

Mit Wasserstoff zu einem resilienten Industrie- und Technologiestandort Baden-Württemberg

Prof. Dr. Karsten Pinkwart

Agenda

Zielsetzung

- Key Findings
- Nationale und BaWü Sicht
 - Verfügbarkeit von ausreichend Wasserstoff sicherstellen
 - Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur
 - Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen
- Umsetzung
 - Barrieren
 - Lösungsansätze



Key Findings

Wasserstoff Roadmap Baden-Württemberg

- Beitrag zur Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger in den unterschiedlichen Sektoren
- Beitrag zur Verringerung der Treibhausgas-Emissionen (THG)
- Auf- und Ausbau einer Wasserstoffwirtschaft begleiten
- Präsentation von Baden-Württemberg national wie auch international als führenden Standort der Wasserstoff- und Brennstoffzellen-Industrie



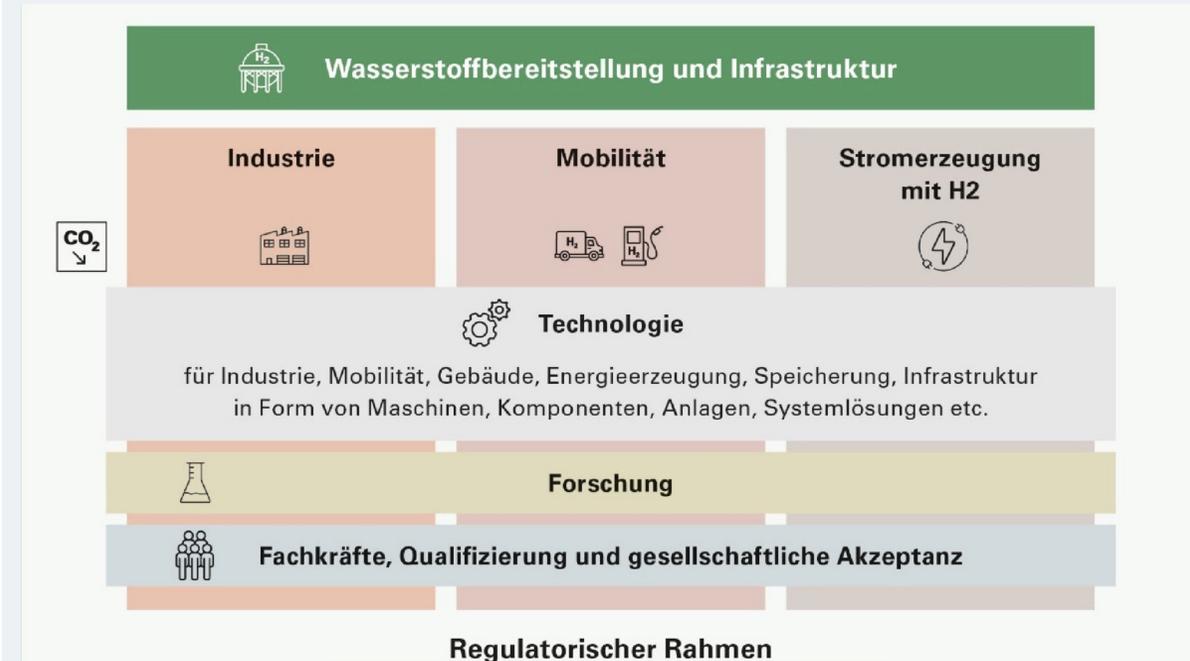
@ 12 / 2020

@ 05 / 2023

Key Findings

Wasserstoff Roadmap Baden-Württemberg

- Definition konkreter Zielsetzungen und Maßnahmen
- Forcierung und Förderung der Wasserstoffwirtschaft im Land
- Festlegung der Ziele und Maßnahmen für relevante Dimensionen des Aufbaus: Produktion, Infrastruktur, Anwendungen
- Versorgungssicherheit zunehmend im Fokus unter Beachtung europäischer und nationaler Rahmenbedingungen

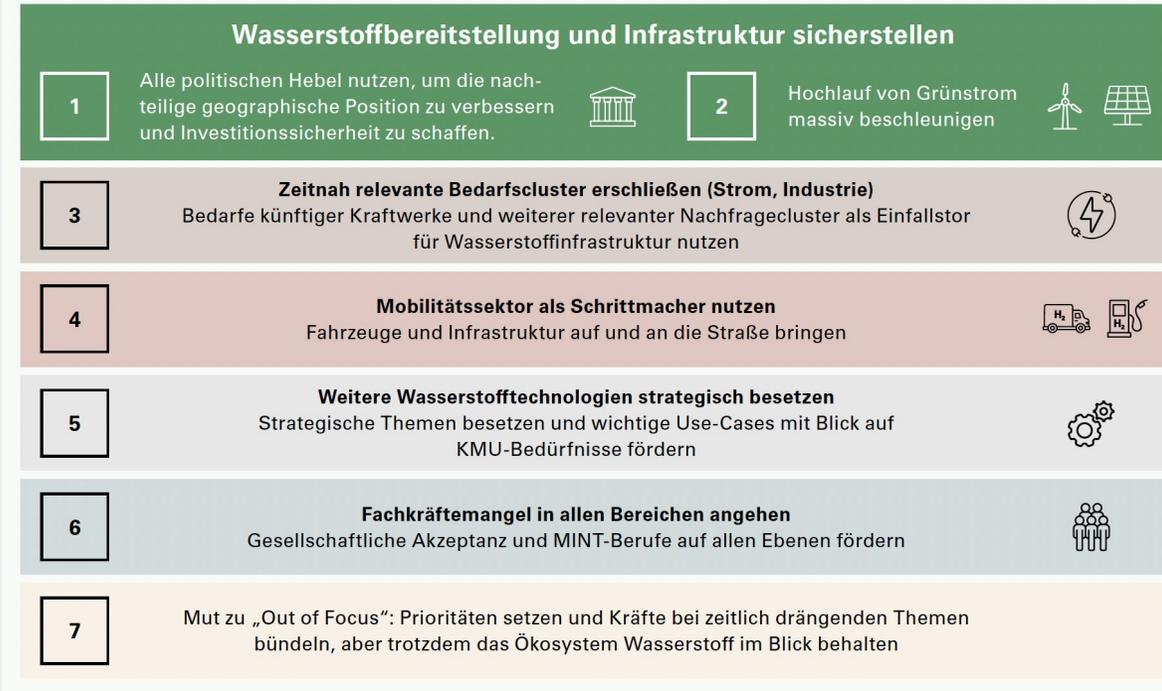


Key Findings

Wasserstoff Roadmap Baden-Württemberg

- Sieben-Punkte-Plan des Wasserstoff-Beirats
 1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen
 2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen
 3. Mobilitätssektor als Schrittmacher nutzen
 4. Weitere Wasserstofftechnologien strategisch besetzen
 5. Fachkräftemangel in allen Bereichen angehen
 6. Mut zu „out of focus“

Sieben-Punkte-Plan des Wasserstoff-Beirats BW



Key Findings

Handlungsfelder und Zielbilder - Notwendigkeiten für den Markthochlauf in Deutschland



Key Findings

Was ist bisher passiert in Baden-Württemberg?

- Klimaschutzgesetz
 - BaWü in 2040 klimaneutral
- Task Force zur Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien
 - vor allem Ausbau der Windkraft im Land massiv beschleunigen
 - Abbau planerischer und bürokratischer Hürden
- Schaffung regionaler Leuchtturmprojekte mit Strahlkraft
 - ...



[Quelle: <https://um.baden-wuerttemberg.de/de/presse-service>]

Key Findings

Was ist bisher passiert in Baden-Württemberg?

- Bekräftigung der H₂ Initiativen
- 1,4 Mrd.€ Förderung
- 90 Projekte an Hochschulen
- 60 wirtschaftsnahe Projekte
- Forderung eines Wasserstoffstartnetzes 2032
- ... und es geht weiter 105 Mill.€ für H₂



[Quelle: <https://www.baden-wuerttemberg.de/de/service/presse>]

Key Findings – Ausgewählte Wasserstoff-Elektrolyse-Projekte Baden-Württemberg

H2Rivers – BASF – 50MW

H2Rhein-Neckar - 2MW

H2-Main Tauber 1-2 MW

3H2 - 2,5GW

H2-Hub – 50MW

H2DNA - Pipeline



HyWaiblingen – 2MW

H2GeNesis – ca.10 MW

HyStarter - 16,7 MW

H2Ostwürttemberg

HyNATuRe – 2MW

H2PURe - 6 MW

HyAllgäu - 15MW

Key Findings

Wer braucht einen Zugang zu CO₂ neutraler Energie in Baden-Württemberg?

