

HyLunch Saarland

Berlin 01/2022

Vorstellung des Konsortiums



consulting4drive
powered by IAV



consulting4drive
powered by IAV



Engineering-Dienstleister mit
Schwerpunkt Automobilbranche

Beratungstochter der IAV GmbH
(Technologie, Strategie, Prozesse)

Gemeinnütziges
Forschungsinstitut, Schwerpunkt
Energiesysteme und Mobilität



25 Standorte weltweit, v.a. Berlin,
Chemnitz und Gifhorn

Standorte in Deutschland,
weltweiter Projektumfang

Berlin



900 M€ Umsatz per 2020

XXX

Berlin



8200 Mitarbeitende, v.a. MINT

Über 40 Beraterinnen + Berater

100 Mitarbeitende

Herausforderung

Zur Erreichung der geforderten **Umweltziele** (deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen) soll der **Einsatz von Wasserstoff** in verschiedenen Anwendungsfällen überprüft werden.

Die Handlungsfelder gliedern sich dabei in die **Erzeugung**, in die **Verteilung** und in die **Nachfrage von Wasserstoff**.

Weiterhin soll der **Markt- und die Technologieverfügbarkeit** bewertet werden.

Diese Informationen dienen als Grundlage für die **Strategieentwicklung** bis zum **Jahr 2030+ für das Saarland**.

Herangehensweise

Im Rahmen des Projektes wurden **detaillierte Marktrecherchen** und **Technologieuntersuchungen** zu den jeweiligen Konzepten durchgeführt. Diese wurden in mehreren **Befragungen und Workshops** gemeinsam mit den jeweiligen Stakeholdern bewertet und bezüglich der Realisierung bewertet.

Inhalt der **Umsetzungsstrategie** war neben der konkreten **Maßnahmenentwicklung** eine **Grobkostenabschätzung** der Hauptanwendungsfälle sowie die Ermittlung und Bewertung der **Emissionsreduktionspotentiale**.

Aufgaben für die H₂-Modellregion

- **Erarbeitung der Umsetzungsstrategie für das Saarland**
- Kritisch-konstruktive Begleitung der Verbrennungsmotoralternative
- Unterstützung beim Kauf von Brennstoffzellen-LKW
- Umrüstung Fuhrpark von Verkehrsbetrieben
- Einkaufsgemeinschaften für LKW, Busse und PKW mit H₂Optimierte H₂-Tankstellenversorgung für Busse
- Gasnetzverträglichkeit und Zumischen von H₂ für BHKW
- Einsatzmöglichkeiten für BHKW
- H₂-Anwendungen in der Industrie (Stahlindustrie)
- Wirtschaftlicher Schienenbetrieb mit H₂
- Tankstellenmanagement in der Großregion
- Machbarkeitsstudie H₂-Distributionsplattform



Logistik-
anwendungen
außerhalb des
Werks



Optimierte H₂-
Tankstellen-
versorgung



Wärme- und
Energieversorgung



Intralogistik



H₂ in der
Produktion

- Erhebung von Bedarfen und Produktion
- Begleitung des *HydroHub Fenne* (Elektrolyse, Nebenprodukt-Nutzung, Pipeline-Anbindung)
- **Optimierung der Auslegung von H₂ -Tankstellen**
- H₂ – Schienenbetrieb
- **H₂ – Nutzfahrzeuge (technoökonomische Bewertung, Umrüstung, Beschaffung, Betreiberkonzept)**
- Strategische Positionierung von Tankstellen
- H₂ – basierte Kraft-Wärme-Kopplung (Einsatzmöglichkeiten, H₂ – Zumischung im Gasnetz)
- H₂ – Distributionsplattform
- Industrieanwendungen



Erzeugung

Großskalige Erzeugung durch HydroHub

Untersuchung der Aufbereitung von LOHC

Dezentrale Erzeugung per Elektrolyse oder auf Basis von Biogas



Infrastruktur

Technologischer und wirtschaftlicher Vergleich der Versorgung

- per LKW,
- Leitung und
- Gegenüberstellung zur Vor-Ort-Erzeugung mit Elektrolyse

