

Status quo Dekarbonisierung des Schwerlastverkehrs - Technologien, Potenziale und Limitierungen

Daniel Speth | Fraunhofer ISI

Markus Jenne | ZSW

27. März 2026

Webinar im Rahmen des Projekts BWeRoads



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG



Fraunhofer
ISI



Projekt „BWeRoads“

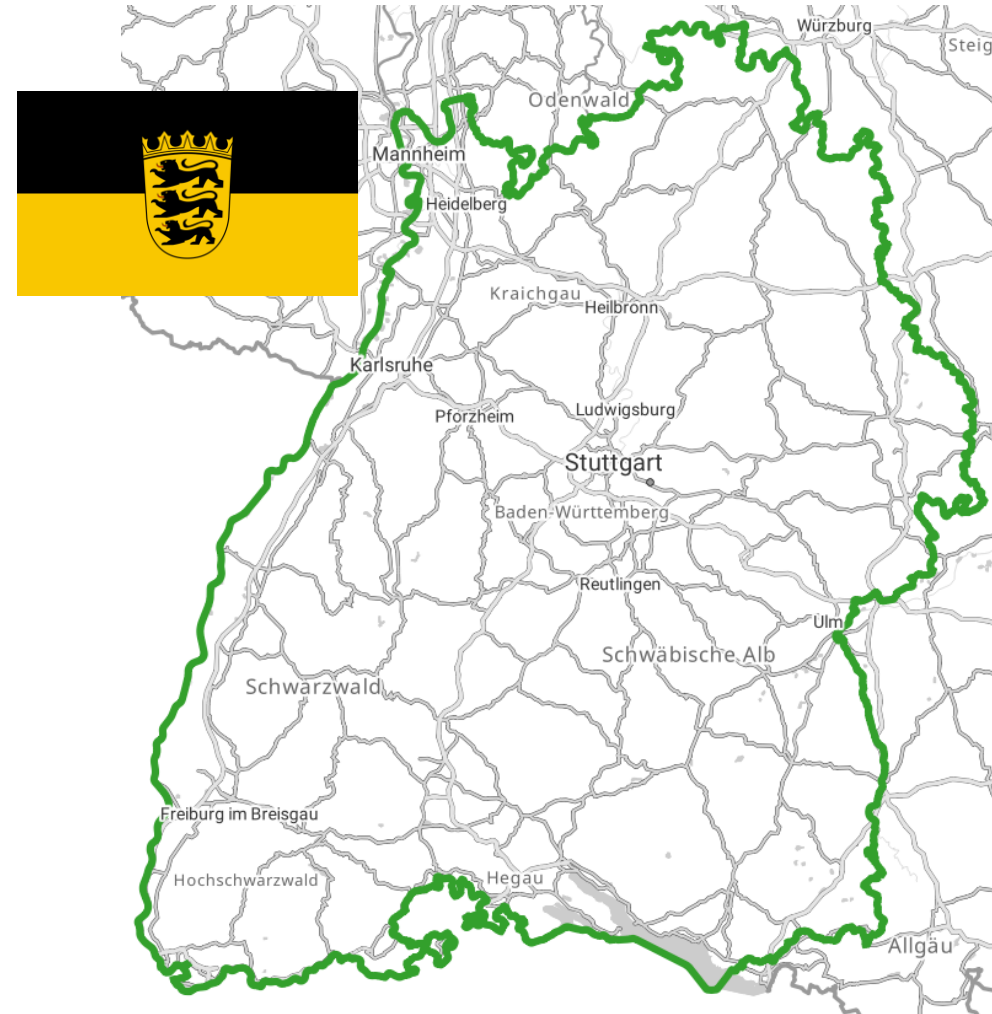
Projekthintergrund und Ziele

Projekthintergrund

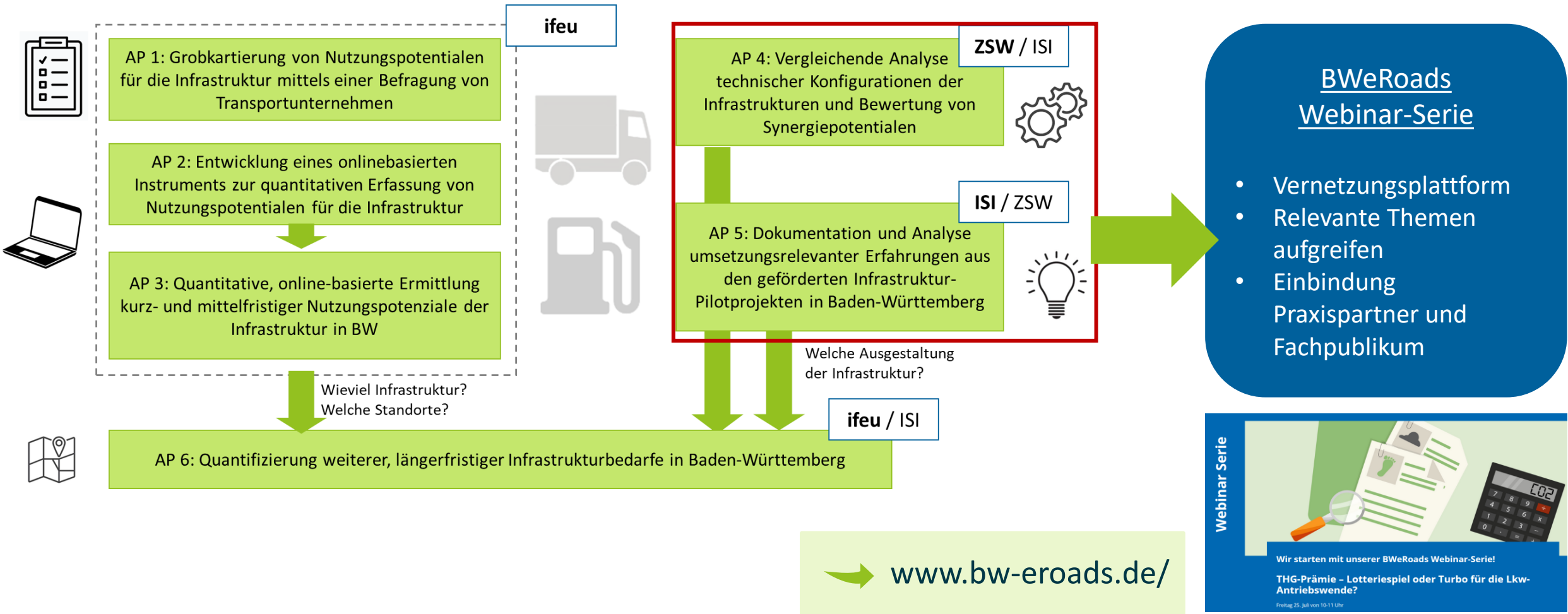
Förderaufruf des Landes BW
(Umweltministerium, Verkehrsministerium)
„Lade- und Wasserstofftankinfrastruktur für
Langstrecken-Lkw (LWT)“

Ziele

- Förderung von Infrastruktur-Projekten für Schnellladung und Wasserstoff
- Begleitforschung:
 - Analyse umsetzungsrelevanter Erfahrungen aus Projekten
 - Erhöhung der Auslastung der geförderten Infrastruktur



Das Projekt BWeRoads



BWeRoads Webinar-Serie

- Vernetzungsplattform
- Relevante Themen aufgreifen
- Einbindung Praxispartner und Fachpublikum

Webinar Serie

Wir starten mit unserer BWeRoads Webinar-Serie!
THG-Prämie - Lotteriespiel oder Turbo für die Lkw-Antriebswende?
Freitag 25. Juli von 10-11 Uhr

Launch BWeRoads Tool 26.03.2026



tool.bw-eroads.de

Bereit für den Umstieg auf E-Lkw?

