

DVGW/dena Plattform Schwerlastverkehr

Tank- und Ladeinfrastruktur für schwere Nutzfahrzeuge

Energiebedarf und regulatorischer Rahmen

(Bericht der AG Infrastruktur)

Dr. Dietrich Gerstein
März 2023

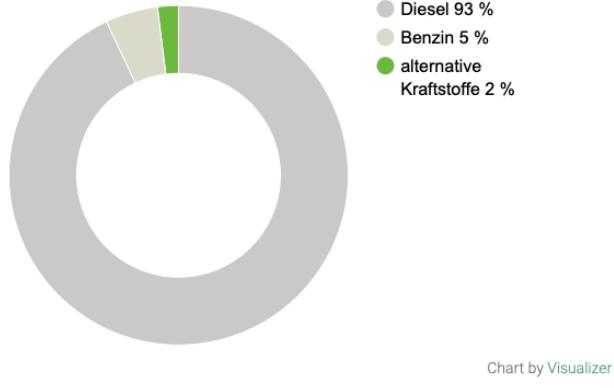
Ergebnisse der Arbeiten der AG Infrastruktur (06/22 – 04/23)

Inhalte:

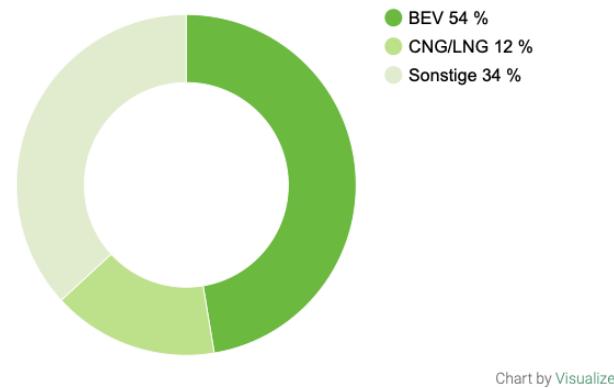
- **Grundlagen, Status Tankstellen- und Ladeinfrastruktur (BEV, FCEV) für schwere Nutzfahrzeuge**
- **Energiebedarfe H2 und Strom; Hochlauf Infrastruktur (H2 Tankstellen; Ladepunkte)**
- **Regulatorischer Rahmen für den Hochlauf Infrastrukturhochlauf (von H2 und Strom)**

Grundlagen, Status Tankstellen- und Ladeinfrastruktur (BEV, FCEV) für schwere Nutzfahrzeuge

Status Lastkraftwagen (Lkw)



- In Deutschland waren 2022 ca. 3,55 Mio. Lkw¹ zugelassen. Diese werden überwiegend mit Diesel angetrieben.
- Alternative Kraftstoffe spielen bisher nur eine geringere Rolle.
- Bei den alternativen Antriebsoptionen hat BEV den höchsten Anteil. Hier kommen leichte Nutzfahrzeuge zum Einsatz. In Herbst 2022 waren rund 53.000 Fahrzeuge (BEV) angemeldet.
- Das Angebot bei schweren batterieelektrischen Nutzfahrzeugen und Brennstoffzellen Lkw ist in der Entwicklung. Verfügbar und technisch ausgereift sind Fahrzeuge mit Gasantrieben, die BioLNG oder Biomethan als Kraftstoff verwenden können.

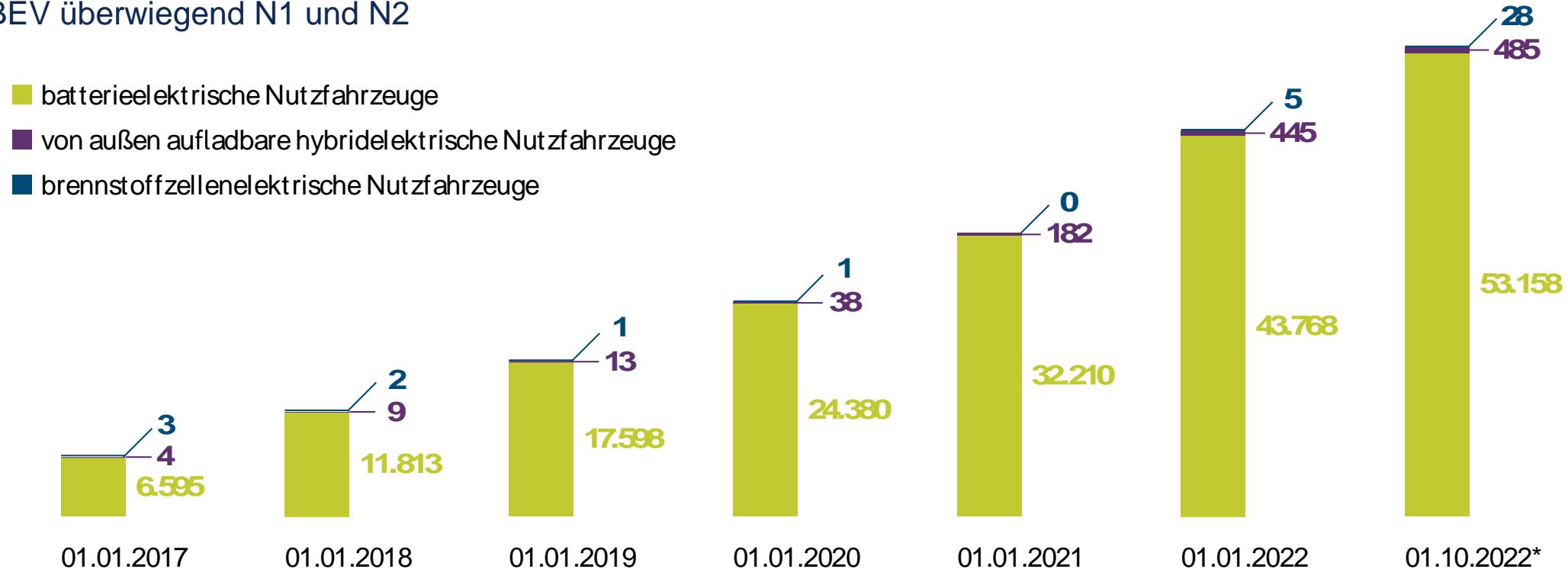


¹ nach KBA: Nutzfahrzeuge, die zum Transport von Gütern bestimmt sind
der Fahrzeugklassen N1: <3,5 t, N2: 3,5 – 12 t, N3: > 12 t
Diese Studie betrachtet Lkw > 3,5 t mit Fokus auf Gewichtsklassen > 12 t

Entwicklung der Bestandszahlen von Nutzfahrzeugen mit klimafreundlichen Antrieben

Fahrzeugklassen N1 bis N3

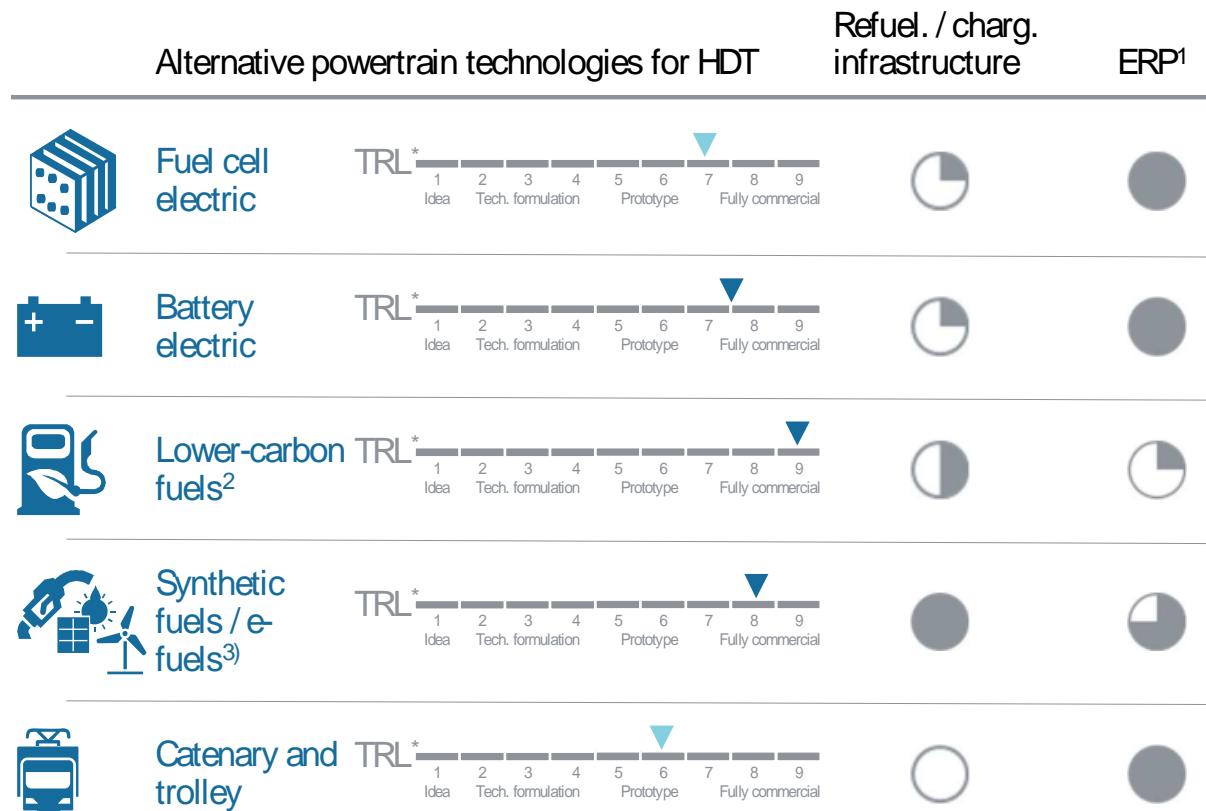
BEV überwiegend N1 und N2



* Daten nicht bereinigt.

Quelle: https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Publikationen/G/fortschrittsbericht-zum-gesamtkonzept-klimafreundliche-nutzfahrzeuge.pdf?__blob=publicationFile

TRL von Optionen zur THG Minderung bei schweren Lkw



- Batterieelektrische (BEV) und Brennstoffzellen-Lkw (FCEV) haben die technische Marktreife noch nicht vollständig erreicht, insbesondere im hohen Leistungsbereich.
- Tankstelleninfrastruktur für FCEV und Ladeinfrastruktur für BEV (Schnellladen mit hohen Leistungsanforderungen) wird erst aufgebaut.

¹ Emission Reduction Potential ² low carbon fuels (e.g. CNG, LNG), liquid biofuels

³ sustainable e-fuels from renewable sources

Bewertung und Entwicklungstendenzen von Antriebsoptionen (Lkw)

BEV (Batterieelektrische Lkw)

Reduktion Fahrzeugkosten
Erhöhung Ladekapazität & Reichweite
guter Wirkungsgrad
hohe Akzeptanz in der Bevölkerung

FCEV (Brennstoffzellen-Lkw)

Reduktion Fahrzeugkosten
Reduktion Energiekosten
hohe Flexibilität, kurze Tankzeiten
hohe Akzeptanz in der Bevölkerung

Oberleitungstechnologie

hohe Vorlaufinvestition
eher geringe Akzeptanz
nicht flächendeckend umsetzbar

E-fuels („konventionelle Lkw“)

Fahrzeuge und Infrastruktur verfügbar
hohe Investitionen in P-t-L Technologie
Aufbau von Produktionskapazitäten
geringe End-to-End-Effizienz

Bei AG Infrastruktur liegt der Fokus auf FCEV und BEV (schwere Lkw)

Erwartete Entwicklung bis 2030:

- 600 - 850 kWh Batterie für 500 – 700 km
- 750 bar, 80 kg H2 Tank für >900 km)

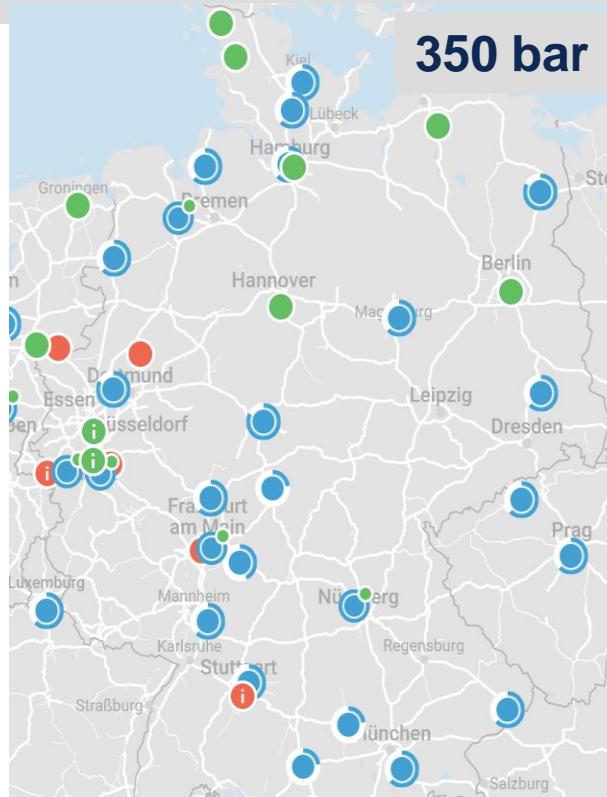
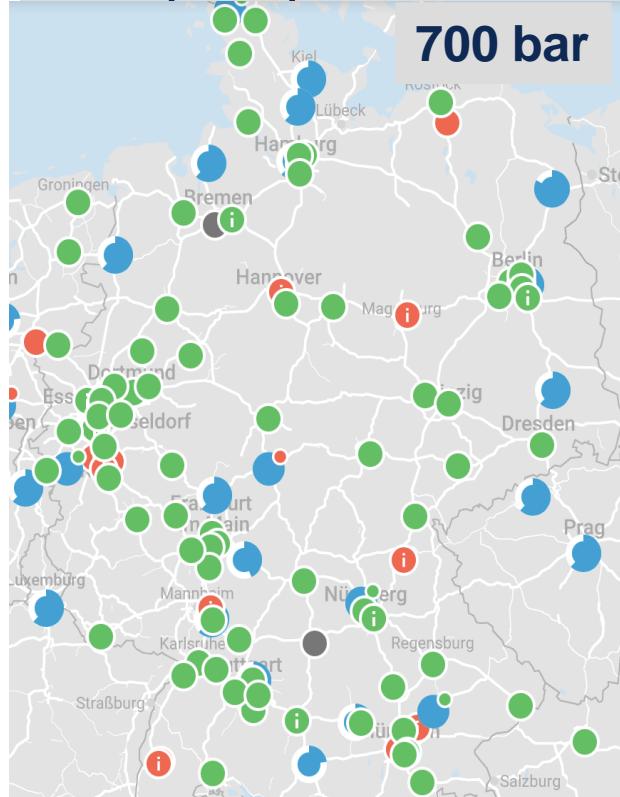
Zentrale Herausforderung ist die Infrastrukturverfügbarkeit:

- Tankstellen (350/700 bar, flüssig)
- Ladepunkte. Combined Charging System (CCS) und Megawatt Charging System (MCS)

→ Verlässlicher regulatorischer Rahmen zeitnah notwendig.

Status H₂ Tankstellen in Deutschland

Vorhandene H₂ Tankstellen sind überwiegend auf die Betankung von Pkw ausgerichtet



- H₂-Tankstellennetz wird über H₂ Mobility betrieben.
- z.Zt. ca. 95 H₂-Tankstellen für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge (700 bar, kleine Mengen).
- Bisher sind nur etwa 10 Standorte (350 bar) für Betankung von Lkw verfügbar.



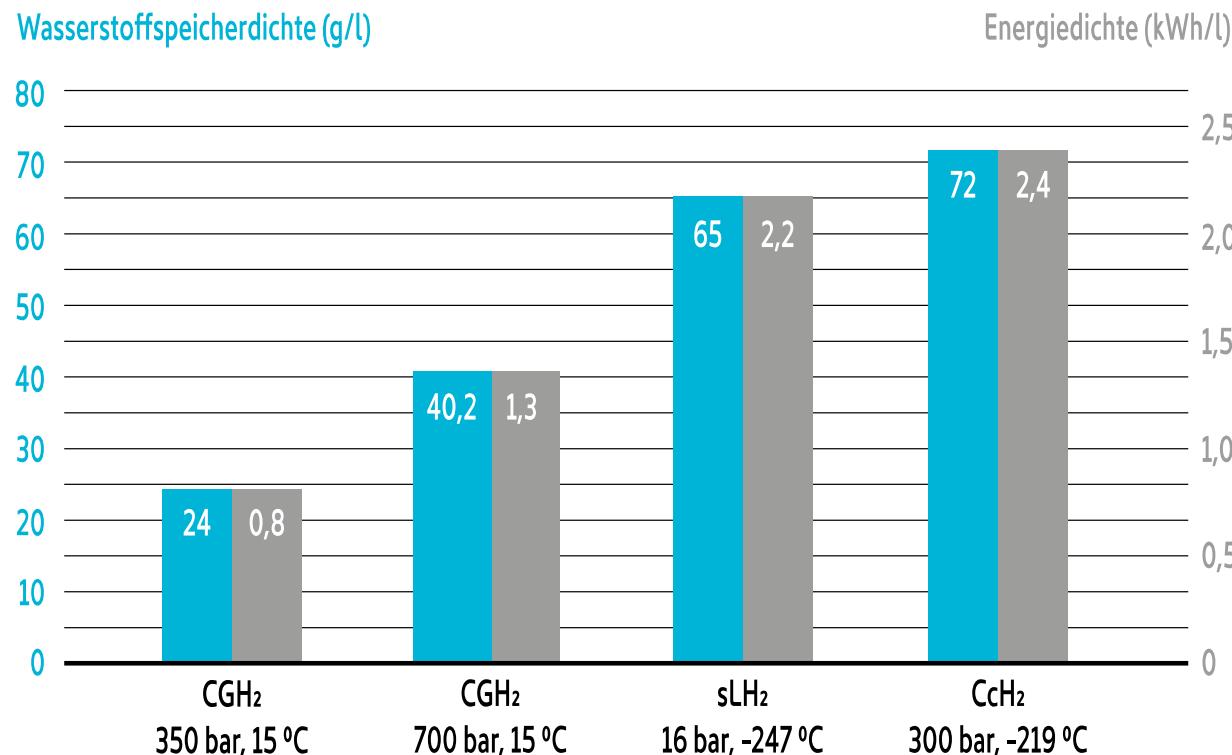
in Planung/Bau



in Betrieb

Quelle: <https://h2.live> Stand 1.2.2022
rote Markierung: zur Zeit des Abrufs nicht in Betrieb

Grundlagen Tankstellen: Wasserstoffspeicherdichte



- Wasserstoff kann komprimiert gasförmig, flüssig oder flüssig mit hohem Druck bereitgestellt werden.
- Höchste Energiedichte hat flüssiger Wasserstoff und erlaubt damit die größten Reichweiten.
- Höchster Aufwand liegt bei der Produktion und Bereitstellung von flüssigen Wasserstoff.
- 350 bar Technologie wird für Lkw eingesetzt.
- 750 bar Technologie für > Reichweiten mit zusätzlichem Kompressionsaufwand.

Quelle: https://h2-mobility.de/wp-content/uploads/sites/2/2021/10/H2M_Ueberblick_BetankungsoptionenLNFSNF_TankRast_2021-10-21.pdf

Grundlagen: Bewertung H₂ Bereitstellung

CGH₂ 350 bar
komprimiert, gasförmig

- geeignet für Betrieb im Nahbereich mit geringeren Anforderungen an H₂-Speicherung (Lkw)
- Etablierte Technologie für Brennstoffzellenbusse
- Von OEMs als Kompromiss verfolgt
- Flexibilität bei der H₂-Beschaffung (z. B. durch Pipelineversorgung oder Elektrolyse vor Ort)

CGH₂ 700 bar
komprimiert, gasförmig

- geeignet für Betrieb im Fernbereich
- erste Lkw-Konzepte mit 700 bar angekündigt
- etablierte Technologie für Pkw
- Flexibilität bei der H₂-Beschaffung (z. B. durch Pipelineversorgung oder Elektrolyse vor Ort)

sLH₂ –247°, 16 bar
flüssig

- geeignet für Betrieb im Fernbereich
- erste Lkw-Konzepte mit L-H₂ angekündigt
- Technologie in der F&E-Phase
- hohe Anforderung an H₂ Bereitstellung (tiefkalt, flüssig)

CcLH₂ –219°, 300
bar
flüssig

- geeignet für Betrieb im Fernbereich
- Technologie in der F&E-Phase
- komplexe Bereitstellung (tiefkalt, Druck, flüssig)

Grundlagen: Tankstellen „Klassifizierung“

H2 Mobility hat „Tankstellengrößen“ und Anforderungen definiert. Zur Betankung von schweren Lkw sollten H₂ Kapazitäten bei > 1 t/d liegen.



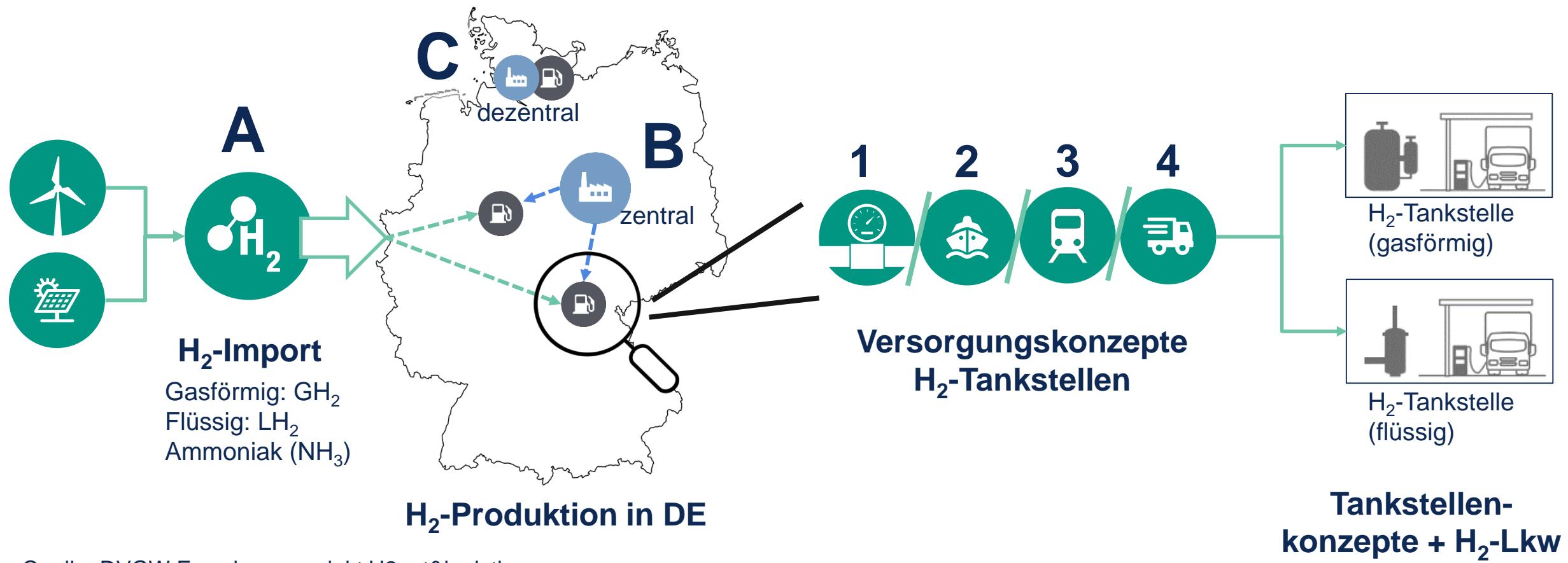
Größe	S	M	L	2XL
Maximaler Wasserstoffdurchsatz/Tag	200 kg	500 kg	1,000 kg	4,000 kg
Fahrzeugklassen	Pkw, LNF	(Pkw, LNF, Busse), MNF	(Pkw, LNF, Busse), MNF, SNF	MNF, SNF (Pkw, LNF, Busse)
Durchschnittlicher Wasserstoffdurchsatz/Tag	150 kg	350 kg	700 kg	2.500 kg
Jährliche Nachfrage	1-10 t	>100 t	> 500 t	> 900 t
Zapfpistolen	1	2	2-3	2-4
Platzbedarf	80-250 m ²	200-350 m ²	250-800 m ²	abhängig von der H ₂ -Technologie