Berücksichtigung vorteilhafter Aggregatzustände



Nachfrage: Wärme- und Energie

Bewertung des Einsatzes von H₂ zur Wärme- und Energieversorgung mit Schwerpunkt auf Kraft-Wärme-Kopplung



Nachfrage: Mobilität mit Bus und LKW

Marktübersicht, Verfügbarkeit, Technologische und wirtschaftliche Bewertung von:

- H₂-Brennstoffzellen -
- H₂-VKM -
- und BEV – Antriebskonzepten



Nachfrage: Sonstige Mobilität

Technologische und wirtschaftliche Bewertung von

- Intralogistik-anwendungen
- Sonder- und Kommunalfahrzeuge
- Schienenfahrzeug-anwendungen



Erzeugung

Großskalige Erzeugung durch HydroHub

Untersuchung der Aufbereitung von LOHC

Dezentrale Erzeugung per Elektrolyse oder auf Basis von Biogas



Infrastruktur

Technologischer und wirtschaftlicher Vergleich der Versorgung

- per LKW,
- Leitung und
- Gegenüberstellung zur Vor-Ort-Erzeugung mit Elektrolyse

Berücksichtigung vorteilhafter Aggregatzustände



Nachfrage: Wärme- und Energie

Bewertung des Einsatzes von H₂ zur Wärme- und Energieversorgung mit Schwerpunkt auf Kraft-Wärme-Kopplung



Nachfrage: Mobilität mit Bus und LKW

Marktübersicht, Verfügbarkeit, Technologische und wirtschaftliche Bewertung von:

- H₂-Brennstoffzellen -
- H₂-VKM -
- und BEV – Antriebskonzepten



Nachfrage: Sonstige Mobilität

Technologische und wirtschaftliche Bewertung von

- Intralogistik-anwendungen
- Sonder- und Kommunalfahrzeuge
- Schienenfahrzeug-anwendungen

H₂-Erzeugung: HydroHub Fenne

Übersicht

HydroHub für **industrielle Erzeugung** von grünem Wasserstoff **ab 2026**

17,5 bis 35 Megawatt Elektrolyseur am **Kraftwerkstandort Fenne**

Förderung als Reallabor durch BMWi, zukünftig Unterstützung als European Project of Common Interest

Versorgung von

Versorgung der **Tankstelle Gersweiler**, des **Betriebshofs der Saarbahn** sowie Homburg

Anbindung an Netz der GRTgaz und Leitung von Bouzonville zu **Dillinger Hütte**



H₂-Erzeugung: HydroHub Fenne

Fragestellungen

Welche Abnehmer könnten unter **ökonomischen und ökologischen Aspekten** bedient werden?

Zu **welchen Kosten** kann der Wasserstoff bereitgestellt werden?

Zusätzliche Fragestellungen

Können die **Nebenprodukte** Abwärme und Sauerstoff wirtschaftlich genutzt werden?

Entspricht der **Netzbezug des Stroms** der Definition von grünem Wasserstoff?

Wie wird der **Wasserstoff transportiert** und wie erfolgt die Aufbereitung



Quelle: Steag

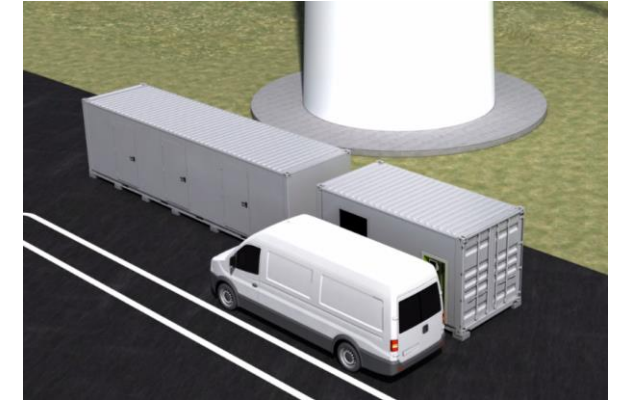


Übersicht

Überbrückung bis Inbetriebnahme oder Versorgung weiterer Standorte

Naheliegender ist Verwendung **dezentraler Elektrolyseure** mit bis zu 2 Megawatt

