



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU

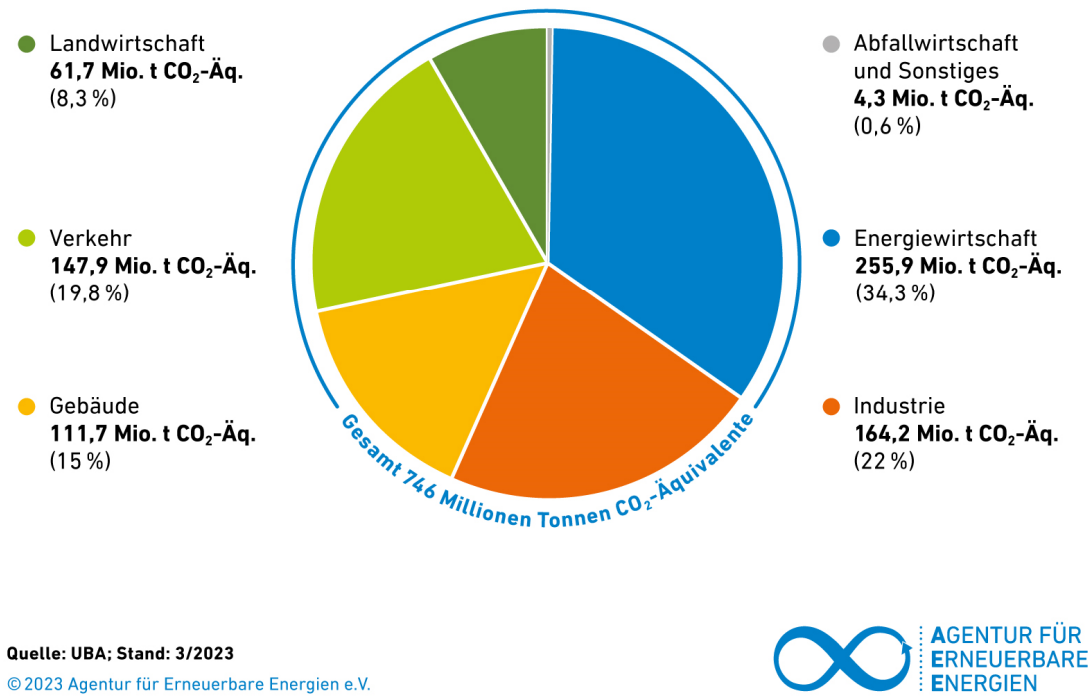
# WASSERSTOFF- EIN PARTNER DER VERKEHRSWENDE

Dr. Andreas Neff



## EINLEITUNG

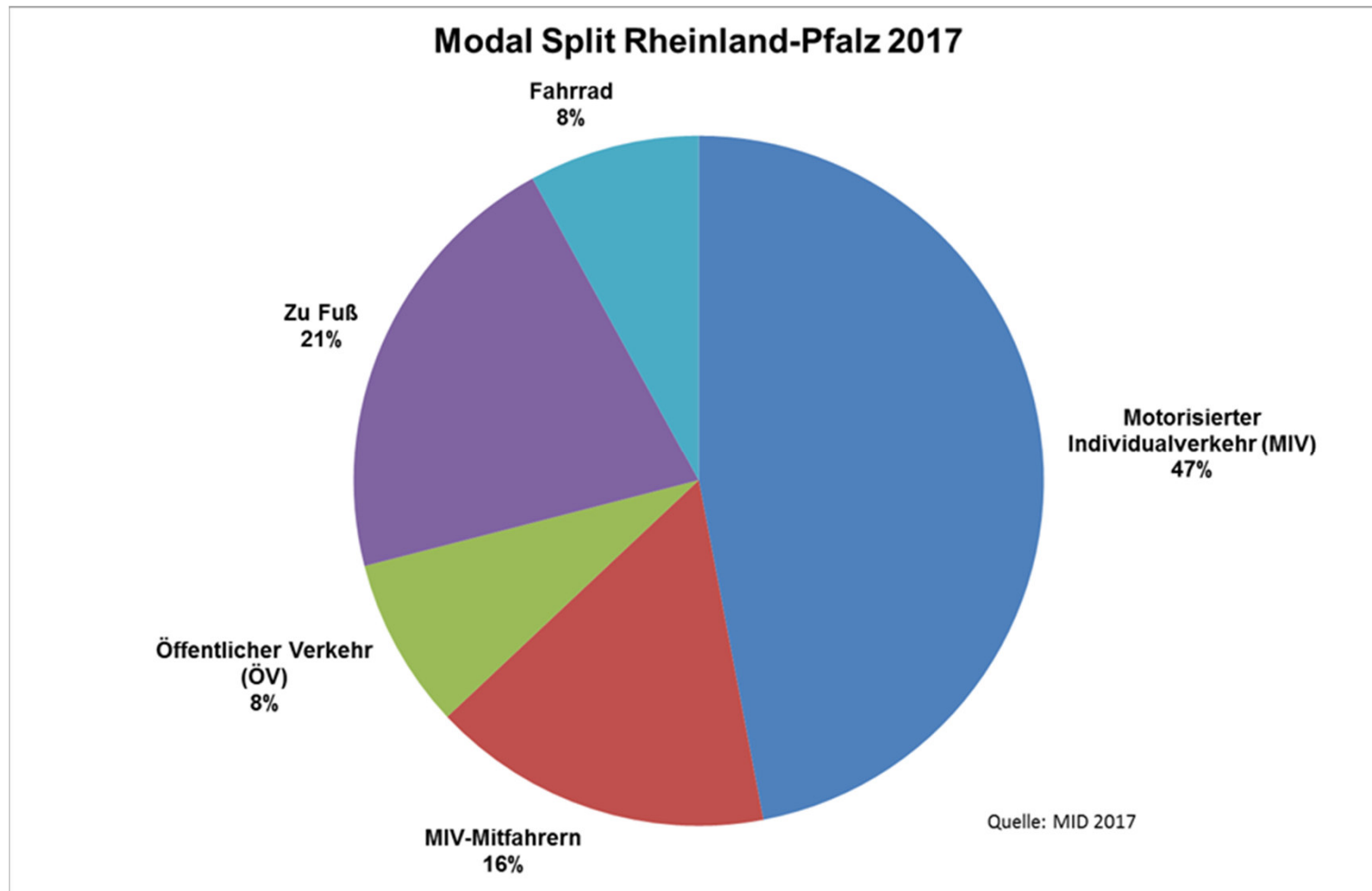
### Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren 2022