Das BWeRoads-Tool hilft Ihnen einzuschätzen, ob aktuelle Elektro-Lkw-Modelle für den Einsatz in Ihrer Flotte geeignet sind. Es berücksichtigt dabei auch öffentliche Ladestationen und H₂-Tankstellen, die für Lkw geeignet sind.

Jetzt E-Lkw finden!

Hier geht es zu den Datenbanken:

- > [Elektro-Lkw-Modelle](#)
- > [Ladesäulen](#)
- > [Förderungen Fahrzeuge](#)
- > [Förderungen Ladesäulen](#)



Agenda

Agenda

Gesetzliche Vorgaben und Ziele

Daniel Speth | Fraunhofer ISI

Technologieübersicht: Lade- und H₂-Betankungsinfrastruktur

Daniel Speth | Fraunhofer ISI - Markus Jenne | ZSW

Limitierungen und Perspektiven

Markus Jenne | ZSW

Fragen & Antworten

Flottengrenzwerte für schwere Nutzfahrzeuge

Die Flottengrenzwerte für neu zugelassene Fahrzeuge verpflichten die Hersteller zu einer deutlichen Reduktion der CO₂-Emissionen.

- EU-weite Minderungsziele ((EU) 2019/1242 und (EU) 2024/1610) für neu zugelassene schwere Nutzfahrzeuge
- Basisjahr 2019/2020
- Systemgrenze: „Tank zu Rad“-Ansatz (Tank to Wheel, TTW)

2025–2029	-15 %	Erster verbindlicher Grenzwert (aktuell in Kraft)
2030–2034	-43 %	Verschärfung durch Revision 2024 und Einbeziehung weiterer Fahrzeugklassen
2035–2039	-64 %	Einbeziehung weiterer Fahrzeugklassen (z. B. Müllabfuhr)
ab 2040	-90 %	umfangreicher Verzicht auf fossile Kraftstoffe

- Schwere Lkw (>3,5 t zGG) und Busse sind für rund ein Viertel der CO₂-Emissionen im Verkehr in Deutschland verantwortlich. Langstrecken-Sattelzüge (Vecto-Klasse 5 LH) haben dabei den bei weitem größten Einfluss.

Quellen: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_air_gge_custom_15992619/default/line?lang=de
https://www.acea.auto/files/ACEA_preliminary_CO2_baseline_heavy-duty_vehicles.pdf

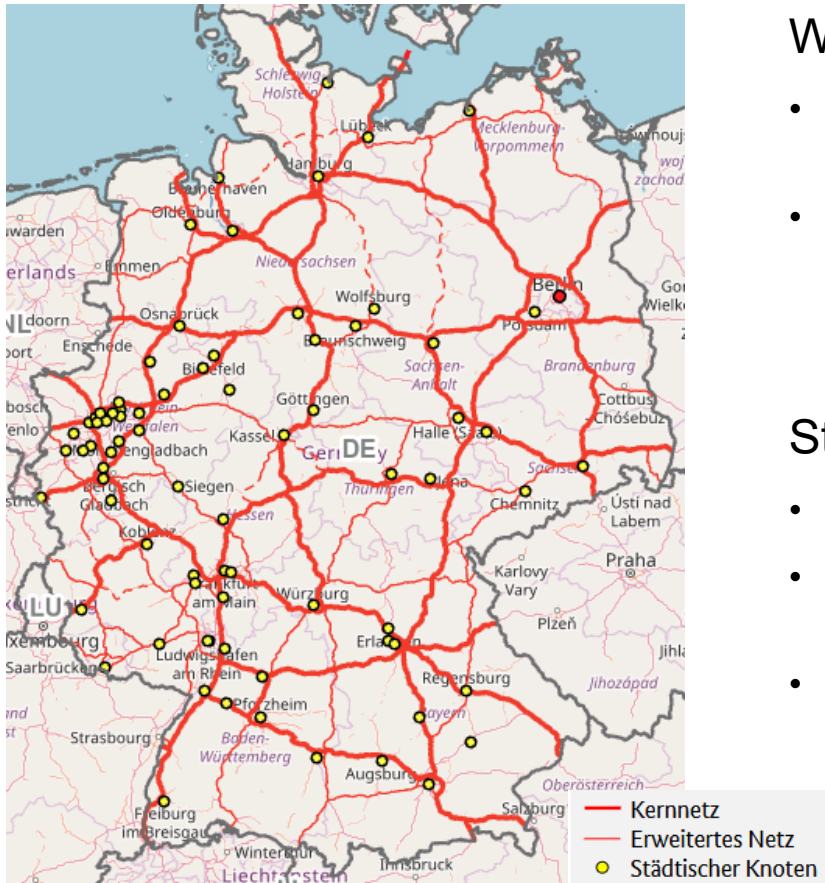
Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR) seit 13.4.24 in Kraft

Die AFIR gibt eine Mindestversorgung für Lade-/ H₂-Infrastruktur vor.

	Ladeinfrastruktur	H2-Tankstelleninfrastruktur
2025	<ul style="list-style-type: none"> TEN-T Core: 15 % (alle 120 km) <ul style="list-style-type: none"> ≥ 1,400 kW (mind. 1 x ≥ 350 kW) TEN-T Comp: 15 % (alle 120 km) <ul style="list-style-type: none"> ≥ 1,400 kW (mind. 1 x ≥ 350 kW) 	
	Deutschland: ~ 30 Standorte $0.15 * (6,370 \text{ km} + 5,030 \text{ km}) / 120 \text{ km} * 2$	
2027	<ul style="list-style-type: none"> TEN-T Core: 50 % (alle 120 km) <ul style="list-style-type: none"> ≥ 2,800 kW (mind. 2 x ≥ 350 kW) TEN-T Comp: 50 % (alle 120 km) <ul style="list-style-type: none"> ≥ 1,400 kW (mind. 1 x ≥ 350 kW) 	
	Deutschland: ~ 95 Standorte $0.5 * (6,370 \text{ km} + 5,030 \text{ km}) / 120 \text{ km} * 2$	
2030	<ul style="list-style-type: none"> TEN-T Core: 100 % (alle 60 km) <ul style="list-style-type: none"> ≥ 3,600 kW (mind. 2 x ≥ 350 kW) TEN-T Comp: 100 % (alle 100km) <ul style="list-style-type: none"> ≥ 1,500 kW (mind. 1 x ≥ 350 kW) 	<ul style="list-style-type: none"> TEN-T Core: 100 % (alle 200 km) <ul style="list-style-type: none"> ≥ 1 t/Tag (mind. 1 x 700 bar) TEN-T Comp: -
	Deutschland: ~ 310 Standorte $((6,370 \text{ km} / 60 \text{ km}) + (5,030 \text{ km} / 100 \text{ km})) * 2$	Deutschland: ~ 30 Standorte "beidseitig" $6,370 \text{ km} / 200 \text{ km}$

Alternative Fuels Infrastructure Regulation (AFIR) seit 13.4.24 in Kraft

DIE NOW beschreibt eine Mindestversorgung für Wasserstoff und Strom.