Hohe Relevanz bspw. bei der **Saarbahn**



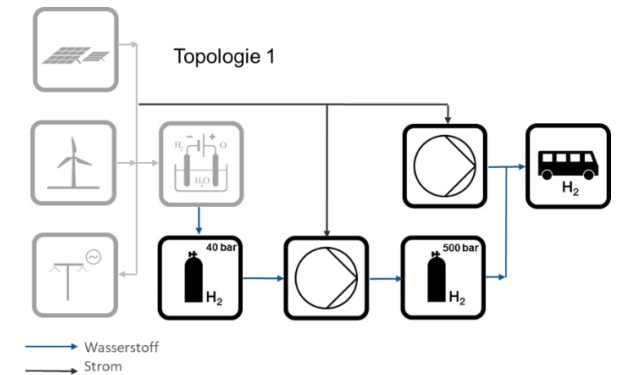
Fragestellungen

Wie hoch ist die konkrete **Nachfrage**?

Ist **wirtschaftlicher Betrieb** möglich?

Welche **Förderprogramme** sind relevant?

Wie ist die **Kooperation** zwischen Anlagenbauer, Projektierer und Betreiber der Anlage?





Erzeugung

Großskalige Erzeugung durch HydroHub

Untersuchung der Aufbereitung von LOHC

Dezentrale Erzeugung per Elektrolyse oder auf Basis von Biogas



Infrastruktur

Technologischer und wirtschaftlicher Vergleich der Versorgung

- per LKW,
- Leitung und
- Gegenüberstellung zur Vor-Ort-Erzeugung mit Elektrolyse

Berücksichtigung vorteilhafter Aggregatzustände



Nachfrage: Wärme- und Energie

Bewertung des Einsatzes von H₂ zur Wärme- und Energieversorgung mit Schwerpunkt auf Kraft-Wärme-Kopplung



Nachfrage: Mobilität mit Bus und LKW

Marktübersicht, Verfügbarkeit, Technologische und wirtschaftliche Bewertung von:

- H₂-Brennstoffzellen -
- H₂-VKM -
- und BEV – Antriebskonzepten



Nachfrage: Sonstige Mobilität

Technologische und wirtschaftliche Bewertung von

- Intralogistik-anwendungen
- Sonder- und Kommunalfahrzeuge
- Schienenfahrzeug-anwendungen

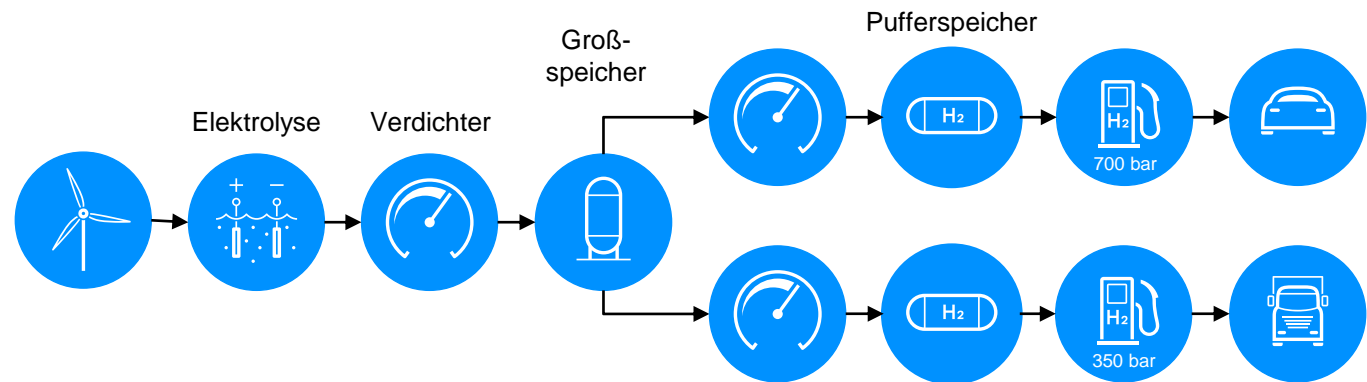


Wasserstoffbereitstellung

- Sinkende Kosten der Bereitstellung mit zunehmender Ausnutzung der Elektrolyseanlage
- Abstimmung der Elektrolyseleistung, Verfügbarkeit der erneuerbaren Energie und des Großspeichers für kostenoptimale Anlage notwendig

