

# Potenziale und Risiken von automatisiertem Fahren für die Mobilitätswende

Ringvorlesung „Nachhaltigkeit und Digitalisierung“, Universität Passau  
Online-Veranstaltung am 09.02.2022

Mascha Brost, Dr. Stephan Schmid  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Fahrzeugkonzepte



Wissen für Morgen



# Welche Level des automatisierten Fahren gibt es?

Begriffsdefinition – Automatisierungs-Level nach SAE J3016



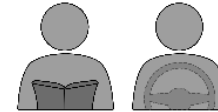
## Level 0-2

**Assistiertes Fahren**  
Mensch überwacht  
Fahrsituation



## Level 3

**Bedingte Automatisierung**  
System überwacht  
Fahrsituation,  
Mensch muss ggfs.  
übernehmen



## Level 4

**Hochautomatisierung**  
System überwacht  
& führt Fahrzeug ggfs. in  
„minimal risk condition“  
**einige Fahrmodi**  
→ z.B. *fahrerlos in definiertem  
Gebiet*



## Level 5

**Vollautomatisierung**  
System überwacht  
& führt Fahrzeug ggfs. in  
„minimal risk condition“  
**alle Fahrmodi**  
→ *fahrerlos in  
allen Situationen*

assistiert    teilautomatisiert    vollautomatisiert    autonom  
automatisiert    hochautomatisiert    **fahrerlos**  
selbstfahrend



# Automatisiertes Fahren – vielfältige Chancen und Risiken für eine Mobilitätswende

Energieverbrauch /  
Treibhausgase

Verkehrssicherheit



Mobilitätsverhalten

Zugang zu Mobilität



Flächenverbrauch



Aufenthaltsqualität

Stau

Fahrleistung

Automatisierung kann sich auf viele Aspekte des Verkehrs auswirken – Fokus im Folgenden: Energieverbrauch, ein Kernthema der Mobilitätswende



Grafik: [DLR](#)

# Warum benötigen wir eine Mobilitätswende?

## Ein Hauptgrund - Senkung der Treibhausgasemissionen:

- **20 %** der Treibhausgasemissionen in Deutschland sind dem Verkehrssektors zuzurechnen
- **95 %** verursacht der Straßenverkehr
- **47 %** sollen die Verkehrsemissionen bis 2030 sinken

### Herausforderungen:

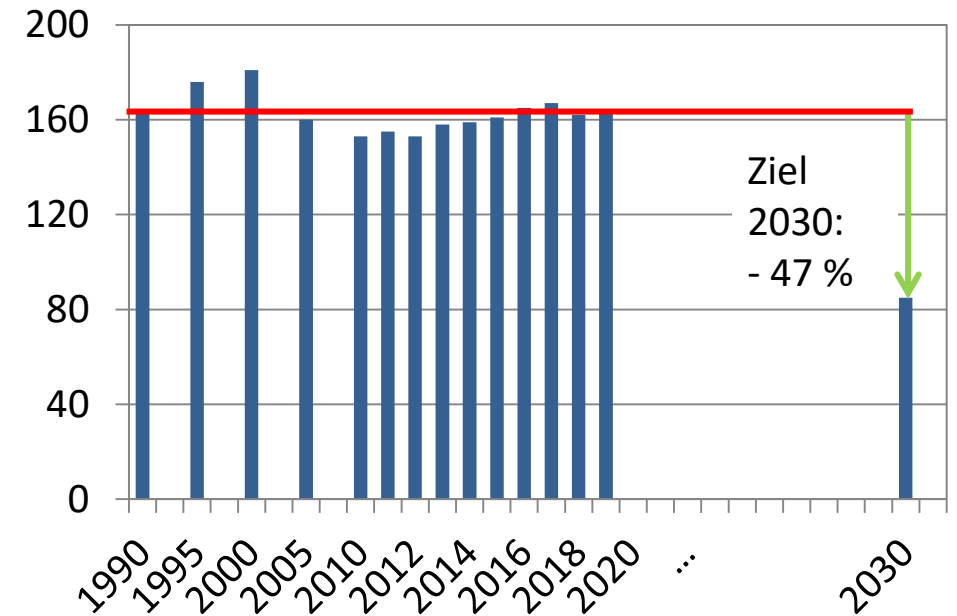
- kein Rückgang der verkehrsbedingten Emissionen bis 2019 im Vergleich zu 1990, danach Corona-Effekte
- Fahrzeuge werden zwar teils effizienter, die höhere Verkehrsleistung hebt dies jedoch auf
- Zudem gibt es einen Trend zu großen Fahrzeugen wie SUV und Vans.