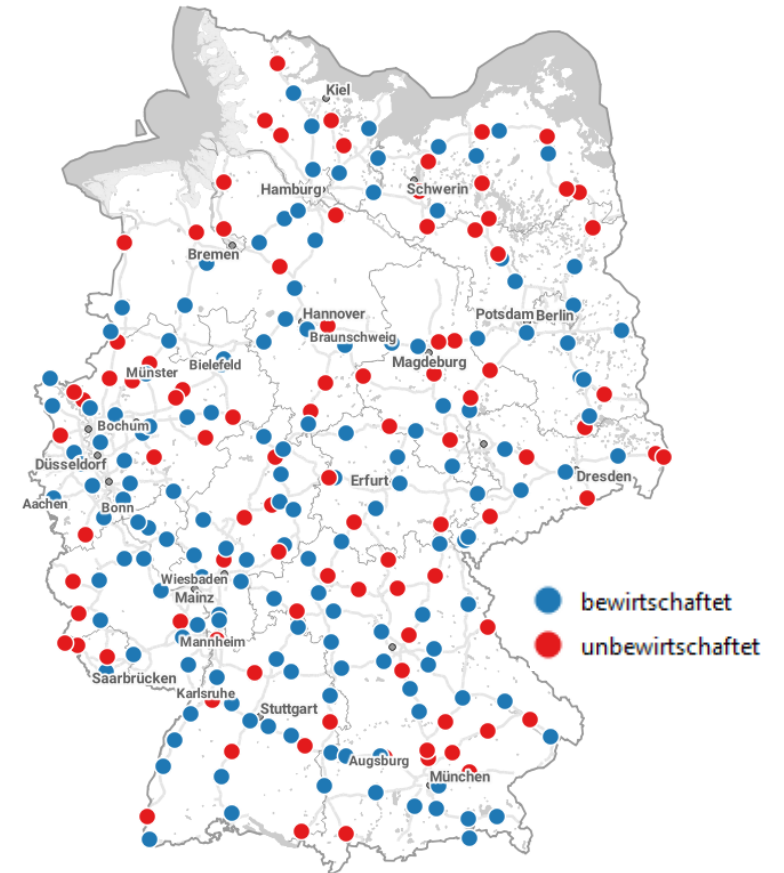
Copyright: © 2015 TENtec. All Rights Reserved |
 © European Commission - DG MOVE – 2024 |
 GISCO
<https://link.europa.eu/fGJ47f> (Datenstand 22.04.2026)

Wasserstoff (links):

- BMDV sieht 32 beidseitig zugängliche H2-Tankstellen vor
- LBST/LIFTE/Spilett schätzen den Bedarf auf ~200 einseitig zugängliche Tankstellen

Strom (rechts):

- NOW berechnet rund 350 Standorte
- Ausschreibung für unbewirtschaftete Rastanlagen gestartet
- Ausschreibung für bewirtschaftete Rastanlagen soll folgen



Datenbasis: Nationale Leitstelle Ladeinfrastruktur: Standorte für das LKW-Schnellladenetz an Rastanlagen mit benötigten Netzanschlussleistungen.
 Datenstand: Dez. 2025. <https://nationale-leitstelle.de/nutzfahrzeuge/>
 Kartenbasis: © GeoBasis-DE / BKG (2025) CC BY 4.0

Agenda

Agenda

Gesetzliche Vorgaben und Ziele

Daniel Speth | Fraunhofer ISI

Technologieübersicht: Lade- und H₂-Betankungsinfrastruktur

Daniel Speth | Fraunhofer ISI - Markus Jenne | ZSW

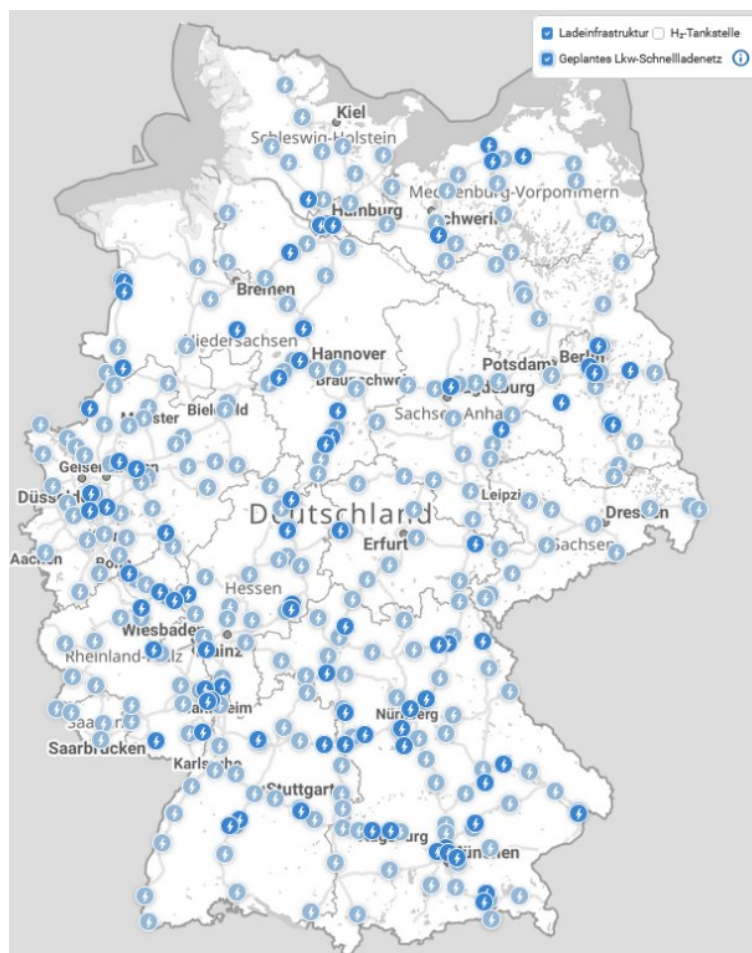
Limitierungen und Perspektiven

Markus Jenne | ZSW

Fragen & Antworten

Vorhandene Ladeinfrastruktur

Der Aufbau des Deutschlandnetzes für batterieelektrische Lkw hat begonnen.



Aufgebaute öffentliche Lkw-Ladeinfrastruktur:

- 69 Standorte
- 270 Ladepunkte an 151 Säulen:
 - LP < 150 kW: 12
 - LP 150 – 400 kW: 168
 - LP ≥ 400 kW: 90
- 50 MW Leistung insgesamt

Ladestandorte auch im BWeRoads-Tool!

 tool.bw-eroads.de

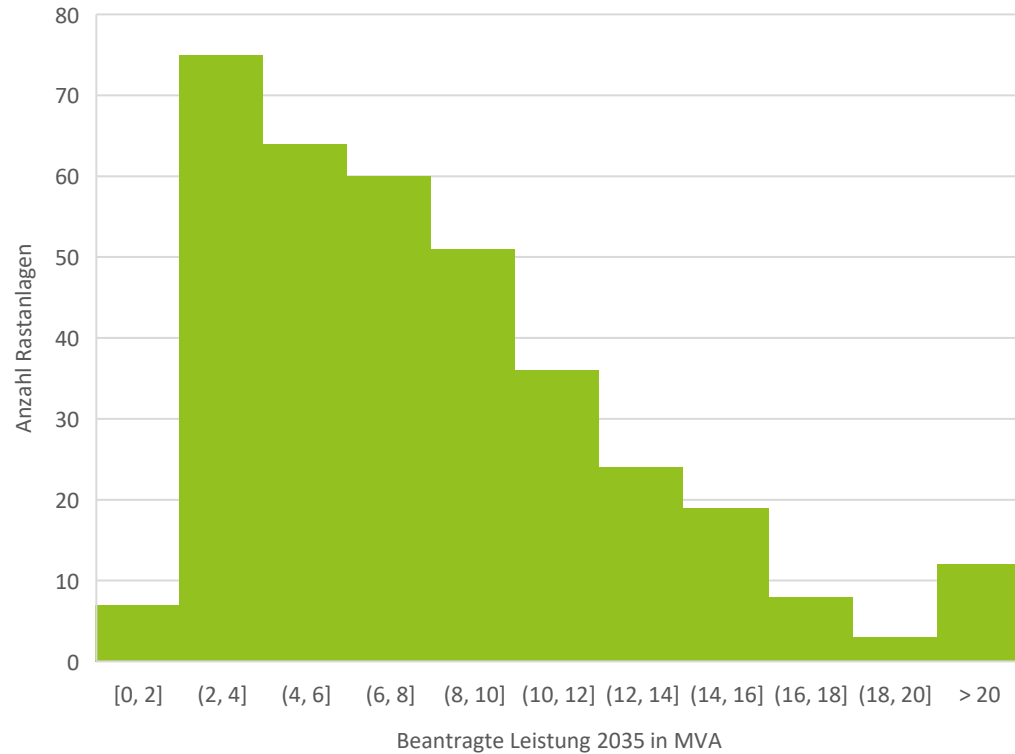


Aktive CPOs: Allego, Aral, Backcharge, CEC Haren, Citywatt, Daimler Truck, Dettendorfer Energy, E.ON, LEW Natur, MaierKorduletsch, mbly, Milence, Pfalzwerke, Shell, Stark Energy, Tekton Bending, TotalEnergies ...