Industrie - Sektor

- 484.758 Unternehmen / 279.850 Privatwirtschaft
 - 11,6% 10-49 Beschäftigte
 - 16,6% 50-249 Beschäftigte
 - 60,5% > 250 Beschäftigte

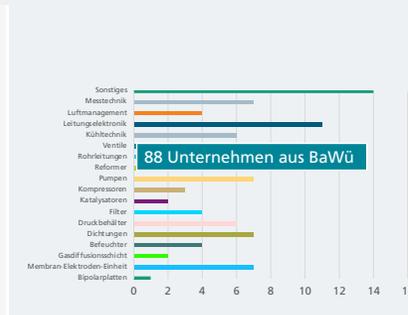
Verkehr - Sektor

- ca. 1500 Tankstellen

Energie und Wärmemarkt - Sektor

- 7 geplante und im Bau befindliche Erdgaskraftwerke
- 43 bestehende Erdgaskraftwerke, BHKW und Mini BHKW (> 5MW)

Industrie	Mobilität	Stromerzeugung / Gebäude
<ul style="list-style-type: none"> • Raffinerien • Chemische Industrie • Zementindustrie • Papierindustrie 	<ul style="list-style-type: none"> • Schwere Fahrzeuge • Luft- und Schifffahrt • Individualmobilität • Sonderfahrzeuge 	<ul style="list-style-type: none"> • Strombereitstellung • Wärme- und Fernwärmebereitstellung



Key Findings

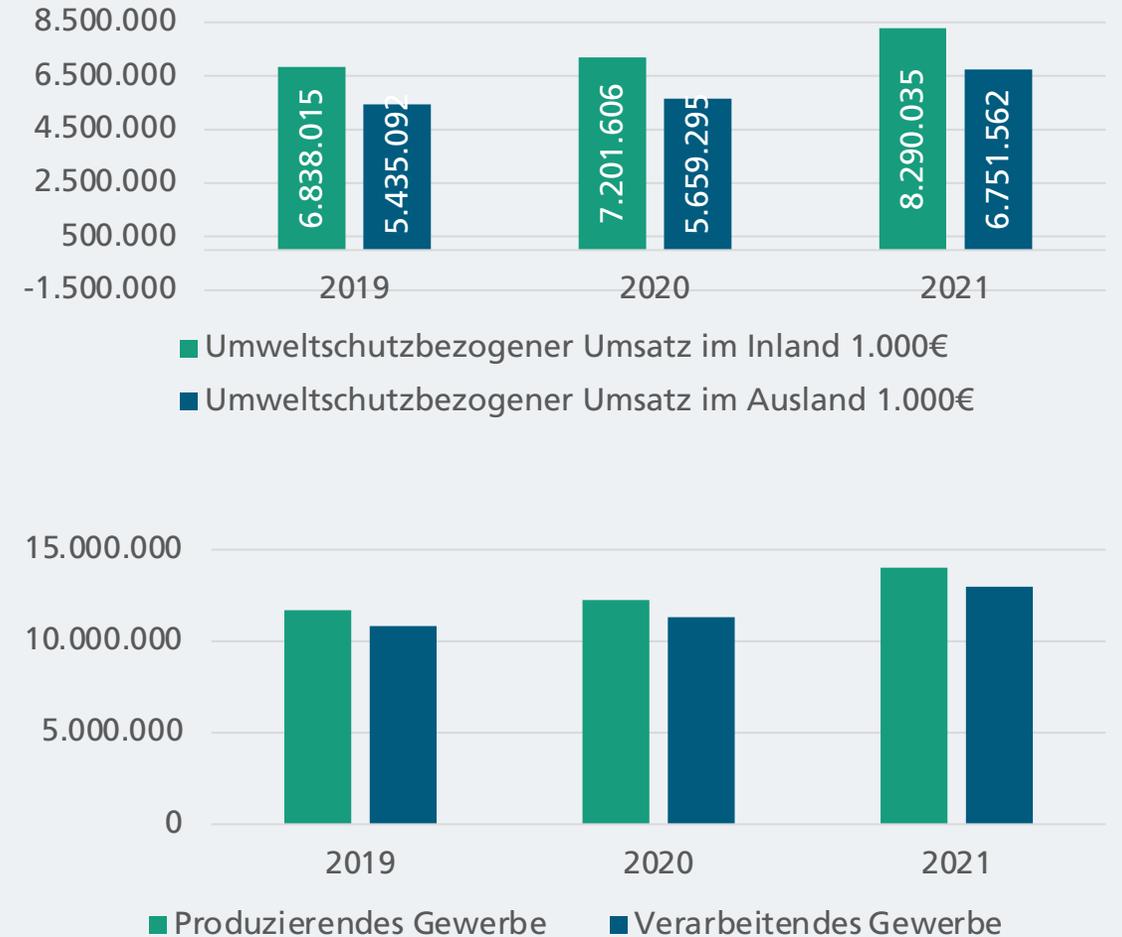
Erneuerbare Energie: „H2 – Wirtschaft“ als Wachstumsfaktor in Baden-Württemberg?

Umweltschutzbezogener Umsatz

- inländischer Anstieg um 21%
- ausländischer Anstieg um 24 %

- Zuwächse
 - produzierenden Gewerbe um 20%
 - verarbeitendes Gewerbe um 20%

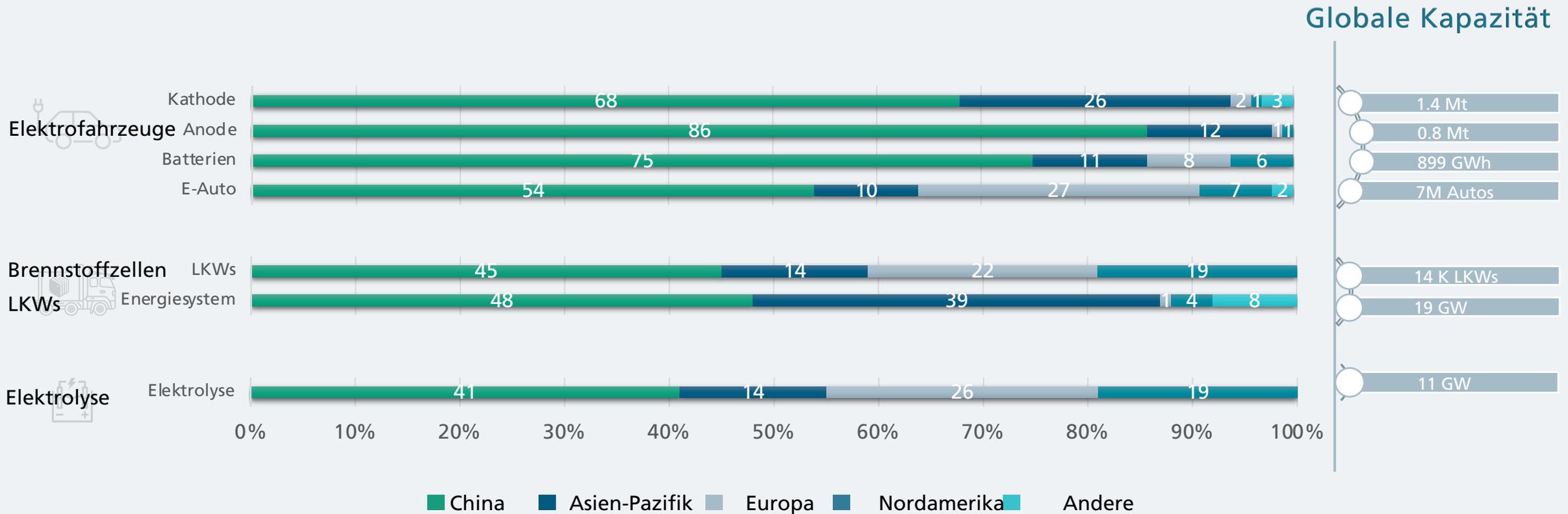
⇒ „erneuerbare Energien“ sind noch kein Wachstumsmotor aber es zeichnen sich Tendenzen ab



Quelle: © Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2023

Key Findings

Wo werden Technologien für saubere Energie hergestellt?



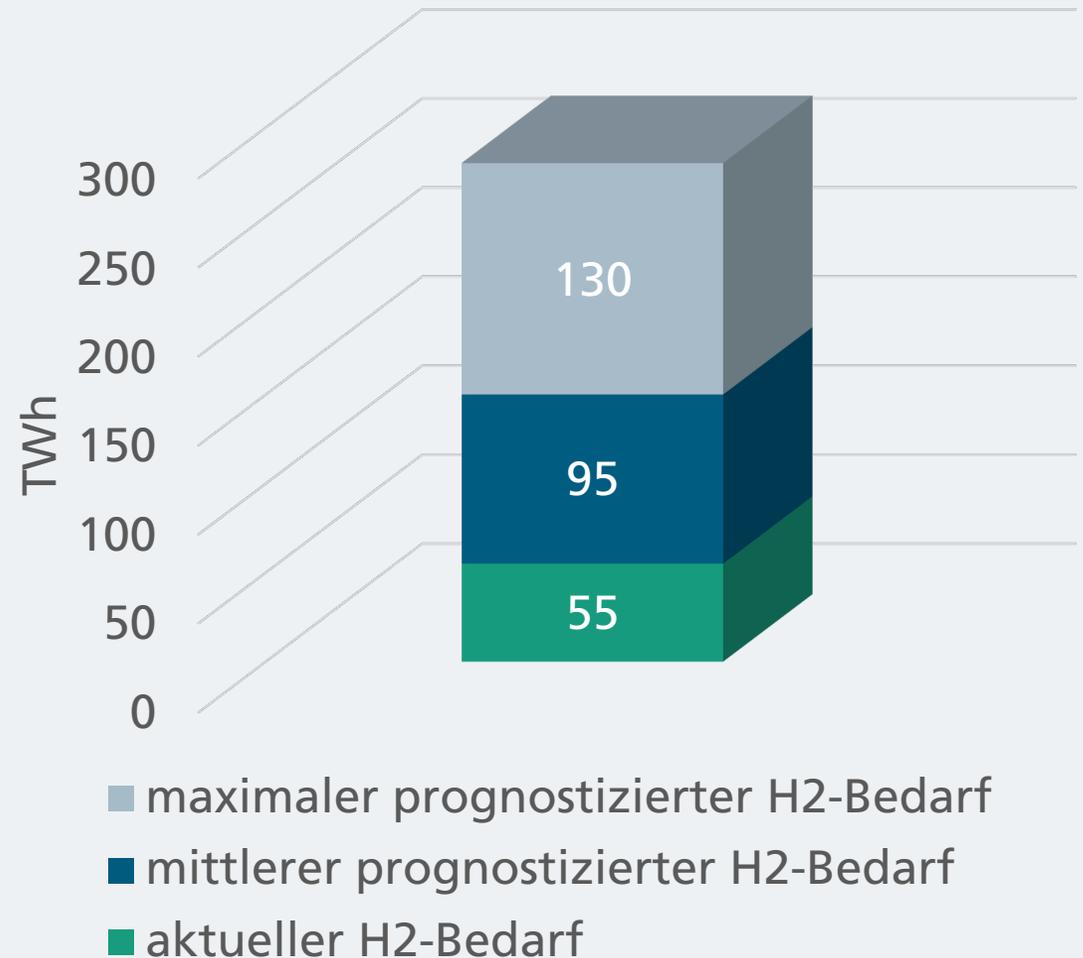
[Quelle: IEA „The State of Clean Technology Manufacturing“05/2023]

