

Mit Wasserstoff Zugang zur Energiewende
in Baden-Württemberg zu einem resilienten
Industrie- und Technologiestandort Baden-Württemberg

Prof. Dr. Karsten Pinkwart

1



Baden-Württemberg
THE LÄND

THE LÄND #

Höchste Lebensqualität

Starke Wirtschaft

Offene Gesellschaft

Beste Jobs

Ideen für die Zukunft

HÄDROGEN for THE LÄND

Prof. Dr. Karsten Pinkwart

© 2024 THE LÄND Datenschutz Impressum Barrierefreiheit

2

Key Findings

Handlungsfelder und Zielbilder - Notwendigkeiten für den Markthochlauf in Deutschland

1tes
Verfügbarkeit von ausreichend Wasserstoff sicherstellen

2tes
Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur

3tes
Sektorale Wasserstoffanwendungen etablieren für Industrie, Verkehr, Energie/Wärme

4tes
Rahmenbedingungen

kurzfristig | mittelfristig | langfristig

202X | 202Y | 202Z | 2030

Seite 3 | 13.11.24 | © Fraunhofer ICT | Offen | Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences | Fraunhofer ICT

3

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

36 Unternehmen aus BaWü

82 Unternehmen aus BaWü

50 Anbieter aus BaWü

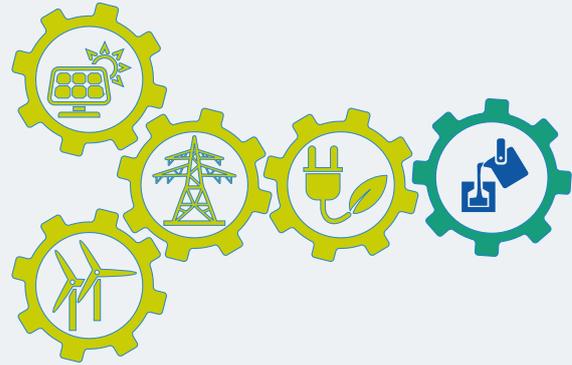
Seite 7 | 13.11.24 | © Fraunhofer ICT | Offen | Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences | Fraunhofer ICT

7

Key Findings

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

- Erreichung der Klimaneutralität bis 2045
- massiver Ausbau des Stromnetzes erforderlich
- Kosten für den Netzausbau werden über die Netzentgelte an den Endverbraucher weitergegeben
- zur Erfüllung dieser Versorgungsaufgabe sind Netzinvestitionen in Höhe von
 - 430,8 Mrd. € erforderlich Verteilnetz
 - 156,1 Mrd. € Übertragungsnetz
 - 145,1 Mrd. € Offshore-Netz



[Source: Institute of Energy Economics at the University of Cologne - <https://www.ewi.uni-koeln.de/en/publications/estimation-of-grid-expansion-costs-and-the-resulting-grid-fees-for-baden-wuerttemberg-and-germany-by-2045/>]

8

intern

Offen

Hochschule Karlsruhe
University of Applied Sciences

Fraunhofer
ICT

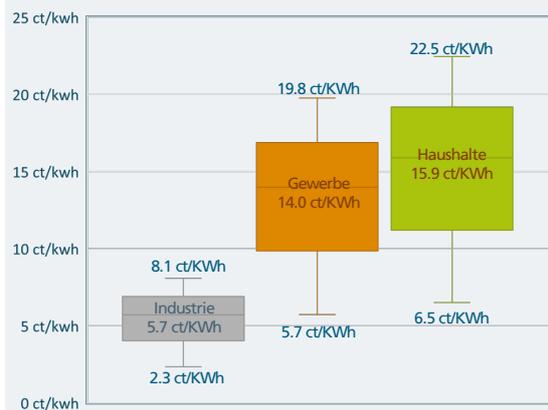
8

Key Findings

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

- Netzausbaukosten können vollständig an die Netznutzer weitergegeben werden
- stark steigende Netzentgelte bis zum Zieljahr 2045
 - Gewerbekunden 15,2 Cent/kWh
 - Industriekunden 7,0 Cent/kWh
 - Haushaltskunden 18,0 Cent/kWh

Möglicher Anstieg der Netznutzungsentgelte im Jahr 2045 gegenüber 2023



[Source: Institute of Energy Economics at the University of Cologne - <https://www.ewi.uni-koeln.de/en/publications/estimation-of-grid-expansion-costs-and-the-resulting-grid-fees-for-baden-wuerttemberg-and-germany-by-2045/>]