Quelle: [https://www.unendlich-viel-energie.de/media/image/76501.AEE\\_THG-Emissionen\\_Sektoren\\_2022\\_mrz23.jpg](https://www.unendlich-viel-energie.de/media/image/76501.AEE_THG-Emissionen_Sektoren_2022_mrz23.jpg)



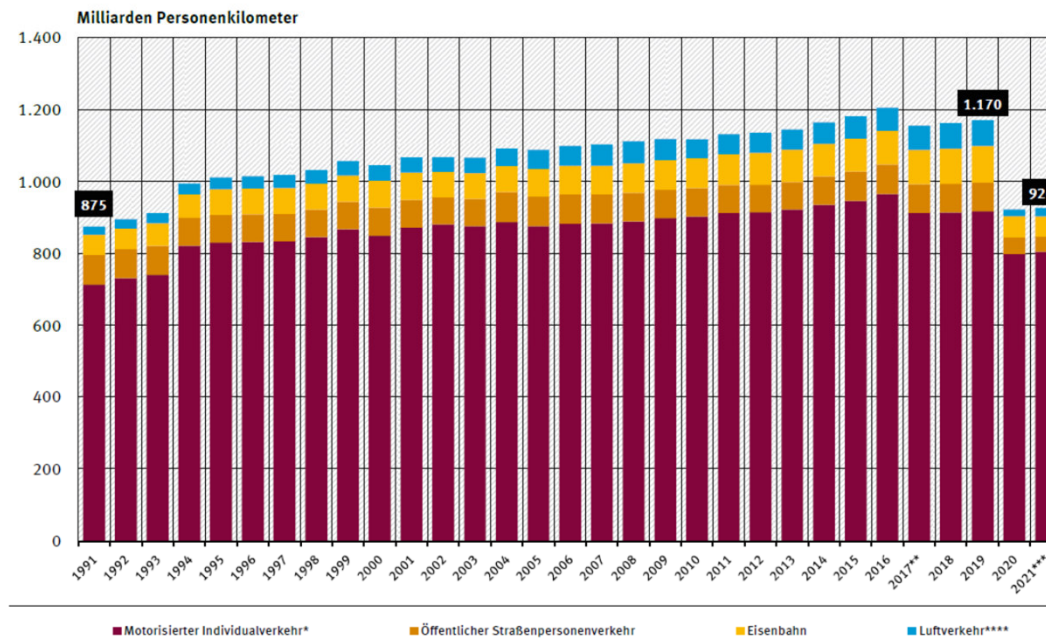
## EINLEITUNG





# EINLEITUNG

Personenverkehr: motorisierte Verkehrsleistung nach Verkehrsträgern in Deutschland



\* Motor. Individualverkehr: ab 1994 veränderte Methodik, die zu einer höheren Verkehrsleistung führt  
\*\* ab 2017 Neuberechnung der Fahrleistungs- und Verbrauchsberechnung und des Personenverkehrsmodells, hier Verkehr mit Pkw, mot. Zweirädern etc. Einschl. Taxi- und Mietwagenverkehr.  
\*\*\* zum Teil vorläufige Werte, die ausgewiesenen Daten für den Liniennahverkehr (insbesondere mit Bussen) bilden möglicherweise die tatsächlichen Rückgänge nicht vollständig ab  
\*\*\*\* Luftverkehr: ab 2010 geänderte Erfassungsmethode, es zählt der Inlands-, Gelegenheits- sowie Linienflugverkehr einschließlich Pauschalreiseflugverkehr auf dem Gebiet der EU hinein

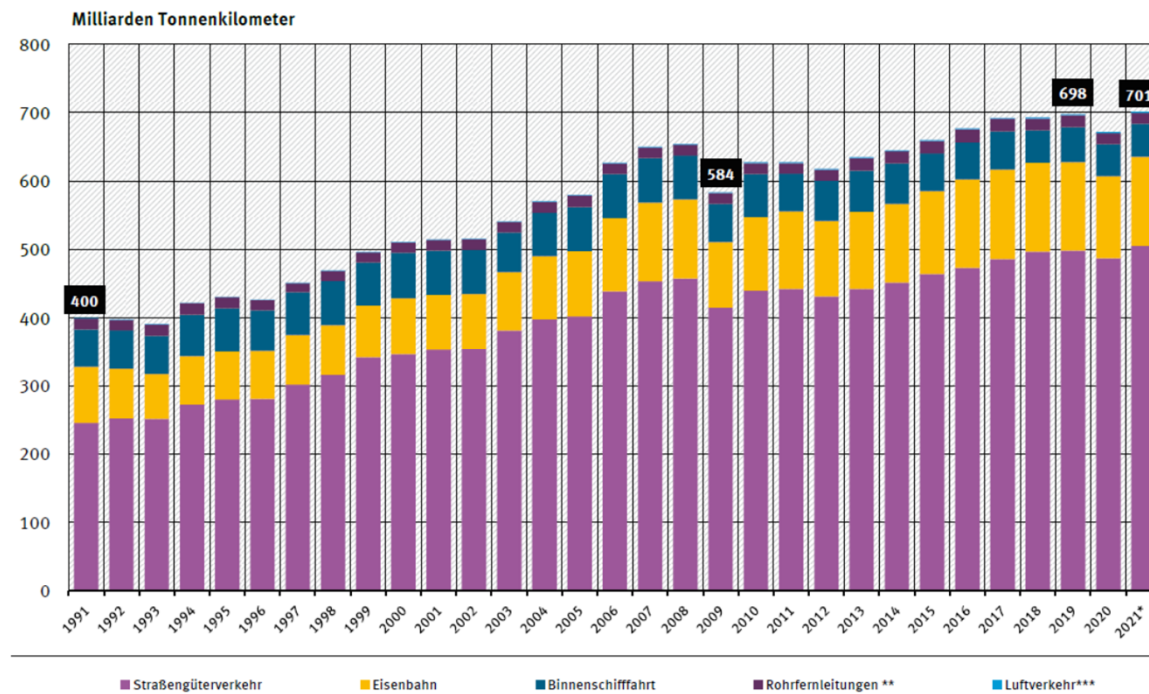
Quelle: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.), Verkehr in Zahlen 2022/2023, S. 218f. und ältere Jahrgänge

