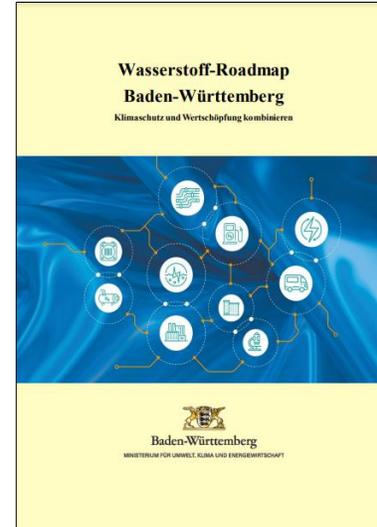


Ergebnisse „Potentialermittlung Wasserstoff für den Landkreis Esslingen“

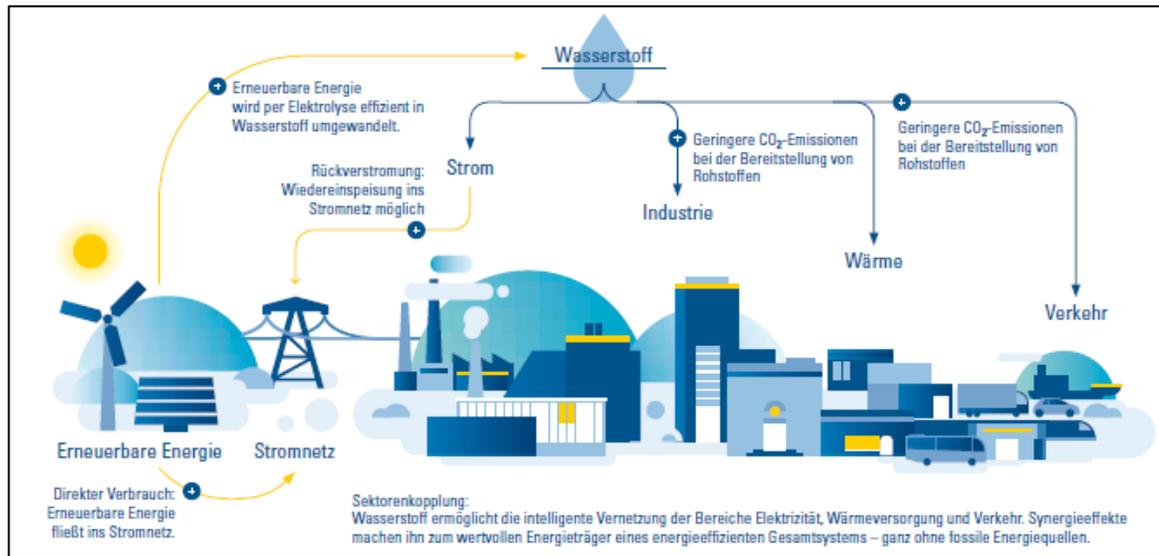
Dr. Oliver Ehret, Aljoscha Kammerer, Prof. Dr. Ralf Wörner

Esslingen, 29.06.2023

Zahlreiche Strategiepapiere setzen für die Erreichung klima- und wirtschaftspolitischer Ziele auf erneuerbaren Wasserstoff



Wasserstoff und Brennstoffzellen: Sektorenübergreifende Potentiale der Nachhaltigkeitstechnologie



Quelle: Oliver Ehret, 2018

Wasserstoff (H₂) und Brennstoffzellen (BZ) ermöglichen die Integration erneuerbarer Energien (EE) in vielfältigen Anwendungsbereichen.

Insbesondere können EE im großen Maßstab gespeichert, transportiert und für Industrie, Wärme und Verkehr bereitgestellt werden.

Durch Innovation können regionale Wettbewerbs-/Standortvorteile erschlossen werden.

Hintergrund und Zielsetzungen der Potentialermittlung Wasserstoff für den Landkreis Esslingen



Hintergrund der Potentialermittlung

- Landkreis ist klimapolitischen Zielen und eigenem Klimaschutzkonzept verpflichtet
- Landkreis zielt auf Innovation, Stärkung KMUs und Sicherung des Wirtschaftsstandorts
- Landkreis sieht Wasserstoff als Chance zur Erreichung ökologischer und ökonomischer Ziele

Zielsetzungen der Potentialermittlung

- Ermittlung der Chancen des Einsatzes von H₂ in ausgewählten Handlungsfeldern
- Empfehlung konkreter, beispielhafter Handlungsoptionen für H₂
- Gewinnung von Umsetzungsakteuren und Unterstützung von Allianzen für H₂
- Überführung in Umsetzungskonzepte Wasserstoff

Auftragsvergabe an Technologietransferzentrum STEM

- angegliedert an Hochschule Esslingen mit personellen Überschneidungen
- Studien und Hardwareprojekte mit Zielsetzung kommerzieller Technologieeinsatz

Inhalte und Vorgehen der Potentialanalyse

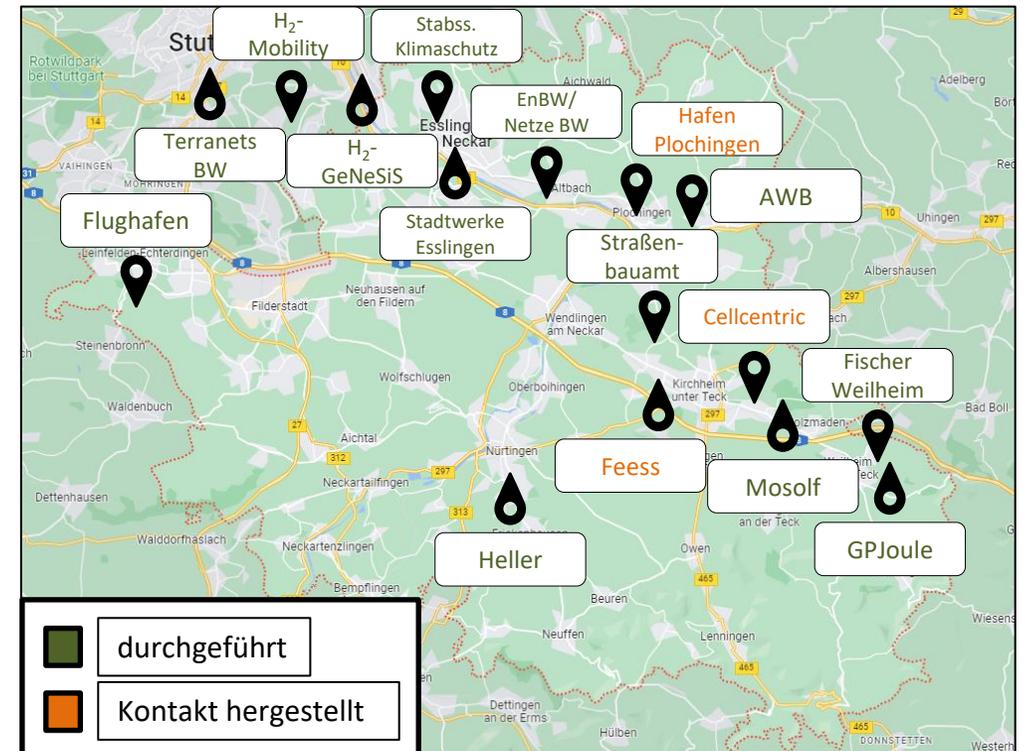
Zentrale Arbeitspakete der Potentialermittlung

1. Zielsetzung und Vorgehen
2. Wasserstoffnutzfahrzeuge
3. Wasserstoffinfrastruktur
4. Wasserstoffanwendungen in der Industrie
5. Zukunftsperspektiven Wasserstoff

Vorgehen der Potentialermittlung

- Auswertung schriftlicher Informationen
- Interviews mit etwa 15 zentralen Akteuren
- Ergebnisauswertung und Gesamtperspektive
- Ergebnisvorstellungen
- Bearbeitungszeit 12-2022 bis vsl. 06-2023

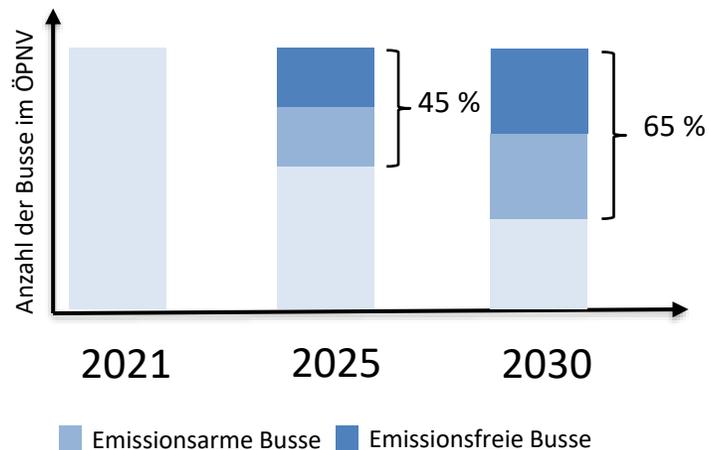
Übersicht interviewter Akteure



Regulative Innovationstreiber im Kontext Klimaschutz: Beispiel Emissionsreduzierung bei Nutzfahrzeugen

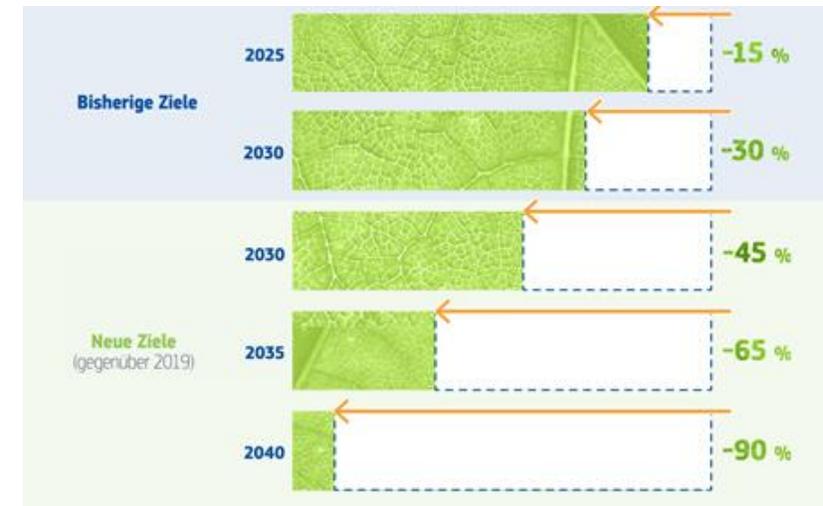
Clean Vehicles Directive* und *Gesetz über die Beschaffung sauberer Straßenfahrzeuge

- geben Kommunen und Verkehrsunternehmen Mindestquoten für die Beschaffung *emissionsarmer* und *emissionsfreier* Fahrzeuge vor
- seit 2021 müssen mindestens 10 % aller neuen Lkw und 45 % der neuen Busse emissionsarm sein, ab 2026 mindestens 15 % bzw. 65 %
- die Hälfte der Busse muss emissionsfrei sein (nur Brennstoffzellen- und Batteriebusse kommen in Frage)



Im Kontext Klimaschutz sind drastische THG-Reduzierungen in allen Sektoren erforderlich!

Neuer Gesetzentwurf der EU-Kommission sieht weitere Reduzierung CO₂-Emissionen schwerer Nutzfahrzeuge bis 2040 vor und verlangt Einsatz alternativer Antriebe



Quelle: EU Commission: Reducing CO₂ emissions from heavy-duty vehicles

Nutzfahrzeuge: Wasserstoff und Brennstoffzelle als Zukunftschance



Übergabe des ersten Brennstoffzellenfahrzeugs
im Oktober 2022

Quelle: Oliver Ehret, 2022

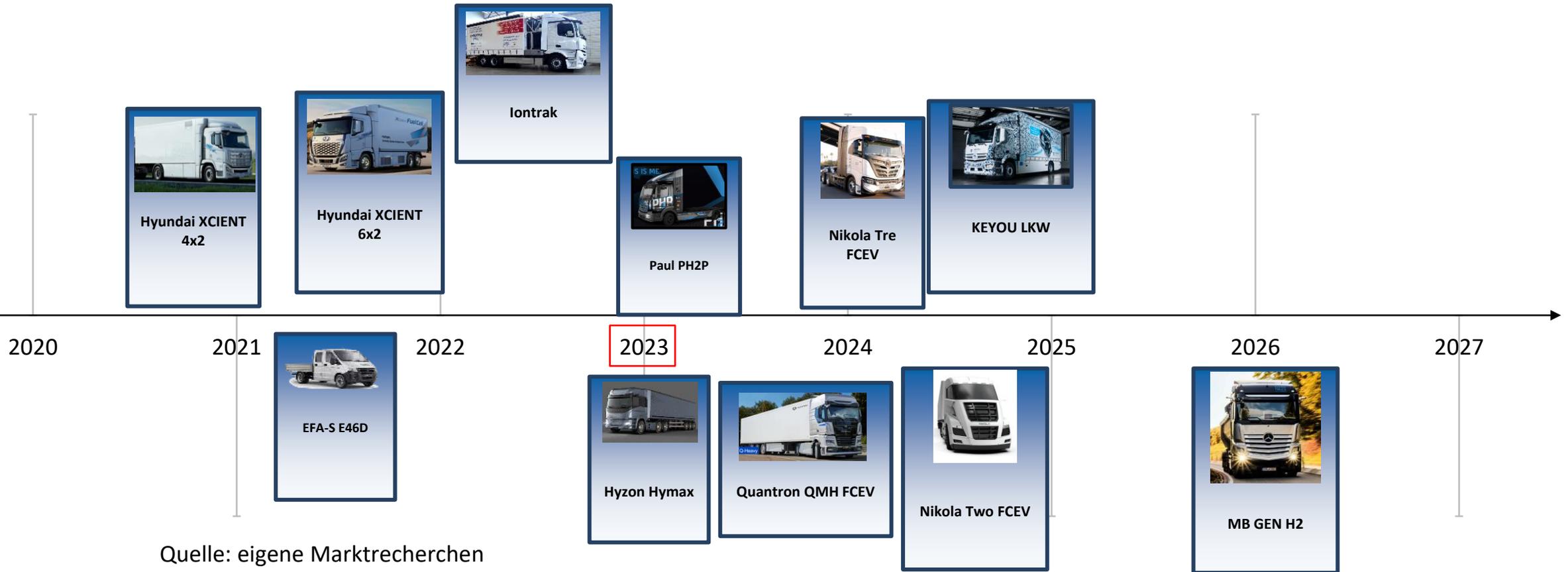
Wasserstoff kann für den Klimaschutz eine wichtige Rolle spielen, indem EE in Kraftstoff gewandelt und in Brennstoffzellen effizient in Bewegungsenergie umgesetzt wird.

Im Projekt LKES2 werden zwei regional hergestellte 4,6t.-Brennstoffzellenfahrzeuge für die Straßenmeisterei der Landkreise Esslingen und Göppingen beschafft.

Der Einsatz weiterer Brennstoffzellenfahrzeuge, auch anderer Bauart und für unterschiedliche Einsatzbereiche, ist denkbar.

Nutzfahrzeuge: Wasserstoff und Brennstoffzelle als Zukunftschance

Angebot Brennstoffzellen-Lkw und Infrastruktur noch begrenzt



Quelle: eigene Marktrecherchen

Nutzfahrzeuge:

Brennstoffzellenbusse als naheliegende Option

	van Hool A330 new	Caetano H2 City Gold	Solaris Urbino 12 Hydr.	Wrightbus GBKite Hydro.
Länge [m]	12	12	12	12
Druckniveau [bar]	350	350	350	350
Reichweite [km]	350	max. 400	450	bis zu 720

Quelle: eigene Darstellung

Antriebsart Bus	Brennstoffzelle	Batterie
Kaufpreis pro Bus	~ 600.000 Euro	~ 550.000 Euro
Reichweite	≤ 400 km	200 km*
Energieeffizienz	höher als Verbrenner	höher als BZ
Mehrbedarf Busse	fast nie	meistens, substantiell
Infrastruktur	bei Hochlauf einfacher	anfangs einfacher

Quellen: Sphera 2021, verschiedene Studien des STEM

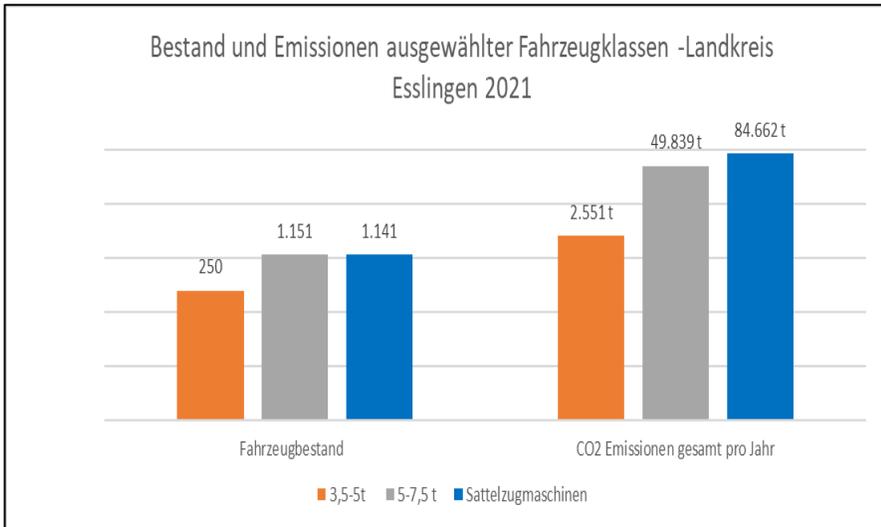
Brennstoffzellenbusse und Infrastruktur sind verfügbar und erprobt



Nur Brennstoffzellen- und Batteriefahrzeuge gelten als emissionsfrei. Tendenziell sind erstere für höhere und letztere für geringere Fahrzeuggewichte sowie Reichweiten- und Leistungsanforderungen geeignet.

Tabelle skizziert ausgewählte Technologieparameter
 * garantierte Reichweite über alle Jahreszeiten hinweg

Gesamteinsatzpotential H₂-Nutzfahrzeuge im Landkreis Esslingen: Status 2021 vs. Potential 2030



Quelle: Ole Brunhorn, 2023

Verfügbare H ₂ -Nutzfahrzeuge	Hersteller	Verfügbarkeit	Kosten [€]*	Beladung [t]
	Hyzon Hymax	seit 2022	ca. 500.000	30
	Hyundai Xcient Fuel Cell (6x2)	seit 2021	k.A.	22
	Hyundai Xcient Fuel Cell (4x2)	seit 2021	k.A.	20
	NikolaTre FCEV	ab 2024	ca. 500.000	k.A.
*Schätzung, abhängig von Konfiguration				

Beispiele für zugrunde gelegte Daten; Quelle: eigene Marktrecherchen

Emissionsverhalten Fahrzeuge 2021

- Sattelzugmaschinen verursachen von allen 3 Gewichtsklassen höchste CO₂-Emissionen
- und bieten größtes CO₂-Reduktionspotential

CO₂-Reduktionspotential durch H₂-Fahrzeuge 2030

- für anteilige Erreichung Klimaziele 2030 ist Einsatz von 280 H₂-Nutzfahrzeugen erforderlich
- Annahmen: 75 % Einsatz Batteriefahrzeuge und 25 % H₂-Fahrzeuge; 80.000 km Jahreslaufleistung

Kraftstoffbedarf für Betankung H₂-Fahrzeuge

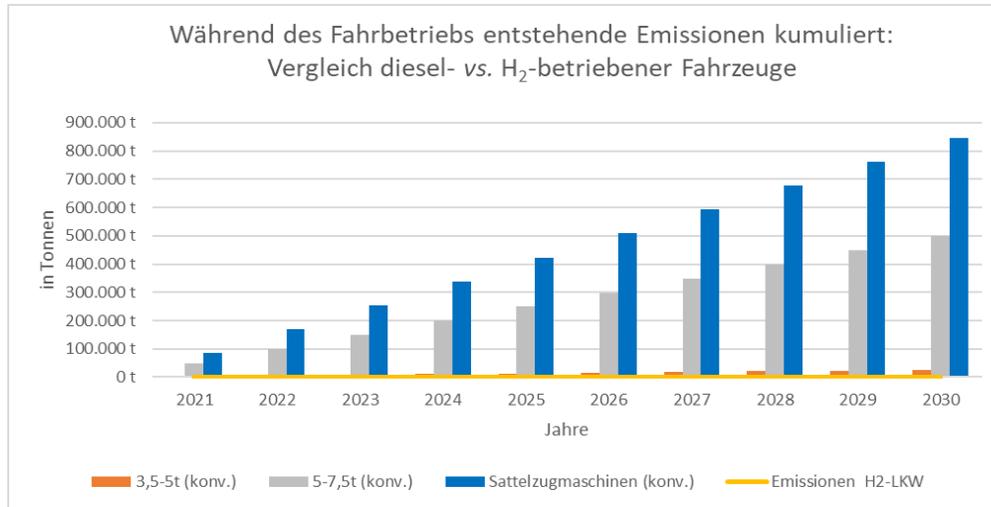
- 2.800 Tonnen Wasserstoff (76 GWh) pro Jahr
- für 280 H₂-Fahrzeuge im Landkreis Esslingen im Jahr 2030



Quellen:
Websites gemäß
Logos unten



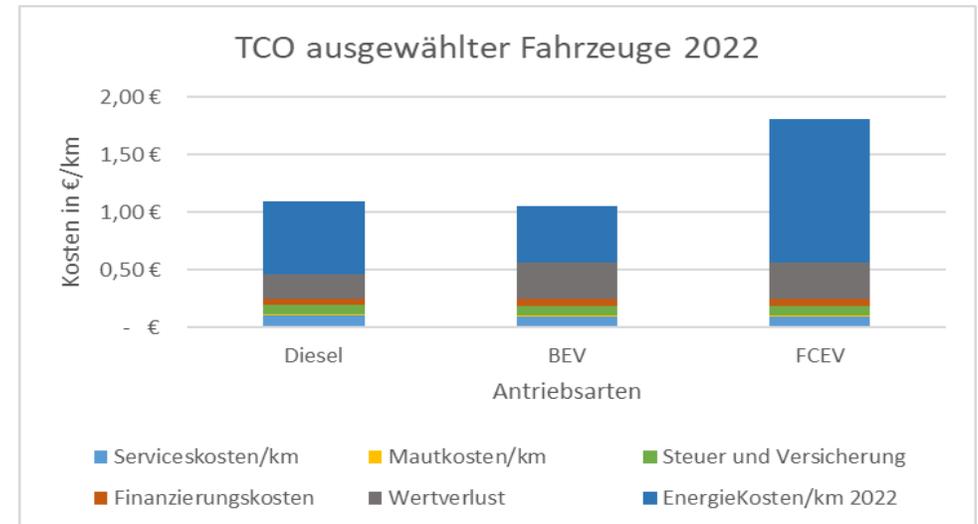
Ökologische und ökonomische Auswirkungen eines verstärkten Einsatzes von H₂-Nutzfahrzeugen



Quelle: Ole Brunhorn, 2023

Ökologische Vorteile H₂-Nutzfahrzeuge:

- hohe Effizienz Brennstoffzellenantriebe ggü. Verbrennern und reduzierter Energiebedarf
- lokale Emissionsfreiheit und geringer Lärm
- CO₂-Reduktion für Erreichung der Klimaziele



Quelle: Ole Brunhorn, 2023

Gesamtbetriebskosten H₂-Nutzfahrzeuge:

- aktuell deutliche Mehrkosten ggü. Dieselfahrzeugen
- zukünftig jedoch Kostensenkung durch Lernkurven, Skaleneffekte, Verteuerung fossiler Energien, etc.
- Kostenparität zu Diesel 2030 bis 2035 erwartet

Mögliches Szenario einer Wasserstoffinfrastruktur: Von einzelnen Tankstellen hin zu Pipelines



Quelle: eigene Ausarbeitung basierend auf BBG und Partner, EMCEL, conmobility 2023, H2 GeNeSiS 2023, terranets 2023, sowie eigenen Recherchen

Gesamtbild Wasserstoffinfrastruktur bei Verwirklichung laufender Planungen zu H₂-Produktion, H₂-Tankstellen, H₂-Pipelines und Service für H₂-Fahrzeuge

- bei Erfüllung der gesetzlichen Beschaffungsvorgaben für emissionsfreie Busse nur durch BZ-Fahrzeuge wären ersten Abschätzungen zufolge die ausgewiesenen H₂-Tankstellen erforderlich
- mehrere bestehende bzw. geplante Elektrolyseanlagen und Serviceeinrichtungen tragen zum Gesamtbild bei
- Eckpfeiler der erwarteten Wasserstoffinfrastruktur sind die in Realisierung befindlichen H₂-Pipelines der Projekte *süddeutsche Erdgasleitung* und *H₂ GeNeSiS*
- die Verfügbarkeit von gleich zwei Pipelines in Kombination mit den anderen Infrastrukturelementen kommt einem Alleinstellungsmerkmal gleich

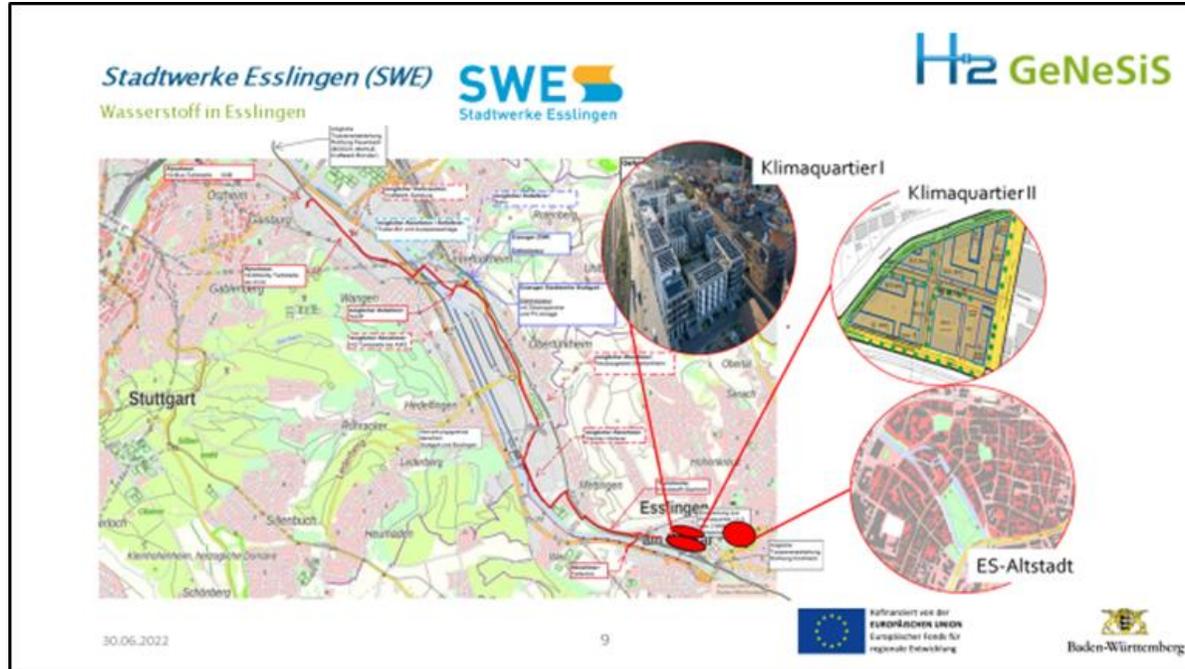
Wasserstoffinfrastruktur: Neubau wasserstofftauglicher Pipelines und Umwidmung von Erdgaspipelines zu H₂



Ausgewählte H₂-Pipeline-Projekte

- Projekt *Flow*: Umstellung 1.100 km Erdgasleitungen auf H₂
- Neubau H₂-tauglicher Erdgasleitung *SEL* von Lampertheim in Hessen bis Esslingen
- Fertigstellung dieses Bauabschnitts bis 2026, Umstieg von Erdgas auf H₂ 2030 geplant
- somit H₂-Pipeline im Großraum Stuttgart auch zur Versorgung Kraftwerke gesetzt
- bei ausreichenden H₂-Bedarfen Weiterbau Pipeline bis nach Bayern möglich
- Projekt *RHYN Interco* schafft H₂-Pipeline-Verbindung Frankreich – Baden-Württemberg

Wasserstoffinfrastruktur: H₂ GeNeSiS: H₂-Gesamtsystem für Skalierung der H₂-Wirtschaft in der Region Stuttgart



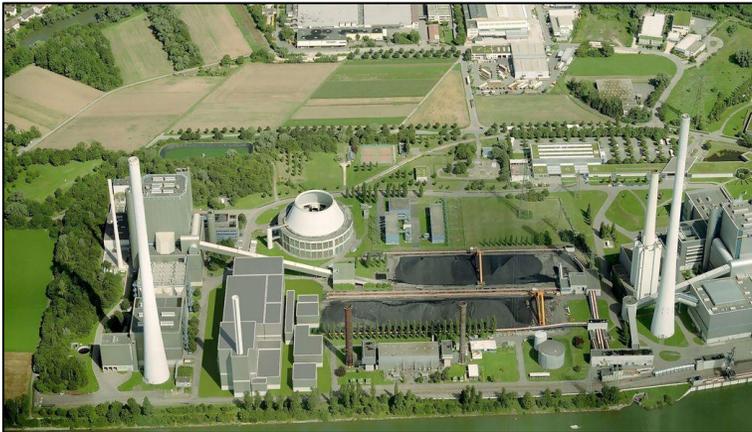
Kernelemente der Planung

- Aufbau und Betrieb von Wasserelektrolyseuren im Hafen Stuttgart
- Bau und Inbetriebnahme H₂-Pipeline Stuttgart-Gaisburg <-> Esslingen bis 2025 / 2026
- Marktplatz: Verbindung H₂-Erzeuger und Nutzer im Großraum Stuttgart
- Werbung um Akzeptanz für H₂ GeNeSiS
- Projektkoordination und Kommunikation

Wasserstoff in der Industrie: Große H₂-Nachfrage untermauert Bedeutung für den Landkreis



Von Kohle über Erdgas zu Wasserstoff
Kohleausstieg am Standort
Altbach/Deizisau



*Sobald dieser „grüne“
Wasserstoff in ausreichendem
Maß zur Verfügung steht und die
Versorgungsinfrastruktur darauf
umgestellt ist, kann der
Kraftwerksstandort
Altbach/Deizisau umgestellt
werden.*

Bezug 2030 bis 2035

Quelle: <https://www.enbw.com/unternehmen/konzern/energieerzeugung/neubau-und-projekte/gas-und-dampfturbinenanlage-gud-altbach-deizisau/>



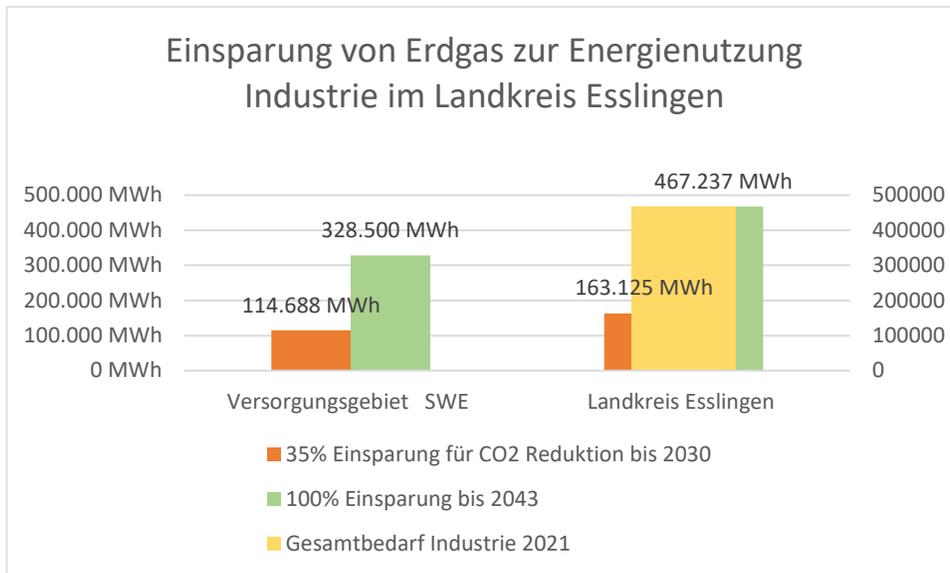
**cellcentric plant großskalige BZ-
Produktion in Weilheim ab 2026**



dafür werden mehrere
Tonnen H₂ pro Tag
benötigt, wofür eine
vor-Ort-Herstellung per
Elektrolyse von ≥ 10
MW erforderlich ist

Quelle: cellcentric

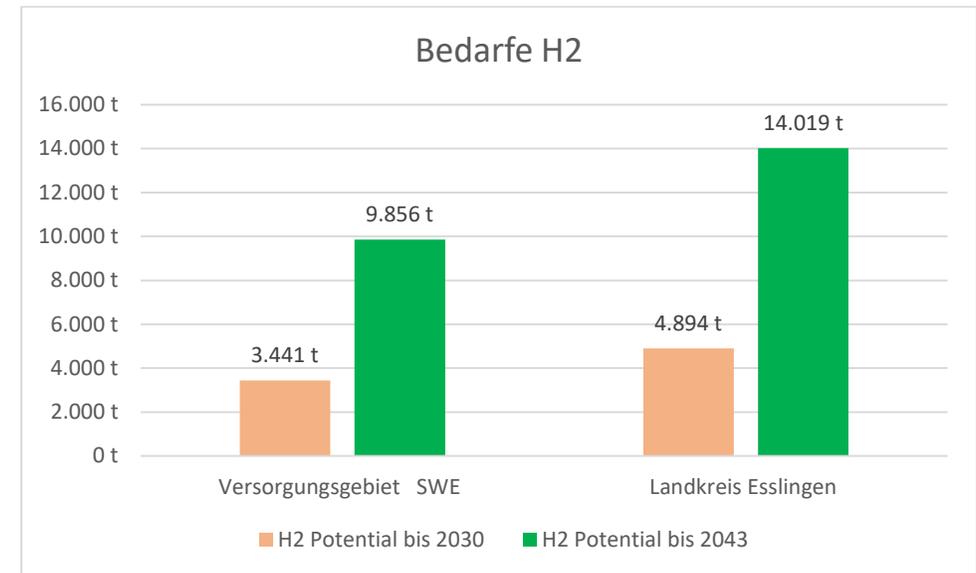
Ersatz von Erdgas durch H₂ in der Industrie: Gesamteinsatzpotential im Landkreis Esslingen



Quelle: Brunhorn 2023

Zur Erfüllung Klimaziele der Industrie notwendiger Ersatz von Erdgas durch erneuerbaren H₂

- 35 % bis 2030
- 100 % bis 2043



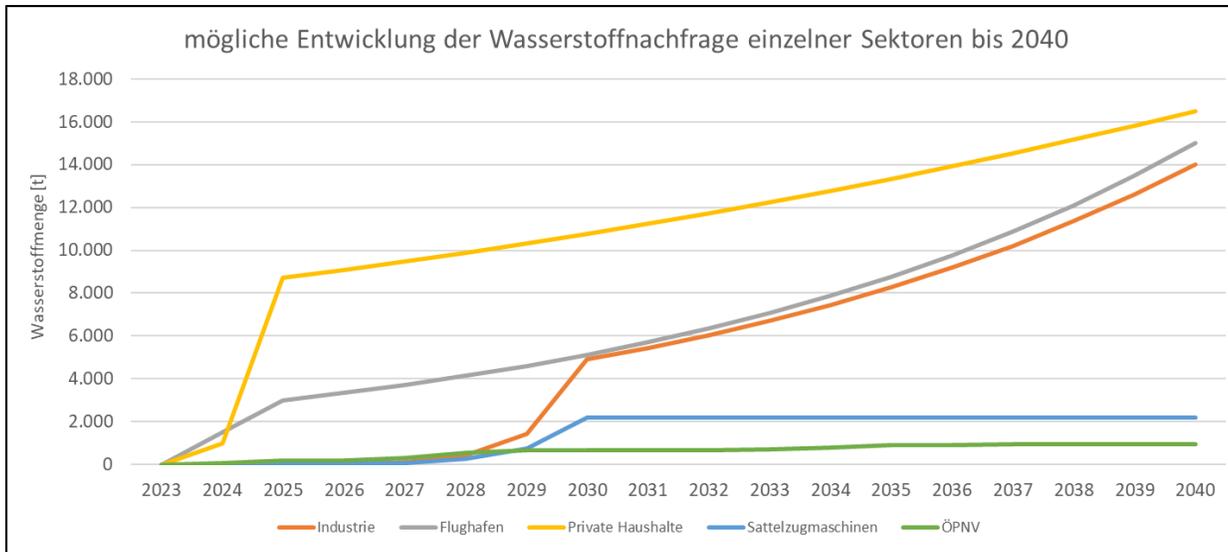
Quelle: Brunhorn 2023

Aus Ersatz von Erdgas resultierende H₂-Bedarfe der Industrie im Landkreis Esslingen

- ~ 5.000 Tonnen bzw. 163 GWh bis 2030
- ~ 14.000 Tonnen bzw. 467 GWh bis 2043

Ausblick auf eine mögliche Wasserstoffregion: Bedarfsentwicklung in verschiedenen Bereichen

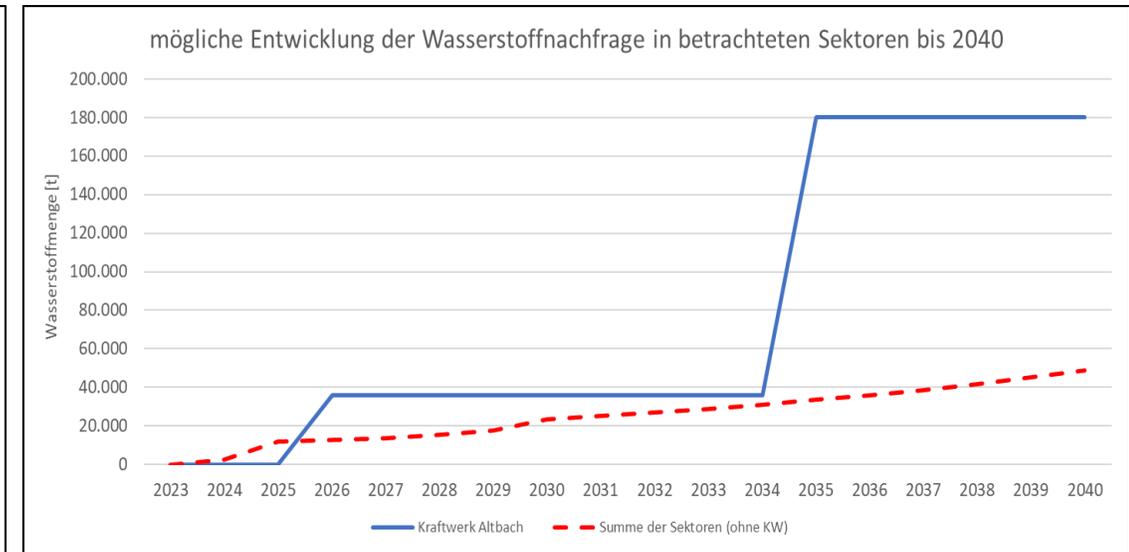
Detaildarstellung möglicher H₂-Bedarfsentwicklungen in fünf Verbrauchssektoren



Quelle: eigene Darstellung

- H₂-Bedarf des ÖPNV (BZ-Busse) wichtig für Initiierung des Markthochlaufs aller Sektoren
- beim Flughafen und den privaten Haushalten dominiert die Beimischung von H₂ ins Gasnetz

Detaildarstellung möglicher H₂-Bedarfsentwicklungen Kraftwerk und Summe Bedarfe fünf Verbrauchssektoren

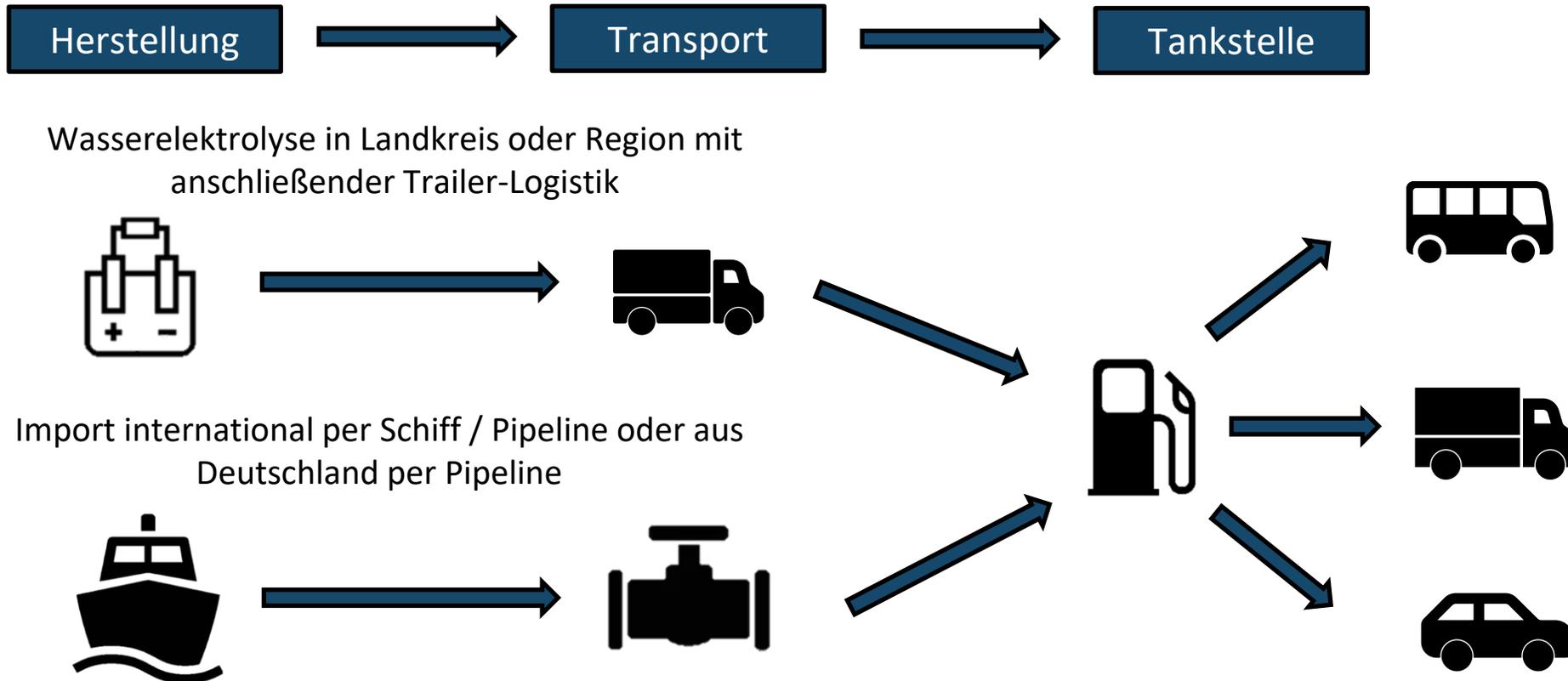


Quelle: eigene Darstellung

- H₂-Bedarf des Kraftwerks Altbach dominiert die Gesamtnachfrage bei Weitem
- Summe der links gezeigten fünf Sektorbedarfe ist vergleichsweise gering, aber anfangs wichtig für Marktentwicklung

Ausblick auf eine mögliche Wasserstoffinfrastruktur: Herstellung, Transport und Tankstellen

Darstellung der wichtigsten H₂-Bereitstellungspfade für den Landkreis Esslingen



Aufbaupfad

unmittelbar ist eine lokale oder regionale H₂-Produktion per Elektrolyse möglich

mit den Inbetriebnahmen der H₂-Pipelines werden H₂-Importe aus dem Aus- und Inland im großen Maßstab und zu günstigen Konditionen möglich

Handlungsfelder Wasserstoffstrategie: Ergebnisse der Interviewbefragung

Handlungsfelder	Schwerpunkt der Handlungsfelder
Wasserstoffnutzfahrzeuge	Brennstoffzellenbusse ÖPNV, Nutzfahrzeuge des Landkreises
Wasserstoffinfrastruktur	H ₂ -Tankstellen für Busse, Pkw und Nutzfahrzeuge in der Industrie, Elektrolyseure, Pipelines, (kommunale) Wärmeversorgung
Wasserstoff in Industrie	Wärme und Strom in Kraftwerken und Gewerbegebieten, H ₂ im Gasnetz, H ₂ in Produktionsprozessen, Anlagenbau
Übergreifend	klare und längerfristig gültige politische Zielsetzungen (Bund, Land, Landkreis) auskömmliche, nutzerfreundliche längerfristig gültige Förderprogramme (Bund, Land) Öffentlichkeitsarbeit, Wissensausbau und Vernetzung der Akteure (Landkreis) Bedarfsermittlung H ₂ und klare Aussagen zu zukünftigen Bedarfen (Landkreis) regulatorische Defizite beseitigen (Bund, Land)

Handlungsempfehlungen für den Landkreis Esslingen

Zentrale Koordination, Planung und
Beratung im Landkreis erforderlich
Koordinationsstelle Wasserstoff

Koordination, Vernetzung, Kommunikation

- Aufbau und Etablierung eines Wasserstoffnetzwerks im Landkreis
- Öffentlichkeitsarbeit, Wissensausbau und Vernetzung
- Ansprechpartner für Kommunen
- Unterstützung im Bereich Wirtschaftsförderung / Transformation
- Sensibilisierung Mittelstand und KMU
- Fördermittelberatung
- Kooperation mit Wissenschaft, Bildungseinrichtungen und Klimaschutzstellen

Wasserstoffinfrastruktur

- Unterstützung des Aufbaus einer sektorenübergreifenden Wasserstoffinfrastruktur im Landkreis
- Unterstützung beim Aufbau einer H₂-Infrastruktur für den ÖPNV in Kooperation mit Tankstellenbetreibern
- Entwicklung von Kooperationsmodellen zwischen öffentlichem und privatem Sektor
- Unterstützung von Kommunen und Stadtwerken bzgl. der Rolle von H₂ in der kommunalen Wärmeversorgung

Brennstoffzellenbusse und Nutzfahrzeuge

- Unterstützung bei Beschaffung von BZ-Lkw in der Kreisverwaltung (z.B. AWB oder Straßenbauamt)
- Unterstützung ÖPNV bei der Umstellung der Busverkehre auf H₂-Busse (z.B. Landkreis, Verkehrsunternehmen)
- Unterstützung der Wirtschaft bei der Umstellung auf Brennstoffzellen-Nutzfahrzeuge

Dr. Oliver Ehret
Leiter Abteilung Wasserstoff und Mobilität SIEET
Mobil: +49 151 14313149
Email: oliver.ehret@stw.de

Prof. Dr. Ralf Wörner
Leiter STEM
Mobil: +49 176 52403080
Email: ralf.woerner@stw.de

Anschrift STEM:
Greutstraße 57
72124 Pliezhausen

Besucheradresse STEM:
Robert-Bosch-Straße 6
73037 Göppingen