Quelle: https://h2-mobility.de/wp-content/uploads/sites/2/2021/10/H2M_Ueberblick_BetankungsoptionenLNFSNF_TankRast_2021-10-21.pdf

MFN = mittlere Nutzfahrzeuge, SFN = schwere Nutzfahrzeuge

Versorgungskonzepte: H₂-Import/ Produktion

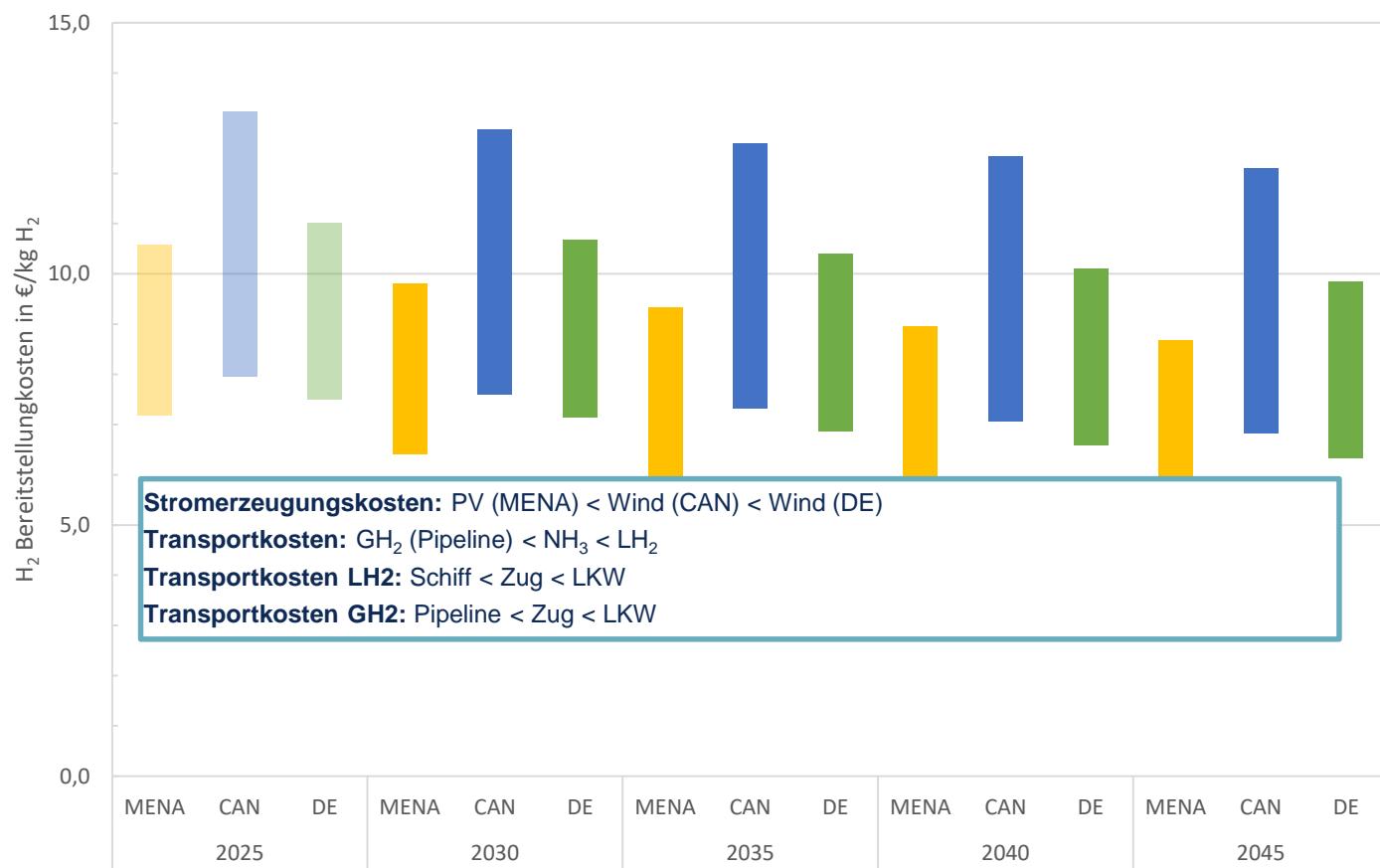
Beim Aufbau von H₂Tankstelleninfrastruktur müssen Möglichkeiten der Bereitstellung von und Versorgung mit H₂ berücksichtigt werden im Blick auf technische Umsetzbarkeit und Bereitstellungskosten.



Quelle: DVGW Forschungsprojekt H2net&logistic

Versorgungskonzepte: Bereitstellungskosten (grüner Wasserstoff)

Im DVGW-Forschungsprojekt H2 net&logistic wurden Technologien für den Import und die Produktion von grünem Wasserstoff in Deutschland bewertet.



- 19 unterschiedliche Pfade
 - 4 Pfade – H₂ MENA Region
 - 9 Pfade – H₂ Kanada
 - 6 Pfade – H₂ DE
- Günstigster Pfad ist Import von H₂ aus MENA-Region und Einspeisung ins Netz.
 - 2025 → 7,2 €/kgH₂
 - 2045 → 5,3 €/kgH₂
- Teuerster Pfad ist Import von LH₂ aus Kanada per Schiff.
 - 2025 → 13,2 €/kgH₂
 - 2045 → 12,1 €/kgH₂

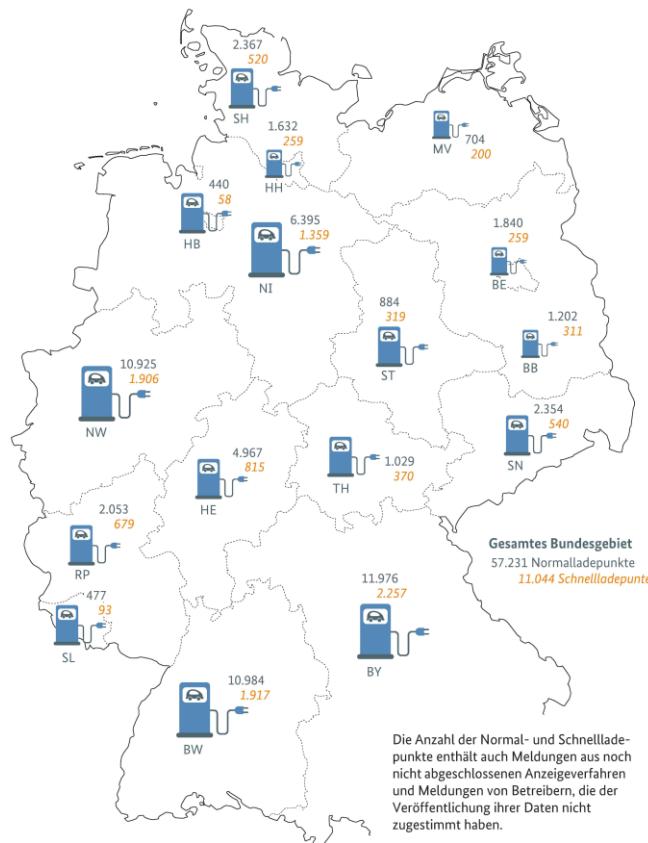
Quelle: DVGW Forschungsprojekt H2net&logistic

Status E-Ladestationen in Deutschland



Verteilung der öffentlich zugänglichen
Ladepunkte auf die Bundesländer

Stand: 11/2022



Quelle: Bundesnetzagentur

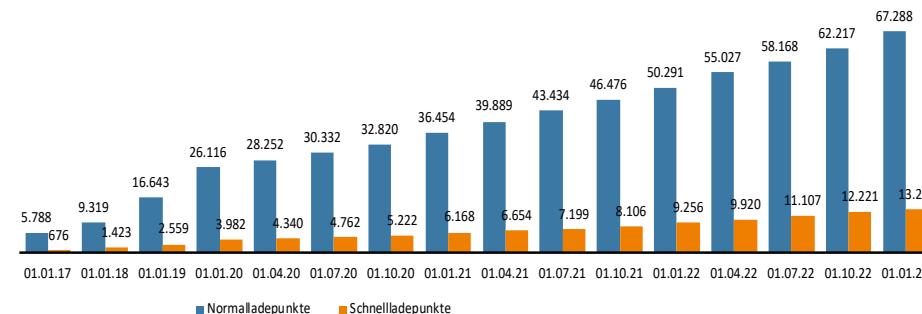
Das im Aufbau befindliche Ladenetz fokussiert auf Pkw.

- In Deutschland stehen z.Zt. rund 12.000 Normalladepunkte und 11.000 Schnellladepunkte zur Verfügung.
- Ladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge mit hohen Ladeleistungen ist in einer frühen Entwicklungsphase.
- Notwendig ist Schnellladen, um schwere Nutzfahrzeuge in vertretbarer Zeit zu laden.
- Schnelllader liegen zunächst im Leistungsbereich von 50 kW bis 350 kW.
- Für schwere Lkw und „long haul“ sind höhere Ladeleistungen (bis zu 1 MW) in der Entwicklung.
- Der Netzanschluss (möglichst Mittelspannung) von Ladepunkten muss entsprechend ausgelegt sein.

Entwicklung von Ladekapazitäten im öffentlichen Raum (Ladepunkte, Ladeleistung und Leistungsklassen)

Entwicklung der Ladepunkte in Deutschland 01.01.2017 - 01.01.2023

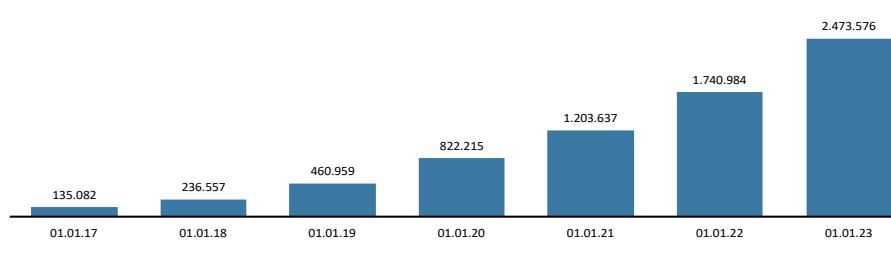
Anzahl



- Bei der Bundesnetzagentur waren zum 1.1.2023 67.288 Normalladepunkte und 13.275 Schnellladepunkte angemeldet
- Vom 1.12.2022 bis zum 1.1.2023 wurden 20.994 Ladepunkte zugebaut (+35%)