PKW-Infrastruktur: Ergänzend nutzen Lkw aktuell einen Teil der rund 50.000 Pkw-Schnellladepunkte

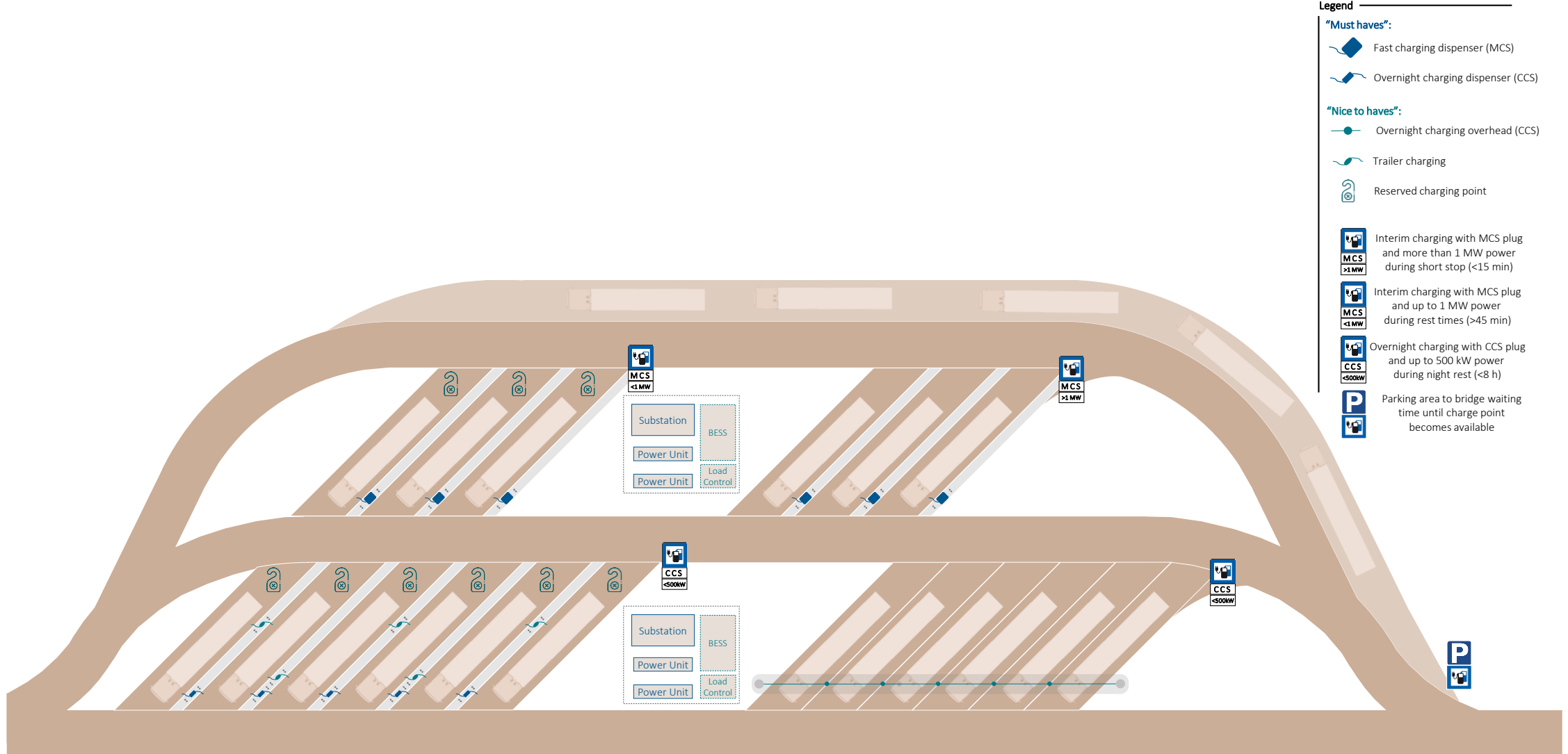
Geplante Ladeinfrastruktur

Umfangreiche Ladeleistung ist aktuell in Planung.



Eigene Darstellung mit Daten der [Autobahn GmbH \(2024\)](#)

Mögliches Design für öffentliche Ladeinfrastruktur



Plötz et al. (2024): [Herausforderungen und Lösungsansätze Megawatt-Laden Lkw](#)

Megawatt Charging System – ein Standard für bis zu 3,75 MW

MCS befindet sich in der finalen Entwicklung, wird jedoch mit hohen Leistungen (~1 MW) primär für Langstreckenfahrzeuge genutzt werden.

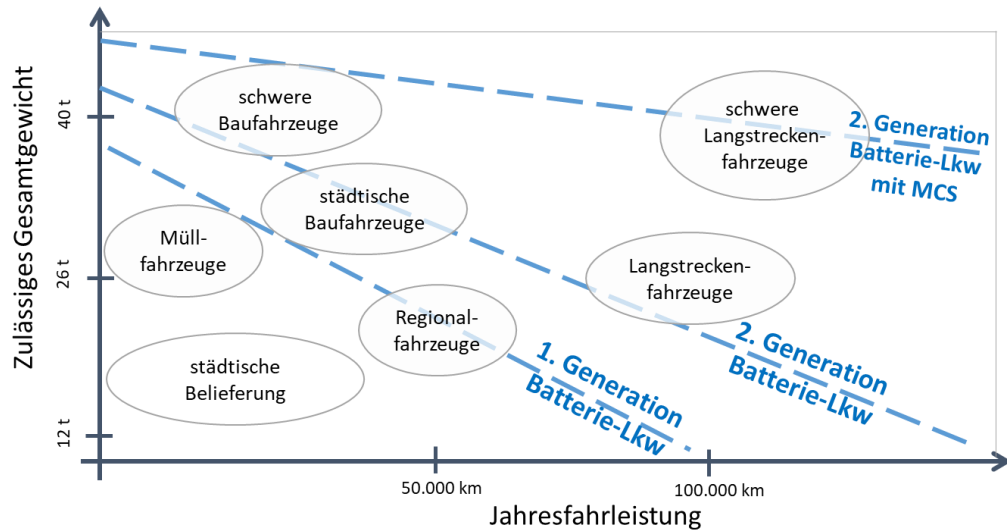
- Analyse von 30.000 Halteorten zeigt, dass **rund die Hälfte der Halte in Autobahnnähe (< 100 m Abstand) mehr als acht Stunden dauern. Etwa ein Drittel der Halte ist kürzer als eine Stunde.**
- Beispiel: 600 Halte pro Tag an einem Rasthof:
 - **300 Halte** für mindestens **8 Stunden** (über Nacht)
 - **200 Halte unter einer Stunde**
- Infrastrukturbedarf / Ladepunkte im Beispiel:
 - **Über Nacht** braucht ein Lkw einen **Langsamladepunkt: 300**
 - **Schnelllader kann ~10 Ladevorgänge pro Tag bedienen: 20**
 - **Verhältnis Schnellladen – Langsamladen (~<100 kW): 1 – 15**

Abstand zur Autobahn	Europa				Deutschland					
	Anzahl Orte	< 1 h	1–3 h	3–8 h	>8 h	Anzahl Orte	< 1 h	1–3 h	3–8 h	>8h
> 100 m	25974	35%	27%	7%	32%	6321	35%	27%	6%	32%
< 100 m	5171	34%	12%	5%	49%	1131	30%	10%	5%	55%

Plötz et al. (2021): [Truck Stop Locations in Europe. Final report.](#)

Fahrzeugentwicklung

Technischer Fortschritt erlaubt zunehmend die Elektrifizierung aller Segmente.

