



# Mobilität der Zukunft: Neue Fahrzeugkonzepte und Schwarmintelligenz für die Verkehrswende

Mobilitätskongress 2026

Prof. Dr. Thomas Tröster

12. September 2026





## Ressourcenverbrauch durch Mobilität

- Mobilität ist ein Grundbedürfnis der Menschen
- Mobilität bestimmt Teilhabe in der Gesellschaft
- In Deutschland Fokussierung auf motorisiertem Individualverkehr MIV

Aber Mobilität bindet und verbraucht viele Ressourcen

- Verkehrsraum
- Materialien
- Energie
- Wasser



und emittiert eine Vielzahl an Schadstoffen

- NO<sub>x</sub>-Gase, CO<sub>2</sub>, ...
- Reifen- und Bremsenabrieb / Feinstaub



<https://www.istockphoto.com>



A photograph taken from the back of a bus, looking forward at the driver. The driver is a man with short, light-colored hair, seen from the back of his head and shoulders. He is sitting in the driver's seat, which has a steering wheel and various controls. The bus interior is visible, including the seats and the large windows. The text is overlaid in white, bold, sans-serif font. The background outside the window shows a blurred view of a city street with buildings and trees.

**Mobilität benötigt zu viele Ressourcen und diskriminiert...**  
**ÖPNV kann den Bedarf der Bevölkerung nicht abdecken**



# Energiebedarf während der Fahrt

Erforderliche Leistung:

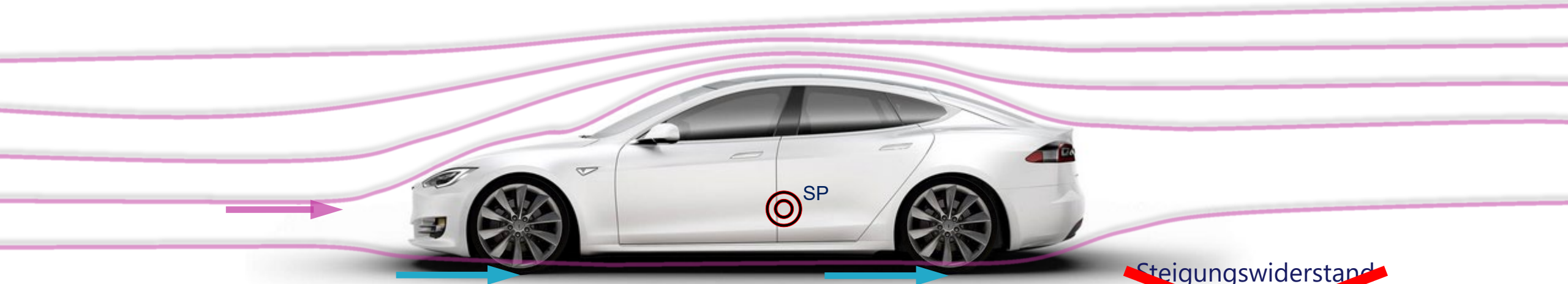
$$P = (F_L + F_R) \cdot v$$

Luftwiderstand

$$F_L = \frac{\rho}{2} \cdot c_w \cdot A \cdot v^2$$

~~Beschleunigungswiderstand~~

~~$$F_B = m \cdot a$$~~



Rollwiderstand

$$F_R = f_R \cdot m \cdot g \cdot \cos(\varphi)$$

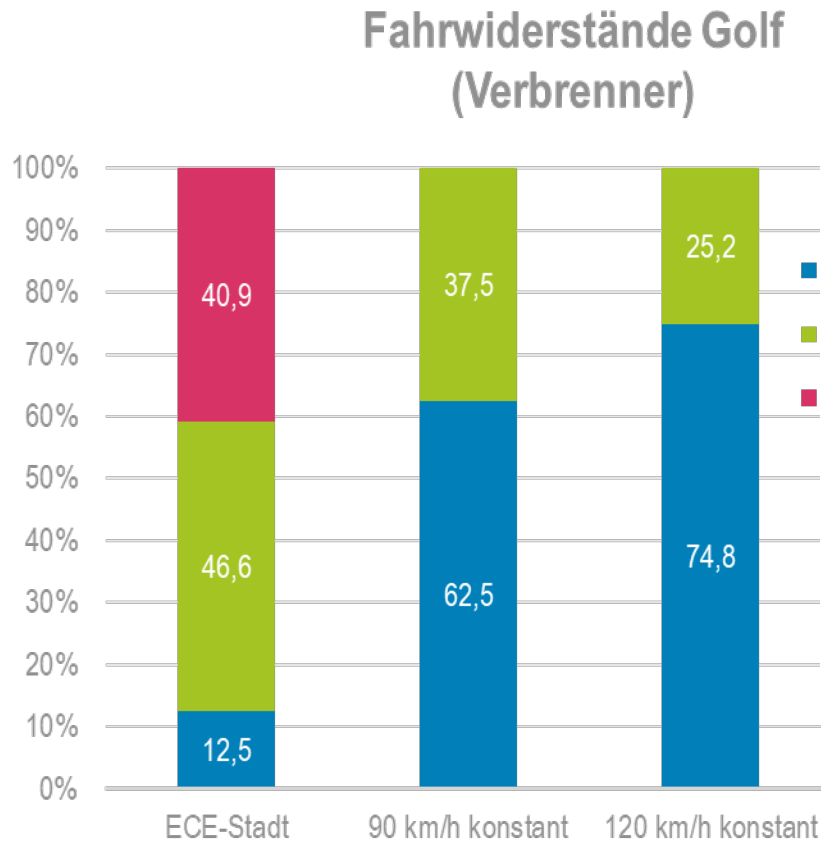
~~Steigungswiderstand~~

~~$$F_S = m \cdot g \cdot \sin(\varphi)$$~~



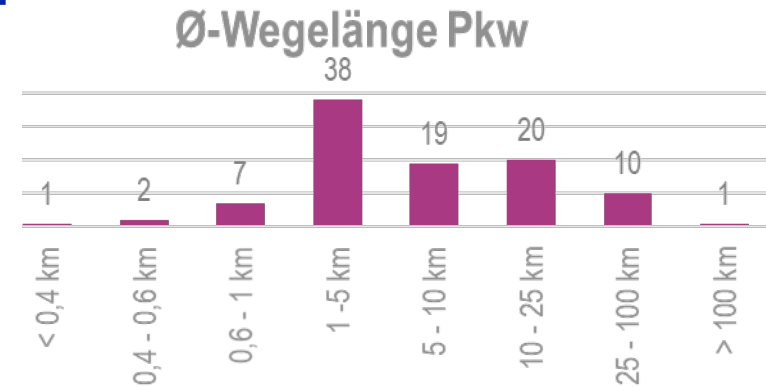
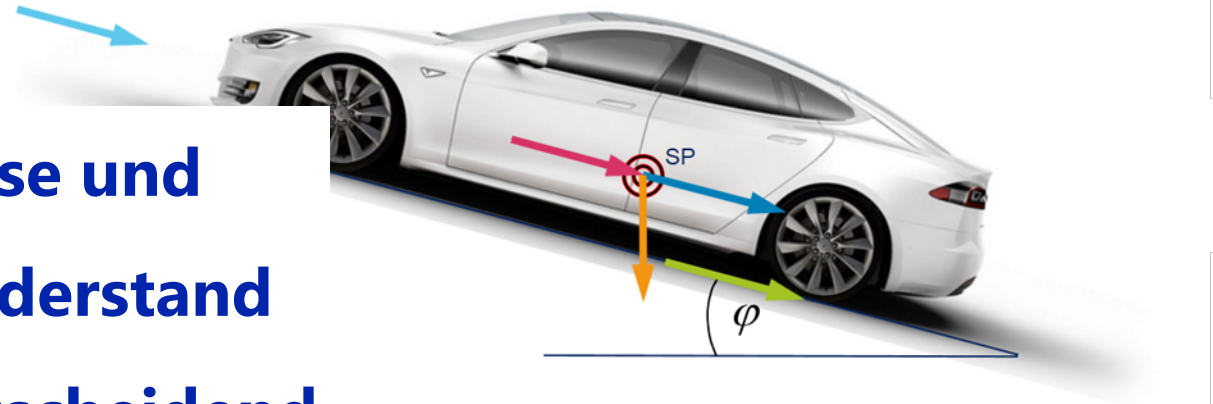