Entwicklung der gesamten Ladeleistung 01.01.2017 - 01.01.2023

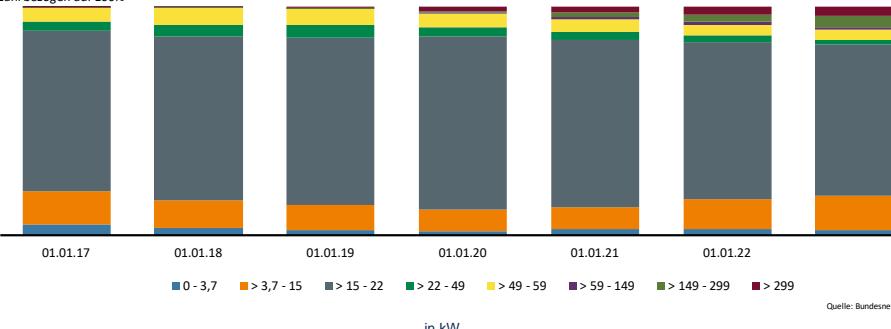
in kW



- Leistung aller Ladepunkte in Summe liegt z.Zt. bei 2,5 Mio. kW

Entwicklung der Leistungsklassen 01.01.2017 - 01.01.2023

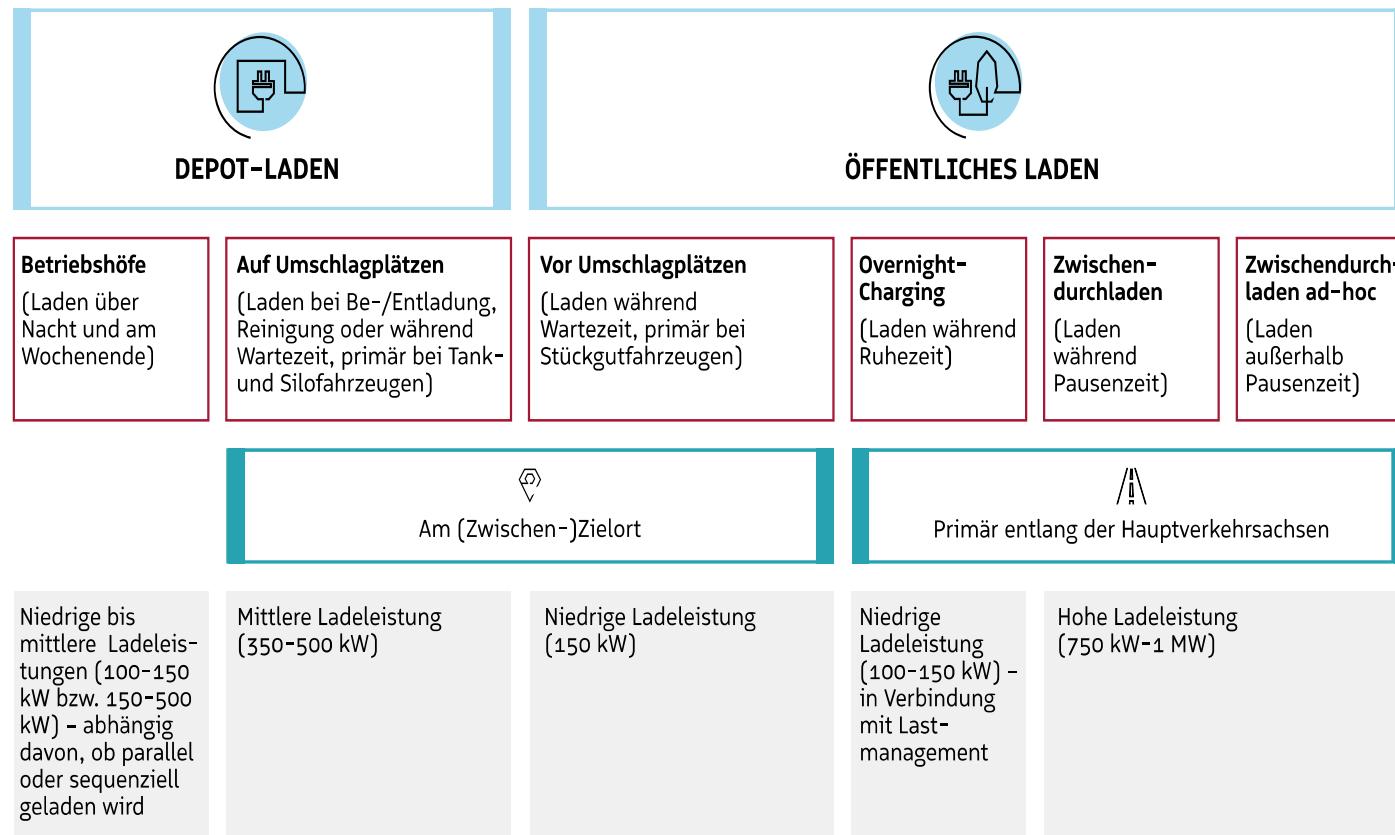
Anzahl bezogen auf 100%



- Die meisten Ladepunkte haben eine Ladeleistung < 22 kW
- Ladeleistungen > 150 kW haben z.Zt. rund 7.040 Ladepunkte
- 150 kW sollten mindestens erreicht werden für Lkw im öffentlichen Laden

Grundlagen: Ladeinfrastruktur Lkw

Über die Nationale Plattform Mobilität (NPM) wurden Ladeoptionen für Lkw in privaten und öffentlichen Bereich definiert.



- die größten Anforderungen liegen beim Laden im öffentlichen Raum und dort beim Laden in Pausenzeiten oder beim Kurzladen.
- Erforderlich sind:
 - hohe Ladeleistung
 - ausreichende Anzahl von Ladepunkten
 - Ausreichende Anzahl von Stellplätzen

Grundlagen: Ladestandards

Die nationale Plattform Mobilität hat Ladestandards für Lkw beschrieben. Die heute verfügbaren Ladeleistungen sind nicht ausreichend für Nutzfahrzeuge mit hohen Leistungsanforderungen.

STANDARD	LEISTUNG	EINSATZBEREICH	ZEITLICHE VERFÜGBARKEIT
CCS	<ul style="list-style-type: none">• Bis 500 kW (bzw. bis 500 A/ bis 1.000 V)• Aktuell im Pkw-Bereich primär bis 350 kW genutzt, bis 500 kW möglich	<ul style="list-style-type: none">• Einstieg für elektrische Nutzfahrzeuge• Nach Einführung MCS: Für Nutzfahrzeuge mit geringerem Leistungsbedarf (z. B. regionale Lieferfahrzeuge)	verfügbar
MCS	<ul style="list-style-type: none">• Bis 4,5 MW (bis 3.000 A/ bis 1.500 V)• Voraussichtlich bei Einführung 750 kW bis 1 MW genutzt	<ul style="list-style-type: none">• Für alle Nutzfahrzeuge mit hohem Leistungsbedarf (mit größeren Batterien, im Langstreckenverkehr ohne Möglichkeit auf Depot zu laden)	2023

Grundlagen: Ladezeiten und Lkw Reichweiten

Analyse Transport & Environment 2020:

Factors	Regional-haul 2020	Regional-haul 2030	Long-haul 2030
Range on full battery (km)	400	400	800
Battery size (kWh)*	720	575	1,150
Overnight depot charging capacity (kW)	75	75	150
Duration of overnight recharge	8 hours	8 hours	8 hours
Fast-charging capacity (kW)	150	600	1,200
Duration of recharge (0-100%)	4 hours	60 minutes	60 minutes

- Die Ladezeit hängt von der Batteriekapazität des Lkw und der Ladekapazität des Ladepunkts ab. Zu beachten ist, dass der Zeitbedarf für die Batterieladung bis zur Vollladung zum Ende des Ladevorgangs ansteigt. Batterien sollten daher mit einer höheren Kapazität als der benötigten Reichweite dimensioniert werden (Begrenzung der nutzbaren Kapazität bei 80%).
- Mit „Overnight Charging“ können bei geringer Ladeleistung Reichweiten von 400 km erreicht werden.
- „Zwischendurchladen“ mit kurzer Zeitdauer für den Ladevorgang, erfordert deutlich höhere Ladeleistungen, wenn Reichweiten von 400 km erreicht werden sollen (z.B. innerhalb von Pausenzeiten).
- Für die Langstrecke sind hohe Batteriekapazitäten und Schnellladepunkte mit sehr hohen Ladeleistungen notwendig. Diese Leistungsklasse ist noch nicht verfügbar.

Quelle: Comparison of hydrogen and battery electric trucks, T&E 2020

Fazit Technische Anforderungen Ladeinfrastruktur

Ladenetzaufbau:

- Zentral notwendig ist der zügige Aufbau von Ladeinfrastruktur für Nutzfahrzeuge. Erforderlich ist ein Ladenetz, das frühzeitig eine regionale Abdeckung ermöglicht und mittlere Ladeleistungen zur Verfügung stellt. Startpunkt ist privates Laden im Depot (CCS.Combined Charging Standards) in Kombination mit dem Aufbau eines ersten öffentlichen Netzes.

Leistungsanforderungen:

- Beim Depotladen sind niedrige bis mittlere Ladeleistungen ausreichend. Für das Schnellladen z.B. an BAB hohe Ladeleistungen (mittelfristig bis zu 1 MW) notwendig. Das „Overnight-Charging“ erfordert geringere Ladeleistungen.

Netzanschluss:

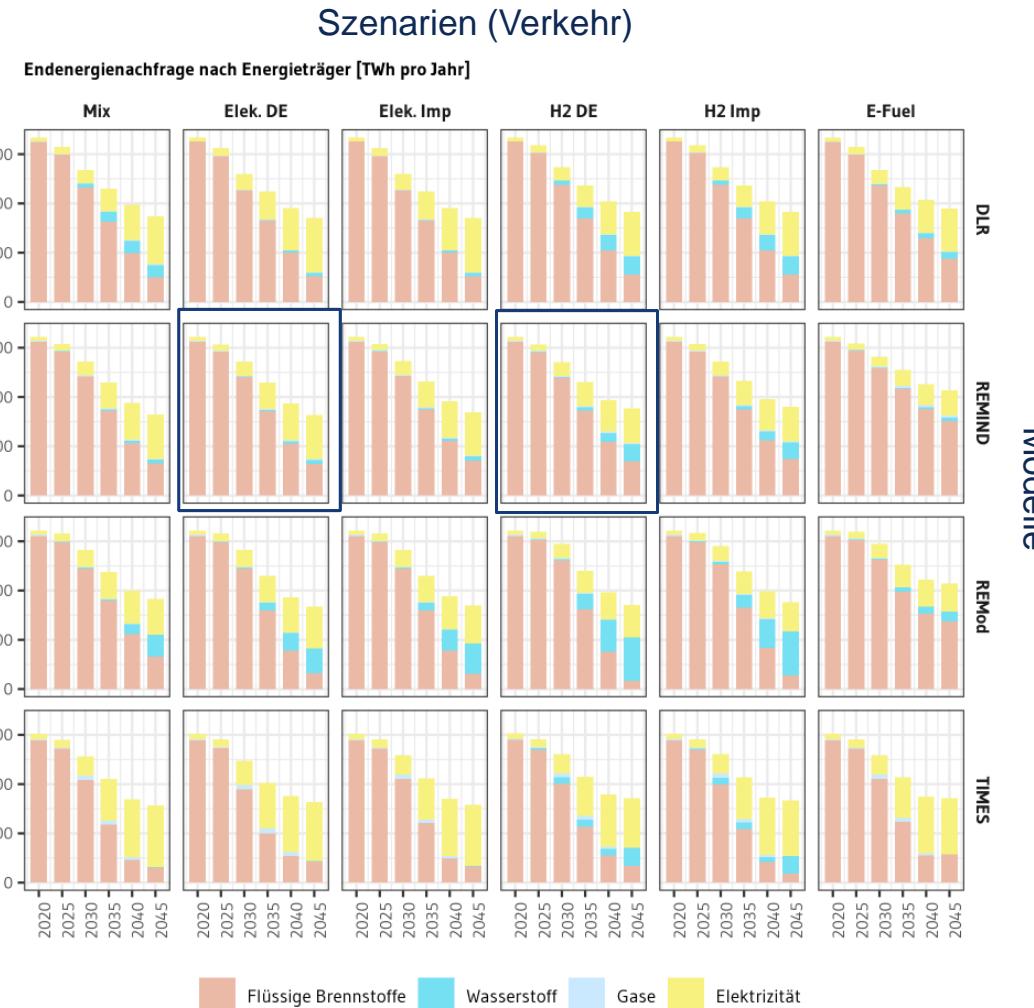
- Für das private und öffentliche Laden ist eine ausreichende Netzanbindung um den Leistungsbedarf der Ladepunkte abdecken zu können erforderlich. Aus Kostengründen ist ein Netzanschluss im Mittelspannungsbereich zu bevorzugen. Erforderlich ist eine zeitnahe Einbindung lokaler Netzbetreiber im Blick auf die Netzplanung und Aufbau von Lastmanagement.

Energiebedarfe H₂ und Strom; Hochlauf Infrastruktur (H₂ Tankstellen; Ladepunkte)

Endenergiebedarf Verkehrsbereich und Ableitung von Fahrzeughochlauf und Infrastrukturbedarf (FCEV, BEV)

- Zur Entwicklung von Szenarien zum Hochlauf von Fahrzeugen und Infrastruktur wurden Daten aus der Ariadne-Studie „Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 - Szenarien und Pfade im Modellvergleich“ aus Oktober 2021 genutzt.
- Das Ariadne-Szenario Remind Wasserstoff basiert auf Technologieoffenheit und einer verstärkten direkten Nutzung von Wasserstoff in Bereichen, deren direkte Elektrifizierung schwierig ist (mit Fokus auf einheimischer Erzeugung bzw. auf Importen).
- Das Ariadne-Szenario „Remind Elektrifizierung“ basiert auf Priorisierung der Direktelektrifizierung in den Endnutzungssektoren mit Fokus auf einheimischer Stromproduktion bzw. Importen.
- Dargestellt werden nationale Energiebedarfe.
- Zur Plausibilisierung der Angaben wurden weitere Studien (dena-Leitstudie, BDI-Klimapfade, Agora) ausgewertet.