Quelle: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/3\\_abb\\_motor-personenverkehrsleistung-nach-vt\\_2023-03-15\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/3_abb_motor-personenverkehrsleistung-nach-vt_2023-03-15_0.pdf)



# EINLEITUNG

### Güterverkehrsleistung nach Verkehrsträgern in Deutschland



\* zum Teil vorläufige Werte  
\*\* ab 1996 nur Rohöl  
\*\*\*Fracht- und Luftpost, ohne Umladungen

Quelle: Bundesministerium für Digitales und Verkehr (Hrsg.), Verkehr in Zahlen 2022/2023, S. 244f. und vorherige Jahrgänge

Quelle: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/fahrleistungen-verkehrsaufwand-modal-split#güterverkehr>



## EINLEITUNG

---

- Bedingt durch die Diskussionen um die Beiträge des Verkehrs zum Klimawandel, die damit verbundenen verschärften CO<sub>2</sub>-Grenzwerte für zukünftige Fahrzeuge und den Kontroversen rund um den Dieselmotor rücken alternative Antriebsformen verstärkt in den Fokus:
  - Elektromobilität
    - Batterieelektrisch (BEV)
    - (Plug-in-Hybrid (PHEV))
  - Brennstoffzelle
  - Wasserstoffdirektverbrennung
  - CNG/LNG
  - LPG
  - Benzin- und Dieselfahrzeuge mit Treibstoff auf synthetischer Basis (Power-to-Liquid bzw. E-Fuels)



## EINLEITUNG

---

- Wasserstofffahrzeuge sind Bausteine für intelligente und multimodale Mobilitätskonzepte der Zukunft.
- Wasserstoffmobilität ist lokal (annähernd) emissionsfrei
- Bei der Nutzung von Wasserstoff aus erneuerbaren Quellen verringerte Abhängigkeit von (importierten) fossilen Brennstoffen (aber hohe Importabhängigkeit von den Rohstoffen für die Brennstoffzellen + gewisse Abhängigkeit von ausländischen Wasserstoffproduzenten)