1. Verfügbarkeit von ausreichend Wasserstoff sicherstellen

Wasserstoffbedarfe – Nationale Sicht

Nationaler Gesamtwasserstoffbedarf

- 2030
 - 95-130 TWh prognostizierter Bedarf
 - 10 GW heimische Wasserstoffherzeugung entspricht 28 TWh (70% Wirkungsgrad, 4000h Vollastbetrieb)
 - 45-90 TWh prognostizierte H2-Importe
- 2024
 - 55TWh aktuelle Nachfrage



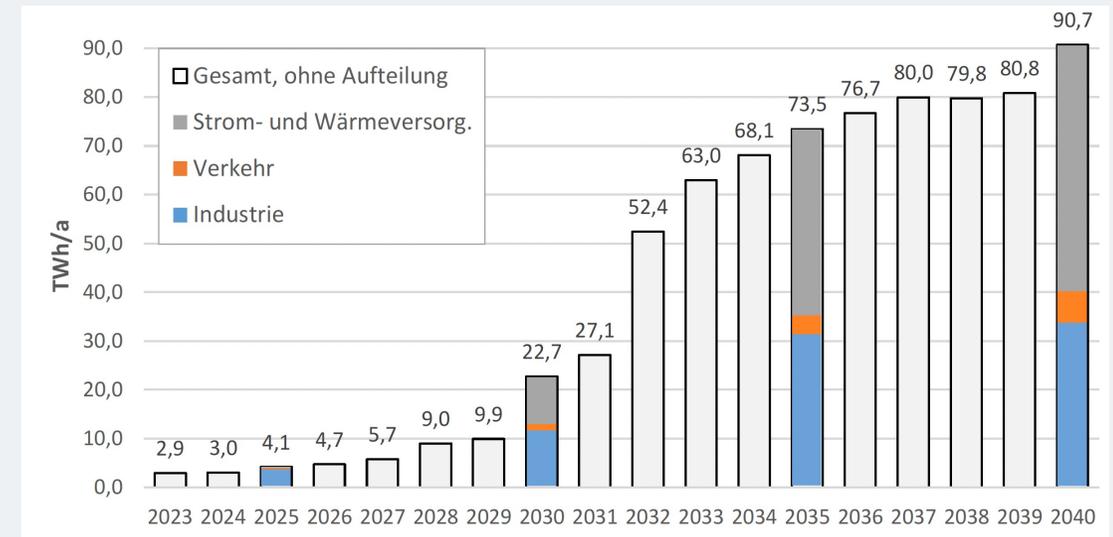
[Quelle: Präsentation BMWK 2024-05-08 Beirat BaWü]

1. Verfügbarkeit von ausreichend Wasserstoff sicherstellen

Wasserstoffbedarfe – Baden-Württemberg Sicht

Baden-Württemberg Gesamtwasserstoffbedarf

- 2030
 - 22,7 TWh prognostizierter Bedarf
 - 474 Bedarfsmeldungen
 - 196 Industrie
 - 197 Sektoren außerhalb der Industrie
 - 81 Industrie ohne Bedarfsangaben
- 2024
 - 3TWh aktuelle Nachfrage



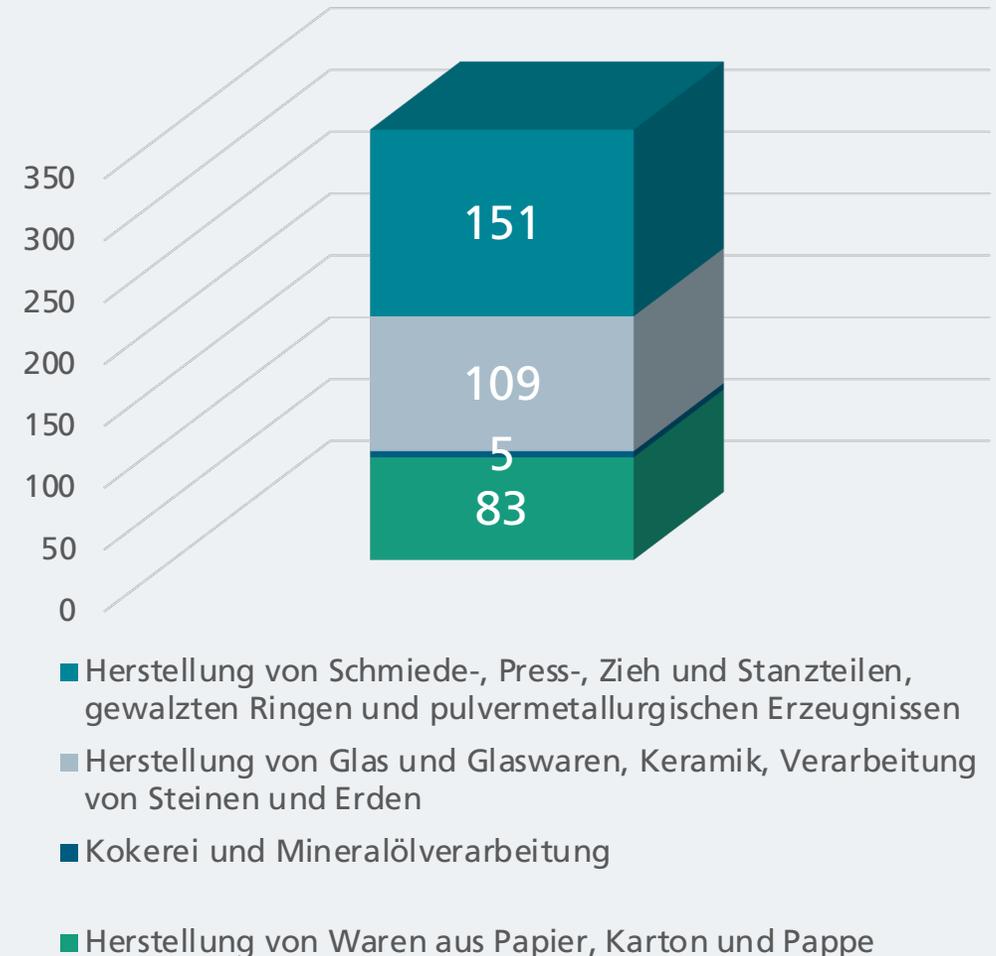
[Quelle: 4. Fachdialog Wasserstoffinfrastruktur, Stuttgart, 2023-12-19]

1. Verfügbarkeit von ausreichend Wasserstoff sicherstellen

Wasserstoffbedarfe – Baden-Württemberg Sicht

Baden-Württemberg Gesamtwasserstoffbedarf

- 2023
 - 484.758 Unternehmen in BaWü
 - 4.411 aus dem verarbeitenden Gewerbe
 - 348 Industriesektoren mit möglichem H₂-Bedarf
 - Herstellung von Waren aus Papier, Karton und Pappe
 - Kokerei und Mineralölverarbeitung
 - Herstellung von chemischen Erzeugnissen
 - Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen



[Quelle: Statistische Berichte BaWü, Produzierendes Gewerbe, Stuttgart, 2024-02-27]

1. Verfügbarkeit von ausreichend Wasserstoff sicherstellen

Wasserstoffbedarfe – Baden-Württemberg Sicht

Baden-Württemberg Gesamtwasserstoffbedarf

- 2023
 - 484.758 Unternehmen in BaWü
 - 4.411 aus dem verarbeitenden Gewerbe
 - 348 Industriesektoren
 - 56% der Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe haben eine Rückmeldung gegeben
 - Herstellung von Waren aus Papier, Karton und Pappe
 - Kokerei und Mineralölverarbeitung
 - Herstellung von chemischen Erzeugnissen
 - Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen



[Quelle: Statistische Berichte BaWü, Produzierendes Gewerbe, Stuttgart, 2024-02-27]

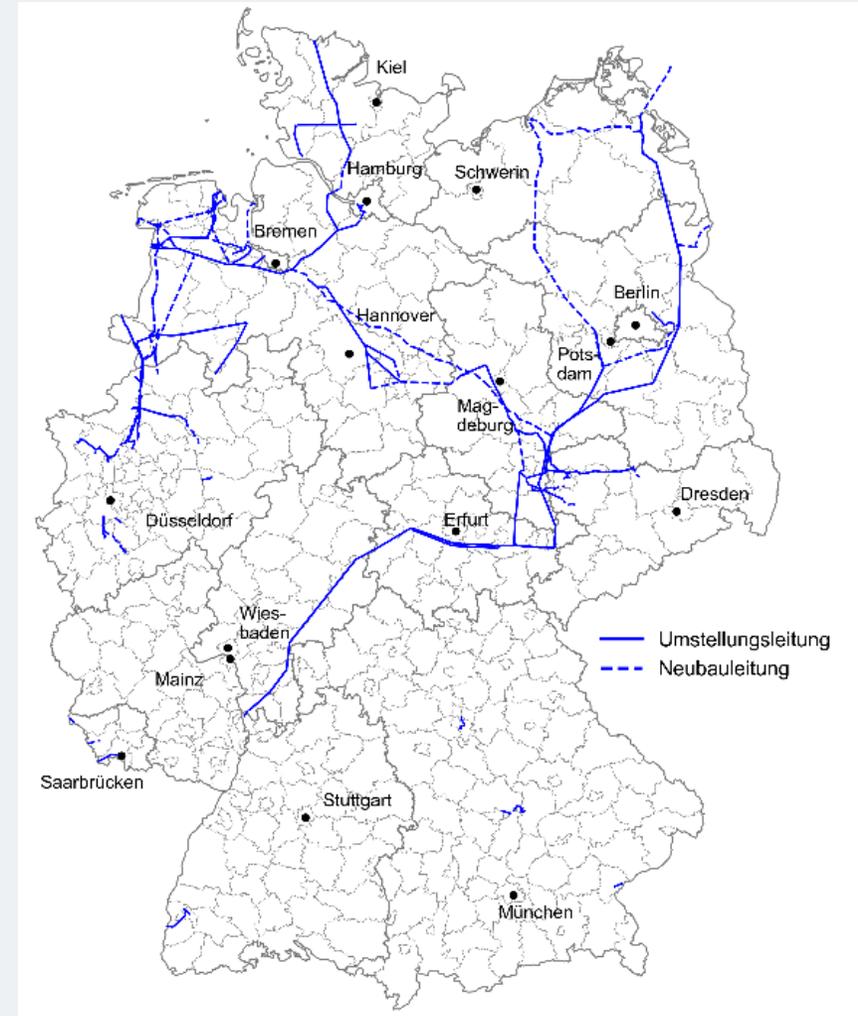
2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht

- Verbindung von H₂-Standorten deutschlandweit
(Produktions-, Import- und Bedarfszentren)
- Wasserstoff-Kernnetz (11/2023)
- Entwurf 2025



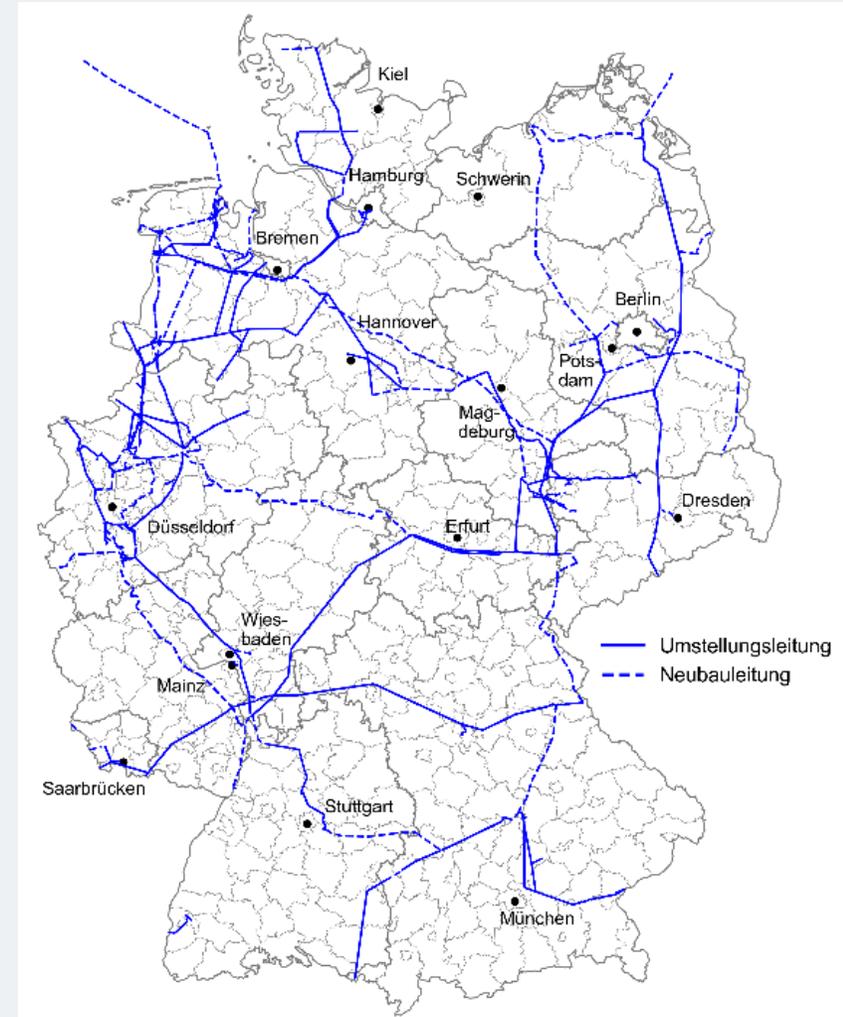
2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht

- Verbindung von H₂-Standorten deutschlandweit (Produktions-, Import- und Bedarfszentren)
- Wasserstoff-Kernnetz (11/2023)
- Entwurf 2029



2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht

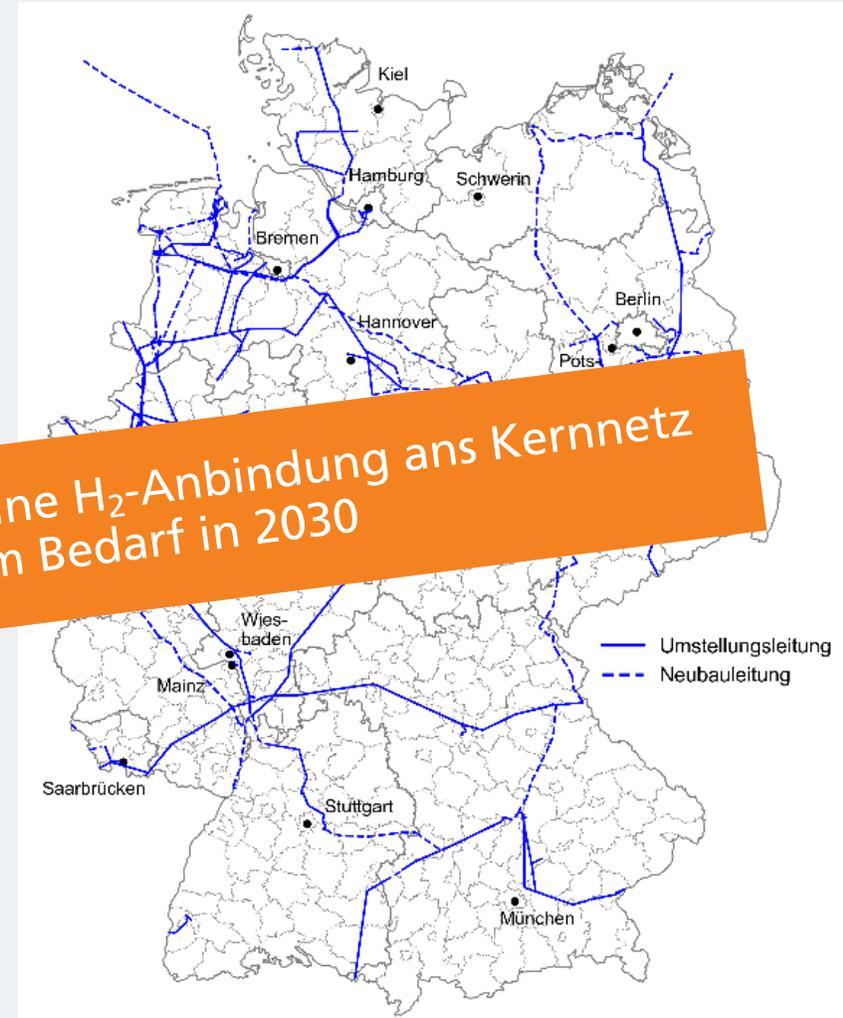
- Verbindung von H₂-Standorten deutschlandweit (Produktions-, Import- und Bedarfszentren)
- Wasserstoff-Kernnetz (11/2023)
 - Entwurf 2032
 - ca. 9.700 km H₂-Pipelines zwischen 2025 und 2032 vor (ca. 60% Nutzung bestehender Gas-Pipelines, ca. 40% Neubau von Wasserstoffleitungen)
 - geplante starke Anbindung des H₂-Netzes an die benachbarten EU-Ländern