Ableitung von Szenarien für den Fahrzeug und Infrastruktur Hochlauf



Szenarien für den Fahrzeug- und Infrastruktur-Hochlauf werden aus der „Ariadne-Szenarienwelt“ abgeleitet

Ariadne vergleicht umfassend Modelle, die Pfade zur Klimaneutralität in 2045 ermitteln. Generelle Aussagen für den Sektor Verkehr sind:

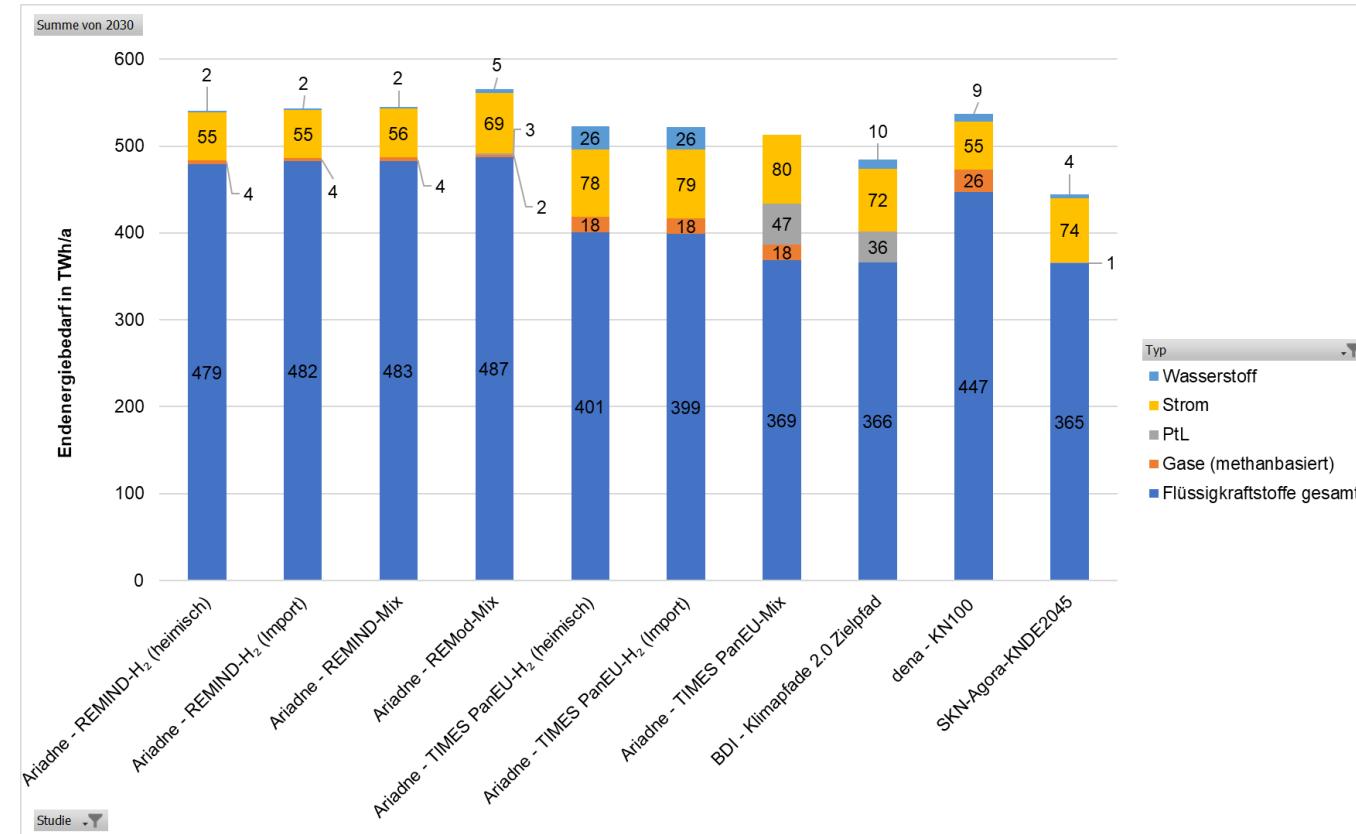
- direkte Elektrifizierung mit größtem THG-Minderungspotenzial im Verkehrssektor insb. bei Pkw.
- Für Pkw stehen batterieelektrische Lösungen zur Verfügung, bei Lkw bisher in geringem Umfang.
- Nutzung von Wasserstoff und E-Fuels ist in Teilbereichen des Güter-, Personenschienen- und Busverkehrs sowie für den Flugverkehr eine notwendige Alternative. Dies erfordert jedoch höheren Einsatz an erneuerbarem Strom.

DLR: Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum; REMIND: Potsdam Institute for Climate Impact Research; ReMod: Fraunhofer ISI; TIMES: IEA

Quelle: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 Szenarien und Pfade im Modellvergleich Oktober 2021

Endenergie im Verkehr (alle Segmente) nach Energieträgern 2030

2030

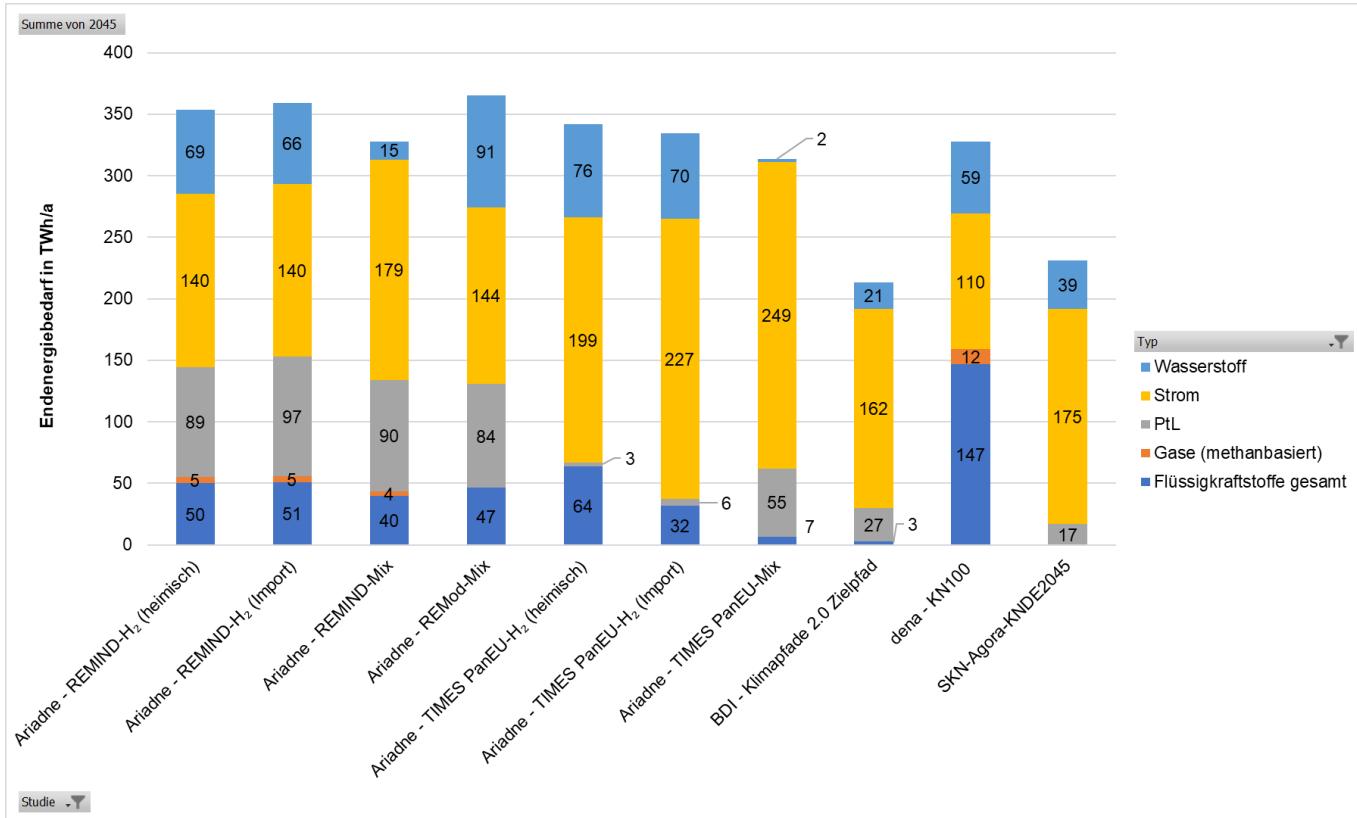


- 2030 existieren weiterhin Flüssiggkraftstoffe (Benzin, Diesel, Kerosin) mit geringen biogenen Anteilen.
- Anstieg des Strombedarfs infolge Verkehrsverlagerung auf die Schiene und Individualverkehr (BEV-Pkw).
- BioLNG bzw. Biomethan bleibt Brückentechnologie für Lkw.
- H₂- und PtL-Kraftstoffe mit geringen Anteilen.
- H₂-Nutzung in spezialisierten Anwendungen (schwere Lkw).

Quelle: DVGW Forschungsprojekt H2net&logistics

Endenergie im Verkehr (alle Segmente) nach Energieträgern 2045

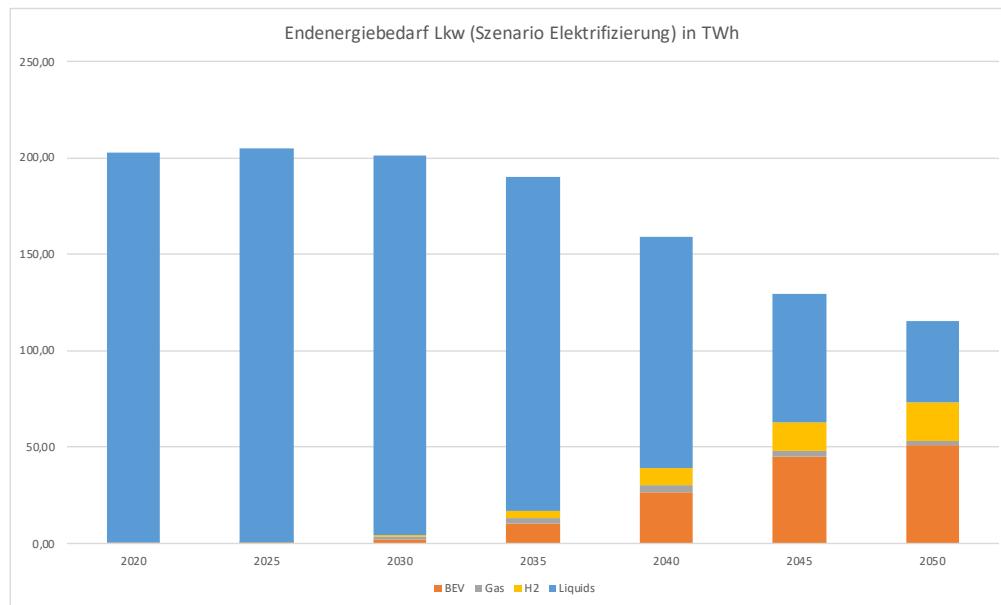
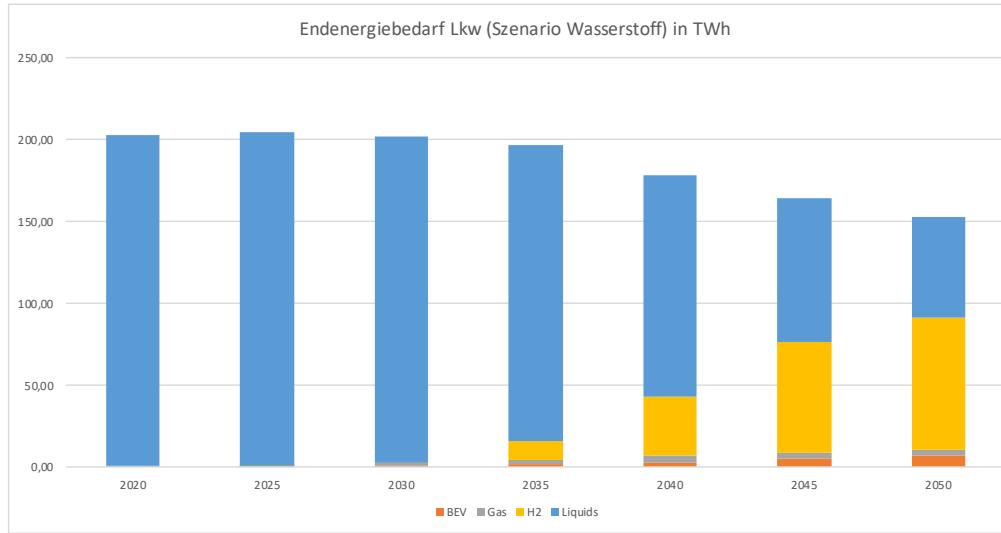
2045



- Im Jahr 2045 wird eine weitreichende Elektrifizierung erreicht und damit reduzierter Endenergiebedarf insgesamt.
- Methanbasierte Gase mit geringen Anteilen.
- zunehmender H₂-Bedarf für Nutzung, insbesondere bei (schweren) Lkw.
- PtL decken divergierende Residualbedarfe an Kohlenwasserstoffen (Flugverkehr, restliche Verbrenner) ab.

