

# Wasserstoffmobilität

---

Die Rolle der H<sub>2</sub>-Mobilität bei der Dekarbonisierung des Verkehrssektors



# Agenda



- Warum braucht es Wandel?
  - Energieverbräuche und THG-Ausstoß
- Status Quo + Ausblick
  - Fahrzeugbestand & Neuzulassungen
- Produktion und Anwendungen
- Potentialbereiche für Wasserstoffanwendungen
- Regulatorik

# *Energieverbräuche und THG-Ausstoß*

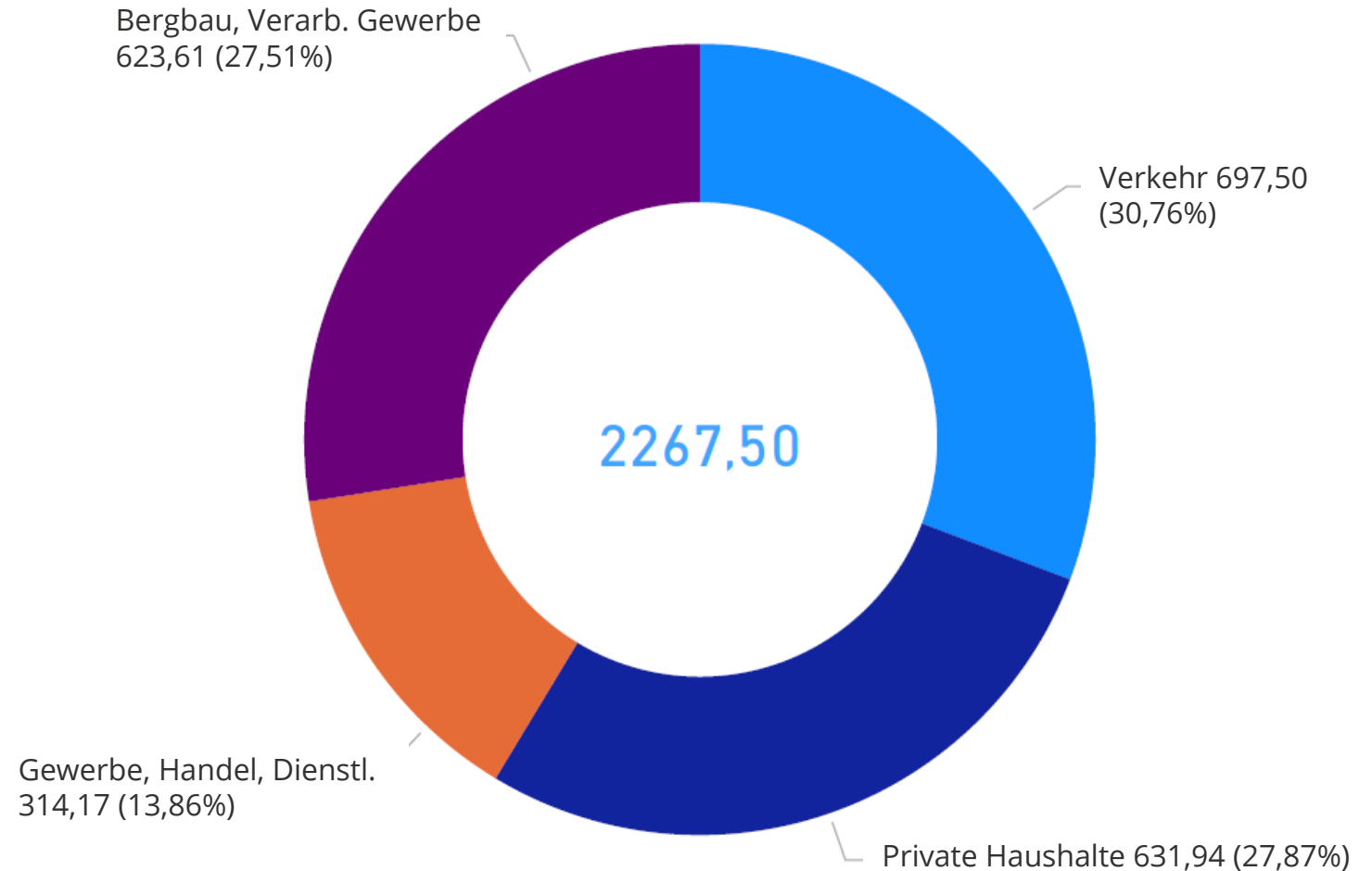
# Warum braucht es einen Wandel?