# Energiebedarf während der Fahrt



Quelle: Reimpell, Fahrwerktechnik: Grundlagen

**Masse und  
Luftwiderstand  
sind entscheidend  
für den  
Energiebedarf**

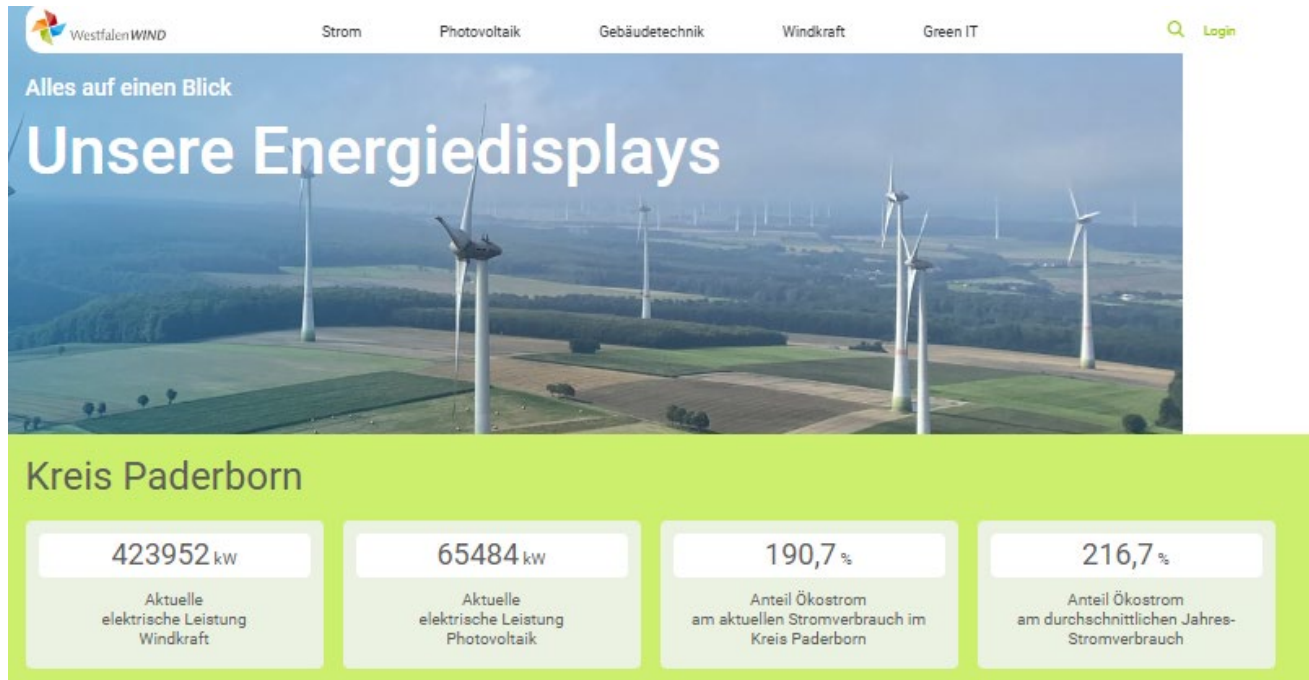


Quelle: Forschungsinformationssystem





# Elektromobilität und nachhaltige Energie



<https://www.westfalenwind.de/ueber-uns/energiedisplays/>  
26.06.2025, 14:30 Uhr

- Durchschnittliche Fahrleistung PKW in Deutschland: 600 Milliarden km (2022)
- Bruttostromerzeugung aus Windenergie in Deutschland: 113 TWh ( $113 \cdot 10^{12}$  Wh in 2024)
- Verbrauch = 19 kWh/100 km (17...20)
- $\Rightarrow 114 \cdot 10^9$  kWh = 114 TWh in Deutschland 2022

-> 100 % der erforderlichen Energie könnte alleine aus bestehenden Windkraftanlagen gedeckt werden