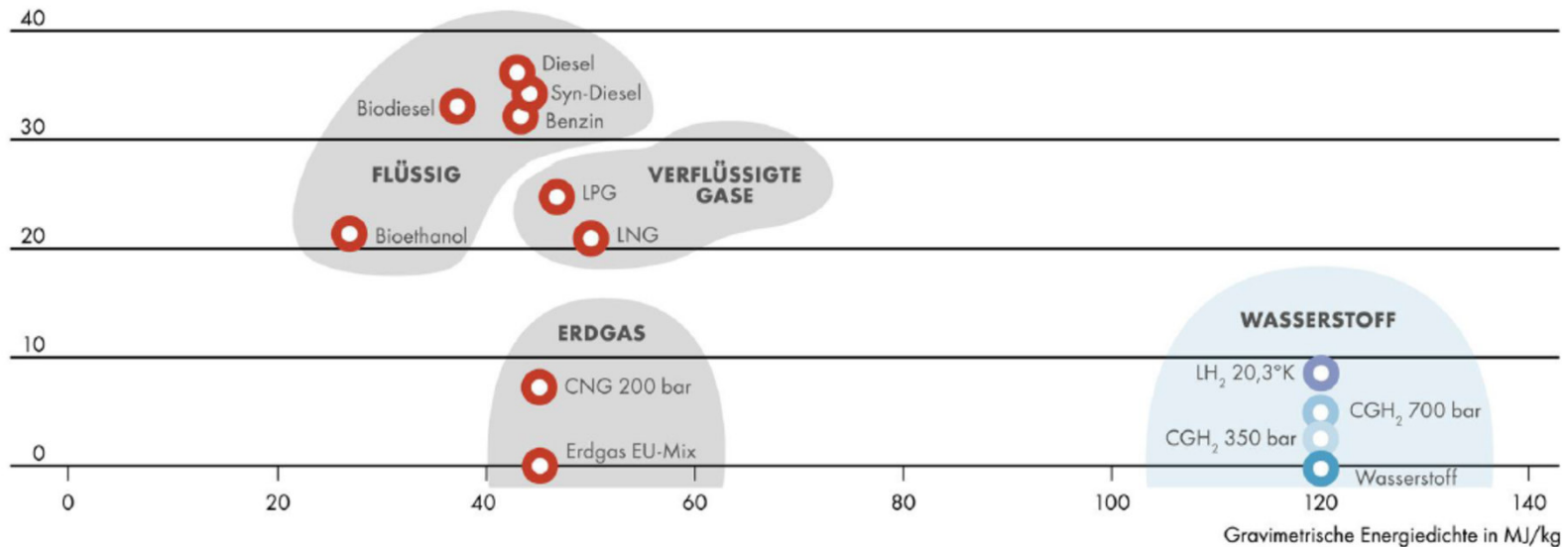


# EINLEITUNG

## ENERGIEDICHTE KRAFTSTOFFE



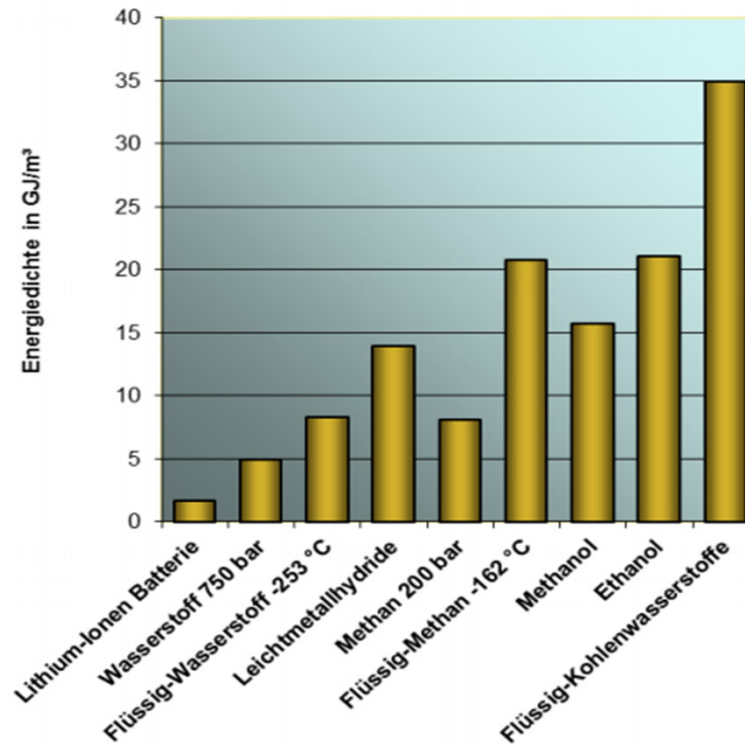
50 Volumetrische Energiedichte in MJ/l



Quelle: [https://www.shell.de/about-us/newsroom/shell-hydrogen-study/\\_jcr\\_content/root/main/containersection-0/simple/call\\_to\\_action\\_copy/links/item0.stream/1643542168538/0fa9de44b4b64319aa21d86bc77f078536e29b2a/corporate-shell-hydrogen-study.pdf](https://www.shell.de/about-us/newsroom/shell-hydrogen-study/_jcr_content/root/main/containersection-0/simple/call_to_action_copy/links/item0.stream/1643542168538/0fa9de44b4b64319aa21d86bc77f078536e29b2a/corporate-shell-hydrogen-study.pdf)