2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht

- Verbindung von H₂-Standorten deutschlandweit (Produktions-, Import- und Bedarfszentren)
- Wasserstoff-Kernnetz (11/2023)
 - Entwurf 2032
 - ca. 9.700 km H₂-Leitungen (ca. 40% Umbau von Gas-Pipelines, ca. 40% Neubau von Wasserstoffleitungen)
 - geplante starke Anbindung des H₂-Netzes an die benachbarten EU-Ländern

Frühestens 2032 erhält Baden-Württemberg eine H₂-Anbindung ans Kernnetz bei 22,7 TWh prognostiziertem Bedarf in 2030

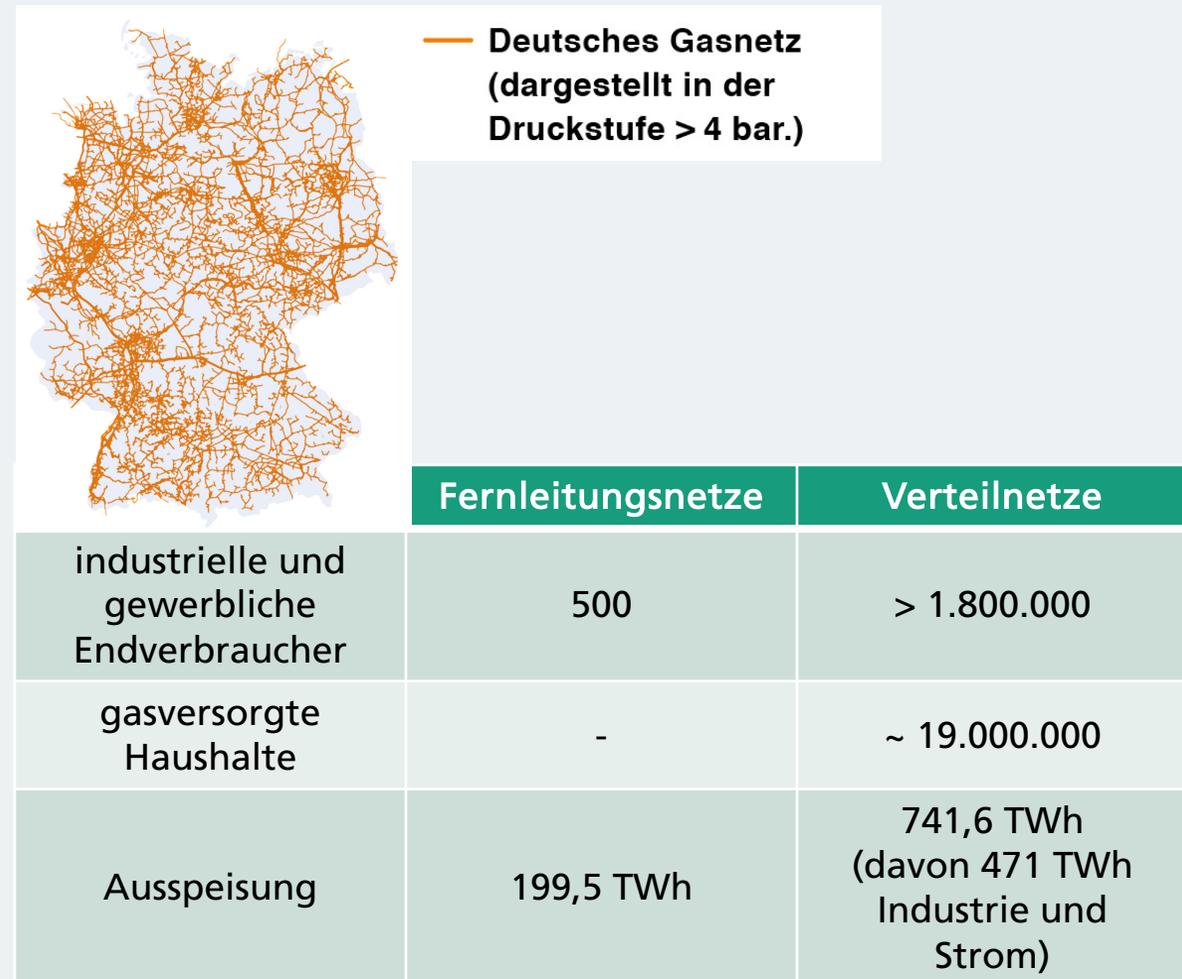


2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur

Nationale Sicht

H₂ – Verteilnetze

- 2040 ist kein Erdgas aus dem Transportnetz mehr verfügbar
- tragende Säule der Energieversorgung des deutschen Mittelstands, der Industrie und der Haushalte
- 50% der deutschen Haushalte mit Wärme
- Haushalt, Gewerbe und Industrie hängen am identischen Versorgungsnetz
- hoher Grad an Vermaschung
- vielfältig im kommunalen Eigentum

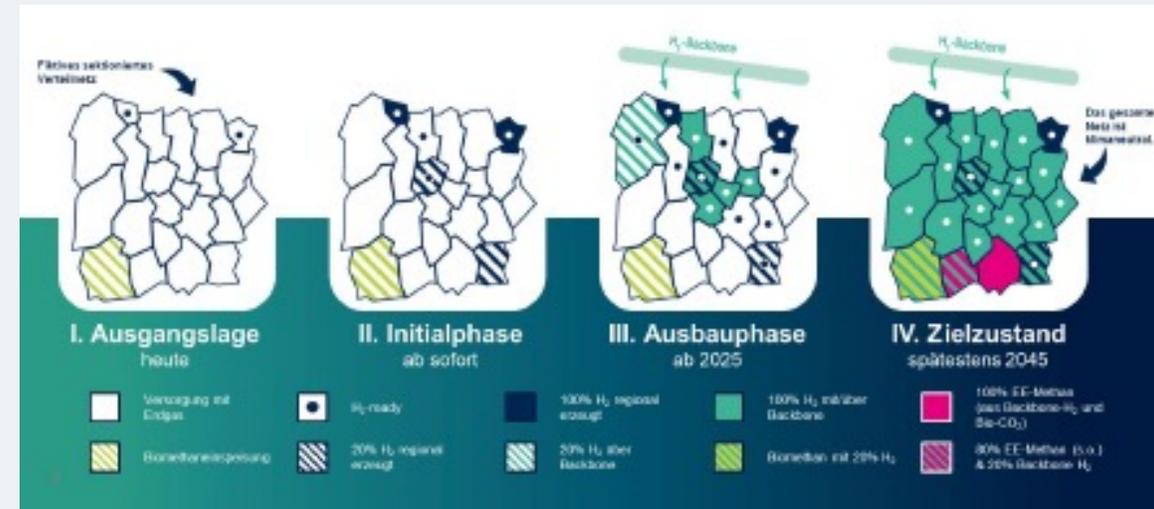


[Quelle: BDEW „Wie heizt Deutschland 2019“, Netze Südwest, dvgw.de]

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht

Gasnetzgebiets – Transformations – Plan (GTP 2023)

- Definition von Umweltzonen
- Planung von Teilnetzen / Netzgebieten
 - 100 Vol% Wasserstoff
 - 100 Vol-% klimaneutralem Methan oder Mischgas
 - Abbildung der Erweiterung als auch der Stilllegung von Netzabschnitten



[Quelle: GTP 2023]

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht

Gasnetzgebiets – Transformations – Plan (GTP 2023)

- Definition von Umweltzonen
- Planung von Teilnetzen / Netzgebieten
 - 100 Vol% Wasserstoff
 - 100 Vol%

Erstellung eines verbindlichen und nachvollziehbaren Fahrplans mit Zwischenzielen zum Hochlauf bis 2045
Stillegung von Netzabschnitten