Endenergieverbrauch (EEV) im Jahr 2023

Endenergieverbrauch nach Sektoren (2023)  
in TWh

● Verkehr ● Private Haushalte ● Gewerbe, Handel, Dienstl. ● Bergbau, Verarb. Gewerbe

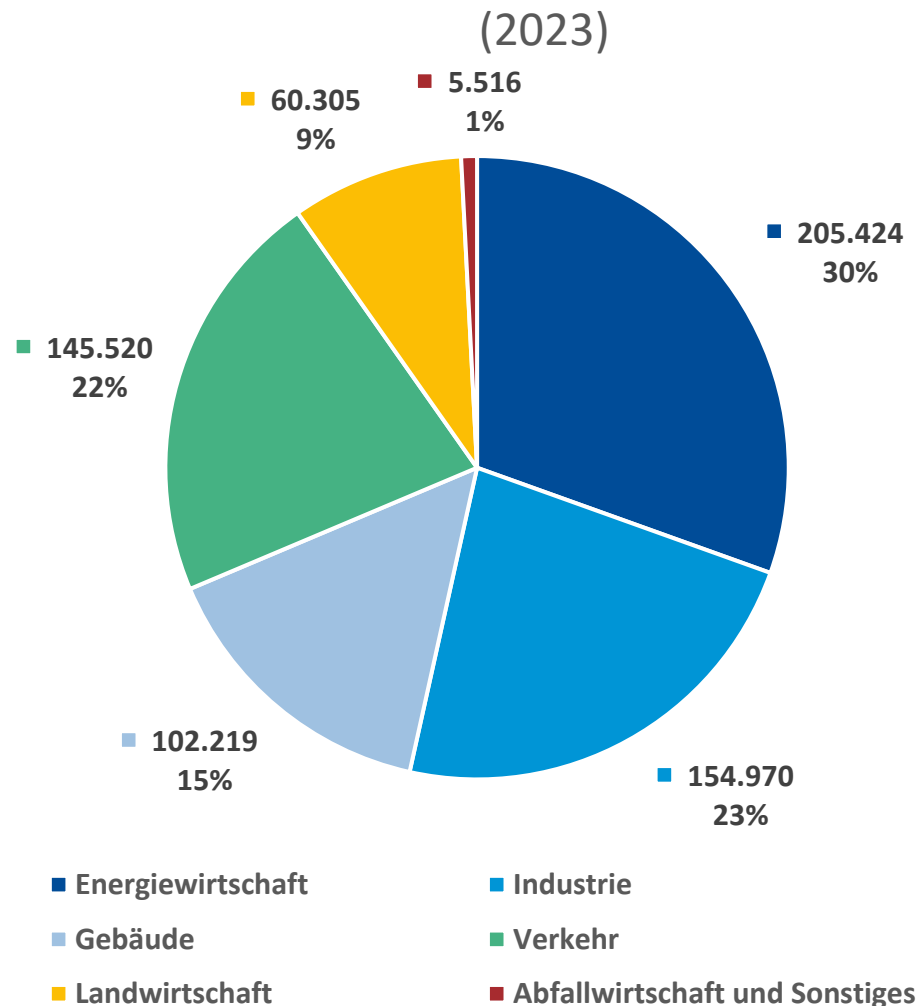
- „Fit für 55“
  - THG-Emissionen bis 2030 auf min. 55%
- Primärenergieverbrauch  
Deutschland: 2952,40 TWh



# Warum braucht es einen Wandel?

Einfluss des Verkehrssektors auf die deutschen THG-Emissionen!