# Aktuelle Konzepte und Entwicklungen der Transportsysteme

## 2.5 Straßenverkehr – Nutzlastverhältnis der Fahrzeuge



Pkw (max. 3,5 t) - Beispiel Audi A6

- Eigenlast: 1,7 t
- Nutzlast: 0,6 t

**Nutzlastverhältnis: 0,26**



Motorrad - Beispiel Honda CB 125 F

- Eigenlast: 0,12 t
- Nutzlast: 0,17 t

**Nutzlastverhältnis: 0,59**



Lkw (max. 7,5 t)

- Eigenlast: 4,5 - 5,5 t
- Nutzlast: 2 - 3 t

**Nutzlastverhältnis: 0,33**



Reisebus mit 2 Achsen (max. 19,5 t)

- Eigenlast: 13 - 14 t
- Nutzlast: 5,5 - 6,5 t

**Nutzlastverhältnis: 0,31**



Lkw (max. 40 t)

- Eigenlast: 13 t
- Nutzlast: 27 t

**Nutzlastverhältnis: 0,68**



Linienbus mit 2 Achsen (max. 19,5 t)

- Eigenlast: 10 t
- Nutzlast: 9,5 t

**Nutzlastverhältnis: 0,49**

**Achtung: Zahlen bei voller Auslastung! Annahme: 1,5 P / PKW: 0,06; 2 P / Linienbus: 0,01**



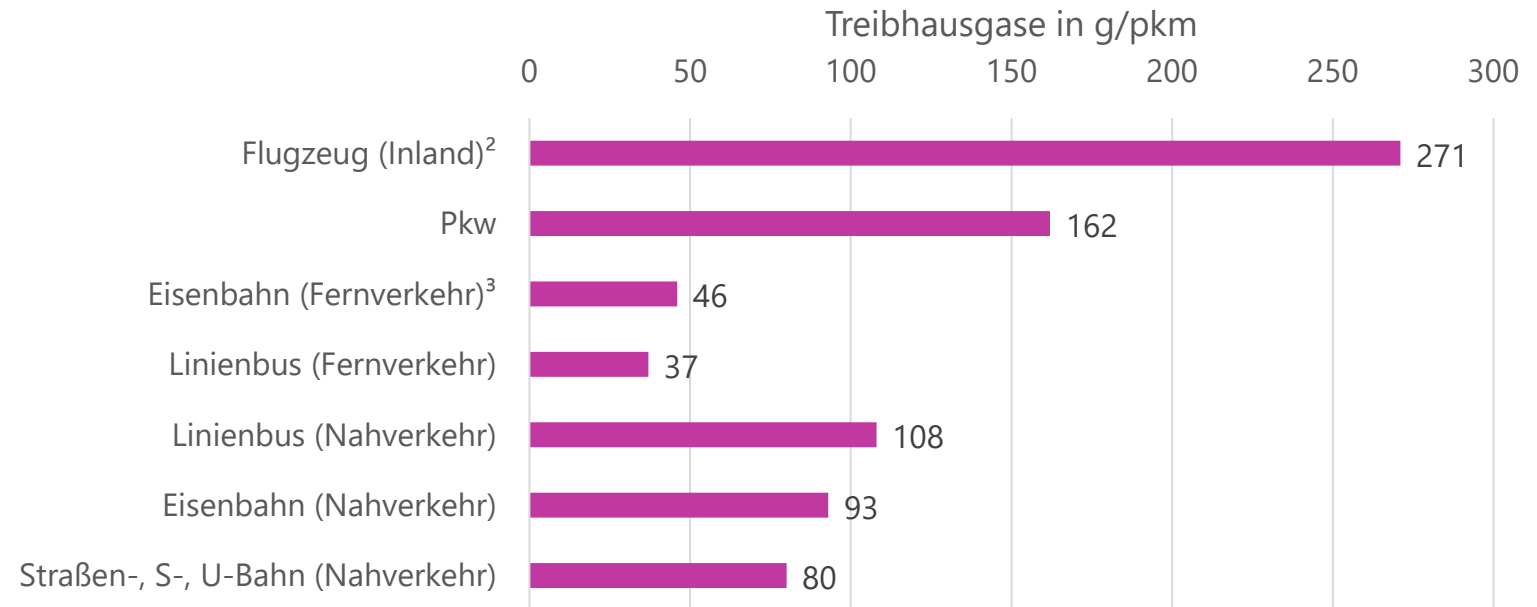


# Ökologische Nachhaltigkeit

Zur Bewertung von Verkehrsarten werden folgende Kriterien genutzt:

- Kumulierter Energieaufwand
- Kumulierter Rohstoffaufwand
- Treibhausgasemissionen
- Luftschadstoffe: CO<sub>2</sub>, Stickoxide, Schwefeloxide, Feinstaub etc.
- Flächenbelegung

Treibhausgase<sup>1</sup> ausgewählter Verkehrsmittel im Jahr 2021 (in Gramm pro Personenkilometer)



Statista





## Übrigens ...

- Schon bei einem gemütlichen einstündigen Spaziergang von circa vier Kilometern verbrauchen Sie etwa 190 kcal\*. (Achtung: in der Quelle steht fehlerhaft 190 Kalorien)
- Spaziergang pro km: knapp 50 kcal  
also etwa 20 g Rindfleisch (ca. 250 kcal / 100 g)  
oder etwa 300 g Salat (ca. 17 kcal / 100 g)
- Bei ca. 13 kg CO<sub>2</sub> / kg Rindfleisch\*\* entspricht das 260 g CO<sub>2</sub> / km.
- Bei ca. 0,09 kg CO<sub>2</sub> / kg Salat\*\*\* entspricht das 27 g CO<sub>2</sub> / km.

\*<https://www.tk.de/techniker/gesundheitsfoerderung/sport-und-bewegung/basics/sport-energieverbrauch-kalorienverbrauch-2004664>

\*\*[https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-MBW\\_Fleisch\\_Bericht\\_2013-final.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/IFEU-MBW_Fleisch_Bericht_2013-final.pdf)

\*\*\*TU Graz, [https://www.fussabdrucksrechner.at/upload/foodprint/22\\_Salat.pdf](https://www.fussabdrucksrechner.at/upload/foodprint/22_Salat.pdf)

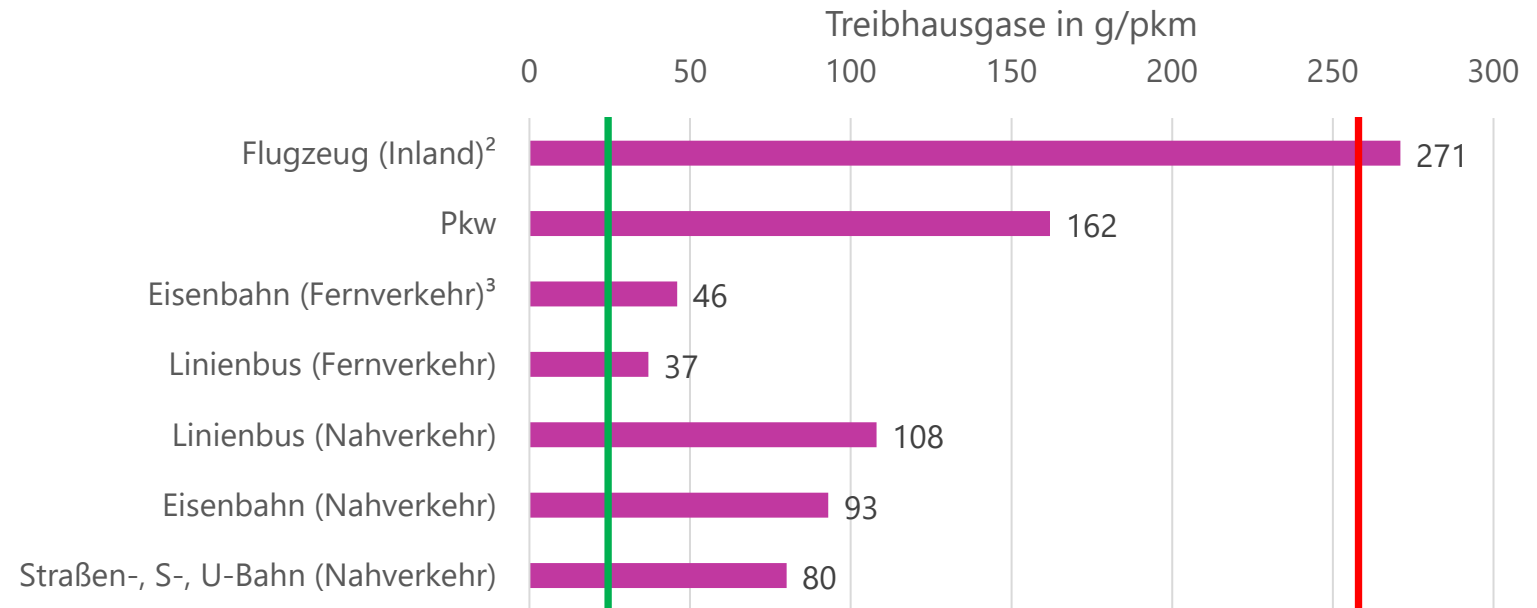


# Ökologische Nachhaltigkeit

Zur Bewertung von Verkehrsarten werden folgende Kriterien genutzt:

- Kumulierter Energieaufwand
- Kumulierter Rohstoffaufwand
- Treibhausgasemissionen
- Luftschadstoffe: CO<sub>2</sub>, Stickoxide, Schwefeloxide, Feinstaub etc.
- Flächenbelegung

Treibhausgase<sup>1</sup> ausgewählter Verkehrsmittel im Jahr 2021 (in Gramm pro Personenkilometer)



Statista





# Mobilität in Deutschland

- **40 % der Pkw** in deutschen Privathaushalten werden an einem durchschnittlichen Tag nicht genutzt
- Die mittlere Betriebszeit pro Pkw und Tag liegt bei etwa **45 Minuten** (3 % des Tages)
- **1 autonomes Fahrzeug ersetzt 2,5-14 konventionelle** (aus Pilotbetrieb und Simulation)
- **80 % Reduktion des Parkbedarfs**
- Selbst zu Spitzenstunden sind nie mehr als **10 %** der Fahrzeuge gleichzeitig unterwegs  
800 - 1.000 kg Stahl pro PKW  
Gesamtanzahl 48,8 Mio. PKW  
davon 10 %: **ca. 44 Mio. t Einsparung von Stahl über Lebensdauer (Produktion von Rohstahl 2022 in Deutschland: 36,8 Mio. t).**





# Masse und Luftwiderstand reduzieren - NeMo.bil

## Individuelle Startpunkte

First Mile

## Fahrt im Konvoi

Überlandfahrt & Mobiles Laden

## Individuelle Zielpunkte

Last Mile





## NeMo.bil – Förderung durch BMWK



- Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien (BMWK)
- 20 geförderte Partner, ca. 30 Millionen Euro Projektvolumen, 1. Juli 2023 – 30. Juni 2026
- Entwicklung und prototypischer Funktionsnachweis







# Mikromobilität – iÖV - NeMo.bil

## Individuelle Startpunkte

First Mile

## Fahrt im Konvoi

Überlandfahrt & Mobiles Laden

## Individuelle Zielpunkte

Last Mile





## Cab-Fahrzeug

Fahrzeugklasse: L7e

Passagiere:

4 Personen

3 Personen mit  
Sicherheitsfahrer

Masse: < 800 kg

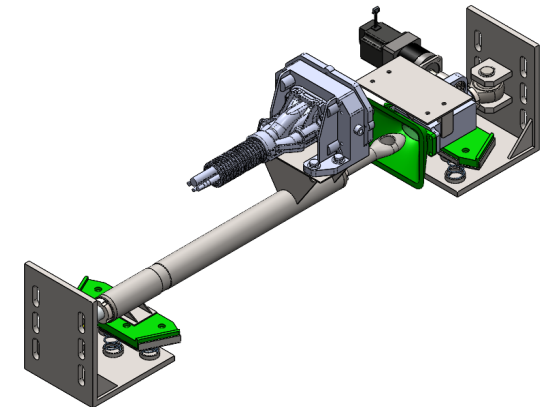
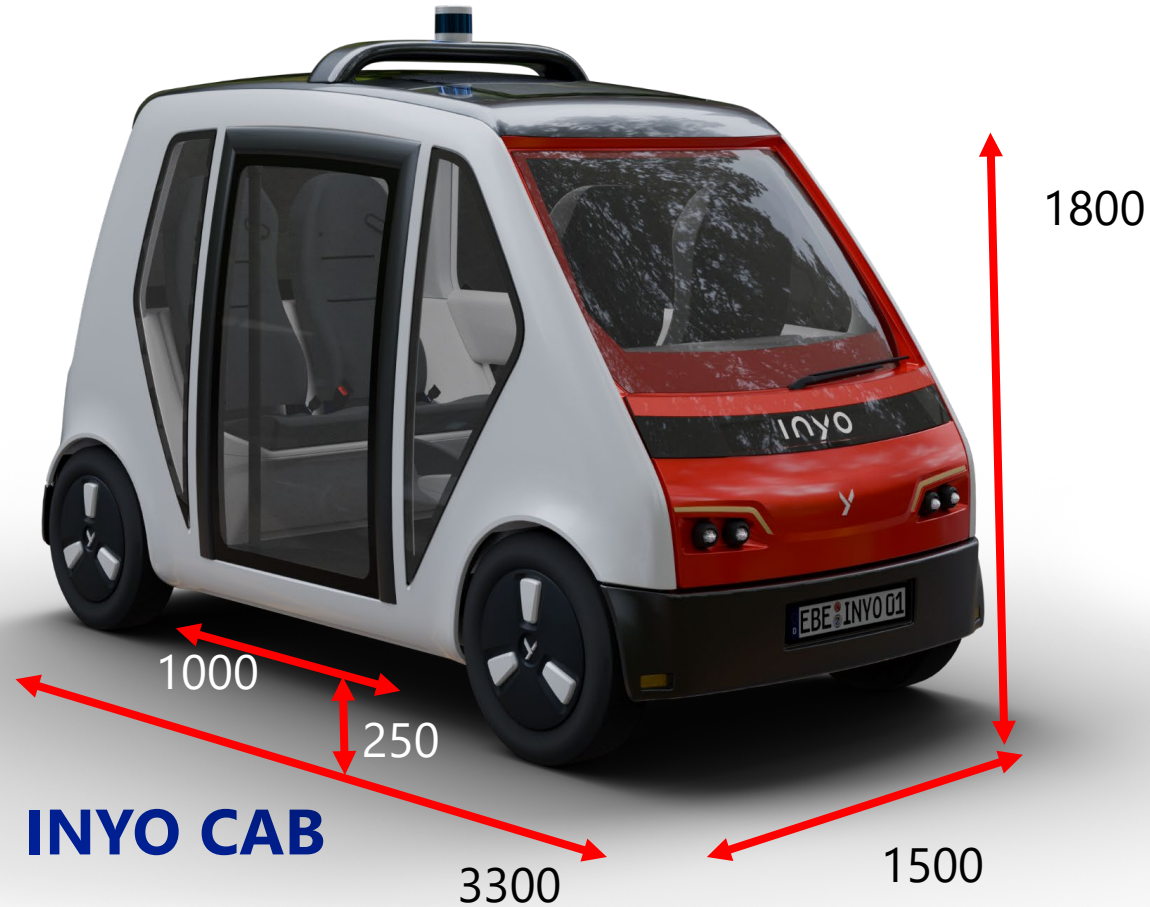
Batterie

11 - 30 kWh

Geschwindigkeit:

Automatisiert: tbd

Manuell: 90 km/h



Kupplungsmechanismus



## Neue Mobilität – Ländliche Räume



- Cab (max. 0,8 t)
  - Eigenlast: 0,5 t
  - Nutzlast: 0,11 t

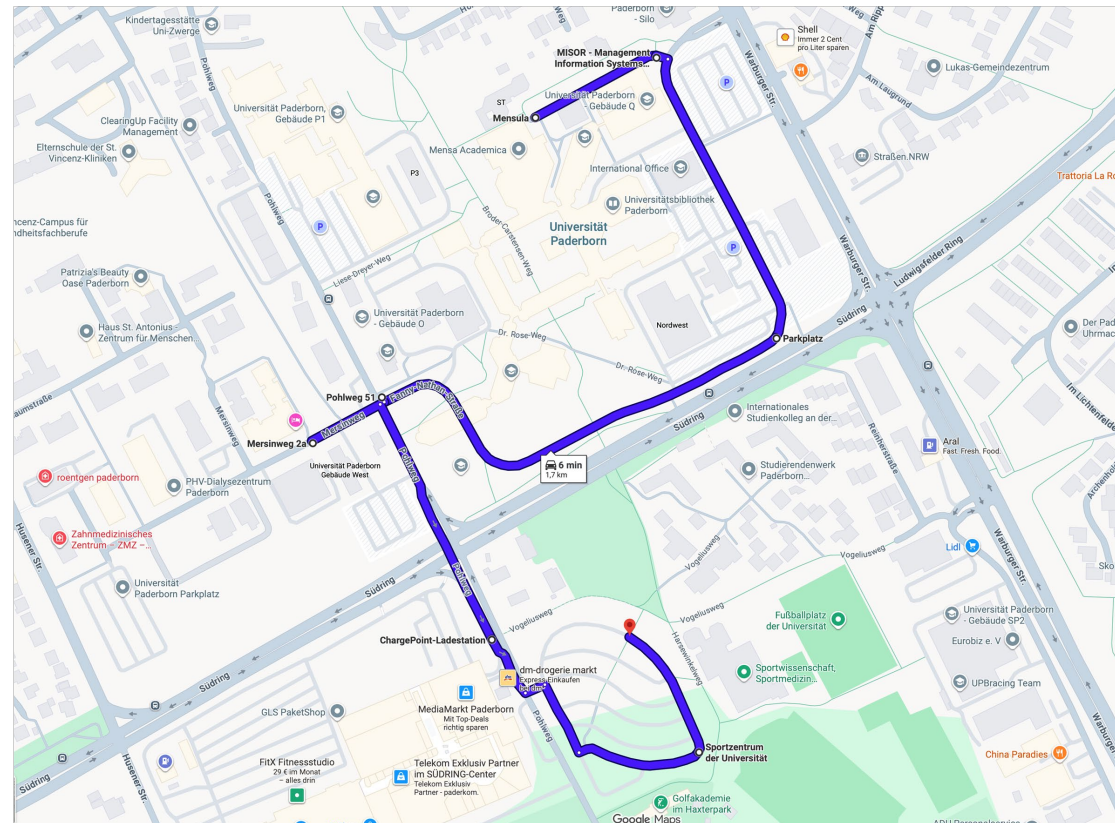
**Nutzlastverhältnis: 0,16**  
**(PKW 0,06, Linienbus 0,01)**

- Flexibel, Barrierefrei, gleicher Komfort wie PKW
- Ressourceneinsparung (Raum, Material, Energie, Personal)
- Überland: deutlich reduzierter Luftwiderstand



# Universität Paderborn Campus

## ODD IMPLEMENTIERUNG - Vorschlag für das Programm Campus Mobilität







# **Mobilität der Zukunft: Neue Fahrzeugkonzepte und Schwarmintelligenz für die Verkehrswende**

Ein paar Klicks in der App, und kurz darauf hält ein autonom fahrender Kleinwagen vor der Haustür. Bei der Fahrt in die Stadt koppeln sich mehrere dieser Fahrzeuge, kurz vor den individuellen Zielen trennt sich die Kolonne. Keine Utopie, sondern Stand der Forschung.

Würden Sie ein solches System nutzen?

Welche Erwartungen hätten Sie daran?

Wo sehen Sie die Grenzen für ein solches Konzept?

Haben Sie noch bessere Ideen?





# Quellen

- **NW 26.06.2025**, <https://epaper.nw.de/data/87612/reader/reader.html?social#!preferred/0/package/87612/pub/162487/page/27/content/11854255>
- Vorlesung Ressourcenschonende Mobilität, 2025, Thorsten Marten/Johanna Beckmann
- [https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/publikationen2023.html#main\\_content](https://www.mobilitaet-in-deutschland.de/publikationen2023.html#main_content) , Zugriff 01.07.2025
- OpenAI: GPT-4.1-mini
- Umweltfreundlich mobil! Ein ökologischer Verkehrsartenvergleich für den Personen- und Güterverkehr in Deutschland, Umweltbundesamt 2021