Quelle: DVGW Forschungsprojekt H2net&logistics

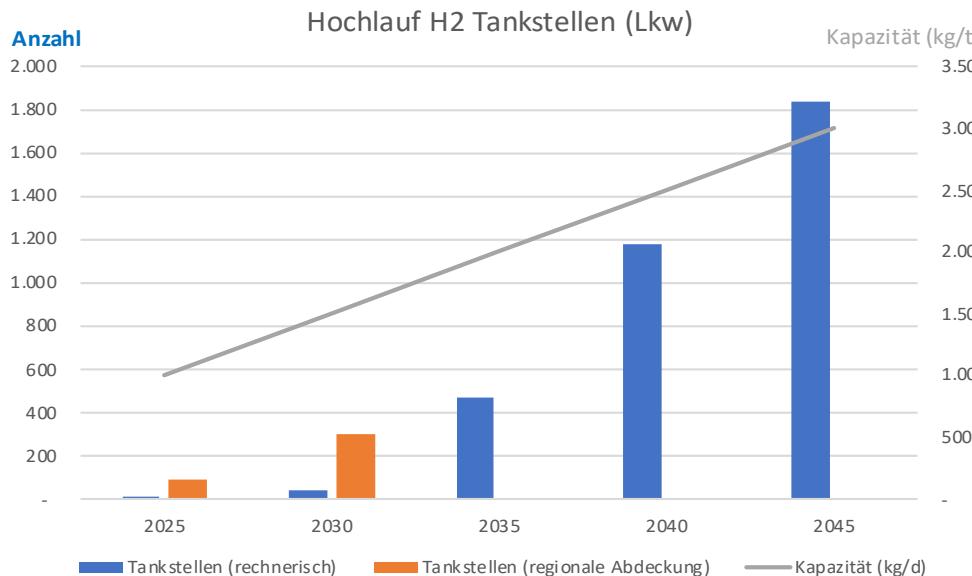
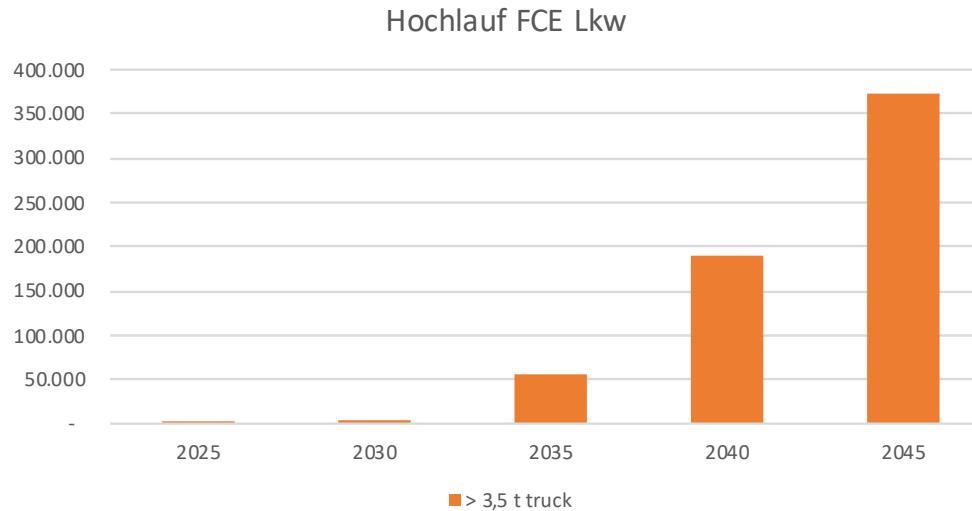
Endenergiebedarf Verkehrssektor (Lkw > 3,5t) nach Energieträgern



- zwei Szenarien für Schwerlastverkehr:
 - Technologieoffenes H₂-Szenario bei Lkw mit verstärkter Verwendung von H₂, dann wenn Elektrifizierung schwierig ist (REMIND-H2); Treiber für H₂-Bedarf sind (schwere) Lkw
 - Elektrifizierungsszenario mit politischer Fokussierung auf BEV; starker Rückgang des Energiebedarfs im Elektrifizierungsszenario
- bis 2030 dominiert Diesel; geringe biogene Anteile (Gas); starker Hochlauf von BEV oder FCEV erst ab 2030

Basis: Ariadne-Report: Deutschland auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045 Szenarien und Pfade im Modellvergleich

Hochlauf FCEV und H₂ Tankstellen (H₂ Szenario)



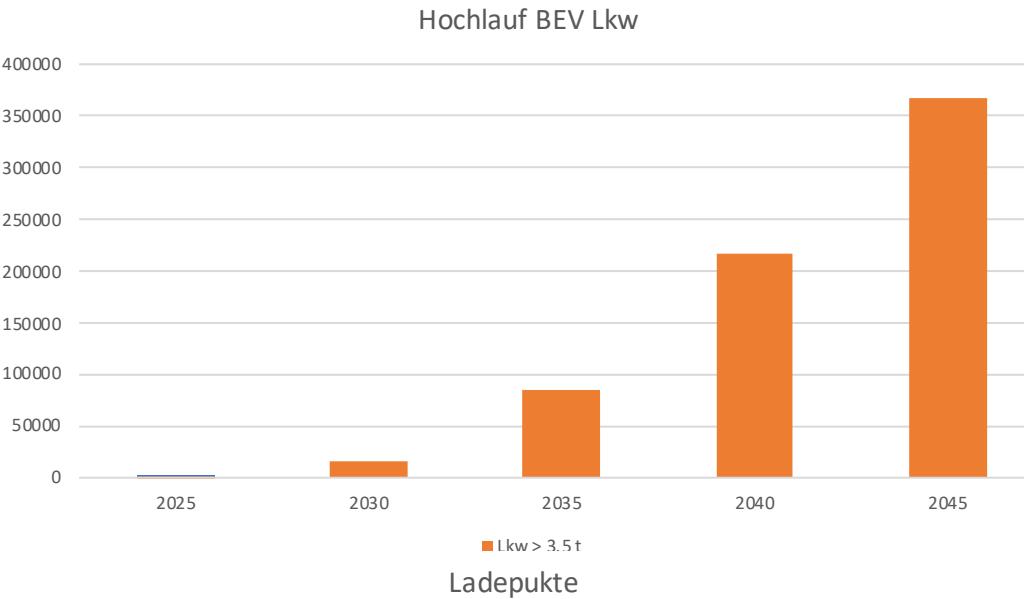
- Rückrechnung aus Endenergiebedarf über Fahrleistungen und Verbräuche.
- Zuwächse bei Lkw > 3,5t zGG. ab 2025 mit Schwerpunkt bei schweren Lkw.
- bis 2045 rund 0,35 Mio. FCE Lkw mit Schwerpunkt bei schweren Fahrzeugen (>12t)*.

- Rückrechnung aus Endenergiebedarf über gemittelten Tankstellenabsatz (rechnerischer Ansatz)
- Mix aus Tankstellen von 1 t/d – 6 t/d und starkem Zuwachs an „großen“ Tankstellen nach 2030
- 2025 85 und 2030 300 Tankstellen Tankstellen zur regionalen Abdeckung*

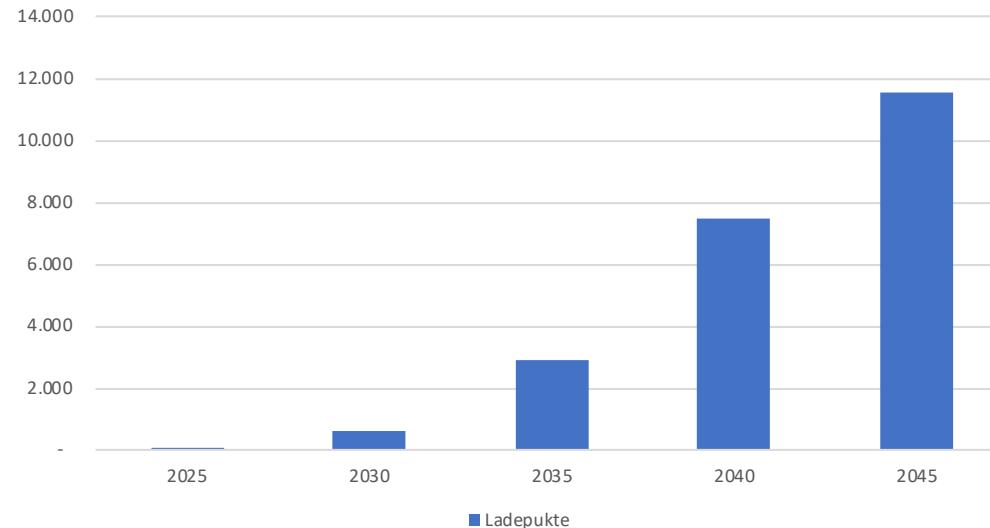
* Quelle: ACEA

* qualitative Bewertung

Hochlauf BEV Lkw und Ladepunkten (Elektrifizierungsszenario)



- Rückrechnung aus Endenergiebedarf über Fahrleistungen und Verbräuche
- Zuwächse bei Lkw > 3,5t zGG ab 2025
- bis 2045 rund 0,35 Mio. BEV Lkw mit Schwerpunkt bei kleineren und mittleren Größenklassen*



- Rückrechnung aus Endenergiebedarf über gemittelte Stromabgabe je Ladepunkt
- Zuwachs der durchschnittlichen Ladeleistung von 350 kW auf 600 kW
- deutlich forciert Aufbau ab 2025 zur regionalen Abdeckung erforderlich, 4000 Ladepunkte*

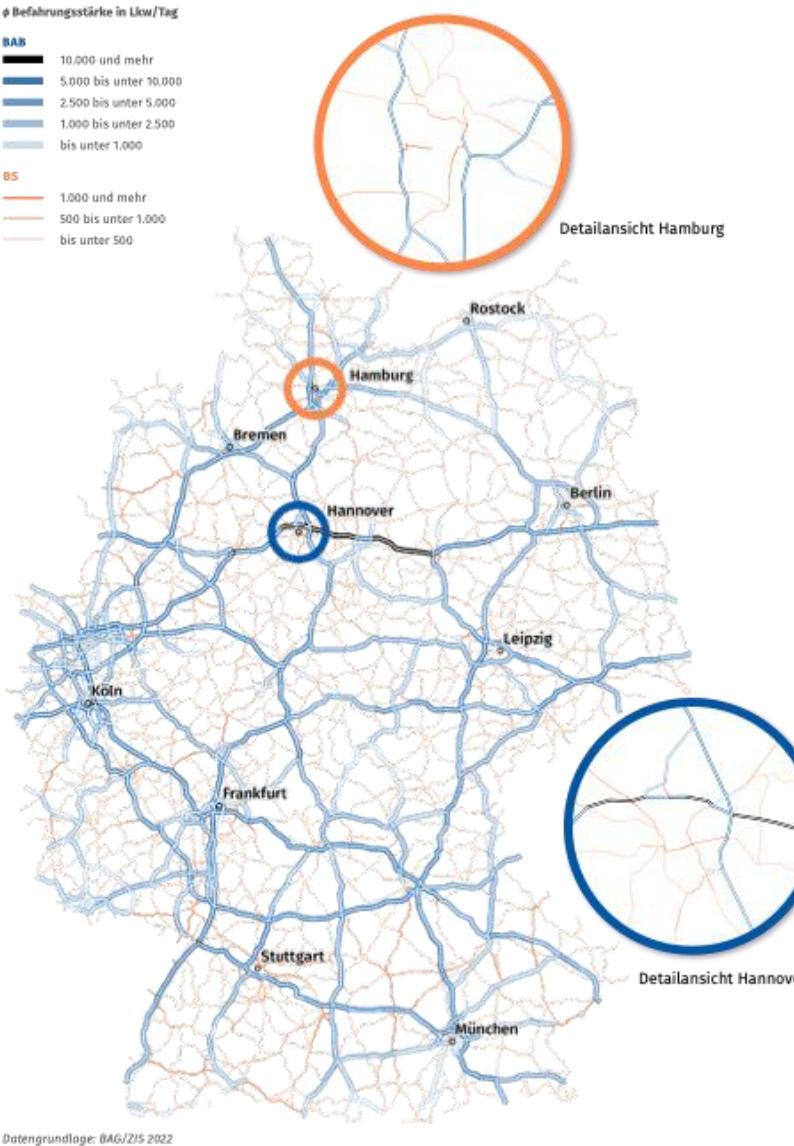
* Quelle: ACEA

Einordnung der Szenarien

- die bewerteten Szenarien sind Positivszenarien sowohl für die Nutzung von H_2 als von Strom bei schweren Lkw. Es wird angenommen, das regulatorische Rahmenbedingungen das jeweilige Szenario stützen.
- Die Anforderungen am den Schwerlastverkehr variieren (Nutzlast, Reichweite, Routen und Streckenprofil, zeitliche Nutzung). Um die Klimaziele erreichen zu können ist Technologieoffenheit erforderlich („no one fits all solution“).
- Zu berücksichtigen ist auch die zeitliche Verfügbarkeit der Technologien (Fahrzeuge, Infrastruktur, erneuerbare Antriebsenergie).
- Potentielle weitere Schritte:
 - Spiegelung der Szenarien an erwarteter Verfügbarkeit von Fahrzeugen (BEV, FCEV)
 - Spiegelung der Szenarien an Hochlauf von Energieträgern
 - Entwicklung von Mischszenarien

Regulatorischer Rahmen für den Hochlauf Infrastrukturhochlauf (von H₂ und Strom)

Befahrungsstärke von Autobahnen und Bundesstrassen durch schwere Lkw

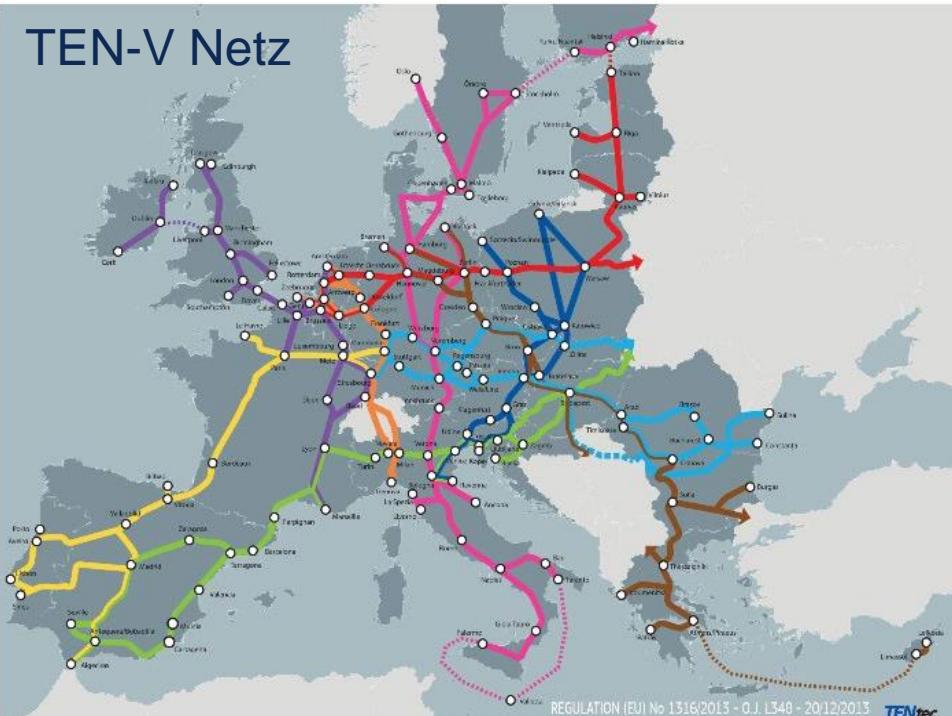


- A2 ist Autobahn mit höchster Befahrungsstärke, insb. im Raum Hannover und von dort in Richtung Berlin (> 10.000 Lkw/d in Teilbereichen).
- B3 ist Bundesstraße mit höchster Befahrungsstärke im Raum Hamburg (> 5.000 Lkw/d in Teilbereichen)
- Stark befahren sind auch die Ballungsräume Rhein/Ruhr, Frankfurt, Stuttgart, München.
- Der Ausbau von öffentlicher Lade- und Tankinfrastruktur sollte sich an den Hauptstrecken und Ballungsräumen orientieren; bevorzugter Aufbau an Autohöfen (beidseitige Anfahrt).
- Es müssen vorgelagerte Logistik (Netzanschlüsse, H₂ Anlieferung per Pipeline oder Trailer) und Flächen (Laden, Tanken, Parken) bereitgestellt werden.

Alternative Fuel Infrastructure Regulation (AFIR)

Ladestationen und H₂ Tankstellen

Über die AFIR wird ein für alle EU-Staaten verbindlicher Ausbau einer flächendeckenden, öffentlich zugänglichen Infrastruktur für alternative Kraftstoffe entlang des TEN-V Netzes festgelegt:



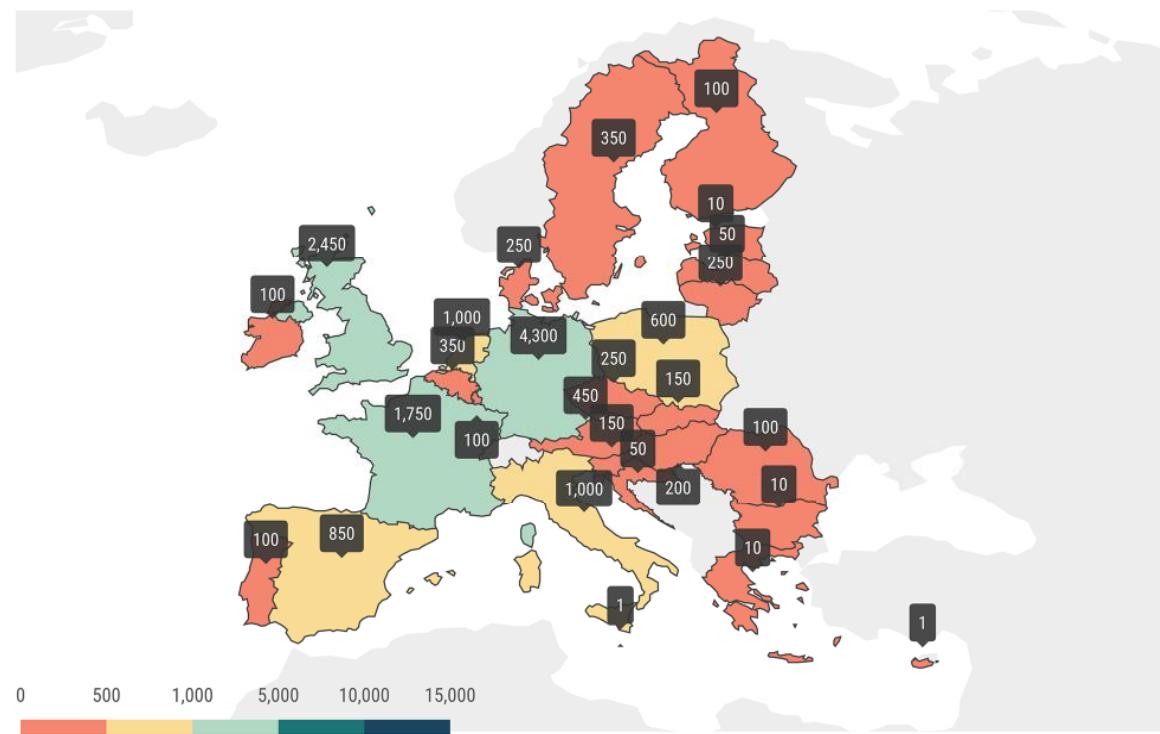
- Ladeinfrastruktur im TEN-T-Netz (Lkw)
 - ab 2025: Alle 60 km Ladestationen mit Mindestleistung von 350 kW entlang des TEN-V-Kernnetzes und alle 100 km im größeren TEN-V-Gesamtnetz
 - bis 2030: vollständige Netzabdeckung
 - Ladestationen an sicheren Parkplätzen zum Aufladen über Nacht und an städtischen Knotenpunkten
- H₂ Infrastruktur (Pkw und Lkw)
 - ab 2030 alle 200 km entlang des TEN-V-Kernnetzes und in allen städtischen Knotenpunkten

Die Vereinbarung bleibt hinter den Notwendigkeiten zurück. Um Klimaziele zu erreichen, wäre ein deutlich schnellerer Hochlauf von Infrastruktur notwendig, insb. bei H₂ Infrastruktur

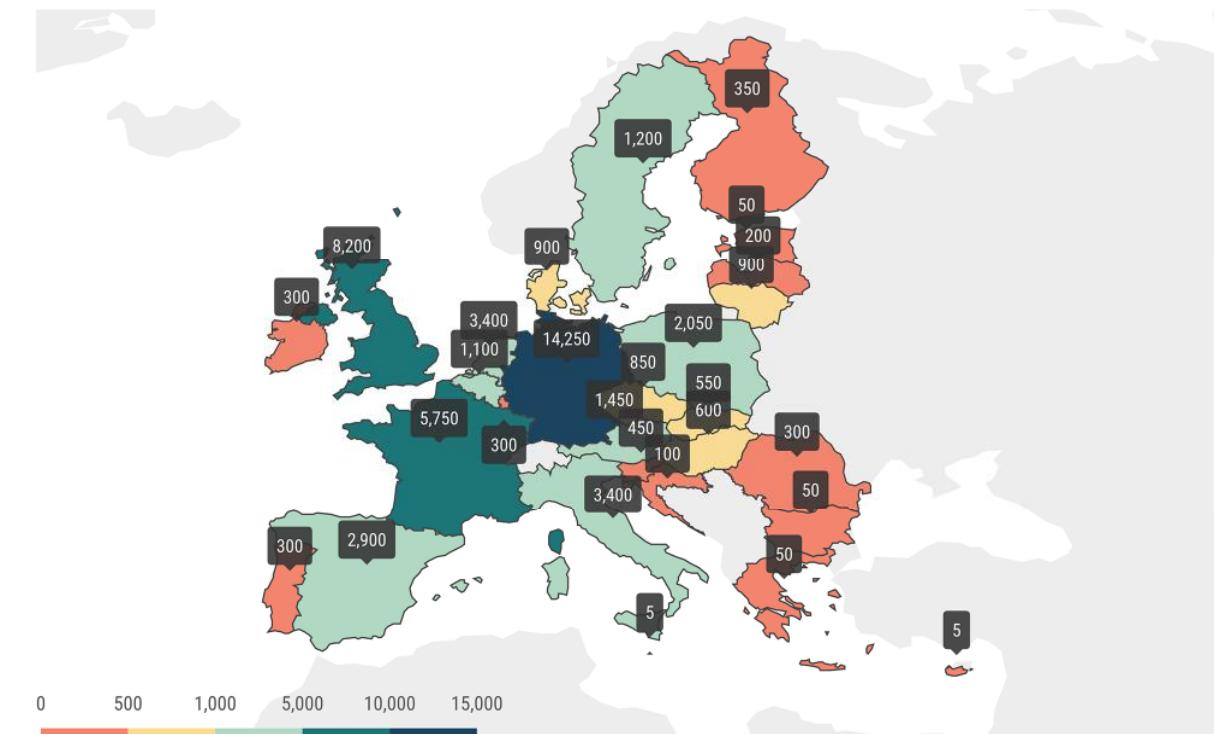
Aufbau von Ladeinfrastruktur in der EU (ACEA)

ACEA fordert einen deutlich schnelleren Hochlauf von Ladeinfrastruktur und Ladeleistung für Lkw im Vergleich zu den Vorschlägen zur Ausgestaltung der AFIR.

Charging points in the EU27 + UK ↗ 15,000 in 2025



Charging points in the EU27 + UK ► 50,000 in 2030



Quelle: ACEA Position Paper Heavy-duty vehicles: Charging and refuelling infrastructure requirements; 2021

Handlungsempfehlungen Ladeinfrastruktur (E-Lkw)

Hohe Reichweiten können mit schweren E-Lkw können, nach aktuellem Stand der Entwicklung und erwarteter technologischer Fortschritte, erst langfristig erreicht werden. Der Fokus sollte daher auf einem Hochlauf von E-Lkw für regionale Transporte liegen.

Für den Hochlauf von E-Lkw ist ein zügiger Aufbau und eine Verdichtung von Ladeinfrastruktur mit ausreichender Ladeleistung notwendig. Für Depotladen, z.B. auf Betriebshöfen oder bei „Overnight Charging“ an öffentlichen Ladepunkten reichen geringe Ladeleitungen (100 – 150 kW). Beim Laden an Autobahnen während Pausenzeiten (45 Min) sind hohe Ladeleistungen von 750 – 1000 kW je Ladepunkt erforderlich.

Ein Ladenetz entlang der Hauptverkehrsstrecken sollte die Mindestanforderungen der AFIR im Blick auf die Anzahl der Ladepunkte übersteigen.

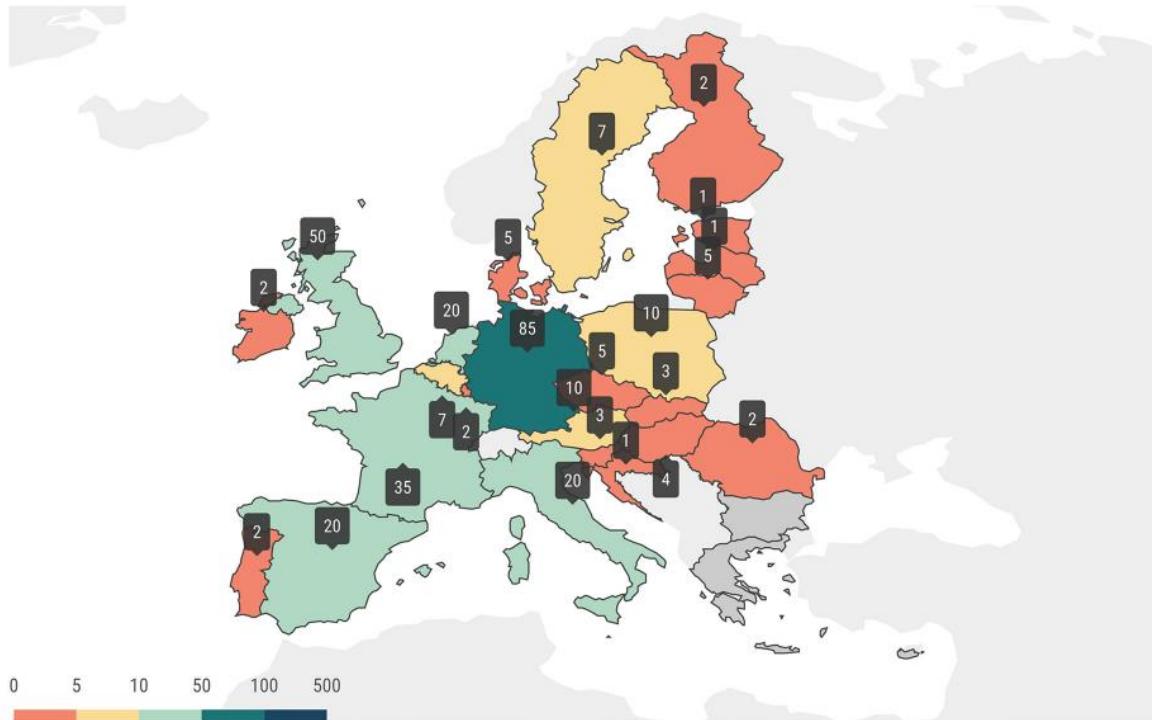
Der Aufbau eines Ladenetzes für das öffentliche Laden und insbesondere Schnelladen stellt Herausforderungen an die Bereitstellung der erforderlichen Flächen (Ladepunkte, Parken, spätere Skalierung/Ausbau). Bevorzugte Standorte sind Logistikzentren und Autohöfe entlang der Hauptverkehrsachsen (beidseitige Befahrbarkeit).

Für eine schnell Umsetzung des Aufbaus von Ladeinfrastruktur sind die Anforderungen an Genehmigungsprozesse zu vereinheitlichen und Verfahren zu vereinfachen.

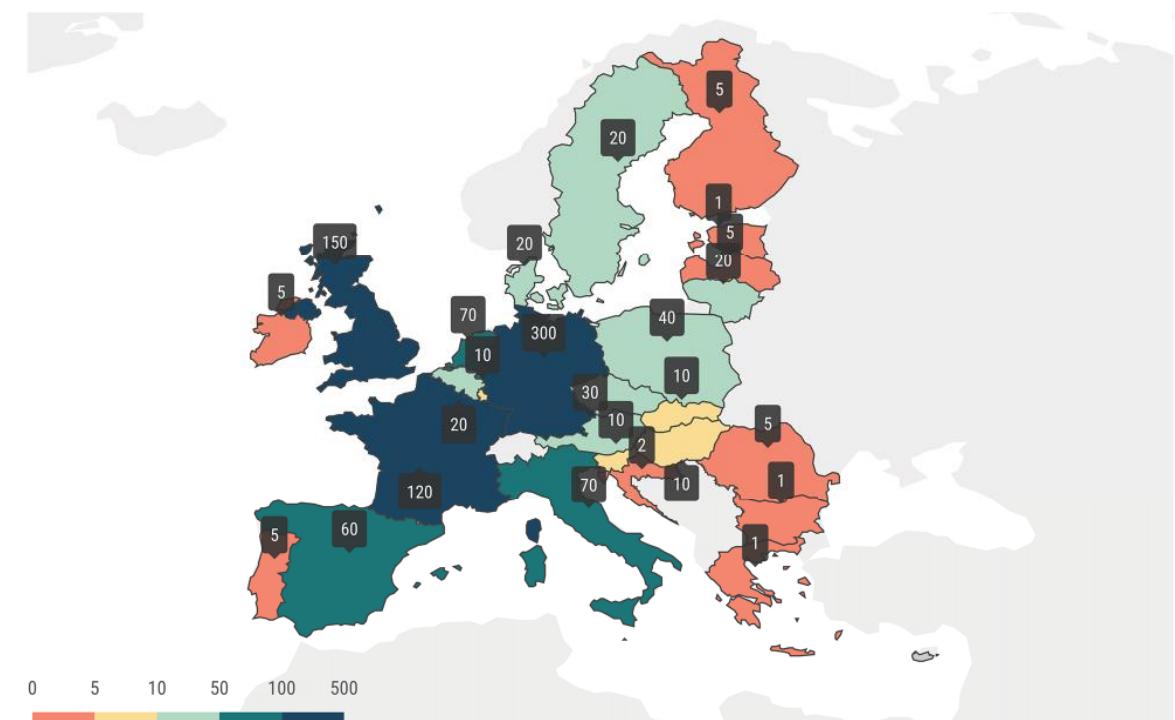
Aufbau von H2 Tankinfrastruktur in der EU (ACEA)

Beim Aufbau der Tankstelleninfrastruktur sollten komprimierter Wasserstoff (350bar und 700bar) und flüssiger Wasserstoff berücksichtigt werden. Eine Wasserstofftankstelle für Lkw sollte eine Kapazität von > 6 t H₂/d, bei mindestens zwei Zapfsäulen haben.

Hydrogen refuelling stations (HRS) in the EU27 + UK | 300 in 2025



Hydrogen refuelling stations (HRS) in the EU27 + UK ► 1,000 in 2030



Quelle: ACEA Position Paper Heavy-duty vehicles: Charging and refuelling infrastructure requirements; 2021

Handlungsempfehlungen H₂ Tankstelleninfrastruktur (Lkw)

Um geforderten hohen Reichweiten bei Brennstoffzellen-Lkw zu ermöglichen, sollte Wasserstoff gasförmig bei 700 bar bereitgestellt werden. Die Versorgung kann zunächst über Tanklastwagen erfolgen. Bei größeren Absatzmengen sollte eine Belieferung über Leitungen vorgesehen werden oder über leitungsgebundene H₂ Hubs von denen H₂ an Tankstellen weiterverteilt wird.

Eine Alternative ist flüssiger Wasserstoff (-247° C, 16 bar). Diese Technologie befindet sich in der Entwicklung und sollte beim Aufbau der Tankstelleninfrastruktur berücksichtigt werden. Es sollte jedoch eine Festlegung auf eine Tanktechnologie von Seiten der Fahrzeughersteller erfolgen, um den Aufbau von unterschiedlichen H₂ Tanktechnologien zu vermeiden.

Der Hochlauf von Brennstoffzellen-Lkw erfordert einen zügigen Aufbau und eine Verdichtung von H₂-Tankstelleninfrastruktur. Das Tankstellenetz sollte sowohl aus zeitlicher Sicht als auch im Blick auf die Anzahl der Tankstellen ambitionierter aufgebaut werden als durch die AFIR vorgesehen. Insbesondere in der Anfangsphase ist eine ausreichende, regionale Verfügbarkeit von H₂-Tankstellen erforderlich.

Für eine schnell Umsetzung des Aufbaus von H₂-Tankstelleninfrastruktur sind die Anforderungen an Genehmigungsprozesse zu vereinheitlichen und Verfahren zu vereinfachen.

Bevorzugte Standorte sind Logistikzentren und Autohöfe entlang der BABs (beidseitige Befahrbarkeit). Das DVGW Forschungsprojekt H2 net&logistics* untersucht den Hochlauf von H₂ Tankstellen Infrastruktur (zeitliche und räumlich).

*<https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsprojekt-h2netlogistics>

Empfehlung zum Hochlauf von Lade- und Tankinfrastruktur

2023

2025

2030

2035



 Aufbau von Ladeinfrastruktur auf Betriebshöfen, Pendelverkehre (Ladeleistung > 50 kW)

 Anpassung des H₂-Tankstellennetzes an Bedarfe für Lkw-Tankstellen (350 bar, 700 bar) auf Betriebshöfen

Aufbau von öffentlicher Ladeinfrastruktur entlang BAB (z.B. Autohöfe) und Logistikzentren (Schnelllader > 350 kW)

Aufbau H₂ Tankstellennetz entlang BAB (z.B. Autohöfe) und Logistikzentren Tankstellenkapazität > 1 t/d

Verdichtung öffentlicher Ladeinfrastruktur entlang BAB (z.B. Autohöfe) und in Logistikzentren (Schnelllader, > 500 kW)

Verdichtung öffentlicher Tankstelleninfrastruktur entlang BAB (z.B. Autohöfe) und in Logistikzentren Tankstellenkapazität > 4 t/d

Erforderlich ist ein verbindlicher regulatorischer Rahmen zum Aufbau der Infrastruktur. Dies wurde über die AFIR auf europäischer Ebene zwar umgesetzt werden, die Vorgaben jedoch wenig ambitioniert gestaltet. Die im März 2023 vorgelegte Einigung von Parlament, Kommission und Rat bleibt deutlich hinter den Bedürfnissen zurück.

Wirtschaftliche Geschäftsmodelle werden sich erst mittelfristig entwickeln, so dass eine nationale Investitionsförderung und die Möglichkeit für Infrastrukturbetreiber am THG-Quotenhandel weiter teilzunehmen, erforderlich sind.

Impressum

- **Herausgeber : Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V. (DVGW)**
Josef-Wirmer-Str. 1-3, 53123 Bonn
- **Auftraggeber : Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena)**



- Die neue Plattform Nachhaltiger Schwerlastverkehr ist eine marktübergreifende Allianz für den Schwerlastverkehr auf der Straße, die den Markthochlauf alternativer Antriebs- und Kraftstoffoptionen sowie den Ausbau notwendiger Infrastrukturen technologieoffen vorantreibt.
- Die von der Deutschen Energie-Agentur (dena) und dem Deutschen Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) koordinierte Plattform, bringt in einem technologieoffenen und ganzheitlichen Ansatz, Akteure aus den Bereichen Technologie, Infrastruktur, Kraftstoff, Energie und Fahrzeugindustrie sowie der Transport- und Logistikbranche zusammen.