## Daneben gibt es viele weitere Gründe für eine Mobilitätswende:

Hoher Flächenbedarf des Verkehrs, niedrige Auslastung der Fahrzeuge, Staus, etc.

**Ein grundlegender Wandel ist nötig – Vermeiden, Verlagern, Verbessern!**

Emissionen des Verkehrs in Deutschland  
in Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalent



Datenbasis: [BMUV 2019](#) und [BMUV 2021](#)





## Ist der Energieverbrauch in Zukunft relevant, falls Pkw elektrisch fahren?

Elektroautos verursachen im Vergleich mit Verbrennern weniger Treibhausgasemissionen, jedoch verursachen auch sie Probleme:

- **45 %** Anteil an erneuerbarer Energien am Stromverbrauch in Deutschland 2020 – weiterer Ausbau erforderlich. Quelle: [UBA 2021](#)
- **Stromverbrauch wächst** mit Wechsel von fossilen Kraftstoffen zu elektrischer Energie.
- Erzeugung, Übertragung und Speicherung von elektrischer Energie benötigen kritische Materialien. **Ressourcen sind begrenzt** und Abbau ist mit **Umweltverschmutzung** und **Menschenrechtsverletzungen** verbunden.



Quelle: Rr2000 (wikimedia)



Quelle: Diego Delso (wikipedia)

**Minimaler absoluter Verbrauch & maximale Energieeffizienz sind auch bei erneuerbarer Energie relevant.**



# Was beeinflusst den Energieverbrauch von (fahrerlosen) Fahrzeugen?



**Wechselseitige Abhängigkeit**  
(z. B. Anteil von fahrerlosen Fahrzeugen im Verkehrssystem, Verkehrsfluss)



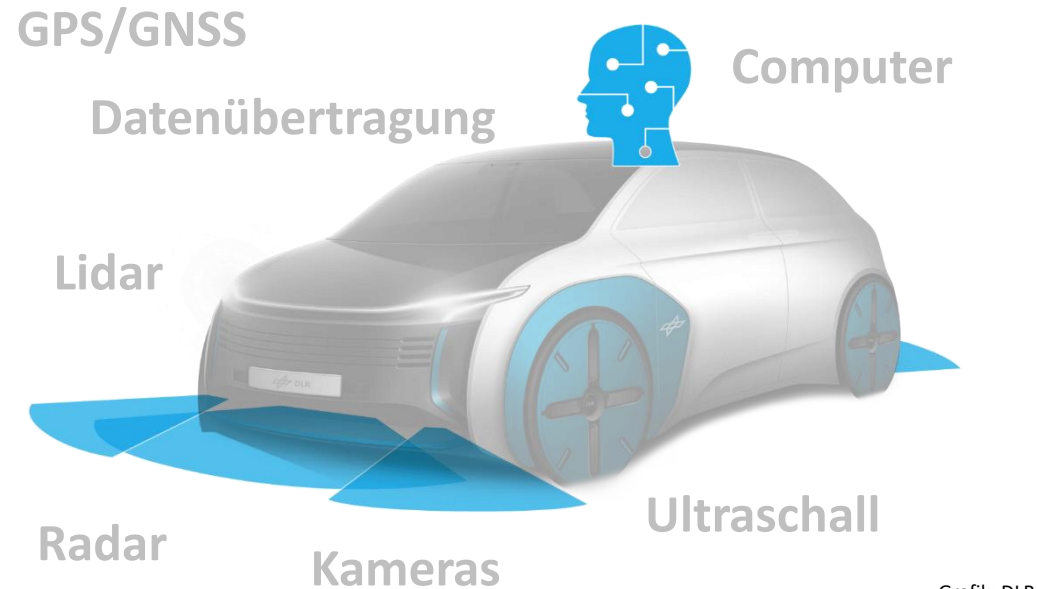
## Einzelfahrzeug:

- **Fahrzeugtechnologie**  
Fahrzeuggröße, Gewicht, Antriebsart, Motorleistung, Nebenverbraucher wie Heizung etc. ggfs. Automatisierungstechnik
- **Fahrleistung und Streckencharakteristik**
- **Fahrverhalten**  
Mensch bzw. Software bei fahrerlosen Fahrzeugen

## Verkehrssystem:

- Gesamtfahrleistung aller Fahrzeuge (km)
- **Energieverbrauch der Einzelfahrzeuge / durchschnittlicher Verbrauch des Fahrzeugbestands**
- **Verkehrsfluss, Geschwindigkeiten (→ Tempolimits), etc.**
- Infrastruktur
  - z. B. Ampeln, Verkehrsleitzentrale
  - ggfs. Vernetzungsinfrastruktur, z.B. 5G Netz, **Datenverarbeitung**, Datenübertragung, Sensorik

# Wie viel Energie braucht die Technik des fahrerlosen Fahrens?



Grafik: DLR

Daten erfassen, übertragen, zusammenführen, auswerten,  
verstehen | entscheiden (kommunizieren) | handeln

- **Technologische Entwicklung ungewiss**
- **4-15 % zusätzlicher Energieverbrauch (Seriensysteme)? (ggü. nicht automatisierten Fahrzeugen) – ggfs. mehr**
- **50-100 % mehr bei Forschungsfahrzeugen**
- **Bezugsgröße wichtig – Kleinwagen, Bus?**
- **Zeitliche und situationsabhängige Komponenten des Verbrauchs**  
→ Unterschied zu Antriebsenergie, die von Fahrwiderständen abhängt
- **Zusätzlicher Verbrauch durch externe Infrastruktur (Ausstattung von Quartieren)**



# Wie kann fahrerloses Fahren den Energieverbrauch auf Fahrzeugebene beeinflussen?

## Einsparpotenzial

- Eco-driving (energieoptimierter Fahrstil)
- Eco-routing (energieoptimale Routenwahl)
- Platooning (reduzierter Luftwiderstand)
- Parkassistenten (energieoptimiertes Einparken und Minimierung Parkplatzsuche)
- Einhalten von Verkehrsregeln (z. B. Tempolimits)

## Risiko für höheren Energieverbrauch

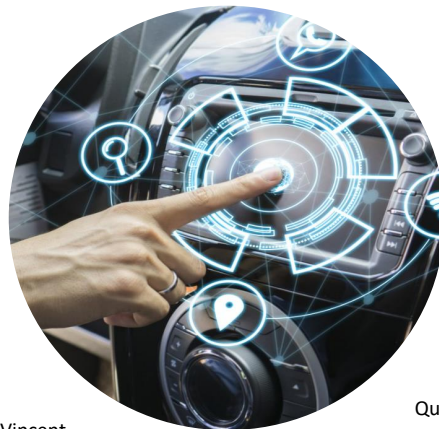
- Betrieb der Automatisierungstechnik: Sensorik, Datenverarbeitung, Aktorik on-Board und in Infrastruktur
- Höhere Fahrgeschwindigkeiten (Autobahn), ermöglicht durch erhöhte Sicherheit
- Optimierungsziele wie z. B. minimale Fahrzeit oder "Fahrspaß/sportliches Fahren"
- Mehr Nebenverbraucher, z. B. Entertainmentsysteme, Ausstattung für mobiles Büro



Quelle: Wiki-text  
([wikimedia](#))



Quelle: BP63Vincent  
([wikimedia](#))



Quelle: asawin [pxhere](#)





# Wie könnten sich Fahrzeugkonzepte ändern?

## Potenzial für geringen Energieverbrauch



Leichtbau möglich durch erhöhte aktive Sicherheit, kleinere Batterien, geringere Antriebsleistung, angepasst an Beförderungszweck



Zuschnitt auf den Einsatzzweck durch mehr Sharing: kleine Fahrzeuge für Fahrten mit geringem Besetzungsgrad ( $\emptyset$  1,5 Personen in Deutschland)



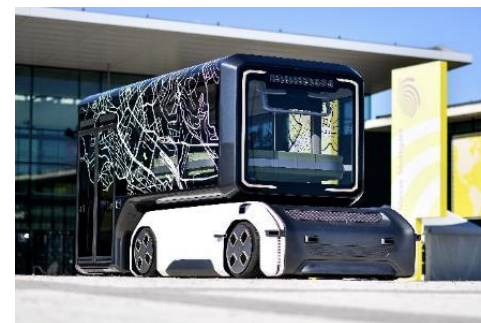
Elektroantrieb (geringere Reichweitenangst, automatisiertes Laden), prinzipiell ist fahrerloses Fahren mit jeder Antriebsart denkbar

## Risiko für höheren Energieverbrauch



Fokus auf Prestige, Luxus, Komfort und Unterhaltung statt auf niedrigen Energieverbrauch „Fahrzeug mit Loungecharakter“

### Modulare Konzepte (DLR U-Shift)?



Quelle: [DLR](#)

### Shuttlebusse im ÖPNV (EZ10 in Bad Birnbach)?



Quelle: Richard Huber ([wikimedia](#))

### Quasi unveränderte Pkw-Konzepte, jedoch fahrerlos (Uber/Volvo)?



Quelle: Dllu ([wikimedia](#))

### Fahrerlose Kleinfahrzeuge (Waymo)?



Quelle: Grendelkhan ([wikimedia](#))

### Luxury in motion (Mercedes F 015)?



Quelle: Bene Riobó ([wikimedia](#))



# Wie werden wir fahrerlose Fahrzeuge nutzen – mit Ridesharing, Carsharing, Privatnutzung, zentralen Leitsystemen?



Grafik: [DLR](#)



Grafik: asawin [pxhere](#)

Werden Nutzungskonzepte mit **geteilten Fahrzeugen** bzw. Fahrten durch fahrerloses Fahren attraktiver, z. B. durch mehr Abholung von Fahrgästen?

Werden Fahrzeuge weiterhin meist **privat genutzt** – mit einem durchschnittlichen Besetzungsgrad von 1,5 Personen pro Fahrzeug?

Wird der ÖPNV durch fahrerlose Shuttle ergänzt und attraktiver gemacht, oder entsteht eher Konkurrenz zum ÖPNV?

Wird es ein **zentrales Leitsystem** geben, dass den gesamten Verkehrsfluss optimiert?



# Wie wirkt sich fahrerloses Fahren auf das Verkehrssystem aus? Bilanz ist noch offen!



## Potenzial

- **Fahrleistung und Anzahl der Fahrzeuge im Bestand sinken** durch
  - **Bündelung** von Fahrten (Ridesharing)
  - **Modal Shift durch Verknüpfung verschiedener Modi**, mehr Nutzung Rad, Fußverkehr, ÖPNV
- **Optimierung Verkehrsfluss**
- Verlagerung von Sensorik und Datenverarbeitung in die **Infrastruktur, gemeinsame Nutzung**
- **Lebenswertere Städte**
- Weniger Unfälle
- Neue Geschäftsmodelle

Wie erreichen wir eine niedrigere Verkehrsleistung, wenige/keine Leerfahrten und einen Umstieg auf andere Modi?

Wie können Verbraucher:innen und die Gesellschaft dazu beitragen, dass fahrerloses Fahren die Mobilitätswende unterstützt?



## Risiko

- **Fahrleistung und Anzahl der Fahrzeuge steigen**, da
  - Autofahren **komfortabler**
  - Notwendigkeit des **Führerscheinbesitzes entfällt**
  - **Leerfahrten**, ggfs. sinkt der  $\emptyset$  Besetzungsgrad unter 1
- **Verschlechterung Verkehrsfluss**, z. B. durch Mischverkehr
- **Höhere Durchschnittsgeschwindigkeit** (Autobahnen)
- Hoher **Energieverbrauch Infrastruktur** wie 5-G Netz, Sensorik und Datenverarbeitung
- Abhängigkeit von Fachkräften
- Komplexere Zulassung





## Fazit

- Fahrerloses Fahren ist in **vielen Varianten** denkbar – von individuell genutzten Pkw bis hin zu neuen Konzepten wie geteilten On-Demand Shuttles im ÖPNV. Entsprechend vielfältig sind mögliche Auswirkungen.
- **Energieeinsparpotenzial** durch fahrerloses Fahren **im Einzelfahrzeug ist gering bis negativ**  
→ für Klimaschutz ist Fokus auf Öffentlichen Verkehr und gebündelte Lieferverkehre sinnvoll, nicht auf Privat-Pkw.
- Potenzial für die **Unterstützung einer Mobilitätswende** ist vorhanden: Modal Shift hin zu Ridesharing + ÖPNV.
- **Bilanz** der Auswirkungen auf den Energieverbrauch ist **offen, für signifikante Reduzierung müssten Fahrzeugkilometer weniger werden (ggfs. Besetzungsgrade höher), oder Fahrzeuge kleiner und leichter.**
- **Auswirkungen sind erst langfristig** zu erwarten, wenn fahrerloses Fahren einen hohen Anteil erreicht, in weit über 10 Jahren, → **kein kurzfristiger Beitrag zum Klimaschutz.**
- Die Umsetzung von Einsparpotenzial ist eine **Frage des gesellschaftlichen und politischen Willens**, damit zusammenhängend unter anderem der Rahmenbedingungen, der Nutzerakzeptanz und auch der Strategie der Hersteller.

Automatisiertes Fahren ist nicht per se positiv oder negativ für den Ressourcenverbrauch. Die Bilanz wird von vielen Faktoren und Akteuren abhängen. Eine aktive Gestaltung ist erforderlich, um die Mobilitätswende zu unterstützen.





# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Grafik: DLR



# Wir freuen uns auf Ihre Fragen

Automatisierung -  
Chancen und Risiken  
für die Mobilitätswende

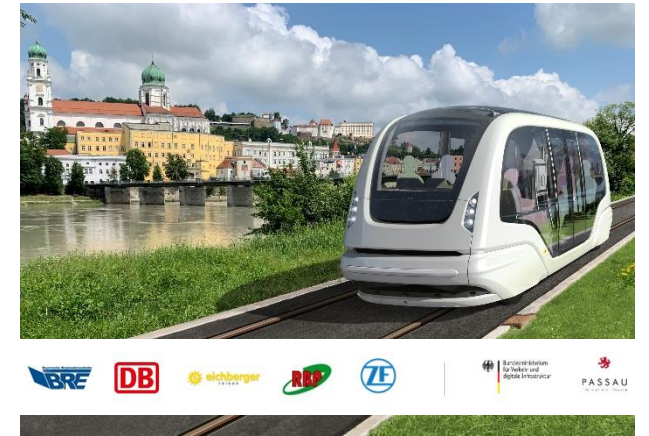


U-Shift MAD  
Die wirkliche sichere  
Automatisierung



 Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt  
Institut für Fahrzeugkonzepte

Zukunft ist jetzt:  
Autonome ZF-Shuttles  
für Passau



# Welche Fragen stellen sich zur Wirkung von fahrerlosem Fahren?

## Wie verändert fahrerloses Fahren zukünftig

- Fahrzeugmodelle – gibt es bspw. mehr kleinere Fahrzeuge, Luxusfahrzeuge oder ganz neue Konzepte?
  - die Betriebsweise / Fahrweise von Fahrzeugen?
    - die Verkehrsnachfrage?
    - den Besetzungsgrad von Fahrzeugen?
  - die Art der Nutzung – werden Fahrzeuge in Zukunft meist geteilt (Sharing)?
    - die Anzahl der Fahrzeuge?
- ... und viele weitere Aspekte