Betankung

- Festlegung auf erwartete Fahrzeuge und Tankabfolgen (Back-to-Back-Betankung)
- Hoch- und Mitteldruckteil kostenintensiv
- Reduktion der Speichermenge durch Kaskadierung und Optimierung mit Verdichter

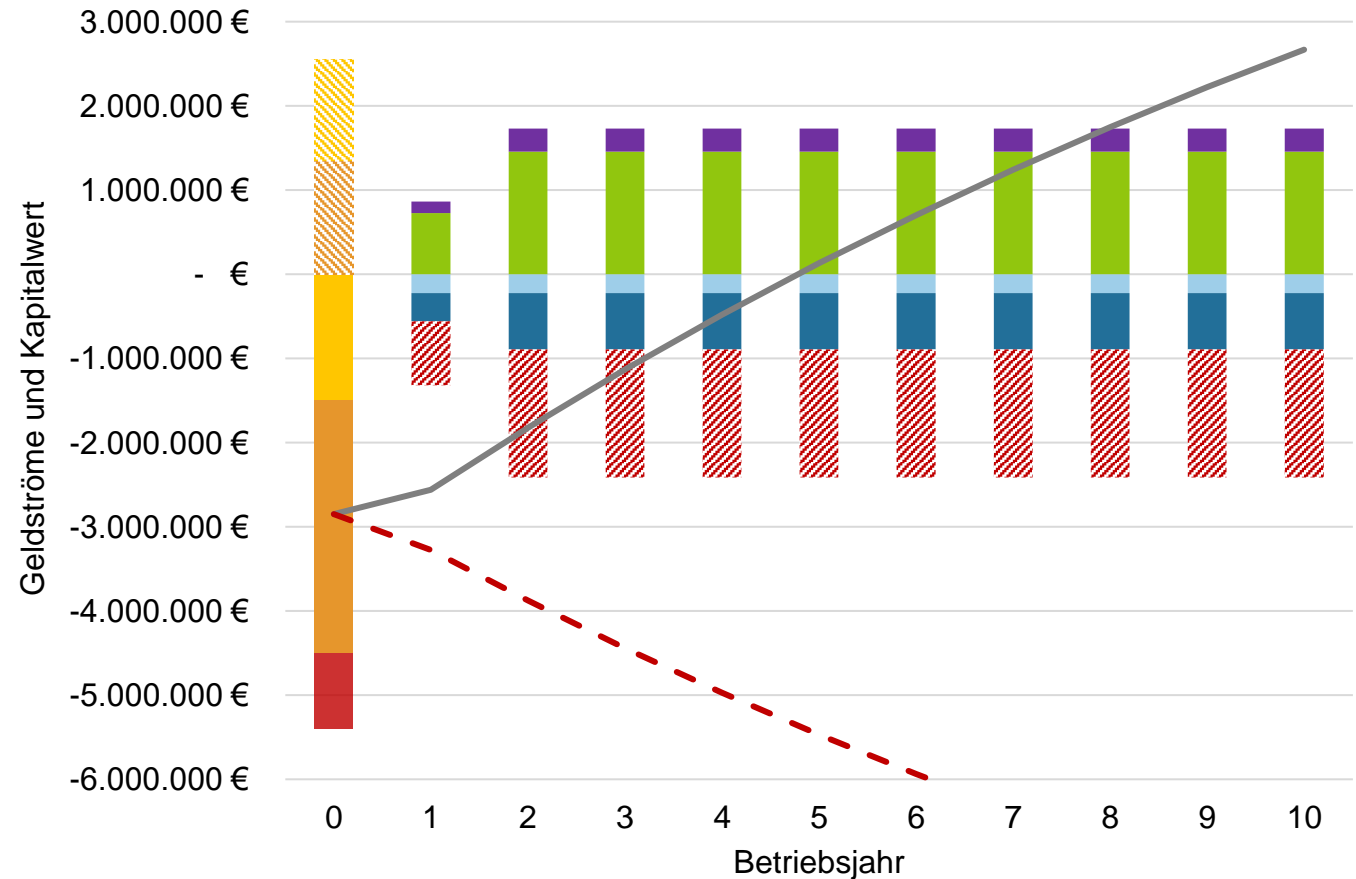


→ Komplexe Optimierungsaufgabe unter Berücksichtigung des zeitlich aufgelösten Energieangebotes und H₂-Bedarfes auf verschiedenen Druckstufen