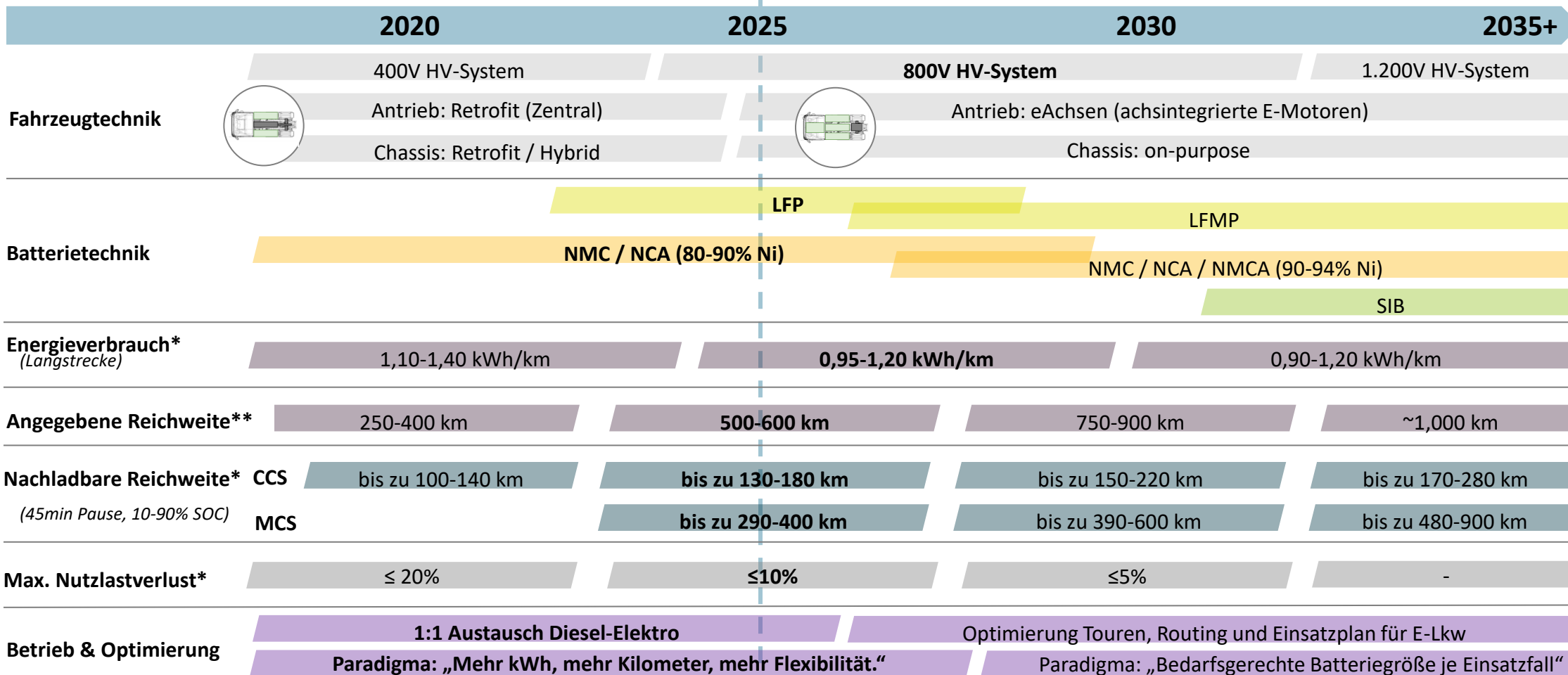


Plötz (2022): [Hydrogen technology is unlikely to play a major role in sustainable road transport.](#)
Nature Electronics.

Modell	Jahrgang	Konfiguration (Packs, Nutzbar)	Batterie- chemie	Angegebene Reichweite
Volvo FH Electric Gen1	Q4-2022	540 kWh (6 packs, 70%)	NCA	300 km
Daimler eActros 300	2022/23	336 kWh (3 packs, 90%)	NMC	220 km
Designwerk HC Semi	2023	508 kWh (2 packs, 85%)	NMC	360 km
Scania 45R	Q3-2023	624 kWh (6 packs, 75%)	NMC	350 km
DAF XF Electric FT	Q2-2023	525 kWh (5 packs, 88%)	LFP	300 km
Daimler eActros 600	2024/25	621 kWh (3 packs, 95%)	LFP	500 km
MAN eTGX / eTGS	2024/25	534 kWh (6 packs, 90%)	NMC	450-600 km
Volvo FH Electric Gen2	Q1-2026	780 kWh (8 packs, -)	NMC / NCA	600 km

Entwicklung batterieelektrischer Fahrzeuge

Weiterentwicklungen der Batterien ermöglicht höhere Reichweiten.

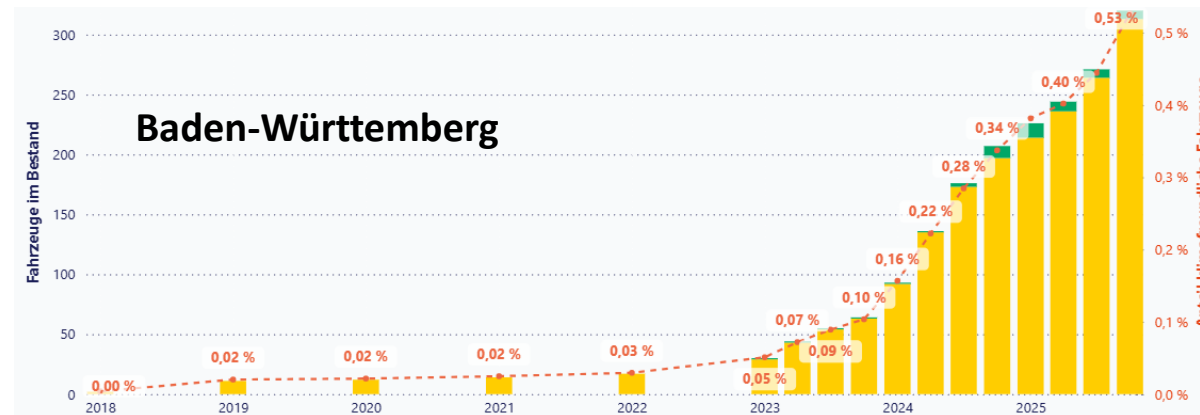
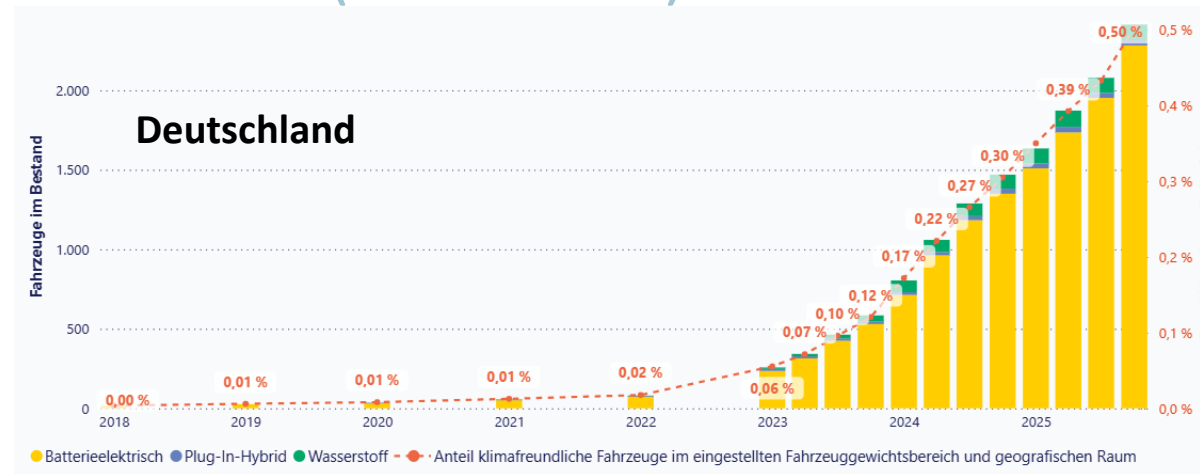


* Nach Simulationen und Datenauswertungen des Fraunhofer ISI

** Nach Berechnungen und Recherchen des Fraunhofer ISI. Technisch mögliche Reichweite, die tatsächliche Reichweite hängt von Betrieb & Optimierung ab.