# EINLEITUNG

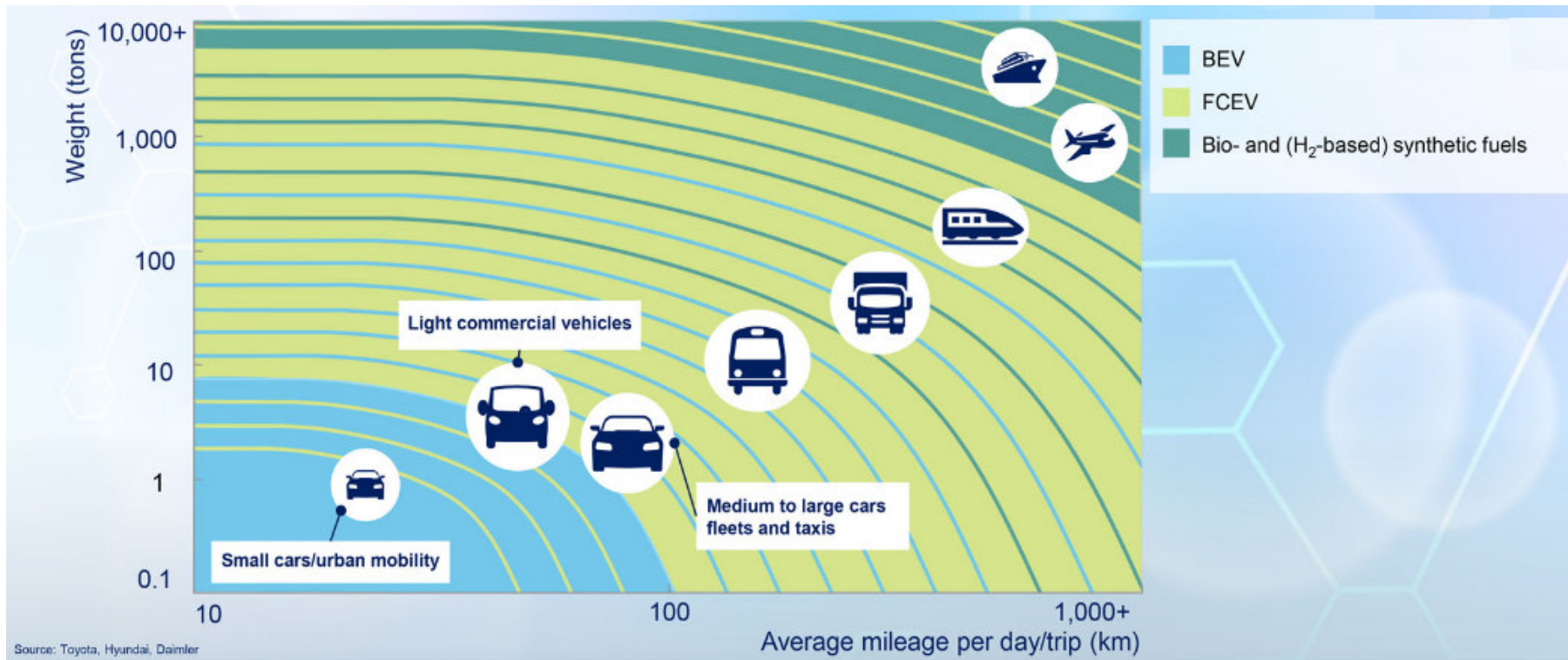


Volumetrische Energiedichten

Quelle: ProcessNet Arbeitskreis „Alternative Brenn- und Kraftstoffe“



## EINLEITUNG



### Möglicher Antriebsmix 2050

Quelle: Prof. Reiff, KST Motorenversuch GmbH



## EINLEITUNG

### WASSERSTOFF STRASSENTRANSPORT



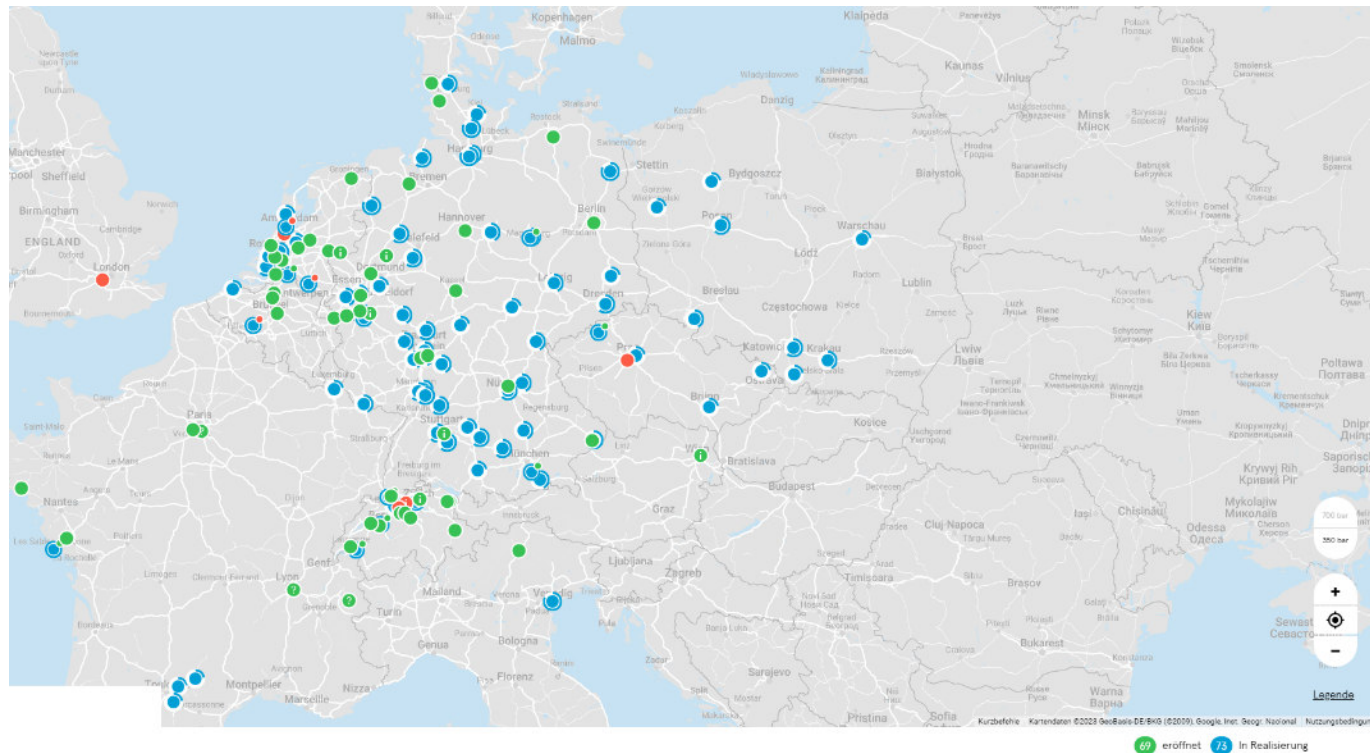
Copyright of Shell International

19

Quelle: [https://www.shell.de/about-us/newsroom/shell-hydrogen-study/\\_jcr\\_content/root/main/containersection-0/simple/call\\_to\\_action\\_copy/links/item0.stream/1643542168538/0fa9de44b4b64319aa21d86bc77f078536e29b2a/corporate-shell-hydrogen-study.pdf](https://www.shell.de/about-us/newsroom/shell-hydrogen-study/_jcr_content/root/main/containersection-0/simple/call_to_action_copy/links/item0.stream/1643542168538/0fa9de44b4b64319aa21d86bc77f078536e29b2a/corporate-shell-hydrogen-study.pdf)



## EINLEITUNG

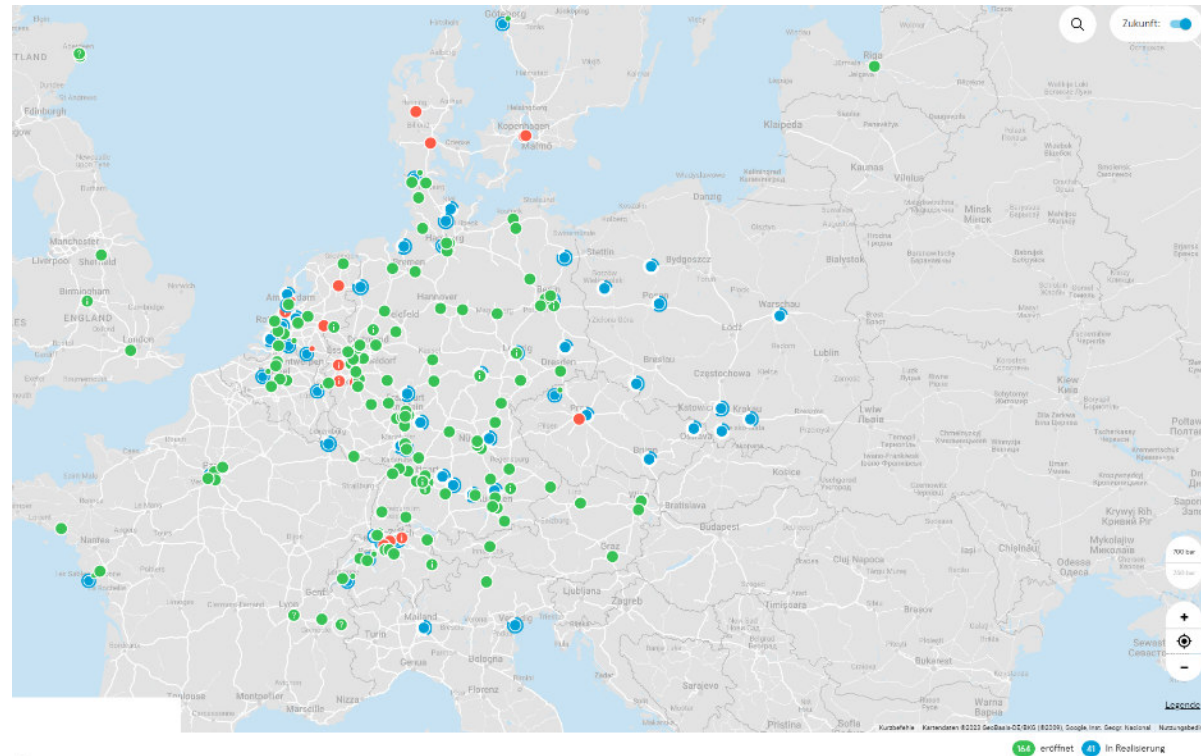


350 bar-Tankstellen (Stand 3.11.2023)

Quelle: <https://h2.live/>



# EINLEITUNG



700 bar-Tankstellen (Stand 3.11.2023)