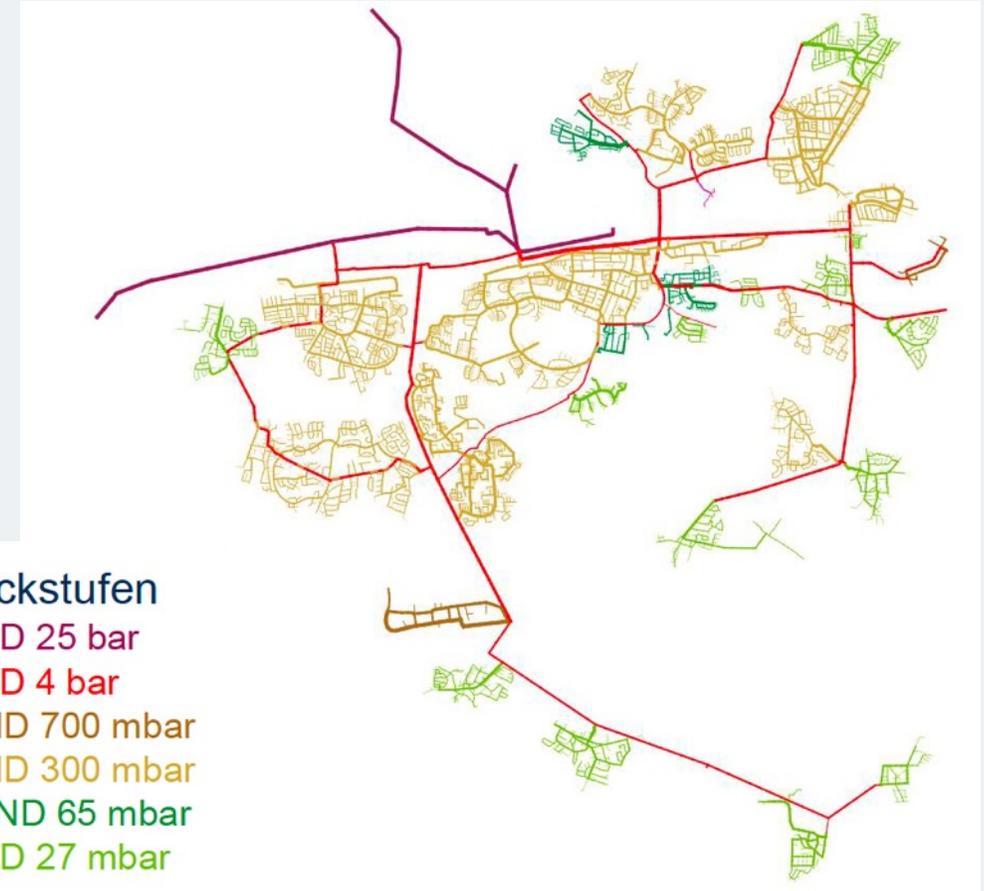


[Quelle: GTP 2023]

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht

Gasnetzgebiets – Transformations – Plan (GTP 2023)

- 34 Teilnetztypen
- 54 Regelanlagen
- 6 Druckstufen
 - Kunden mit unterschiedlicher Priorisierung
 - Strom- und Wärmeversorgung
 - Industriebetriebe

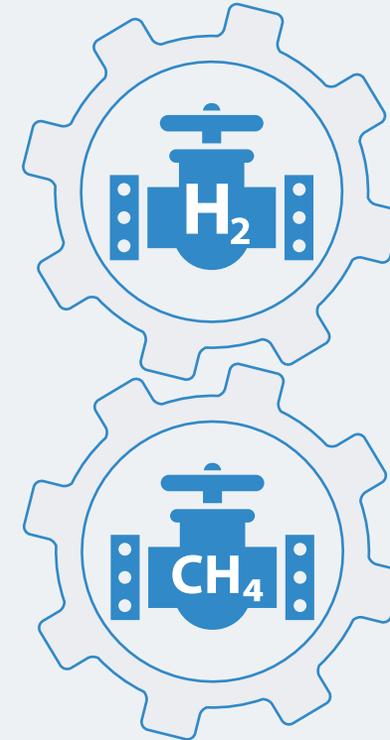


[Quelle: DVGW – Workshop 2022-10-11 Roadmap Gas 2050]

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Baden-Württemberg Sicht

H₂ – Fernleitungsnetzbetreiber

- terranets bw
 - Masterplan zur H₂-Umstellung -> 2040
 - sukzessive Transformation des Gastransportnetze
 - Aufrechterhaltung Erdgasversorgung in der Übergangszeit
 - gleichzeitiger Aufbau einer H₂-Infrastruktur aus dem Bestandsnetz heraus



[Quelle: Präsentation terranets bw 2022-12-19]

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Baden-Württemberg Sicht



	2030	2035	2040
H ₂	170 km	560 km	2.435 km
CH ₄	2.165 km	1.875 km	0 km



[Quelle: Präsentation terranets bw 2022-12-19]

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Baden-Württemberg Sicht

H₂ – Verteilnetze

- H₂-Gebiete
- Mischgebiete (schraffiert Einsatz von klimaneutralem Methan in 2045)
- alle gemeldeten Umstellzonen auf H₂ bis 2040
- alle gemeldeten Umstellzonen auf H₂ bis 2045

Zusammenspiel von Kommunen und Netzbetreibern besonders wichtig, insbesondere auch im Hinblick auf die verpflichtende Wärmeplanung!



[Quelle: GTP 2023]

Key Findings

Wasserstoff Roadmap Baden-Württemberg

- Sieben-Punkte-Plan des Wasserstoff-Beirats
 1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen
 2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen
 3. Mobilitätssektor als Schrittmacher nutzen
 4. Weitere Wasserstofftechnologien strategisch besetzen
 5. Fachkräftemangel in allen Bereichen angehen
 6. Mut zu „out of focus“

Sieben-Punkte-Plan des Wasserstoff-Beirats BW

Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

1

Alle politischen Hebel nutzen, um die nachteilige geographische Position zu verbessern und Investitionssicherheit zu schaffen.



2

Hochlauf von Grünstrom massiv beschleunigen



3

Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen (Strom, Industrie)

Bedarfe künftiger Kraftwerke und weiterer relevanter Nachfragecluster als Einfallstor für Wasserstoffinfrastruktur nutzen



4

Mobilitätssektor als Schrittmacher nutzen

Fahrzeuge und Infrastruktur auf und an die Straße bringen



5

Weitere Wasserstofftechnologien strategisch besetzen

Strategische Themen besetzen und wichtige Use-Cases mit Blick auf KMU-Bedürfnisse fördern



6

Fachkräftemangel in allen Bereichen angehen

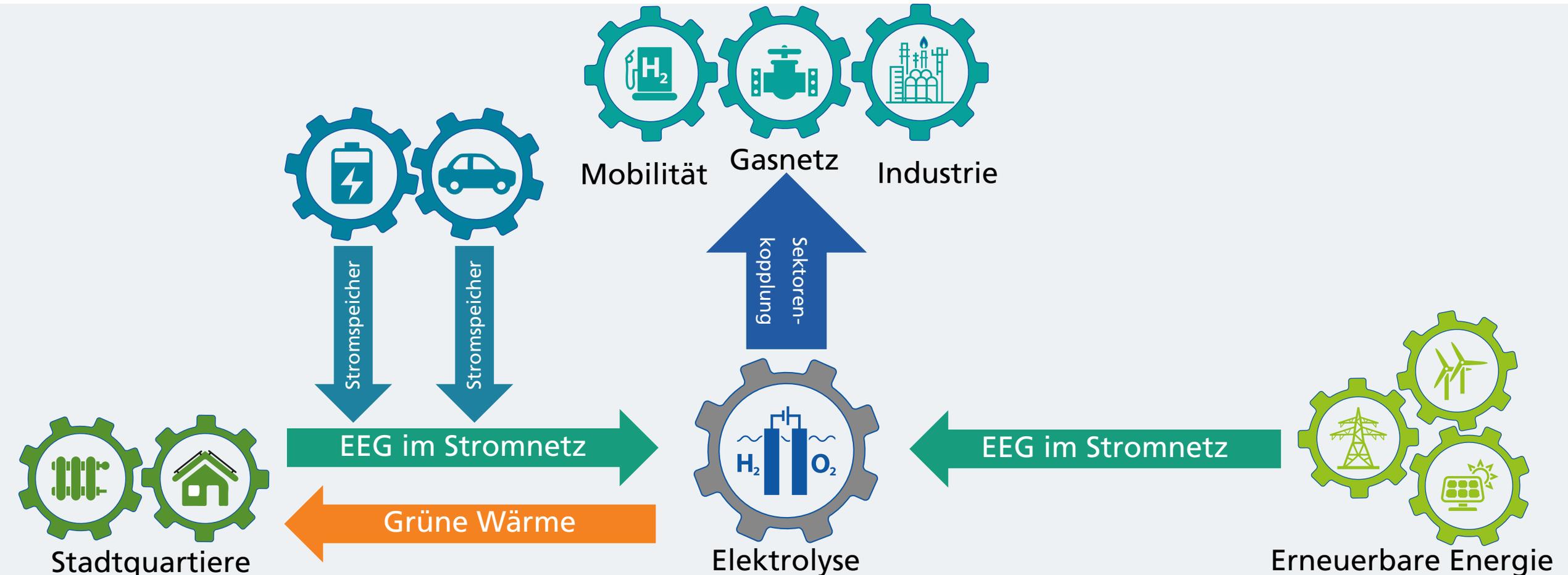
Gesellschaftliche Akzeptanz und MINT-Berufe auf allen Ebenen fördern



7

Mut zu „Out of Focus“: Prioritäten setzen und Kräfte bei zeitlich drängenden Themen bündeln, aber trotzdem das Ökosystem Wasserstoff im Blick behalten

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen
2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen



1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

- Beiträge zum Klimaschutz
 - Dekarbonisierung, dort wo Elektrifizierung nur schwer möglich:
 - Industrie
 - Schwerlastverkehr, ÖPNV, ...
- Beitrag zur Energiewende
 - Speicherung fluktuierender, erneuerbarer Energie
- Beitrag zur Wärmewende
 - Abwärmenutzung der Elektrolyse