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Tankstellen

Szenario Vor-Ort-Produktion

- Tankstelle: 1,6 M€ CAPEX und 80% Förderung
- Elektrolyseur: 2,6 M€ CAPEX und 45% Förderung
- Engineering, Procurement, Construction (20% der CAPEX)
- Erlöse für H₂-Verkauf (9,50 €/kg brutto)
- Erlöse für THG-Quote (1,50 €/kg)
- Wartungskosten, Personal (5% der CAPEX)
- Stromkosten (Produktion) (konstanter Preis i.H.v. 5,5 ct/kWh)
- Kapitalwert (exkl. Stromentgelte)
- Stromkosten (inkl. Transport / Entgelte) (konstanter Preis i.H.v. 18 ct/kWh)
- Kapitalwert (inkl. Stromentgelte)

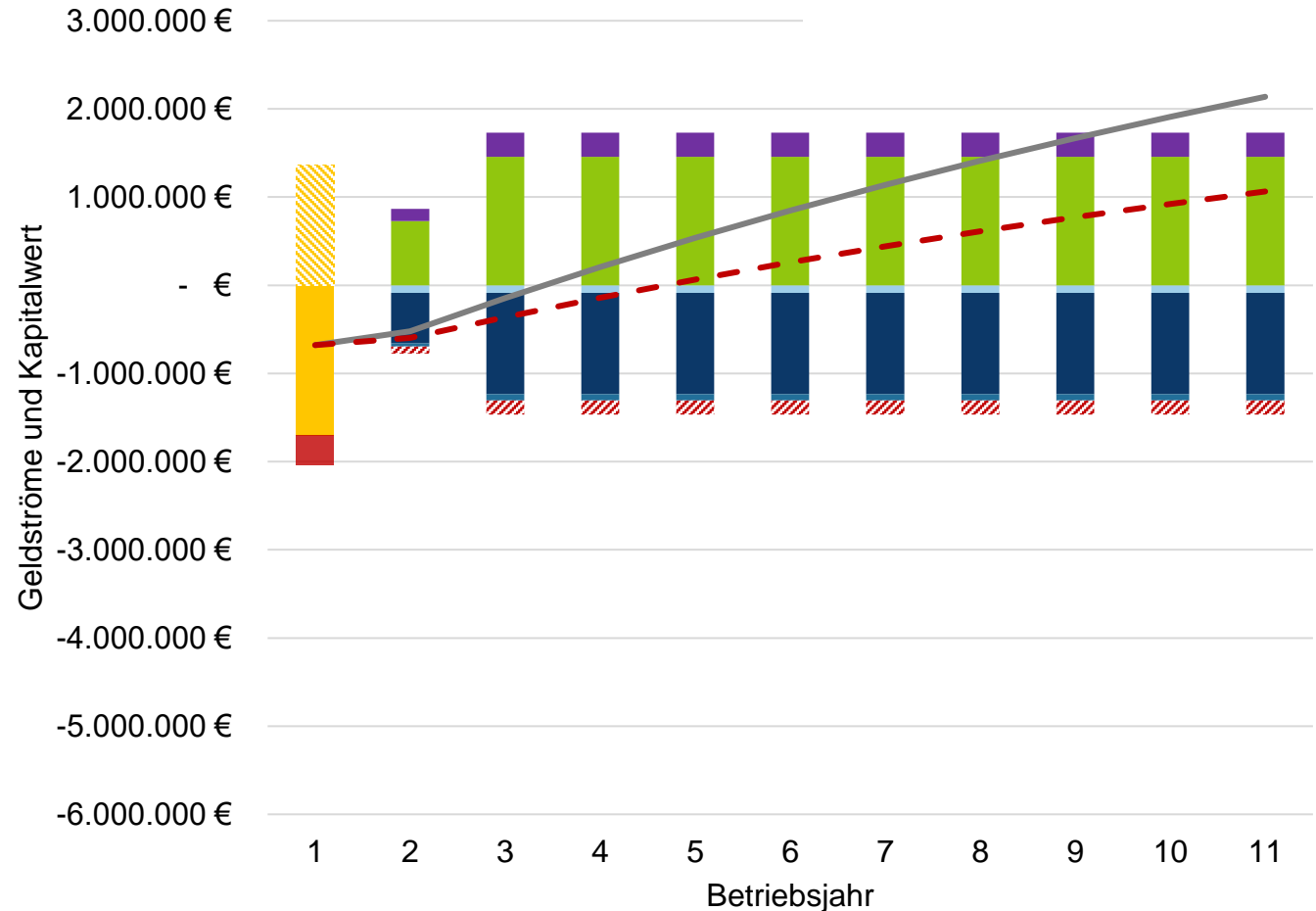


→ Für wirtschaftlichen Betrieb eines On-Site-Elektrolyseurs muss EE-Anlage in unmittelbarer Nähe verfügbar sein

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Tankstellen

Szenario H2-Anlieferung

- █ Tankstelle: 1,6 M€ CAPEX und 80% Förderung
- █ Engineering, Procurement, Construction (20% der CAPEX)
- █ Erlöse für H₂-Verkauf (9,50 €/kg brutto)
- █ Erlöse für THG-Quote (1,50 €/kg)
- █ Wartungskosten, Personal (5% der CAPEX)
- █ H₂ – Bezugskosten (7,50 €/kg brutto)
- █ Stromkosten (Produktion) (konstanter Preis i.H.v. 5,5 ct/kWh)
- █ Kapitalwert (exkl. Stromentgelte)
- █ Stromkosten (inkl. Transport / Entgelte) (konstanter Preis i.H.v. 18 ct/kWh)
- █ Kapitalwert (inkl. Stromentgelte)



→ EE-Anlagen-Standorte sind im Saarland rar; daher wird hier Offsite-Elektrolyse mit Anlieferung bevorzugt