9

intern

Offen

Hochschule Karlsruhe
University of Applied Sciences

Fraunhofer
ICT

9

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

Jahr	Umweltschutzbezogener Umsatz im Inland 1.000€	Umweltschutzbezogener Umsatz im Ausland 1.000€
2019	6.838.015	5.435.091
2020	7.201.606	5.659.295
2021	8.290.035	6.751.562

Jahr	Produzierendes Gewerbe	Verarbeitendes Gewerbe
2019	~11.500.000	~10.500.000
2020	~12.000.000	~11.000.000
2021	~13.500.000	~12.500.000

Quelle: © Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2023

Seite 10 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

10

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

Jahr	Gesamt, ohne Aufteilung
2023	2,9
2024	3,0
2025	4,1
2026	4,7
2027	5,7
2028	9,0
2029	9,9
2030	22,7
2031	27,1
2032	52,4
2033	63,0
2034	68,1
2035	73,5
2036	76,7
2037	80,0
2038	79,8
2039	80,8
2040	90,7

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

Seite 11 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

11

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

Industry Sector	Count
Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen	151
Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	109
Kokerei und Mineralölverarbeitung	5
Herstellung von Waren aus Papier, Karton und Pappe	83
Total	350

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

Seite 12 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

12

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

Industry Sector	Count
Herstellung von Schmiede-, Press-, Zieh und Stanzteilen, gewalzten Ringen und pulvermetallurgischen Erzeugnissen	151
Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden	109
Kokerei und Mineralölverarbeitung	5
Herstellung von Waren aus Papier, Karton und Pappe	83
Total	350

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

Seite 13 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

56% der Unternehmen aus dem verarbeitenden Gewerbe haben eine Rückmeldung gegeben

13

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht - Wasserstoffnetz

- Klimaneutralität bis 2045
- 2030 – Kerngasnetz
- Gesamtlänge des Netzes beträgt 9.040 km
- 60 % bestehen aus umgewandelten Erdgasleitungen
- Investitionskosten belaufen sich auf 18,9 Mrd. €



14

Intern

Offen

Hochschule Karlsruhe
University of Applied Sciences

Fraunhofer
ICT

14

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht - Wasserstoffnetz

- Erreichung der Klimaneutralität bis 2045
 - 2030 – Kern-Wasserstoffgasnetz
 - Gesamtlänge des Netzes beträgt 9.040 km
 - 60 % bestehen aus umgewandelten Erdgasleitungen
 - Investitionskosten belaufen sich auf 18,9 Mrd. €
- 2045 – endgültiges Wasserstoffgasnetz
 - zusätzliche Kosten für die H₂-Umwandlung des Gasverteilungsnetzes 4 Mrd. €
 - insgesamt werden 47 Mrd. € benötigt, um die Gasverteilungsnetze zu erhalten und umzubauen.



[Source: Institute of Energy Economics at the University of Cologne - <https://www.ewi.uni-koeln.de/en/publications/estimation-of-grid-expansion-costs-and-the-resulting-grid-fees-for-baden-wuerttemberg-and-germany-by-2045/>]

15

Intern

Offen

Hochschule Karlsruhe
University of Applied Sciences

Fraunhofer
ICT

15

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht - Wasserstoffnetz

Netznutzungsentgelte für das

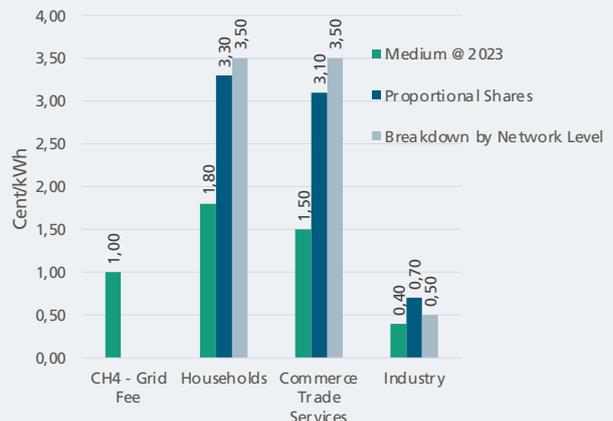
- CH₄-Netz am 1. April 2023 und das
- H₂-Netz im Jahr 2045
- gemäß einem Szenario des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW)

Proportionierte Anteile

- gleiche Netzkostenanteile der Verbrauchsgruppen wie im Bereich des heutigen Methannetzes