Treibhausgas - Emission in Mio. t CO<sub>2</sub> – Äquivalent



## • Ziel im Jahr 2030 aus KSG-Novelle Jahr?

- **Energiewirtschaft** → 108 Mio. t CO<sub>2</sub> - Äquivalent
- **Industrie** → 121,559 Mio. t CO<sub>2</sub> - Äquivalent
- **Verkehr** → 65,887 Mio. t CO<sub>2</sub> - Äquivalent
- **Gebäude** → 81,916 Mio. t CO<sub>2</sub> - Äquivalent
- **Landwirtschaft** → 58,371 Mio. t CO<sub>2</sub> - Äquivalent
- **Abfall** → 5.333 Mio. t CO<sub>2</sub> - Äquivalent

## • Verfehlung der CO<sub>2</sub> - Ziele im Verkehrssektor:

- 2022: 9 Mio. t CO<sub>2</sub> verfehlt
- 2023: 13 Mio. t CO<sub>2</sub> verfehlt

## • Ausstoß im Verkehrssektor:

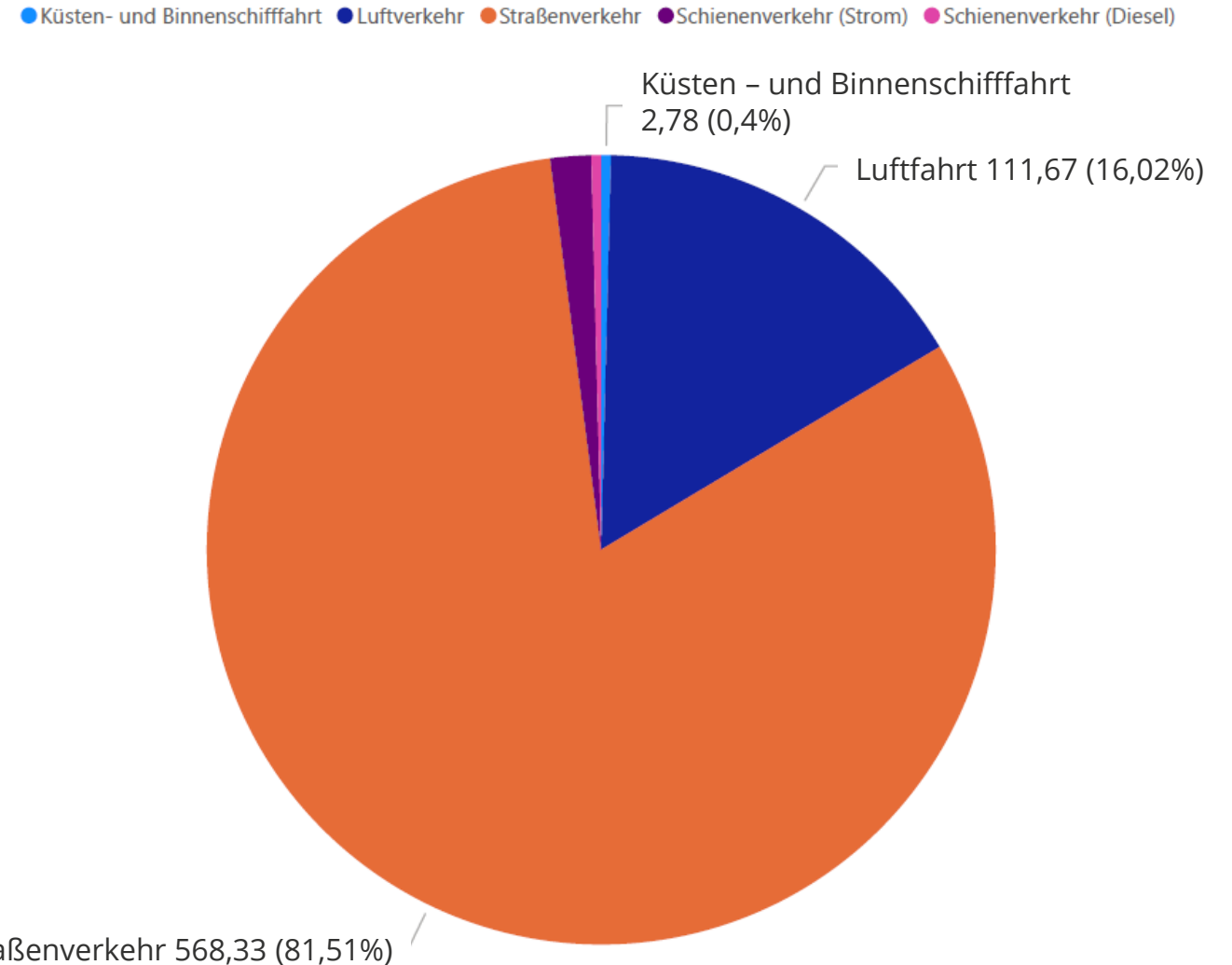
- Personenverkehr ca. 63%
- Schwerlastverkehr ca. 37%