Enge Zusammenarbeit mit lokalen Unternehmen

Zahlreiche Partner eingebunden in Arbeitsgruppen; Erarbeitung und Bewertung konkreter Pläne

Großindustrielle Erzeugung in Planung

Großindustrielle Produktion mit HydroHub ab 2026; Versorgung von Gersweiler, Saarbahn, Dillinger Hütte, Homburg

Zeitnah dezentrale Erzeugung

Kompakte Elektrolyseure in der Nähe der Verbraucher ab 2023; Wirtschaftlichkeit und Aufgabenteilung untersucht

Leistungsgebundener Transport in Planung

Leistungsgebundene Anbindung ab 2026; kostengünstige Versorgung Industrie und Mobilität; Zusammenarbeit mit Frankreich

Wasserstoff ermöglicht Dekarbonisierung des Wärmemarkts

Einsatz von Wasserstoff zunehmend wirtschaftlich; konkrete Untersuchungen bezüglich Kraft-Wärme-Kopplung



Erzeugung

Großskalige Erzeugung durch HydroHub

Untersuchung der Aufbereitung von LOHC

Dezentrale Erzeugung per Elektrolyse oder auf Basis von Biogas



Infrastruktur

Technologischer und wirtschaftlicher Vergleich der Versorgung

- per LKW,
- Leitung und
- Gegenüberstellung zur Vor-Ort-Erzeugung mit Elektrolyse

Berücksichtigung vorteilhafter Aggregatzustände



Nachfrage: Wärme- und Energie

Bewertung des Einsatzes von H₂ zur Wärme- und Energieversorgung mit Schwerpunkt auf Kraft-Wärme-Kopplung



Nachfrage: Mobilität mit Bus und LKW

Marktübersicht, Verfügbarkeit, Technologische und wirtschaftliche Bewertung von:

- H₂-Brennstoffzellen -
- H₂-VKM -
- und BEV – Antriebskonzepten



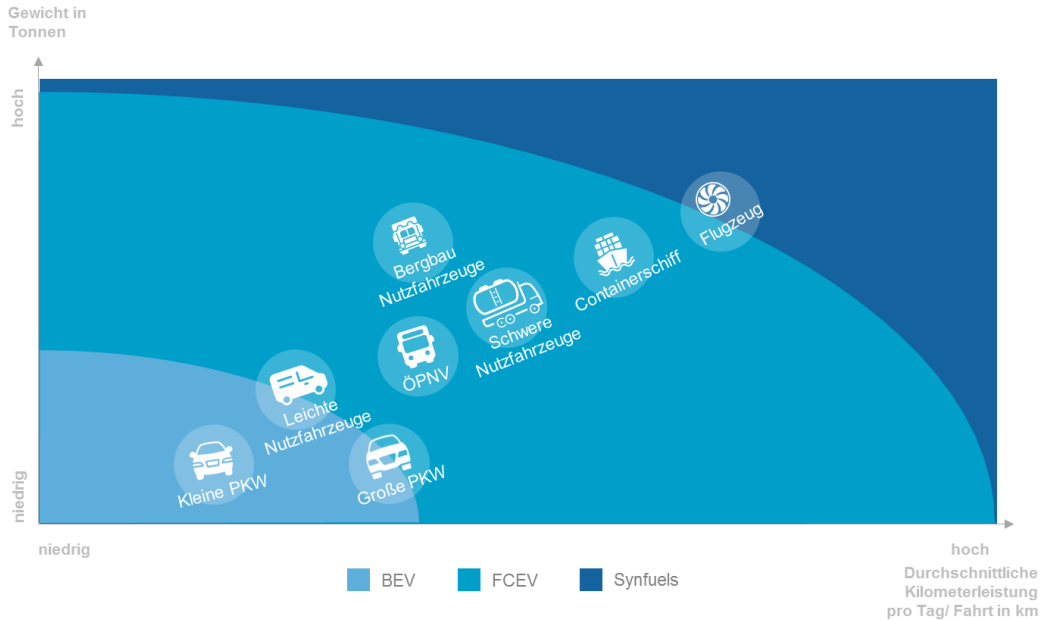
Nachfrage: Sonstige Mobilität

Technologische und wirtschaftliche Bewertung von

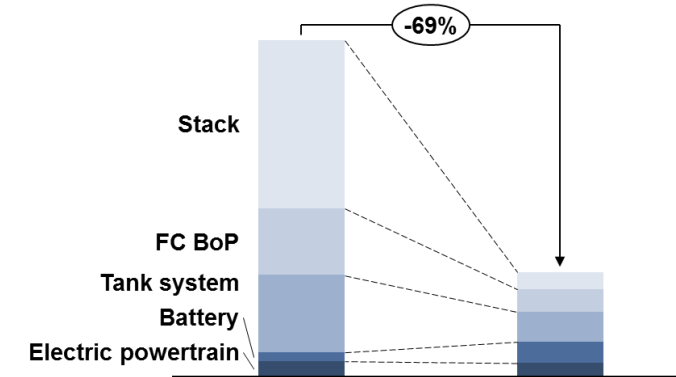
- Intralogistik-anwendungen
- Sonder- und Kommunalfahrzeuge
- Schienenfahrzeug-anwendungen

Die Rolle von FCEVs im dekarbonisierten Transportsystem

Einsatzbereiche



Kostenentwicklung



	2018 Referenzfahrzeug	2030 Referenzfahrzeug
Fahrzeugtyp	Limousine	SUV
Leergewicht	1750-1950 kg	1750-1950 kg
Motorleistung	114 kW	150 kW
Tankkapazität	5 kg H ₂ , 700 Bar	6 kg H ₂ , 700 Bar
Batteriekapazität	1,6 kWh Ni-MH	10 kWh Li-Ionen

Beginnend bei schweren PKW und leichten Nfz dominiert die Brennstoffzelle im Nutzwert die anderen Alternativen.

Die signifikante **Kostenreduktion** der Brennstoffzelle ist kein Selbstzweck aus unzähligen Studien, sondern wird aktiv befördert durch die wichtigsten Player. Die **Skalierung** über alle Sektoren ist hier der wichtigste Aspekt.

Kunden-sicht	Diesel	H2-Verbrennung	Brennstoff-zelle	Batterie	Bemerkung
Tank- und Ladezeiten	10 min.	15 min.	15 min.	4-8 h	Annahme: Batterie mit 1100 kWh
Reichweite	2500 km	800 bis 900 km	800 bis 900 km	800 bis 900 km	H2 zunächst 700 bar; mittelfristig ggf. CCH2 oder LH2
Zeitliche Verfügbarkeit	sofort	Flottenerpr: Mitte bis Ende 2023 Serie: Mitte bis Ende 2024	Flottenerpr: Sofort (Schweiz) Serie: ab 2025 in ausgewählten Anwendungen	Flottenerpr: Mitte bis Ende 2023 Serie: Mitte bis Ende 2024	BZ- und BEV-Fahrzeuge ggf. längere Lieferzeit; BZ-LKW derzeit v.A. in Schweiz; BZ in Serie ggf. erst 2028 (Problem beispielsweise Sicherstellung der H2-Qualität)
Kraftstoffreinheit	nicht relevant	98%	99,999% (5.0) oder 99,97% (3.7)	nicht relevant	Deutschland bzw. europaweite Sicherstellung von 5.0 Qualität mögliches Problem
Erfüllung gesetzl. Anforderungen	bspw. nicht Clean Vehicle Directive	keine Zulassungs-regularien	ja	ja	H2-Verbrennung zukünftig ggf. Probleme falls pauschales Verbot von VKM
H2-Safety	nicht relevant	relevant	relevant	nicht relevant	Aufprallschutz; Crashesicherheit; Gefahrgut; Blow-off in geschlossenen Räumen; Anforderungen an Be- und Entlüftungssysteme
Einflüsse auf Nutzraum	Baseline	hoher Einfluss ¹⁾	hoher Einfluss ¹⁾	geringer Einfluss	1) Speicher hinter Kabine; kürzerer Trailer oder kein Schlafraum oder längerer Radstand
Einflüsse auf Nutzlast	Baseline	geringer Einfluss	geringer Einfluss	hoher Einfluss ¹⁾	1) Batterie bei entsprechenden Kapazitäten sehr schwer

- **Verfügbarkeit von H₂-Fahrzeugen** wird in den kommenden Jahren **kontinuierlich zunehmen**
- **Förderprojekte** haben einen **positiven Einfluss auf die TCO** der Fahrzeuge
- **Tankstelleninfrastruktur** wird **im Saarland** kontinuierlich **erweitert**
- **Jedes Antriebskonzept hat seine Berechtigung** und muss für den **jeweiligen Einsatzzweck ausgewählt werden**

Ambitionierte Flottenziele und konkrete **Nachfragen aus dem Markt** bestimmen das aktuelle Bild

Die **Clean Vehicles Directive (CVD)** sorgt für **hohe Dynamik**

Anwendungsfälle müssen im Einzelfall betrachtet werden
→ **genaue Bewertung der TCO**

Aktuelle **Fördermaßnahmen speziell für Busse** stehen kurz vor der Veröffentlichung

Pionierarbeit und strategische Investments sind Beschleuniger hin zu einer attraktiven **Wasserstoff Modellregion im Saarland**



Carolin Daam, M.Sc.

Reiner Lemoine Institut gGmbH
Wissensch. Mitarbeiterin

Phone: +49 30 120 843 486

carolin.daam@rl-institute.de



Dr.-Ing. Ingmar Hartung

Team Leader Hydrogen
Infrastructure & Electrolysis

Phone: : +49 5371 80-55926
Mobile: +49 1522 2532846

Ingmar.Hartung@iav.de



Marcus Lassowski, M.Sc.

Technology Strategy Senior Consultant

Phone: +49 30 99 789789
Mobile: +49 173 602 008 5

M.Lassowski@consulting4drive.com