Aufschlüsselung nach Netzebene

- Netzkostenanteile des H₂-Kernetzes und des Verteilnetzes werden entsprechend der Gesamtnachfrage auf Haushalte, Gewerbe und Industrie verteilt



[Source: Institute of Energy Economics at the University of Cologne - <https://www.evi.uni-koeln.de/en/publications/estimation-of-grid-expansion-costs-and-the-resulting-grid-fees-for-baden-wuerttemberg-and-germany-by-2045/>]

16

intern

Offen

Hochschule Karlsruhe
University of Applied Sciences

Fraunhofer
ICT

16

2. Auf- und Ausbau einer Wasserstoffinfrastruktur Nationale Sicht

- Verbindung von H₂-Standorten deutschlandweit (Produktions-, Import- und Bedarfszentren)
- Wasserstoff-Kernetz (10/2024)
- ca. 9.040 km H₂-Pipelines zwischen 2025 und 2032 vor (ca. 60% Neuleitung, 40% Umstellung bestehender Wasserstoffleitungen)
- geplante starke Anbindung des H₂-Netzes an die benachbarten EU-Ländern



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

Seite 17

13.11.24

© Fraunhofer ICT

Offen

Hochschule Karlsruhe
University of Applied Sciences

Fraunhofer
ICT

17

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

	Fernleitungsnetze	Verteilnetze
industrielle und gewerbliche Endverbraucher	500	> 1.800.000
gasversorgte Haushalte	-	~ 19.000.000
Ausspeisung	199,5 TWh	741,6 TWh (davon 471 TWh Industrie und Strom)

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

Seite 18 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

18

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]

Seite 19 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

19

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

Verpflichtendes Zusammenspiel von Kommunen und Netzbetreibern

Erweiterung als auch der Stilllegung von Netzabschnitten



[Quelle: GTP 2023]

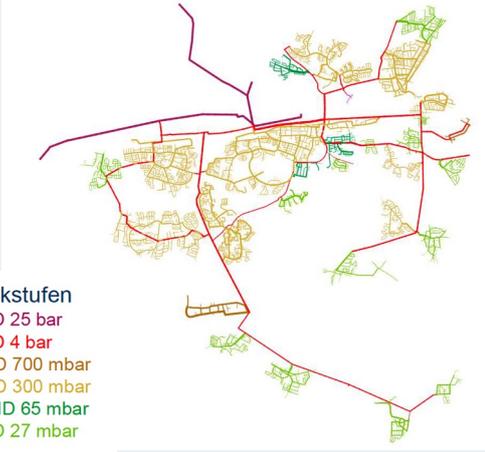
Seite 20 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

20

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



Druckstufen

- HD 25 bar
- HD 4 bar
- MD 700 mbar
- MD 300 mbar
- eND 65 mbar
- ND 27 mbar

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

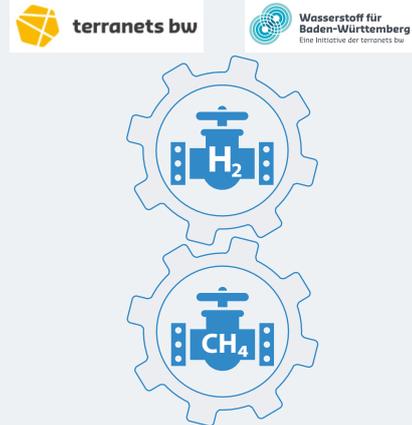
Seite 21 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

21

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]

22

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]

23

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 2040
- 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]

Seite 24 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

24

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“

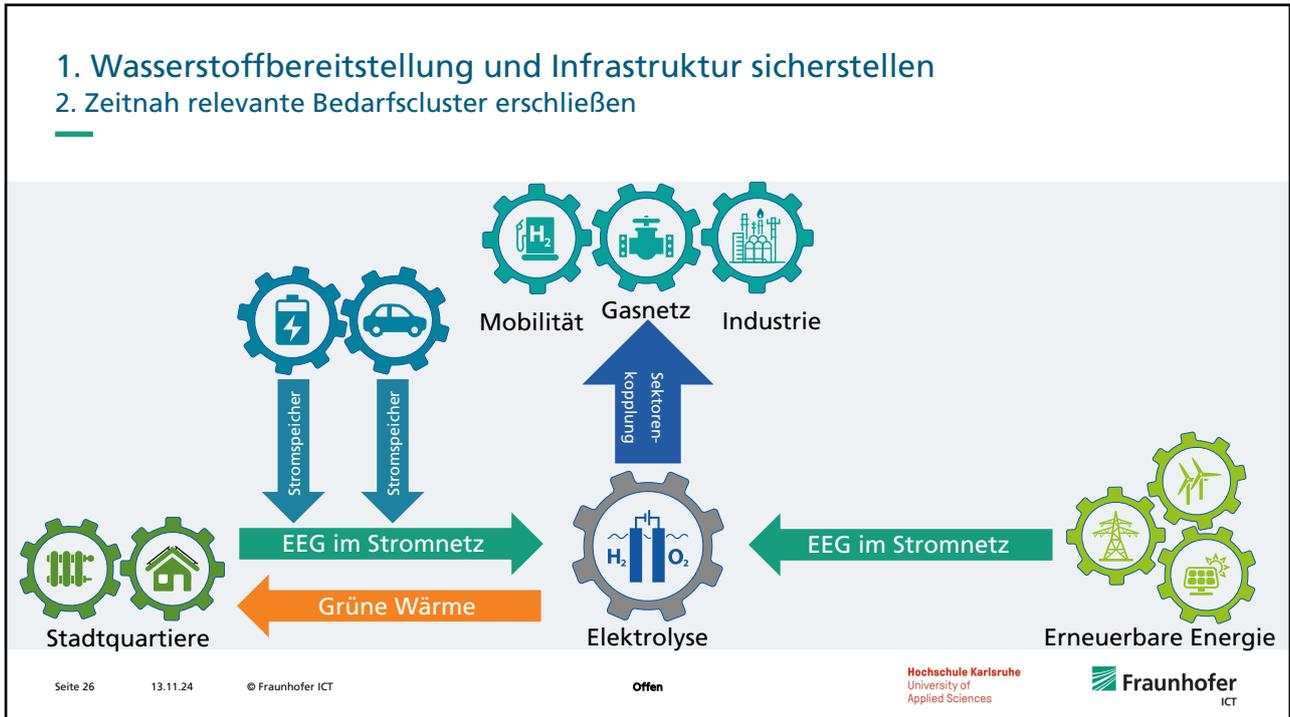
Sieben-Punkte-Plan des Wasserstoff-Beirats BW

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

Seite 25 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

25



26

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

This slide features a list of contributions to climate protection, energy transition, and heat transition, alongside a map-based version of the energy system diagram. The map shows the same components as the previous slide, but overlaid on a city street map, indicating the geographical context of the infrastructure. The diagram is attributed to Hochschule Karlsruhe and Fraunhofer ICT.

Seite 27 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

27

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]

Seite 28 13.11.24 © Fraunhofer ICT
Offen

28

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]

Seite 29 13.11.24 © Fraunhofer ICT
Offen

29

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

[Quelle: nach ZSW]

Seite 30 13.11.24 © Fraunhofer ICT

Offen

Hochschule Karlsruhe
University of Applied Sciences

Fraunhofer ICT

30

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

Effizienz unterschiedlicher Elektrolysetechnologien

Stranded Investments?

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

Verfügbarkeit Grüner Wasserstoff

Verfügbarkeit Elektrolyseure

Haltbarkeit von Elektrolyseuren

H₂ oder Batterie für Schwerlastmobilität?

Unsicherheit in den Szenarien (EE-Ausbau, Preisentwicklung)

Seite 31 13.11.24 © Fraunhofer ICT

Offen

Hochschule Karlsruhe
University of Applied Sciences

Fraunhofer ICT

31

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

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

Seite 32 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

32

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

Seite 33 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

33

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Modellierung und Simulation eines H₂-Hubs

- Herausforderung: Ein einheitliches Verständnis schafft den Grundstein für Investitionen und Marktentwicklungen!
- Zielbildes für Planungssicherheit für
 - H₂-Produzenten
 - H₂-Lieferanten
 - H₂-Abnehmer

Beitrag zum Klimaschutz ↔ Beitrag zur Energiewende ↔ Beitrag zur Wärmewende

Seite 34 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

34

1. Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur sicherstellen

2. Zeitnah relevante Bedarfscluster erschließen

Ergebnis

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

Seite 35 13.11.24 © Fraunhofer ICT Offen Hochschule Karlsruhe University of Applied Sciences Fraunhofer ICT

35

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

Preisszenarien

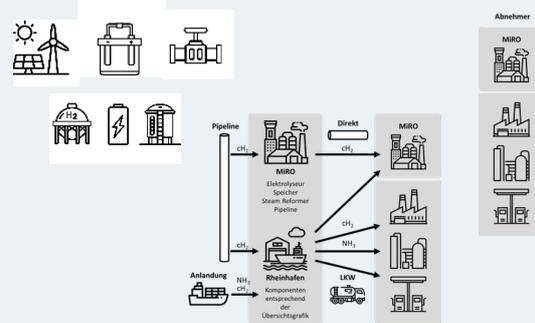
- Investitionskosten
- Bezugspreise

Infrastrukturszenarien

- zeitlicher Aufbau Infrastruktur
- Restriktionen
- Reserven

Bedarfsszenarien

- Bedarfspfade

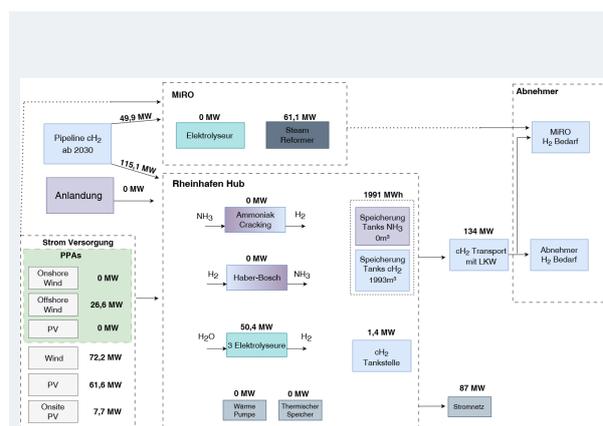


36

Key Findings - H2iPortKA - Wasserstoff-Hub Rheinhäfen Karlsruhe
 Referenzszenario

Spezifische H₂-Kosten

- Was kostet am Ende pro Stützjahr der bereitgestellte Wasserstoff aufgeteilt in spezifische Kosten (€/kg_H2 und ct/kWh_H2) für

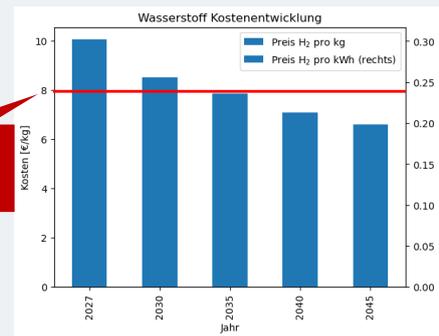


37

Key Findings - H2iPortKA - Wasserstoff-Hub Rheinhäfen Karlsruhe Referenzzenario

Spezifische H₂-Kosten

- Was kostet am Ende pro Stützjahr der bereitgestellte Wasserstoff aufgeteilt in spezifische Kosten (€/kg_{H2} und ct/kWh_{H2}) für



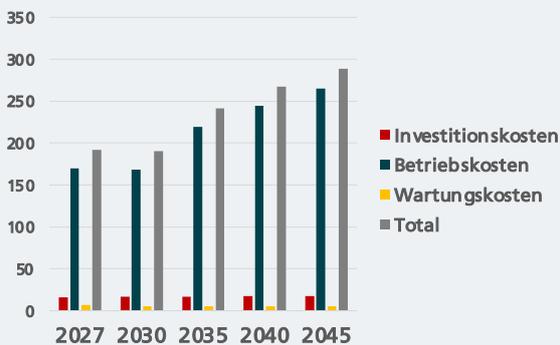
8,01 €/kg_{H2}
(24,1 ct/kWh_{H2})
(nicht abgezinst)

38

Key Findings - H2iPortKA - Wasserstoff-Hub Rheinhäfen Karlsruhe Referenzzenario

Spezifische H₂-Kosten

Kosten pro Jahr (Mio.€)