# Was bedeutet ein Wandel?

Endenergieverbrauch im Jahr 2023

- Hoher zusätzlicher **Energiebedarf**
  - Ausbau der EE
  - Ausbau der Netzinfrastruktur
- **Straßenverkehr** verantwortlich für 81,51% des Verkehrssektors EEV
- **Schienerverkehr** ist Großteils elektrifiziert
- **Luftverkehr** enthält nur teilweise internationalen Luftverkehr
- **Schiffverkehr** nur Inlandsschifffahrt

Endenergieverbrauch im Verkehrssektor nach Subsektoren (2023)  
in TWh



# Was bedeutet ein Wandel?

Energieträger im Straßenverkehrssektor

Endenergieverbrauch im Verkehrssektor nach Energieträger (2023)

in TWh

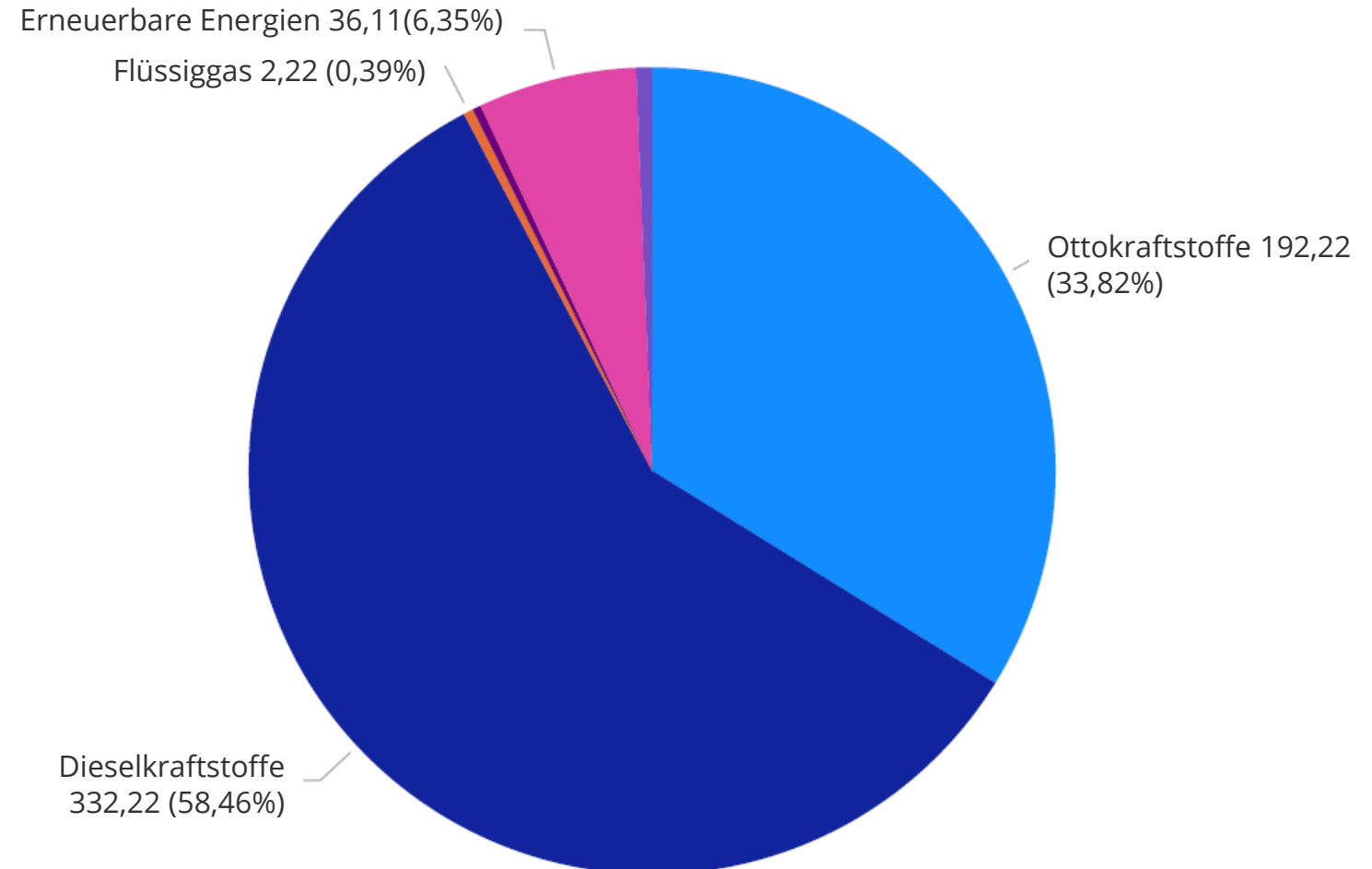
● Ottokraftstoffe ● Dieselkraftstoffe ● Flüssiggas ● Erdgas, Erdölgas ● Erneuerbare Energien ● Strom