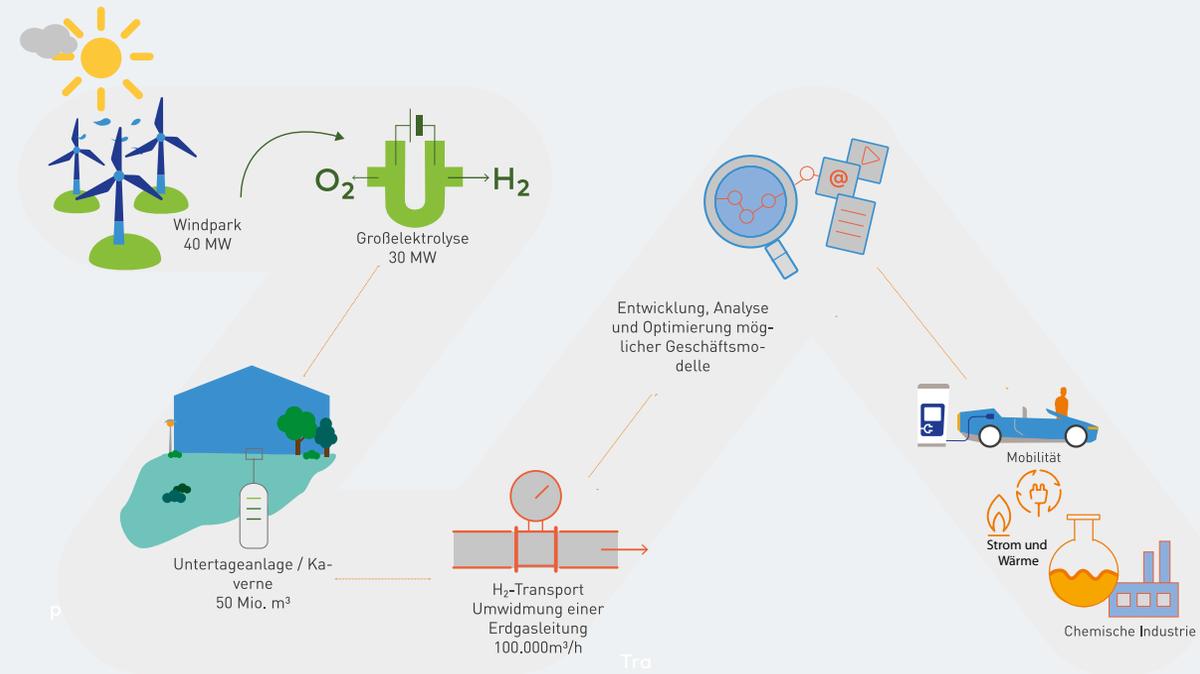


1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Voraussetzungen

- 1) Erneuerbare Energien
- 2) Strom
Netz – Verteilinfrastruktur
- 3) Strom
Speichermöglichkeiten
- 4) Stoffliche Energieträger
Netz – Verteilinfrastruktur
- 5) Stoffliche Energieträger
Speichermöglichkeiten
- 6)



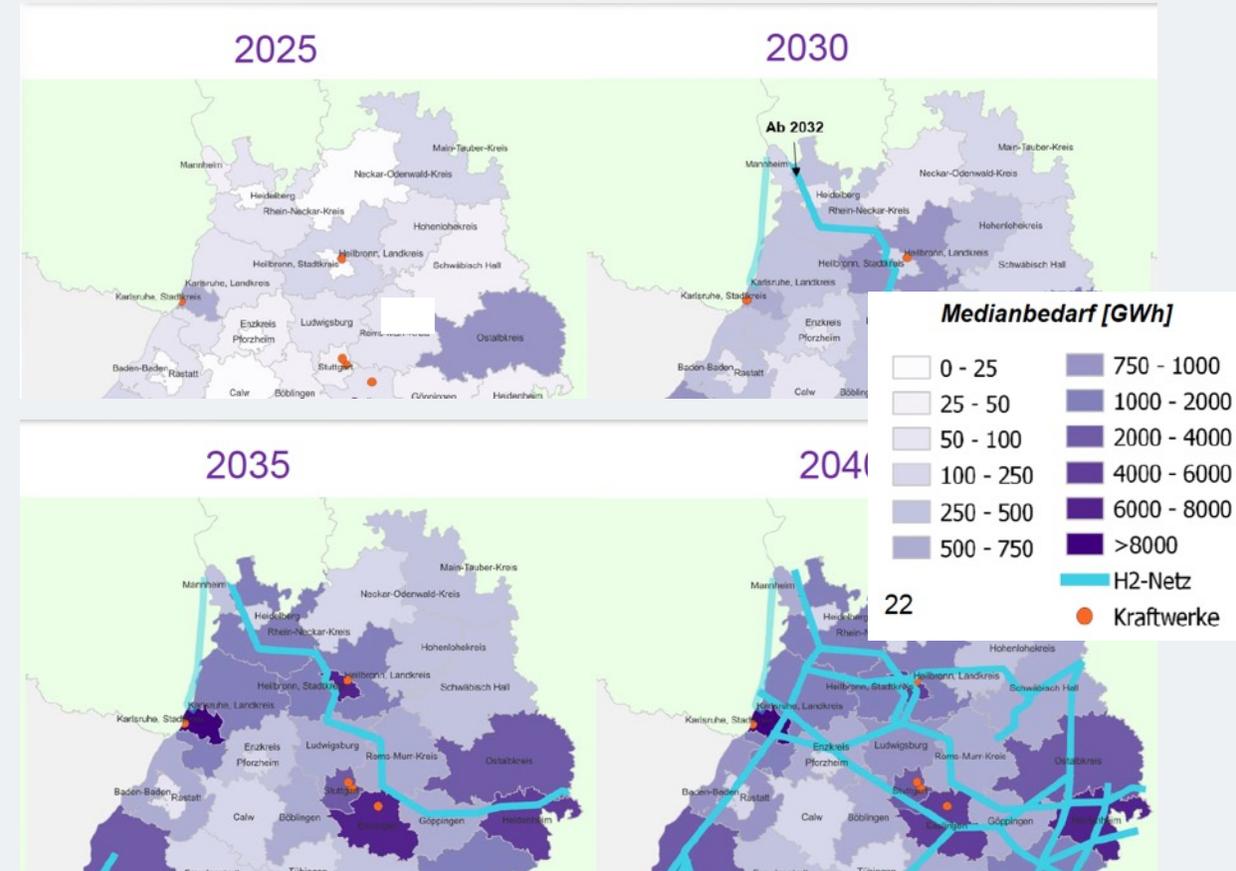
[Quelle: nach EnBW]

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Analyse ZSW im Auftrag des UM vom 11/2023

- Industrie und Verkehr zeigen wachsende Bedarfe schon vor der Verfügbarkeit von Pipeline-Wasserstoff 2030/32 und dies ausnahmslos in allen Kreisen in BaWü
- Langfristig (ab 2035/40) passen aus heutiger Sicht die geplanten Leitungskapazitäten mit den erwartbaren großen (Einzel)Bedarfen



[Quelle: nach ZSW]

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

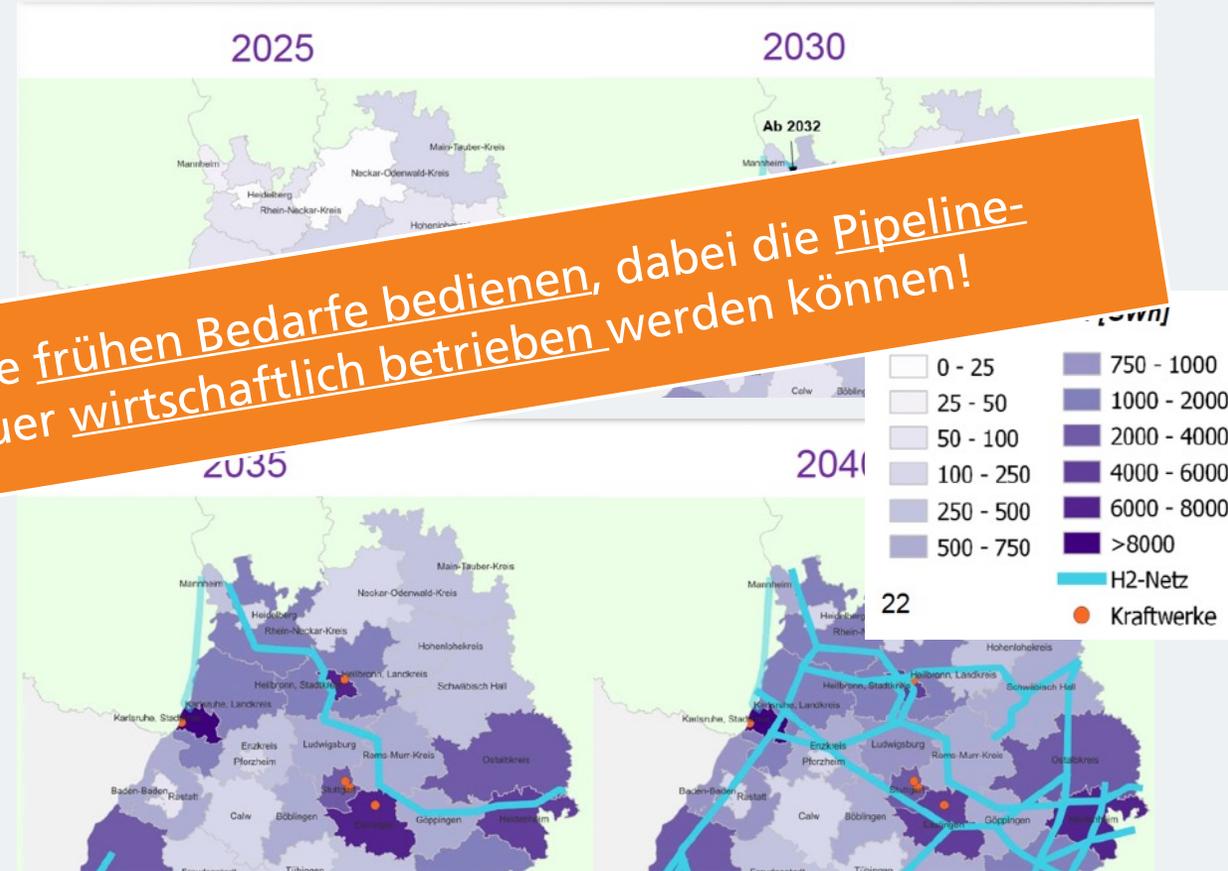
2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Analyse ZSW im Auftrag des UM vom 11/2023