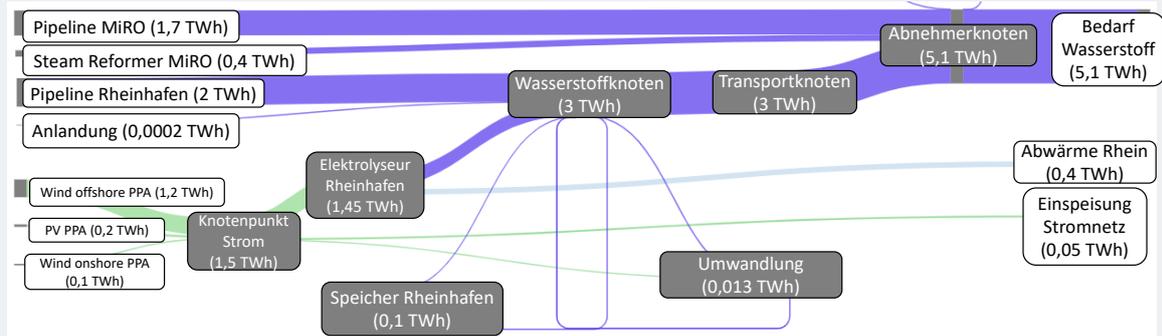
H₂-Bedarf (GWh/a)



39

Key Findings - H2iPortKA - Wasserstoff-Hub Rheinhäfen Karlsruhe Referenzzenario

Sankey-Diagramm – Energieflüsse 2027 – 2045 – Stand 02/2024



40

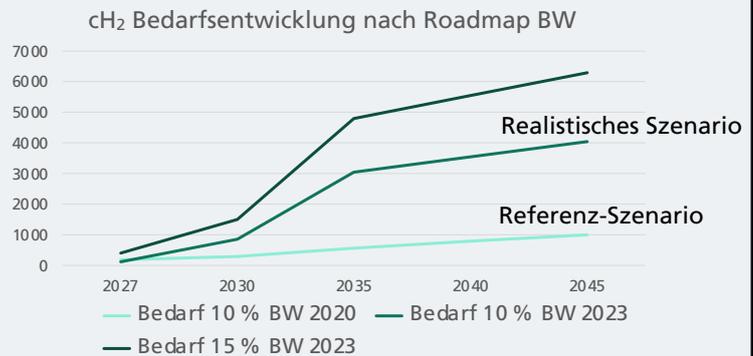
Key Findings - H2iPortKA - Wasserstoff-Hub Rheinhäfen Karlsruhe Realistisches Szenario

Referenzszenario

- Pipeline 2030
- Bedarf 10% BW 2020
- Capex Elektrolyseur 2500€/kW

realistisches Szenario

- Pipeline 2035
- Bedarf 10% BW 2023
- Capex Elektrolyseur 1500€/kW



41

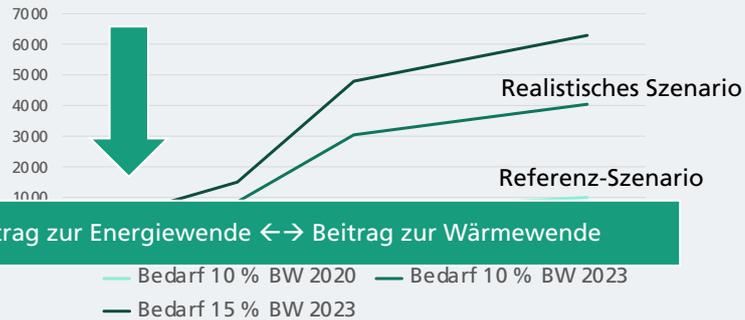
Key Findings - H2iPortKA - Wasserstoff-Hub Rheinhäfen Karlsruhe Realistisches Szenario

Referenzszenario

- Pipeline
- Bedarf 10% BW 2020
- Capex Elektrolyseur 2500€/kW

Grundstein für Investitionen und Marktentwicklungen

cH₂ Bedarfsentwicklung nach Roadmap BW



realistisches Szenario

- Pipeline 2035

Beitrag zum Klimaschutz ↔ Beitrag zur Energiewende ↔ Beitrag zur Wärmewende

— Bedarf 10 % BW 2020 — Bedarf 10 % BW 2023 — Bedarf 15 % BW 2023

42

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



43

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

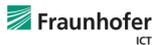
„Unternehmen werden sich künftig dort ansiedeln, wo es günstigen und erneuerbaren Strom gibt. Das heißt, der Ausbau erneuerbarer Energien sowie einer entsprechenden Wasserstoffbereitstellung und Infrastruktur ist im Grunde Standortpolitik für Baden-Württemberg.“

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

- Wärmeversorgung
 - Einbindung Bürgerschaft
 - Aufmerksamkeit für Region




Seite 44
13.11.24
© Fraunhofer ICT
Offen

44



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 90 | 76133 Karlsruhe
E-Mail: karsten.pinkwart@h-ka.de
Web: <http://www.h-ka.de>

45

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit