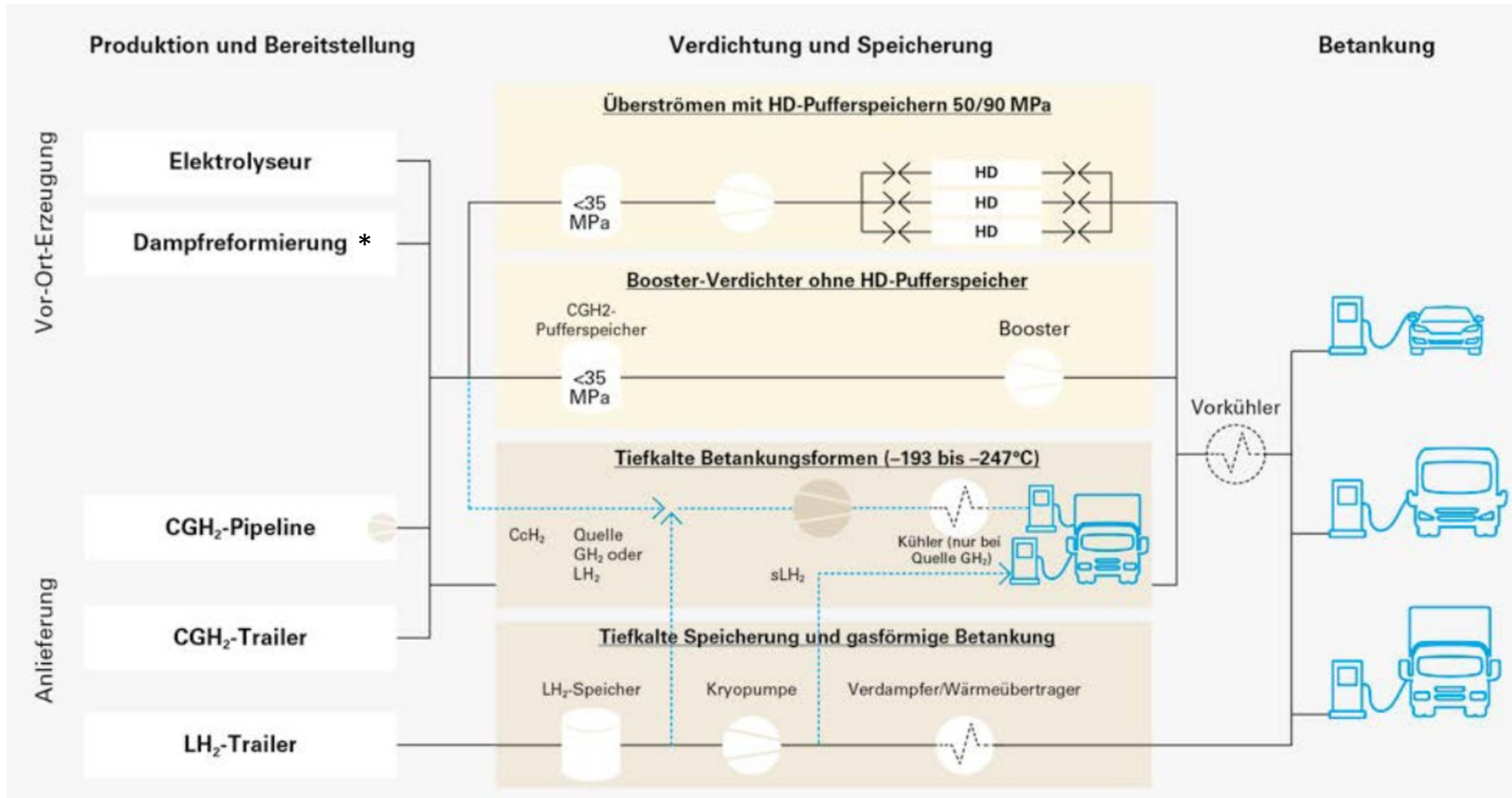
Fahrzeugbestand in Deutschland und Baden-Württemberg

Alternative Antriebe stellen aktuell rund 0,5 % aller schweren Nutzfahrzeuge in Deutschland (> 12 t zGG).



© NOW GmbH [Nutzfahrzeugmonitor](https://www.now-gmbh.de/nutzfahrzeugmonitor). Datenquelle Kraftfahrtbundesamt; Datenstand 2025/10.

Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur - Versorgungspfade



Kühlung bei schneller Betankung erforderlich

Flächenbedarf
Technik
[1 t/d HRS]:

CGH₂ ~ 500 m²
sLH₂ ~ 50 m²

plus Zapfsäulen

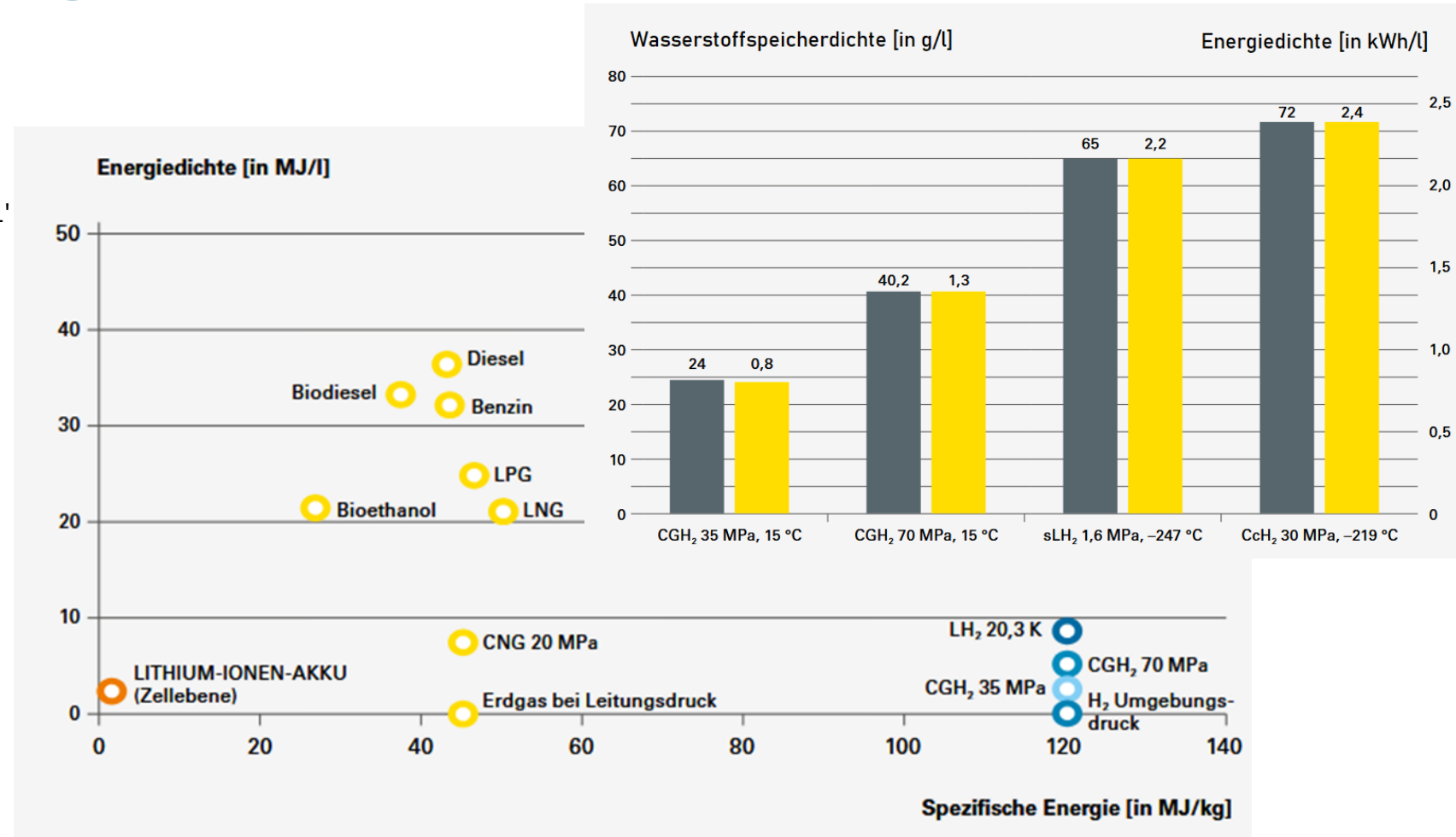
Quelle: https://www.transformationswissen-bw.de/fileadmin/media/Publikationen/e-mobil_Studien/Wissen_Kompakt_Potenziale_in_der_Wasserstoff-Tankstellentechnologie.pdf
 *,grüner' H₂ aus Biomasse gemäß Richtlinie EU2018/2001 zertifizierbar. Gute Erläuterung: <https://btx-energy.de/wasistgruenerwasserstoff/>

Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur

H₂-Betankungstechnologien

CGH2: Compressed Gaseous Hydrogen
 sLH2: subcooled Liquid Hydrogen
 CcH2: Cryo-compressed Hydrogen

- *PkW* weltweit einheitlich CGH2 700bar 'SAE J2601'
- *Schwerverkehr*:
 CGH2 350 bar
 CGH2 700 bar
 cryo sLH2, CcH2
- *Qualitätsanforderung*
 AFIR: EN 17124
 in Erarbeitung
 H₂-ICE: „GRADE F“



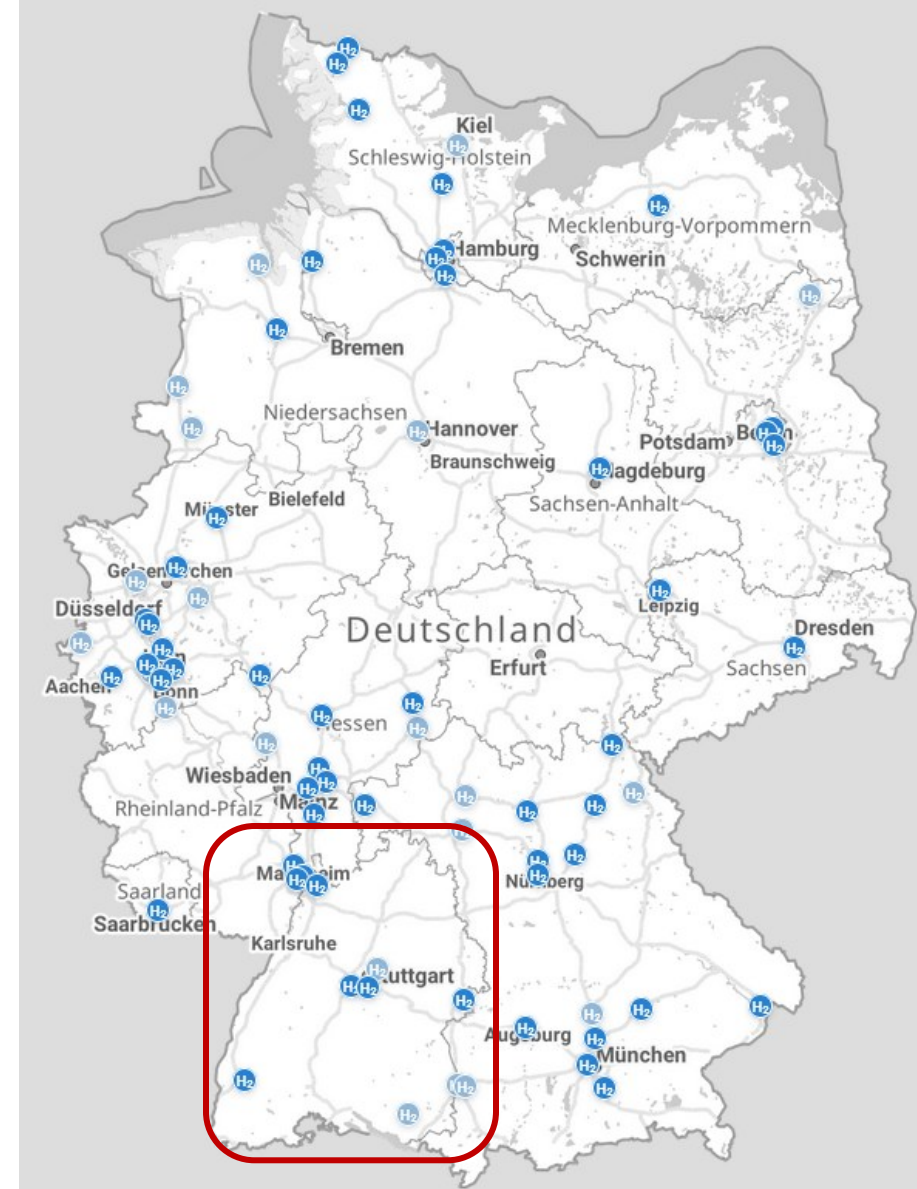
Jörissen, L; Jenne, M; Schilling, M (2022): Wissen Kompakt - Potenziale in der mobilen H₂-Speichertechnologie. Transformationswissen BW - Automotive in Bewegung.
https://www.transformationswissen-bw.de/fileadmin/media/Publikationen/e-mobil_Studien/Wissen_Kompakt_Potenziale_in_der_mobilen_H2-Speichertechnologie.pdf

Wasserstoff-Betankung

verfügbare Infrastruktur, verfügbare Fahrzeuge

- (D) 46 HRS 350/700 bar in Betrieb, 19 in Realisierung
- (BW) 6 HRS 350/700 bar in Betrieb, 2 in Realisierung
- (D) 2 HRS sLH2 in Betrieb + mobile sLH2-Tankstelle
- **HRS-Betreiber:**
H2Mobility, GPJoule, TEAL, Tyczka, Westfalen AG, Maier-Korduletsch, ABO Wind, HHLA, CH: Avia, Coop...
- **Verfügbare H₂-Fahrzeuge:**
LkW > 12t: 13 Fabrikate
Sattelzugmaschinen: 5 Fabrikate

Quellen: https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Broschueren/Datenmonitor_2026_Januar.pdf und https://www.klimafreundliche-nutzfahrzeuge.de/fahrzeugdatenbank/?_sft_antriebsart=h2-brennstoffzelle,h2-verbrenner&_sft_egklasse=n3



Datenquelle: BWeRoads Tool H2-Tankinfrastruktur nach [H2mobility Daten](#);
dunkelblau: Standort in Betrieb, hellblau: Standort in Planung. Kartenbasis: © GeoBasis-DE / BKG (2025) CC BY 4.0