- **Diesel- und Ottokraftstoffe** mit einem Anteil 92,28%

- 27,6 Mio. Tonnen Diesel
- 16,0 Mio. Tonnen Benzin

- Entspricht 53,476 Mio. m<sup>3</sup> Kraftstoff oder etwa 12x das Volumen der Außenalster!

- Strom **noch** ein kleiner Anteil!





# *Fahrzeugbestand und Neuzulassungen*

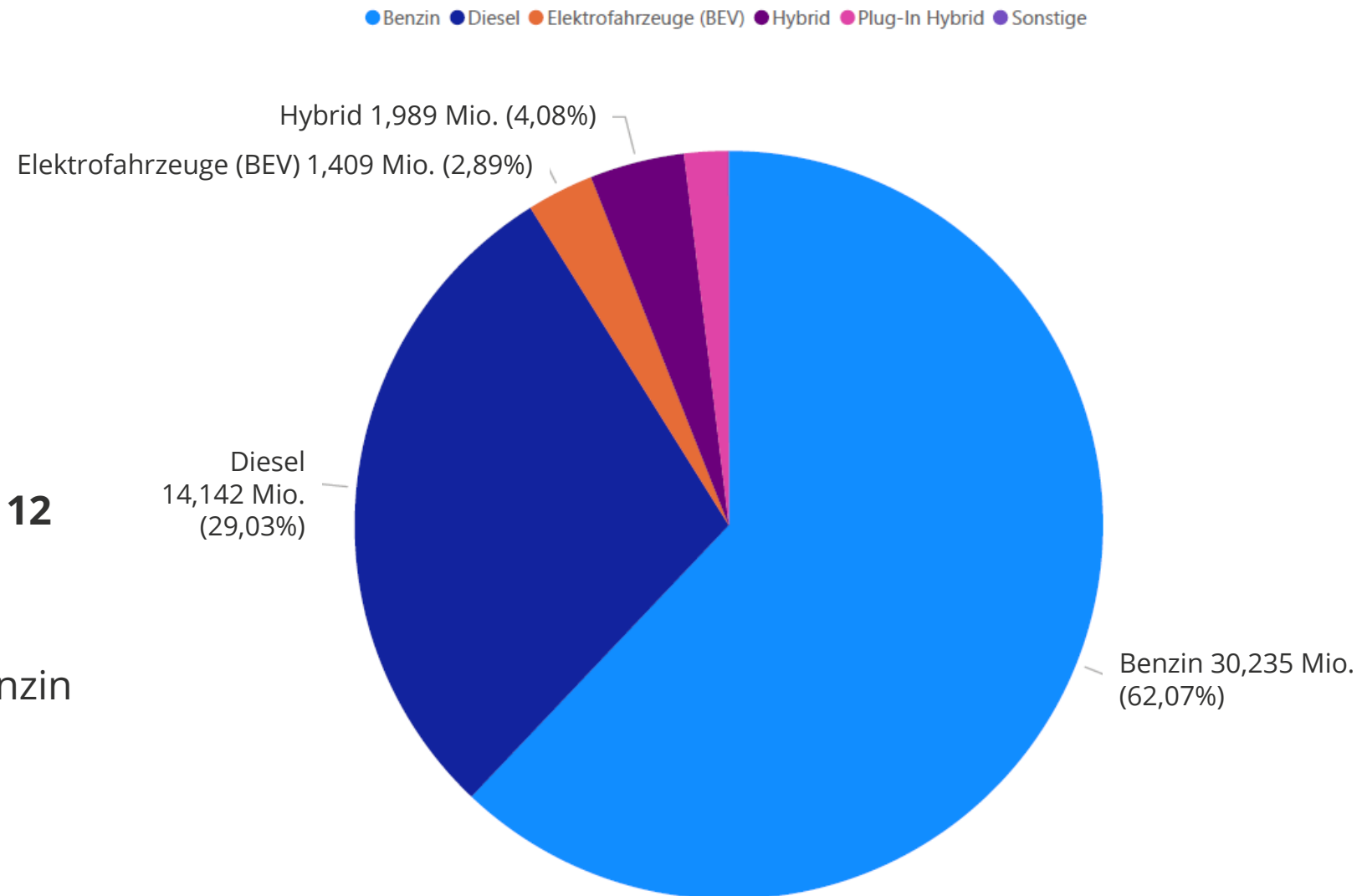


# Wie ist der aktuelle Stand?

PKW-Bestand in Deutschland

- PKW ca. **49,93 Mio.** Fahrzeuge
- **75–80% privat** genutzte PKW!
- Alter der Fahrzeuge liegt bei **ca. 12 Jahren**
- Antriebsarten dominiert von Benzin und Diesel mit **>91%** der zugelassenen Fahrzeuge

PKW - Bestand nach Kraftstoffart (Januar 2024)



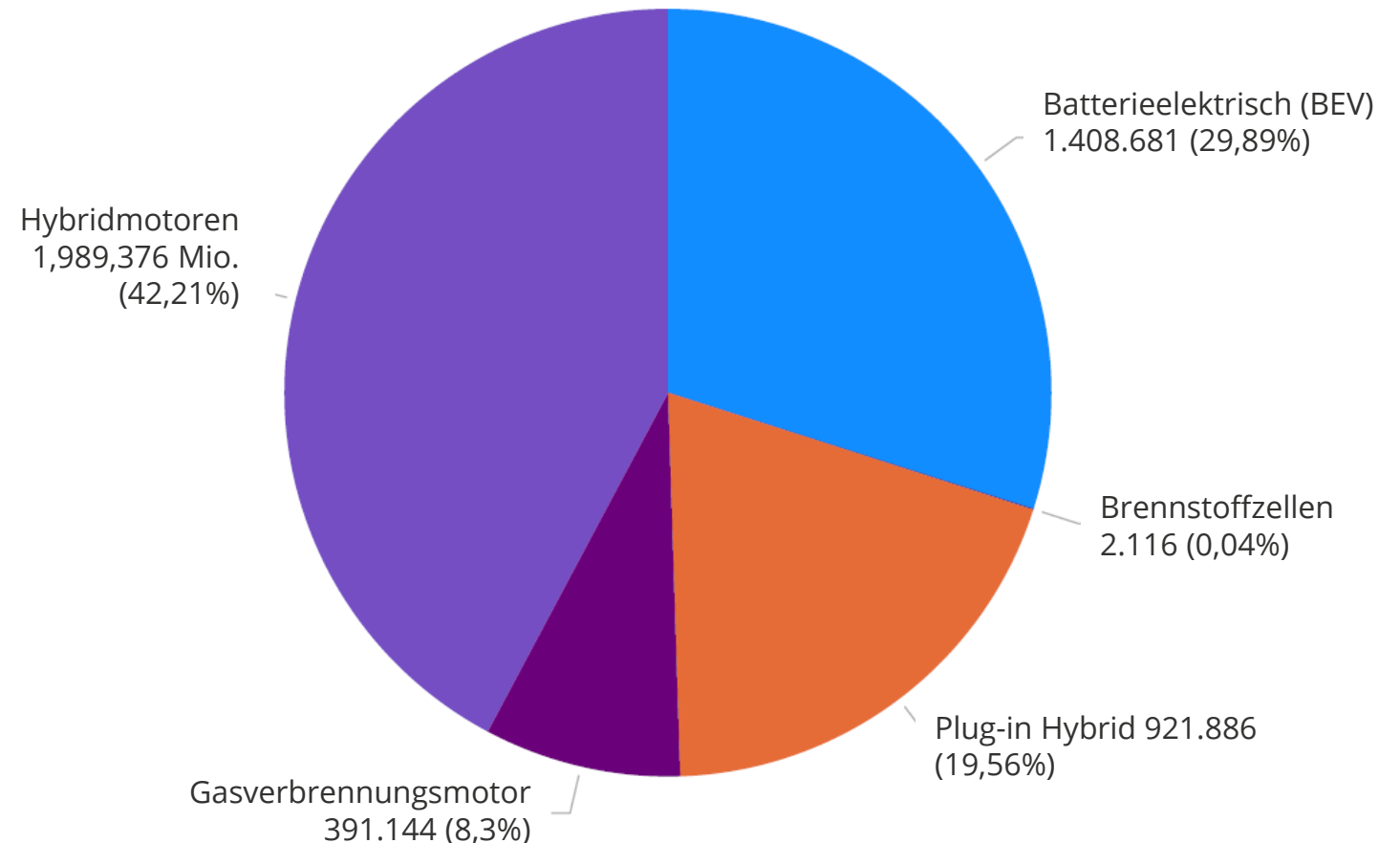
# Wie ist der aktuelle Stand?

PKW-Bestand mit alternativen Antrieben in Deutschland

- Alternative Antriebe ca. **4,71 Mio.** Fahrzeuge (ca. 9,6%)
- Juli 2022: **1 Mio.** Grenze erreicht!
- **Brennstoffzellen** spielen kaum eine Rolle
- **Best Practice Norwegen:** 26% alternative Antriebe im Jahr 2023 und stetig steigend!

Bestand von PKW (Januar 2024)

● Batterieelektrisch (BEV) ● Brennstoffzellen (FCEV) ● Plug-In Hybrid ● Gasverbrennungsmotor ● Wasserstoffverbrennungsmotor ● Hybridmotoren