Quelle: <https://h2.live/>

## PKW



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



BMW Hydrogen 7 mit Wasserstoffdirektverbrennung (inzwischen nicht mehr erhältlich)

Quelle: [https://www.greencarreports.com/news/1122364\\_is-hydrogen-internal-combustion-a-better-idea-than-fuel-cells-engineering-explained](https://www.greencarreports.com/news/1122364_is-hydrogen-internal-combustion-a-better-idea-than-fuel-cells-engineering-explained)

## PKW



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



Corolla Cross H2 Concept mit Wasserstoffdirektverbrennung (Prototyp)

Quelle: <https://www.toyota-europe.com/news/2022/prototype-corolla-cross-hydrogen-concept>

## PKW



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



Mercedes GLC F-Cell 300 km Reichweite (inzwischen nicht mehr erhältlich)

Quelle: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/autokatalog/marken-modelle/mercedes-benz/mercedes-glc-fuel-cell/>



## PKW



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



Toyota Mirai 2. Generation 650 km Reichweite (25 Taxis in Hamburg)

Quelle: <https://www.toyota-europe.com/news/2023/in-a-hydrogen-taxi-through-the-elbe-metropolis>

## PKW



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



Hyundai Nexo 666 km Reichweite

Quelle: <https://www.toyota-europe.com/news/2023/in-a-hydrogen-taxi-through-the-elbe-metropolis>

## PKW



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU

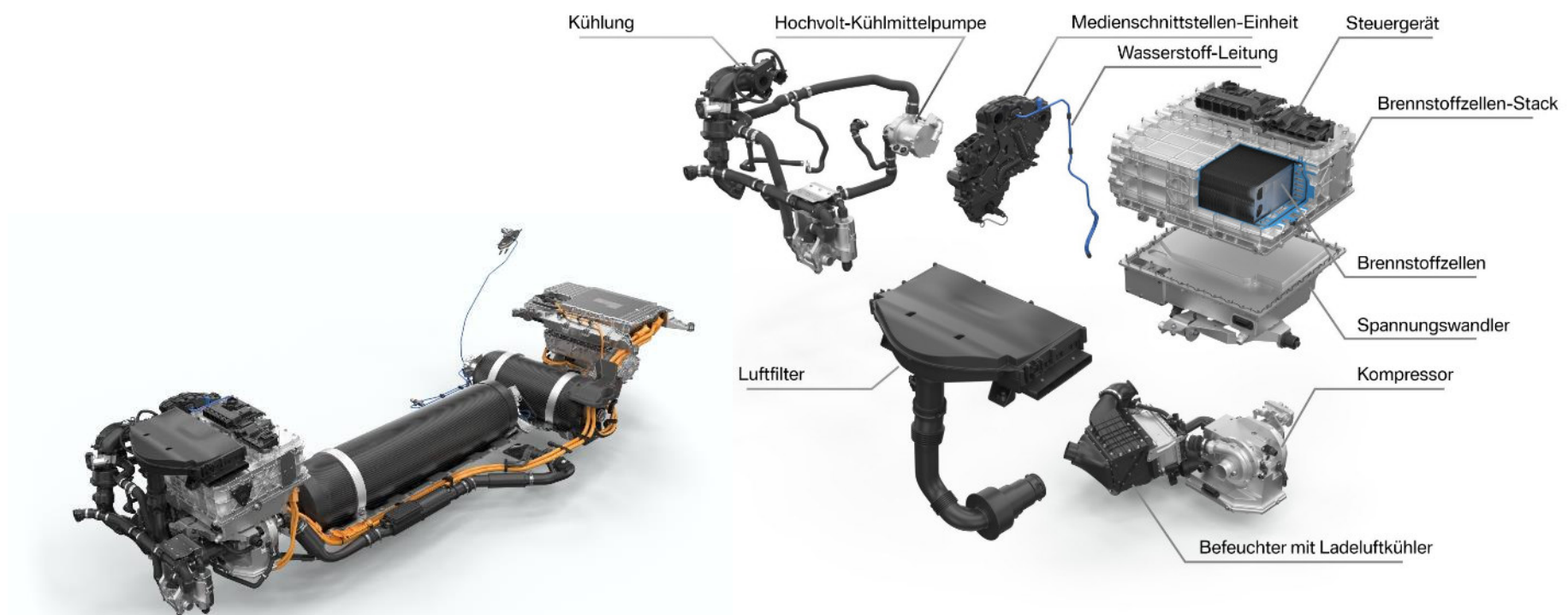


BMW iX5 Hydrogen 504 km Reichweite  
(Brennstoffzelle in Zusammenarbeit mit Toyota)

Quelle: <https://www.bmwgroup.com/de/news/allgemein/2023/BMWiX5Hydrogen.html>



## PKW



### BMW iX5 Hydrogen 504 km Reichweite (Brennstoffzelle in Zusammenarbeit mit Toyota)

Quelle: <https://www.bmwgroup.com/de/news/allgemein/2022/FuelCell.html>

## PKW



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



Opel Vivaro Hydrogen 400 km Reichweite

Quelle: <https://www.opel.de/nutzfahrzeuge/vivaro/vivaro-e-hydrogen/uebersicht.html>



## NUTZFAHRZEUGE

Die Partner von HyCoVe

CVC SÜDWEST

 We create chemistry						
						
						
						
						
						

Quelle: <https://www.cvc-suedwest.com/cvc-wasserstoffstrategie/hycove/>



## NUTZFAHRZEUGE



Daimler Truck AG GenH2 Truck 1.047 km Reichweite mit flüssigem Wasserstoff

Quelle: Daimler Trucks



## NUTZFAHRZEUGE



Daimler Truck AG GenH2 Truck und eActros 300 während Alpentestfahrten

Quelle: Daimler Trucks





## NUTZFAHRZEUGE



Hyundai Xcient Fuelcell im Einsatz bei MIGROS Schweiz

Quelle: <https://www.autosprint.ch/aktuell/hyundai-nadine-sigrist-fahrt-mit-wasserstoff/>



## NUTZFAHRZEUGE



Zoeller Kipper BLUEPOWER CLEAN DRIVE X2 Abfallsammelfahrzeug

Quelle: ZÖLLER-KIPPER GmbH



## NUTZFAHRZEUGE



Projekt WaVe - Wasserstoffverbrennungsmotor  
(Daimler Truck Unimog U430)

Quelle: Daimler Trucks



## NUTZFAHRZEUGE

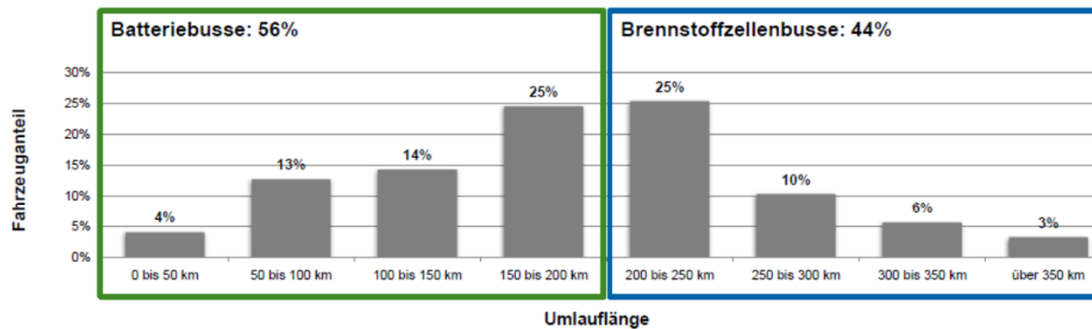


Projekt WaVe – Demonstrator mobile Arbeitsmaschinen  
(im Aufbau)

Quelle: Mörtlbauer Baumaschinen Vertriebs GmbH

## EINSATZSZENARIO MAINZER MOBILITÄT

- ▶ Identifizierung der Einsatzmöglichkeiten für Batterie- und BZ-Busse
- ▶ Fahrzeugkonzept in Mainz: über 90% Gelenkbusse!



### Batteriebus

- ▶ Geringere Anschaffungs- und Betriebskosten
- ▶ Begrenzte Reichweite
- ▶ Einsatz auf kurzen Umläufen bis 200 km

### Brennstoffzellenbus

- ▶ Kurze Betankungszeit
- ▶ Hohe Reichweite und Einsatzflexibilität
- ▶ H2-Tankstelle benötigt
- ▶ Einsatz auf langen Umläufen

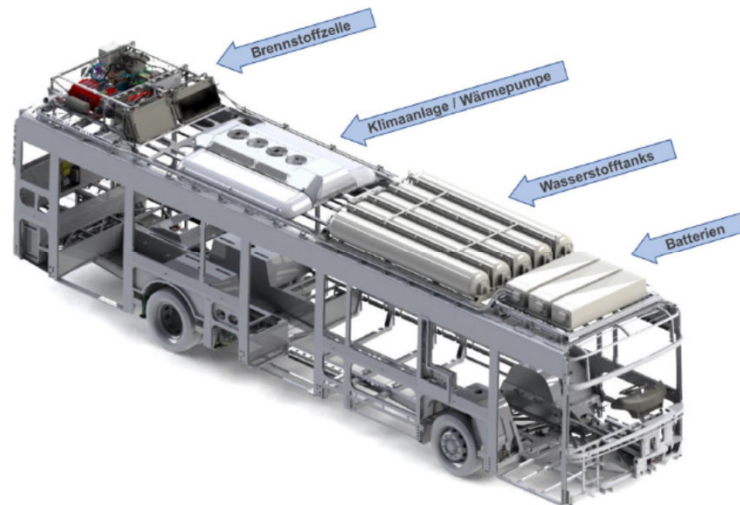
Autor: Jari Wamow - MVG - ÖPNV-F



Unterschiedliche Einsatzszenarien

Quelle: Mainzer Mobilität

### CAETANO H2.CITY GOLD



- ▶ 12m / 2 Türen
- ▶ Reichweite 400 km
- ▶ Maximale Leistung 180 kW Siemens Motor
- ▶ 60 kW Toyota Brennstoffzelle (Nennleistung)
- ▶ 37,5 kg H2-Tank
- ▶ 44 kWh LTO Batterie
- ▶ Tankdauer unter 9 Minuten

13 Autor: Jari Wamow - MVG - ÖPNV-F



### Wasserstoffbusse bei der Mainzer Mobilität

Quelle: Mainzer Mobilität



## BUSSE



Mercedes Benz eCitaro fuel cell (Brennstoffzelle von Toyota, 5 Tanks mit insgesamt 25 kg H<sub>2</sub> und max. 294 kWh-NMC-Batterie – Reichweite bis zu 400 km)

Quelle: [https://www.mercedes-benz-bus.com/de\\_DE/brand/omnibus-magazin/test-drive-across-the-alps.html](https://www.mercedes-benz-bus.com/de_DE/brand/omnibus-magazin/test-drive-across-the-alps.html)

# ZÜGE



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



© RMV/Arne Landwehr

Alstom Coradia iLint (2 Tanks mit insgesamt 260 kg H<sub>2</sub> und 220 kWh-Batterie – Reichweite bis zu 1.000 km)

Quelle: <https://www.electrive.net/2022/12/15/taunusnetz-nur-zwei-der-sechs-h2-zuege-einsatzbereit/>



# ZÜGE



Siemens Mireo Plus H (Reichweite bis zu 1.000 km)

Quelle: <https://press.siemens.com/global/de/pressemitteilung/premiere-deutsche-bahn-und-siemens-mobility-praesentieren-neuen-wasserstoffzug-und>

# ZÜGE



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



Alstom Prototyp Rangierlok mit Wasserstoffmotor

Quelle: <https://www.golem.de/news/diesel-ersatz-rangierloks-auf-wasserstoff-2212-170165.html>



## FLUGZEUGE



### Studie Airbus A300 bzw. real Tu155

Quellen: <http://www.diebrennstoffzelle.de/h2projekte/mobil/cryoplane.shtml> bzw.  
<https://www.flugrevue.de/zivil/tupolew-tu-155-wasserstoff-passagierjet-aus-der-sowjetunion/>

# FLUGZEUGE



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU

## ZEROe Concept Aircraft



### Turbofan

Range: 2,000+ nm | Passengers: <200

Two hybrid-hydrogen turbofan engines provide thrust. The liquid hydrogen storage and distribution system is located behind the rear pressure bulkhead.



### Turboprop

Range: 1,000+ nm | Passengers: <100

Two hybrid-hydrogen turboprop engines, which drive eight-bladed propellers, provide thrust. The liquid hydrogen storage and distribution system is located behind the rear pressure bulkhead.



### Blended-Wing Body (BWB)

Range: 2,000+ nm | Passengers: <200

The Blended-Wing Body's exceptionally wide interior opens up multiple options for hydrogen storage and distribution. Here, the liquid hydrogen storage tanks are located underneath the wings. Two hybrid-hydrogen turbofan engines provide thrust.



### Fully electrical concept

Range: 1,000 nm | Passengers: <100

The fully electrical concept was revealed in December 2020. It is based on a fully electrical propulsion system powered by fuel cells.

## Studien Airbus

Quelle: <https://www.airbus.com/en/innovation/low-carbon-aviation/hydrogen/zeroe>

# FLUGZEUGE



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU



## Studien Airbus

Quelle: <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2022-11-airbus-prepares-for-its-first-megawatt-class-hydrogen-fuel-cell-engine>



# FLUGZEUGE



## Studien Airbus

Quellen: <https://www.airbus.com/en/innovation/low-carbon-aviation/hydrogen/zeroe>



## FLUGZEUGE



### H2FLY Prototyp mit flüssigem Wasserstoff

Quellen: <https://www.h2fly.de/2023/04/05/h2fly-accelerates-progress-towards-zero-emission-commercial-flight-3/> bzw. <https://www.h2fly.de/2023/09/07/h2fly-and-partners-complete-worlds-first-piloted-flight-of-liquid-hydrogen-powered-electric-aircraft/>



## FLUGZEUGE



Universal Hydrogen Dash-8-300 (Brennstoffzelle mit 1 MW Leistung + 650 kW Magni650 Elektromotor) – Umrüstsätze geplant

Quelle: <https://www.flugrevue.de/flugzeugbau/universal-hydrogen-dash-8-fliegt-erstmal-mit-brennstoffzellenantrieb/>





## FLUGZEUGE



Zeroavia Do-228 – Umrüstsätze geplant

Quelle: <https://www.electrive.net/2023/01/20/zeroavia-bz-erstflug-mit-umgeruesteter-dornier-228/>



## SCHIFFE



U212 A

Quelle: [https://de.wikipedia.org/wiki/Klasse\\_212\\_A#/media/Datei:Salvatore\\_Todaro\\_\(S-526\).jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Klasse_212_A#/media/Datei:Salvatore_Todaro_(S-526).jpg)



## SCHIFFE



Projekt Condor/RH2INE

Quelle: <https://www.portofrotterdam.com/en/port-future/energy-transition/making-logistics-chains-more-sustainable/condor-h2>



## SCHIFFE



Projekt Elektra (Schubschiff)

Quelle: <https://floatmagazin.de/boote/elektrisierende-taufe-in-berlin-elektra-emissionsfreies-schubschiff/>



## FÖRDERUNGEN

---

- Verkehrswende, hin zu Fahrzeugen mit alternativer Antriebstechnik, ist eine nationale Aufgabe.
- Bei der Förderung der Beschaffung von Fahrzeugen mit alternativen Antrieben und bei dem Aufbau der Lade-/Betankungsinfrastruktur ist daher zunächst der Bund gefordert.
- Der Bund hat verschiedene Förderprogrammen geschaffen z. B.:
  - BMDV: Förderrichtlinie Busse mit alternativen Antrieben im Personenverkehr (derzeit kein Aufruf)
  - BMDV/BAG: Förderrichtlinie Klimafreundliche Nutzfahrzeuge und Infrastruktur (KsNI) (derzeit kein Aufruf)
  - (BMDV: Förderrichtlinie Alternative Antriebe im Schienenverkehr, derzeit kein Aufruf)



## FÖRDERUNGEN

---

- Die Lotsenstelle für alternative Antriebe
  - hilft u. a. Kommunen mit aktuellen Informationen zum Thema alternativer Antriebe,
  - bietet Einstiegsberatungen bei Fach- und Förderfragen, z. B. zur Umstellung von kommunalen Fuhrparks auf alternative Antriebe, zur Errichtung von öffentlicher und nicht-öffentlicher Lade-/Betankungsinfrastruktur oder zur Erstellung von alternativen Mobilitätskonzepten,
  - vermittelt praxiserfahrene Akteure,



## FÖRDERUNGEN

---

- Die Lotsenstelle für alternative Antriebe
  - vernetzt Kommunen und Interessensgruppen für den Erfahrungsaustausch und für die Entwicklung gemeinsamer Projekte im Netzwerk Elektromobilität Rheinland-Pfalz.
- Einen wichtigen Baustein stellen dabei die individuellen Video-Online-Beratungen dar, die sowohl von rheinland-pfälzischen Kommunen als auch Unternehmen in Anspruch genommen werden.
- In der letzten Förderperiode (2020 – 2022) wurden u. a. 267 Kommunen und 491 Unternehmen beraten, 9 Fachveranstaltungen und 21 Workshops durchgeführt.



## FAZIT

---

- Wasserstoff ist EIN wichtiger Partner der Verkehrswende
- Früher relativ einheitlicher Antriebsmix (in vielen Fällen Diesel)
- Zukünftig ein breiter Antriebsmix verschiedenster Technologien, abhängig von den jeweiligen Rahmenbedingungen und Anforderungen
- Regularien müssen noch verbessert werden (z. B. FCEV können an den H2-Tankstellen betankt werden, aber nicht Fahrzeuge mit H2-Motor, da es unterschiedliche Steuerregeln gibt)





## FAZIT

---

- Hersteller entwickeln oft verschiedene Antriebe parallel mit entsprechendem finanziellen Aufwand
- In Rheinland-Pfalz gibt es viele Hersteller von Nutzfahrzeugen
- MWVLW unterstützt auf verschiedenen Wegen die Entwicklung



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR  
WIRTSCHAFT, VERKEHR,  
LANDWIRTSCHAFT UND  
WEINBAU

---

Vielen Dank