Dekarbonisierung Betankungsinfrastruktur

HVO und eFuels: vollständige technische Kompatibilität mit bestehenden Diesel- und Kerosinantrieben

Hydrotreated Vegetable Oil (HVO): „Drop-in“-Kraftstoff aus hydrierten, gebrauchten Speiseölen und tierische Fetten

- Potential HVO etwa 10 % des weltweiten Kraftstoffbedarfs; Nutzungskonflikt mit Luftverkehr

eFuels: Synthetikraftstoff aus erneuerbarem Wasserstoff und Kohlendioxid CO₂

- CO₂ aus der Luft, aus Fermentation oder aus unvermeidbaren Prozessabgasen
- mehrstufige Umwandlungsprozesse verursachen niedrigen Gesamtwirkungsgrad
- hoher Stromeinsatz: BEV bei etwa 13% des WtW-Bedarfs von eDiesel (FCEV bei etwa 43%)
- Großskaliger Herstellung unter Nutzung vorhandener Infrastruktur möglich
- hoher Flächenbedarf für die Strom- und CO₂-Ernte (auch in Wüstengebieten nicht unumstritten)

Quellen: <https://www.dena.de/infocenter/chancen-und-risiken-von-hvo100-im-schwerlastverkehr/> und https://dwv-info.de/wp-content/uploads/2025/11/LBST_Stromnetzstudie_LH_Schwerlastverkehr_FINAL.pdf

Agenda

Agenda

Gesetzliche Vorgaben und Ziele

Daniel Speth | Fraunhofer ISI

Technologieübersicht: Lade- und H₂-Betankungsinfrastruktur

Daniel Speth | Fraunhofer ISI - Markus Jenne | ZSW

Limitierungen und Perspektiven

Markus Jenne | ZSW

Fragen & Antworten

Bestandsaufnahme Infrastruktur

Merkmale für eDiesel-, H₂- und Lade-Infrastruktur für schwere LkW

	e-Diesel	H2 (FCEV)	BEV MCS (1 MW)	BEV CCS (400 kW)
Energieinhalt Kraftstoff	9.8 kWh/l	33.3 kWh/kg	1 kWh/kWh	1 kWh/kWh
Strombedarf well-to-tank	30 kWh/l	60 kWh/kg	1.15 kWh/kWh	1.15 kWh/kWh
Verbrauch 40t-SZM (5-LH)	35 l/100km	7.5 kg/100km	120 kWh/100km	120 kWh/100km
Typische Reichweite 40t-SZM (5-LH)	2500 km	700 km	500 km	500 km
Reichweite : Tagesfahrleistung (530 km)	472 %	132 %	94 %	94 %
Tank-/Laderate Säule	100 l/min	10 kg/min	16.67 kWh/min	6.67 kWh/min
Tankzeit für 500 km Reichweite	1.75 min	3.75 min	36 min	90 min
Energetische Ladeleistung Ladepunkt ¹⁾	58.8 MW	19.98 MW	1 MW	0.4 MW
Spez. Ladeleistung am Ladepunkt	286 km/min	133 km/min	14 km/min	6 km/min
Strombedarf well-to-wheel	1050 kWh/100km	450 kWh/100km	138 kWh/100km	138 kWh/100km

1) gemeint ist: nachgeladene Reichweite pro Minute

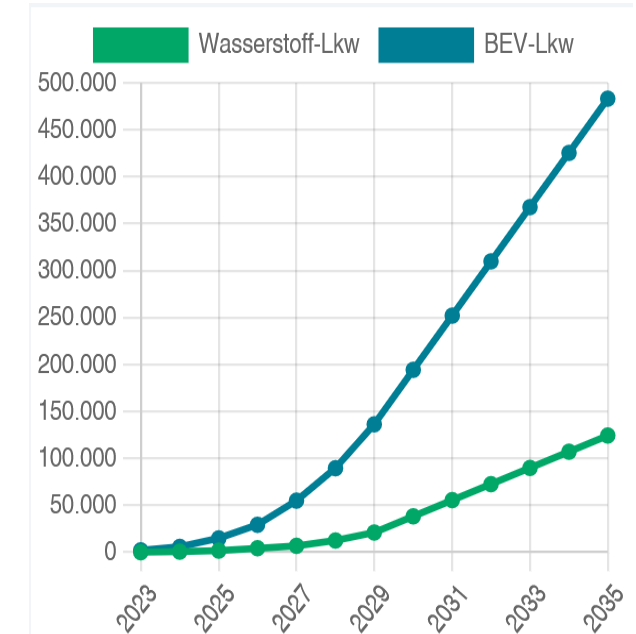
Datenquelle: https://dwv-info.de/wp-content/uploads/2025/11/LBST_Stromnetzstudie_LH_Schwerlastverkehr_FINAL.pdf

Fazit aus Interviews 2025 (Auszug)

- Zentraler Aspekt in beiden Systemen:

Ladeinfrastruktur: Aufbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur, die das zu erwartende **Verkehrsaufkommen bedient** und gleichzeitig **hohe Auslastung** ermöglicht. **Förderung ist hilfreich**, aber nicht zentrale Voraussetzung.

H₂-Tankstelle: Identifikation von **ersten Ankerkunden**, die eine **Grundauslastung** ermöglichen. **Förderung ist zentral**, um die zunächst stark unterausgelastete Infrastruktur zu ermöglichen.



- Zentraler Unterschied:
**Ladeinfrastruktur im Hochlauf,
Wasserstoff verzögert**



Neuzulassungen 2025	Gesamt	BEV	FCEV + H2-ICE
Gesamt >12t **	50.286	1.302	60
Sattelzugmaschinen	29.072	926	4

Quellen: www.tankstelle-der-zukunft.de und <https://www.kba.de/> und <https://www.now-gmbh.de/expertise/daten-analysen/dashboard-nutzfahrzeugmonitor/>

Herausforderungen und Fazit: Dekarbonisierung des Schwerlastverkehrs

Status Ladeinfrastruktur und Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur

Ladeinfrastruktur

- Hohe Anschlussleistungen, gerade für Schwerverkehr
- Zeitliche Überdeckung Angebot EE zu Bedarf an Ladestrom
- Ausrollen Fahrzeuge hat begonnen.
- Öffentliche / Depot-Ladeinfrastruktur ist im Aufbau; Netzanschlüsse angefragt

Wasserstoff-Betankungsinfrastruktur

- Verfügbarkeit erneuerbaren Wasserstoffs (RED II / RED III bremsen Hochlauf)
- Aktuelle hohe Kosten H₂ , effiziente Distribution Wasserstoff im Aufbau
- Zeitliche und örtliche Entzerrung des mobilen Energiebedarfs, Stromnetzentlastung
- H₂-LkW verzögert „Anfang 2030“; Infrastruktur wird gemäß AFIR ausgebaut

Agenda

Agenda

Gesetzliche Vorgaben und Ziele

Daniel Speth | Fraunhofer ISI

Technologieübersicht: Lade- und H₂-Betankungsinfrastruktur

Daniel Speth | Fraunhofer ISI - Markus Jenne | ZSW

Limitierungen und Perspektiven

Markus Jenne | ZSW

Fragen & Antworten

Hinweis: die Inhalte dieses Webinars werden zeitnah auch als Kurzbericht veröffentlicht

Vielen Dank!

Nächste Webinare zu Praxiserfahrungen im
Aufbau von Lade- und H₂-Infrastruktur
Freitag, 19.6.2026 10-11 Uhr

Kontakt Projekt

Dr. Daniel Speth (ISI)
daniel.speth@isi.fraunhofer.de

Markus Jenne (ZSW)
markus.jenne@zsw-bw.de

info@bw-eroads.de

www.bw-eroads.de

Folge uns auf [LinkedIn](#)



INSTITUT FÜR ENERGIE-
UND UMWELTFORSCHUNG
HEIDELBERG



Fraunhofer
ISI

Gefördert durch:

