



Wasserstoffmobilität in Deutschland: Verkehrsstudie

Studie für die HyMobility-Fachkommission des DWV

Martin Zerta, Dr. Leo Diehl, Franz Lust, Christopher Kutz
Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

22.03.2023

Die DWV-Fachkommission HyMobility wird 2023 mit unterschiedlichen Studien den politischen Diskurs um BZ-Mobilität mitgestalten.



Vorliegende Studie der LBST für die HyMobility-Fachkommission (Q1/2023)

Umwelt

- Klimapolitischer Rahmen für emissionsfreie Mobilität
- Bedeutung schwere Nutzfahrzeuge für CO₂-Emissionsreduktionsziele

Verkehr

- Verkehrsemissionen (Lärm und Schadstoffe)
- Rolle kommunaler Verkehrsziele bis 2030



Geplante vertiefende Studien im Rahmen der HyMobility-Fachkommission (ab Q2/2023)

Erzeugung

- Erneuerbare Stromproduktion und erforderliche H₂-Erzeugungskapazitäten
- Regionale Produktion vs. Energieimporte

Technologie

- Technologische Herausforderungen
- Aufbau der erforderlichen Infrastruktur
- Fahrzeughochlauf

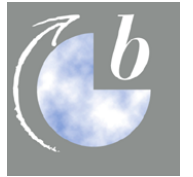
Arbeitsmarkt

- Auswirkungen eines BZ-Hochlaufs auf Wirtschaftsstandort Deutschland
- Resultierende Arbeitsmarkteffekte



Motivation und Einführung

Erste Projekte zeigen: Der Markt zeigt steigendes Interesse an BZ-Mobilität. Deutschland braucht jetzt den Markthochlauf für BZ-Fahrzeugen.



Copyrights: BMW Group

BMW Group (27.2.2023)

- Start der BMW iX5 Hydrogen Pilotflotte
- <100 Fzg für internationale Demonstrationszwecke



Quelle: HyLane

Spedition Amm, DSV, dm (1.3.2023)

- 4 BZ-Lkw vom Typ Hyundai Xcient Fuel Cell Typ 6x2
- Belieferung dm-Märkte in Nürnberg



Copyrights: DB Schenker / Michael Neuhaus

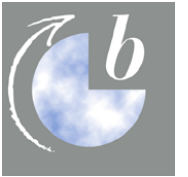
Logistikunternehmen DB Schenker (7.3.2023)

- Auslieferung erster Hyzon HYMAX (40-Tonner mit ca. 400 km Reichweite)
- Strecke: Köln (DE) - Eupen (BE)

Zunehmend werden BZ-Fahrzeuge auf deutschen Straßen erprobt.



Die Studie für die HyMobility-Kommission des DWV soll die Bedeutung von BZ-(Nutz-)Fahrzeugen für die Erreichung der Klima- und Umweltschutzziele aufzeigen.



Motivation

- Politik und Industrie **zu zögerlich** hinsichtlich Einsatz von **Wasserstoff im Verkehr**
- **Markteinführung** von BZ-Fahrzeugen in Deutschland **bedarf rascher Unterstützung**
- DWV und HyMobility-Fachkommission als **Vermittler und Sprachrohr** für nachhaltige **BZ-Mobilität**

Vorgehen: 2 Teilstudien

Umweltstudie

- Fokus: Klimaschutzziele / CO₂-Emissionen (bis 2030 & 2045)
- Rolle/Chancen BZ-Mobilität (insb. Nfz) im Verkehrssektor

Verkehrsstudie (diese Studie)

- Fokus: lokale/kommunale Emissionen (Lärm und Luftschadstoffe)
- Handlungsdruck und -bedarf vor 2030, insb. Bedeutung von (und für) BZ-Mobilität

Studienziele



- Identifizierung der **wesentlichen Herausforderungen** und **akuter Handlungsbedarfe** zur Erreichung der Bundes- und kommunalen Ziele im Verkehrssektor (Klima- und Umweltschutzziele)
- Herausarbeitung **wesentlicher Beiträge von BZ-Fahrzeugen (insb. Nfz)** zur Zielerreichung



Verkehrsstudie

**Fokus: lokale / kommunale Emissionen
(Lärm, NOx, Feinstaub)**

Übersicht Storyline Verkehrsstudie (Ziele bis 2030)



Luftqualität, Lärm und das Verkehrsaufkommen stellen insbesondere **Kommunen** zunehmend vor **große Herausforderungen**.



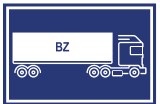
Nutzfahrzeuge sind ein bedeutender Treiber dieser Entwicklung und gleichzeitig der **entscheidende Hebel**.



Brennstoffzellen-Nutzfahrzeuge ersetzen vornehmlich Dieselmotoren und tragen dadurch **gezielt zur Schadstoffreduzierung** bei.



Brennstoffzellenfahrzeuge können durch ihre spezifischen Eigenschaften einen **wichtigen Beitrag zum emissionsfreien Verkehr** leisten.



Kommunen können durch geeignete Instrumente den Hochlauf der **Brennstoffzellenmobilität wesentlich unterstützen**.

Luftqualität, Lärm und das Verkehrsaufkommen stellen insbesondere Kommunen zunehmend vor große Herausforderungen.



Status Quo

Schadstoffe

- ~ **44.000 vorzeitige Todesfälle** in Deutschland pro Jahr [EEA 2021]
→ Einbußen an Lebensqualität in deutschen Städten
- **Neue Zielwerte** aus Vorschlag zur Revision der Air Quality Directive (AQD):
 - $PM_{2,5}$: 25 → 10 $\mu g/m^3$
ergäbe Überschreitung an 32% aller Teststationen (43% der Verkehrs-Teststationen)
Hinweis: WHO-Vorschlag: 5 $\mu g/m^3$ (→ 99%)
 - NO_2 : 40 → 20 $\mu g/m^3$
ergäbe Überschreitung an 55% aller Teststationen (93% der Verkehrs-Teststationen)
Hinweis: WHO-Vorschlag: 10 $\mu g/m^3$ (→ 84%)

Lärm

- **5,7 Mio. Menschen in Deutschland** von Lärm belästigt (in städtischen Gebieten) [EEA 2023]



In den orangenen und roten Flächen sind Menschen „gesundheitsschädlichen Auswirkungen“ oder „erheblichen Belästigungen“ durch Lärm ausgesetzt.

Mögliche Maßnahmen und Sanktionen

- **Luftreinhaltepläne**
- „**Pläne für kurzfristige Maßnahmen**“ (39. BImSchV §28) können fast alle wirtschaftlichen Tätigkeiten betreffen
- Vertragsverletzungsverfahren (Strafzahlungen mit **Tagessatz bis zu > 800.000 €**)
- Lärmaktionspläne müssen erstellt werden, die **Lkw-Fahrverbote** und teure **Lärmschutzmaßnahmen** bedeuten können

Belastungen für Gesundheit, sowie Grenzwertüberschreitungen erzeugen Handlungsdruck auf Kommunen.

Nutzfahrzeuge sind ein bedeutender Treiber dieser Entwicklung und gleichzeitig der entscheidende Hebel.



Nutzfahrzeuge als Emittenten

Lärm

- Bisherige Senkung der Geräuschgrenzwerte für Typprüfung: nur geringe Verbesserungen
- Lkw: **Motorengeräusche bei ≤ 60 km/h dominant:**
 - >50% Lärm-Reduktionsmöglichkeit durch Antriebselektrifizierung in 50er-Zonen
 - Höheres Lärm-Reduktionspotential durch Elektrifizierung bei Lkw (Bei Pkw erst unter 30 km/h)
- 1 Lkw ist durchschnittlich so laut wie 20 Pkw [UBA 2022]



Weitere absehbare und übergreifende Veränderungen der regulatorischen Vorgaben:

- **EURO VII** (Kommissionsvorschlag 12. Okt 2022) → beinhaltet auch NO_x -Emissionen für schwere Nfz
- **Lkw-Maut** → Einschluss von Lärm- und Schadstoffstaffelung

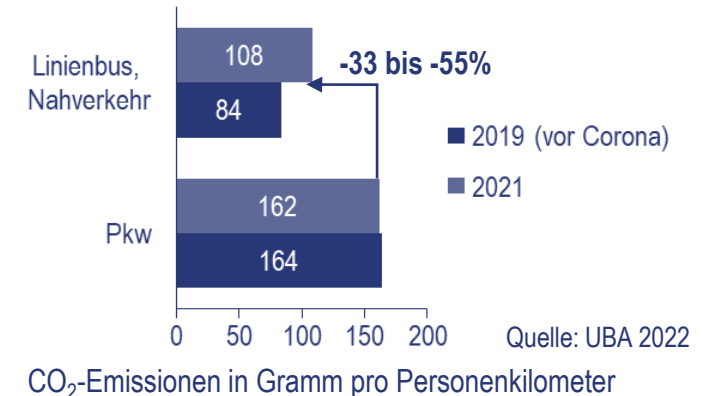
Schadstoffe

- Nutzfahrzeuge haben **pro Fahrzeug deutlich höhere Schadstoff-emissionen** durch:
 - Höheres Gewicht
 - Höhere Auslastung (km pro Jahr)
- Gerade bei hoher Nfz-Dichte lokales Problem



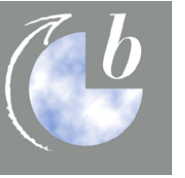
Lokale CO₂-Emissionen

- Modal Shift alleine ist keine Lösung:
 - Wechsel von Pkw zu Bus reduziert Emissionen pro Pkm nur um 50% bzw. 33% (siehe Grafik) [UBA 2022]
 - Bei Lkw und SZM keine Option
- **Antriebswechsel bei Nfz notwendig**

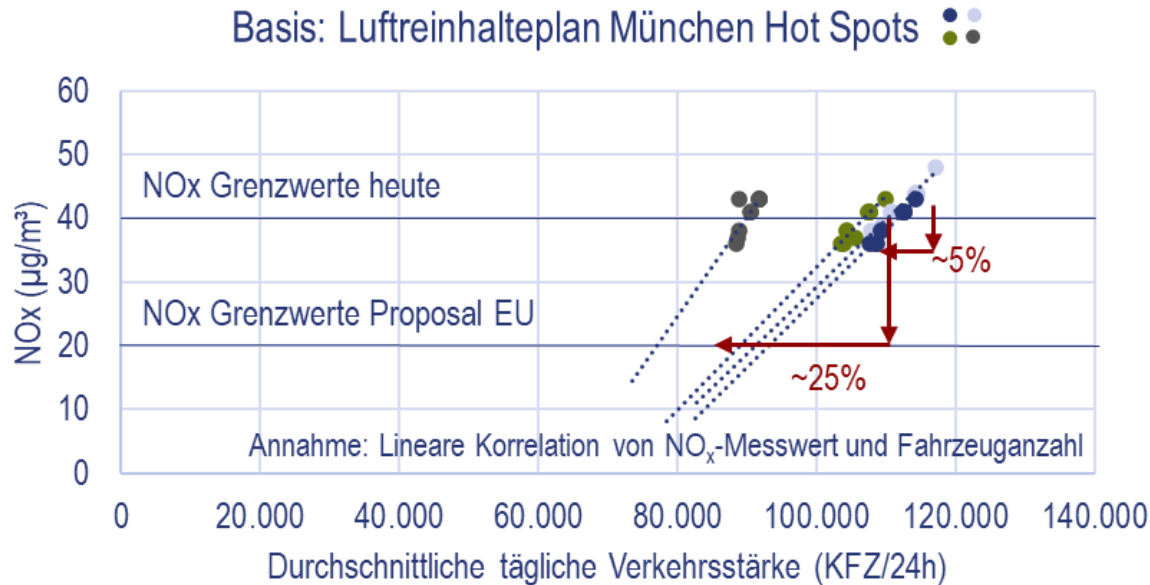


Lokal kommt es zu einer überproportionalen Belastung durch Nutzfahrzeuge.

Brennstoffzellen-Nutzfahrzeuge ersetzen vornehmlich Dieselmotoren und tragen dadurch gezielt zur Schadstoffreduzierung bei.



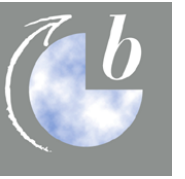
Beispiel: NO_x-Emissionen an ausgewählten „Hotspots“ in München






- **NO_x-Grenzwertüberschreitung** nach aktueller Gesetzeslage an 4 „Hotspots“ in München
 - Luftreinhaltepläne adressieren Problem durch gezielte **Fahrverbote von Großemittern**
→ Nutzfahrzeuge laufen annähernd vollständig mit Diesel, der Hauptquelle von NO_x im Straßenverkehr
 - **Potenziell mehr Fahrverbote nötig** durch AQD ab 2030 (z.B. Halbierung NO_x-Grenzwert)
- **Ersatz von mindestens 25% aller Fahrzeuge erforderlich** für Einhaltung neuer Grenzwerte

Ersatz durch BZ-Nfz bietet die Möglichkeit Grenzwerte einzuhalten, ohne Fahrverbote auszusprechen.

Brennstoffzellenfahrzeuge können durch ihre spezifischen Eigenschaften einen wichtigen Beitrag zum emissionsfreien Verkehr leisten.






Vorteile der E-Mobilität allgemein

-  Positive Auswirkungen auf Luftqualität
-  Emissionsfreier Antrieb
-  Deutlich reduzierte Lärmemissionen



Vergleichbarer Systemwirkungsgrad von BZ- und Batterie-Fzg. über Gesamtkette (bei Energieimport nach DE, inkl. Speicherung und Rückumwandlung)




Stärken der BZ-Mobilität gegenüber Batteriefahrzeugen

-  Kurze Betankungszeiten großer Energiemengen
-  Lokale Wertschöpfung möglich (inkl. Zulieferer)
-  Geringerer Ressourcen- & Rohstoffbedarf



Erschließung regionaler (Wertschöpfungs-)Potenziale durch lokale Energieversorgung und Sektorkopplung (Erzeugung, Speicherung, Verbrauch)

Einsatz im Nfz-Segment

-  Hohe Reichweite / gespeicherte Energiemenge
-  Energiebereitstellung für Nebenaggregate (Klimatechnik)
-  Geringeres Gewicht (ins. hinsichtlich Batterie)



Hohe Einsatzdauer / Auslastung der Fahrzeuge



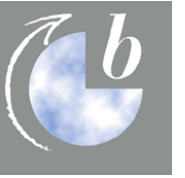
Hohe Kapazität der H₂-Infrastruktur



Versorgungssicherheit durch H₂-Speicherung

Vielfältige Vorteile durch Brennstoffzellenmobilität.

Kommunen könnten durch geeignete Instrumente den Hochlauf der Brennstoffzellenmobilität wesentlich unterstützen.



Mögliche Instrumente

Vorschriften für Emissionen / Schadstoffe



Finanzielle Unterstützung
(insbesondere für Brennstoffzellen-Fahrzeuge)



Anreize schaffen, um erwünschtes Verhalten zu fördern
(z. B. Exklusive Parkplätze, Fahrspuren, ...)



Beschaffungsanforderungen
(z.B. SaubFahrzeugBeschG → Ausschreibungen für kommunale Fzg-Flotten)



Infrastruktur
(Tankstellen, ...)



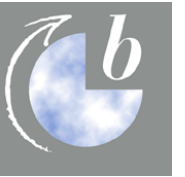
**Beschleunigter
Hochlauf
der
Brennstoffzellen-
mobilität**

Politische Handlungsfähigkeit auf kommunaler Ebene stärken.



Zusammenfassung und Fazit

Fazit: Beide Studienteile unterstreichen den dringenden und kurzfristigen Handlungsbedarf für die erfolgreiche Einführung von BZ im Nfz-Segment.



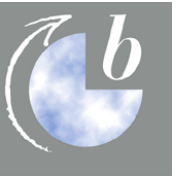
Kernbotschaften Umweltstudie

- **CO₂-Ziele** im Verkehrssektor (2030 & 2045) **nur durch** Umstellung wesentlicher Teile des **Nfz-Segments erreichbar** (Nfz sind starker Hebel: 1 SZM = 50 Pkw)
- **Bisheriger regulatorischer Rahmen ist nicht ausreichend:** Verschärfungen (z.B. Flottengrenzwerte, ETS II) erhöhen weiter den Handlungsdruck auf Gesetzgeber, OEMs und Betreiber
- **Rascher Markthochlauf** emissionsfreier schwerer Nfz erforderlich (bis 2030 150.000-225.000 Fzg), wichtige Rolle für BZ-Nfz

Kernbotschaften Verkehrsstudie

- Gesundheitsrisiken durch **Lärm und Luftschadstoffe** drängen Kommunen und Betreiber zu akutem Handeln im Verkehr
- Hot Spots – Luftschadstoffe / Lärm: **BZ-Mobilität** kann helfen, **Fahrverbote /-einschränkungen zu vermeiden** – v.a. für Nfz
- **BZ-Einsatz bietet (signifikante) Vorteile** gegenüber batterieelektrischen Fahrzeugen (insb. im Nfz-Segment)
- **Kommunen** können mittels eigener Maßnahmen H₂-Mobilität beschleunigen

- **Studienlage adressiert nur unzureichend** den steigenden **Handlungsdruck** auf Kommunen, Bund, OEMs und Betreiber **vor 2030**.
- Im **schweren Nfz-Segment: Bedarf für etwa 45.000 bis 75.000 emissionsfreie Neuzulassungen im Jahr 2030**. **BZ-Fzg** können neben Batterie-Fzg **wesentlichen Beitrag** für den Hochlauf leisten.
- **Deutschland darf Markthochlauf von BZ-Nfz nicht verpassen** (bereits bis 2025: >12000 schwere Nfz emissionsfrei auf Straße), um Technologieführerschaft und Wertschöpfung zu erhalten.
- Ohne rasches und entschlossenes gesetzgeberisches Handeln für BZ werden **Verkehrs- und Umweltschutzziele verfehlt** werden.



Martin Zerta

Projektleiter

T: +49 (0)89 / 608 110-25

E: martin.zerta@LBST.de



Dr. Leo Diehl

Projektmanager

T: +49 (0)89 / 608 110-42

E: leo.diehl@LBST.de



Franz Lust

Projektmanager

T: +49 (0)89 / 608 110-15

E: franz.lust@LBST.de



Christopher Kutz

Projektmanager

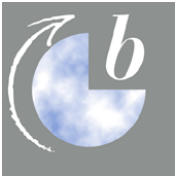
T: +49 (0)89 / 608 110-41

E: christopher.kutz@LBST.de

LBST · Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH

Daimlerstr. 15 · 85521 München/Ottobrunn · Germany

www.lbst.de



- **BCG 2021:** BCG: Klimapfade 2.0. Gutachten für den BDI, OKT 2021.
- **ewi 2021:** Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (EWI): dena-Leitstudie Aufbruch Klimaneutralität. Klimaneutralität 2045 - Transformation der Verbrauchssektoren und des Energiesystems – Gutachterbericht, OKT 2021.
- **EEA 2021:** European Environment Agency (EEA): Germany – Air Pollution Country Fact Sheet – Health Impacts, 2021
- **EEA 2023:** European Environment Agency (EEA): The NOISE Observation & Information Service for Europe – Übersichtskarte zu Verkehrslärm in Europa, 2023
- **ISE 2020:** FhG ISE: Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem: Update unter einer Zielvorgabe von 65% CO2-Reduktion in 2030 und 100% in 2050, DEZ 2020.
- **ISI 2022:** Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI): Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland - Treibhausgasneutrale Hauptszenarien, T45, NOV 2022.
- **NOW 2023:** Nationale Organisation Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie (NOW): Marktentwicklung klimafreundlicher Technologien im schweren Strassengüterverkehr - Auswertung der Cleanroom-Gespräche 2022 mit Nutzfahrzeugherstellern, FEB 2023.
- **NWR 2023:** Nationaler Wasserstoffrat (NWR): Grundlagenpapier - Treibhausgaseinsparungen und der damit verbundene Wasserstoffbedarf, FEB 2023.
- **Prognos et al. 2020:** Prognos, Öko-Institut, Wuppertal-Institut: Klimaneutrales Deutschland. Studie im Auftrag von Agora Energiewende, Agora Verkehrswende und Stiftung Klimaneutralität, FEB 2021.
- **LBST nach Sustainability 2022:** Impact of Changes in Membership on Prices of a Unified Carbon Market: Case Study of the European Union Emissions Trading System, Sustainability 2022, 14(21), 13806.
- **UBA 2022:** Umwelt Bundesamt (UBA): Themenblatt Straßenverkehrslärm – Option Lkw-Fahrverbot, APR 2022