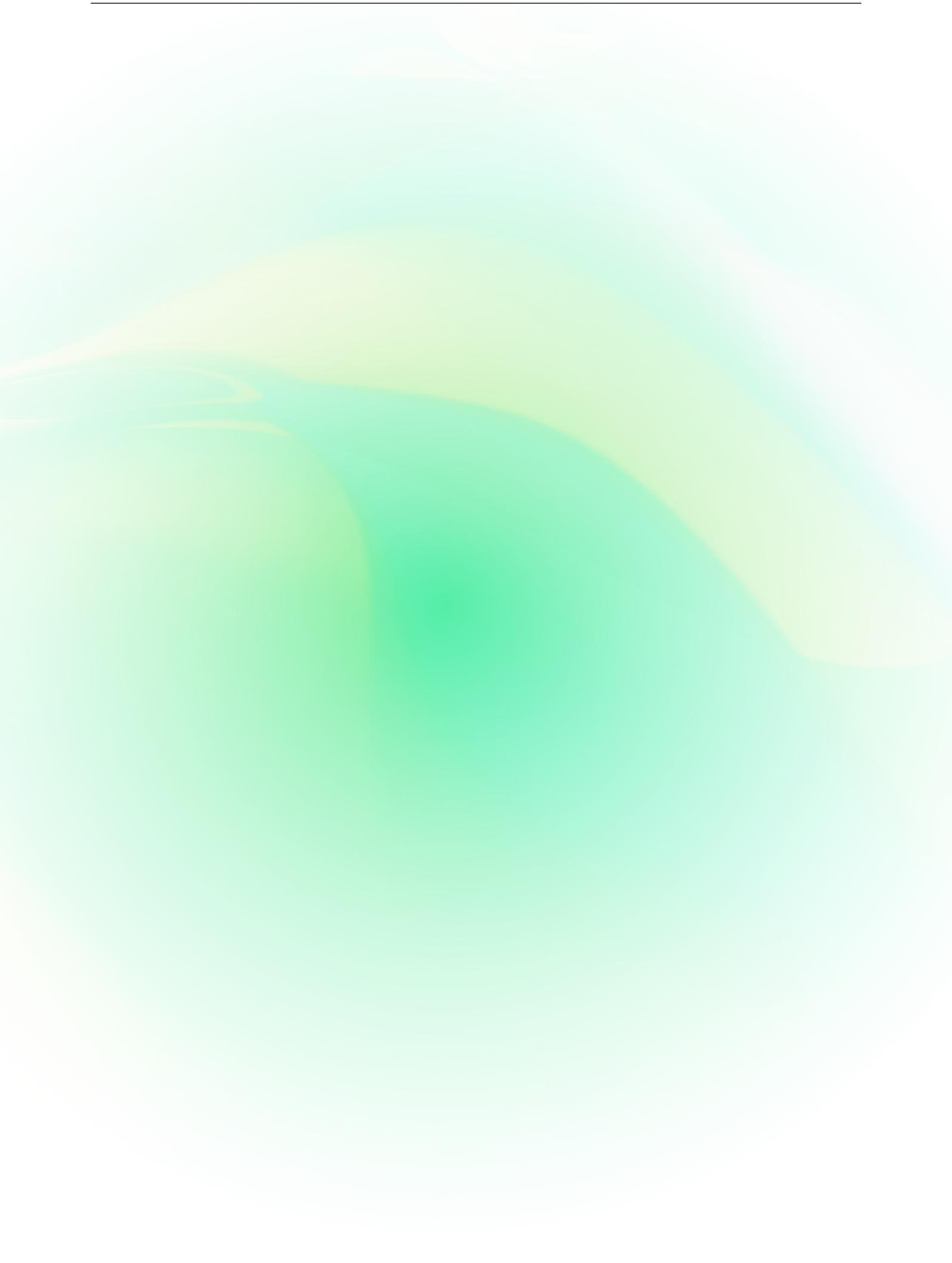
4. Anwendungsfelder



Weitere Anwendungsfelder:

- Industrie:
 - > Zement, Bergbau, Metall (k.A.)





Kontakt

KONTAKTPERSON

Jens Artz

jens.artz@dechema.de

AUTORINNEN UND AUTOREN

Jens Artz, Marie Biegel, Dominik Blaumeiser,
Michaela Löffler, Andrea Lübcke, Anna Runkel
und Emre Yildirim

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

Karolinenplatz 4
80333 München

info@acatech.de
www.dechema.de

EMPFOHLENE ZITIERWEISE

DECHEMA, acatech (Hrsg.), Internationale Wasserstoff-
strategien im Vergleich, Frankfurt 2023.

FOTONACHWEIS TITELSEITE

© beebos - 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