- Industrie und Verkehr zeigen wachsende Bedarfe schon vor der Verfügbarkeit von Pipeline-Wasserstoff 2030/32 und dies ausnahmslos in allen Kreisen in BaWü

- Langfristige (einzel)Bedarfen

Es sind H₂-Hub-Konzepte zu entwickeln, die die frühen Bedarfe bedienen, dabei die Pipeline-Infrastrukturen ideal ergänzen und auf Dauer wirtschaftlich betrieben werden können!



[Quelle: nach ZSW]

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Carbon Border Adjustment Mechanism

Kosten Grüner Wasserstoff

Blauer H₂ als Brückentechnologie?

Geschwindigkeit des Infrastrukturausbaus

Carbon Contracts for Difference

Unklare regulatorische Rahmenbedingungen

Kostenbalance von Import vs. lokaler Produktion

H₂ Import: Wann und woher?

Verfügbarkeit Erneuerbarer Energien

Kostenentwicklung unterschiedlicher Ressourcen (Metalle, Erdgas, Strom, etc.)

Verfügbarkeit Grüner Wasserstoff

Effizienz unterschiedlicher Elektrolysetechnologien

Stranded Investments?

Verfügbarkeit Elektrolyseure

Haltbarkeit von Elektrolyseuren

H₂ oder Batterie für Schwerlastmobilität?

Unsicherheit in den Szenarien (EE-Ausbau, Preisentwicklung)

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Carbon Border Adjustment Mechanism

Kosten Grüner Wasserstoff

Blauer H₂ als Brückentechnologie?

Geschwindigkeit des Infrastrukturausbaus

Carbon Contracts for Difference

Unklare regulatorische Rahmenbedingungen

Kostenbalance von Import vs. lokaler Produktion

Import: woher?

Verfügbarkeit Erneuerbarer

Der Aufbau der Wasserstoffwirtschaft ist ein komplexer soziotechnischer Prozess, der von großen Unsicherheiten geprägt ist.

Produktion (z.B. Metalle, etc.)

Verfügbarkeit Grüner Wasserstoff

Effizienz unterschiedlicher Elektrolysetechnologien

Stranded Investments?

Unsicherheit in den Szenarien (EE-Ausbau, Preisentwicklung)

Verfügbarkeit Elektrolyseure

Haltbarkeit von Elektrolyseuren

H₂ oder Batterie für Schwerlastmobilität?

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Modellierung und Simulation eines H₂-Hubs

- Herausarbeiten eines klaren wirtschaftlichen Zielbildes für Planungssicherheit für
 - H₂-Produzenten
 - H₂-Lieferanten
 - H₂-Abnehmer



1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Modellierung und Simulation eines H₂-Hubs

- Herausforderung

Einheitliches Verständnis schafft den Grundstein für Investitionen und Marktentwicklungen!

Zielbildes zur Planungssicherheit für

- H₂-Produzenten
- H₂-Lieferanten
- H₂-Abnehmer



Beitrag zum Klimaschutz ↔ Beitrag zur Energiewende ↔ Beitrag zur Wärmewende

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Ergebnis

- Superstruktur mit allen denkbaren Lösungen
 - technologieoffen
 - flexibel
 - versorgungssicher
 - kostenoptimiert
 - CO₂ - optimiert



1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Preisszenarien

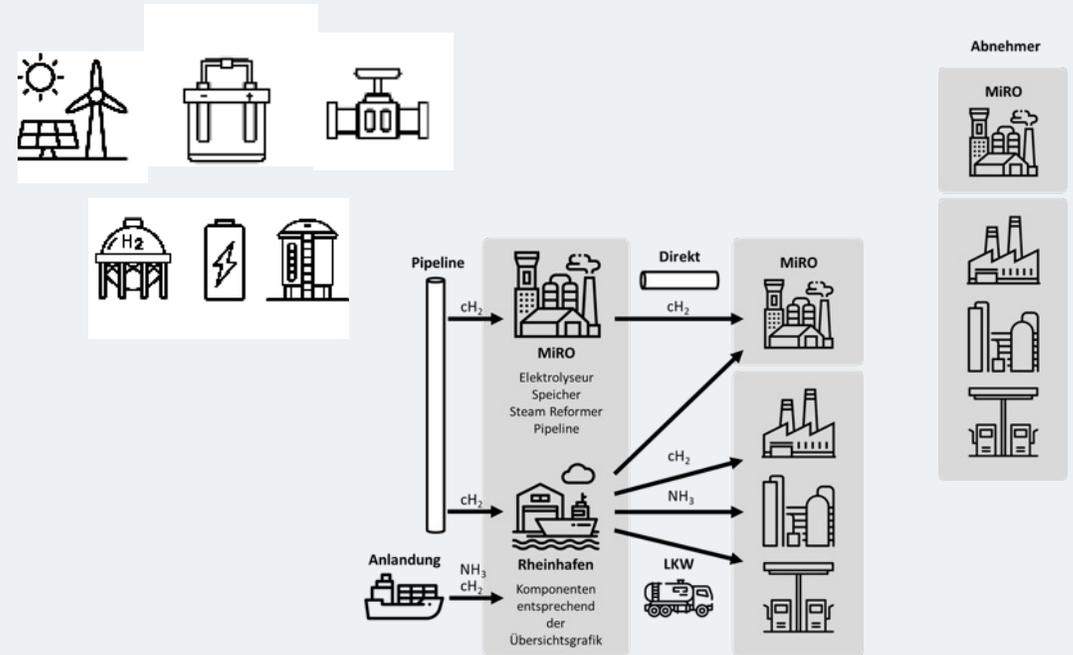
- Investitionskosten
- Bezugspreise

Infrastrukturszenarien

- zeitlicher Aufbau Infrastruktur
- Restriktionen
- Reserven

Bedarfsszenarien

- Bedarfspfade



1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

- Regionale Wertschöpfung
 - Standort für Elektrolysesystem
 - Logistikknotenpunkt für Wasserstoff und Derivate
 - Schaffung eines regionalen H₂-Marktplatzes
 - Schaffung und Erhalt von Arbeitsplätzen
 - Unterstützung, Umsetzung der Energiewende
 - Zentrum für Fachkräfte
 - Entwicklung einer kommunalen grünen Wärmeversorgung
 - Einbindung Bürgerschaft
 - Aufmerksamkeit für Region



1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

- Regionale Wertschöpfung
 - Standort für Elektrolysesystem
 - Logistikknotenpunkt für Wasserstoff und Derivate
 - Schaffung eines regionalen H₂ Marktes



„Unternehmen werden sich künftig dort ansiedeln, wo es günstigen und erneuerbaren Strom gibt. Das heißt, der Ausbau erneuerbarer Energien sowie einer entsprechenden Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur ist im Grunde Standortpolitik für Baden-Württemberg.“

[Quelle: Grünen-Fraktionschef Andreas Schwarz im BNN Artikel 2024-05-22 [ergänzt](#)]

Wärmeversorgung

- Einbindung Bürgerschaft
- Aufmerksamkeit für Region



A portrait of Prof. Dr. Karsten Pinkwart, a middle-aged man with grey hair and glasses, wearing a grey blazer over a white shirt and blue jeans. He is standing in a laboratory or office environment with shelves and equipment in the background. A teal-colored text box is overlaid on the right side of the image.

Prof. Dr. Karsten Pinkwart

Mitglied im Nationalen Wasserstoffrat der Bundesregierung
Mitglied im Beirat Wasserstoff RoadMap Baden-Württemberg

Tel.: +49 (721) 4640322
Fax: +49 (721)4640318
Mobil: +49 (160) 96475925

Stellv. Produktbereichsleiter
Angewandte Elektrochemie
Fraunhofer Institut für Chemische Technologie
Joseph-von-Fraunhofer-Str. 7 | 76327 Pfinztal (Berghausen)
E-Mail: karsten.pinkwart@ict.fraunhofer.de
Web: <http://www.ict.fraunhofer.de>

Fakultät für Elektro- und Informationstechnik
Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft
Moltkestraße 30 | 76133 Karlsruhe
E-Mail: karsten.pinkwart@h-ka.de
Web: <http://www.h-ka.de>

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