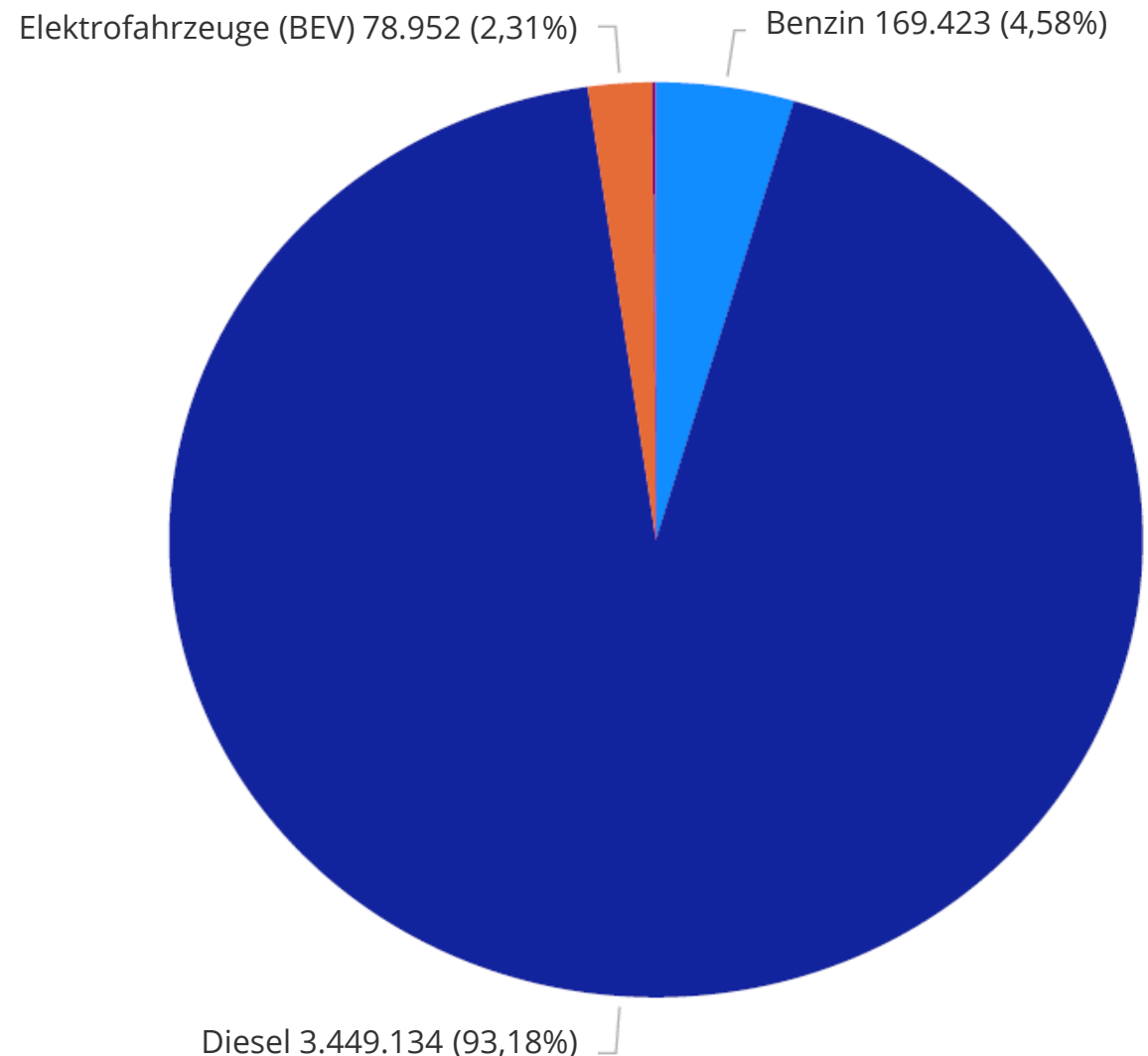
# Wie ist der aktuelle Stand?

LKW-Bestand in Deutschland nach Kraftstoffart

LKW - Bestand nach Kraftstoffart (Januar 2024)

● Benzin ● Diesel ● Elektrofahrzeuge (BEV) ● Hybrid ● Plug-In Hybrid ● Sonstige

- Bestand bei **3,74 Mio.** LKW
  - Leichte Nutzfahrzeuge und schwere Nutzfahrzeuge
- **Alternative Antriebe** haben einen Anteil von 3,19%
  - BEV: 2,11%
  - FCEV: 0,005%
- **Sattelzugmaschinen** zusätzlich 2,41 Mio.
  - BEV: 365 Stück (0,23%)
  - Gas: 4.075 (1,78%)
  - FCEV: 4 Stück

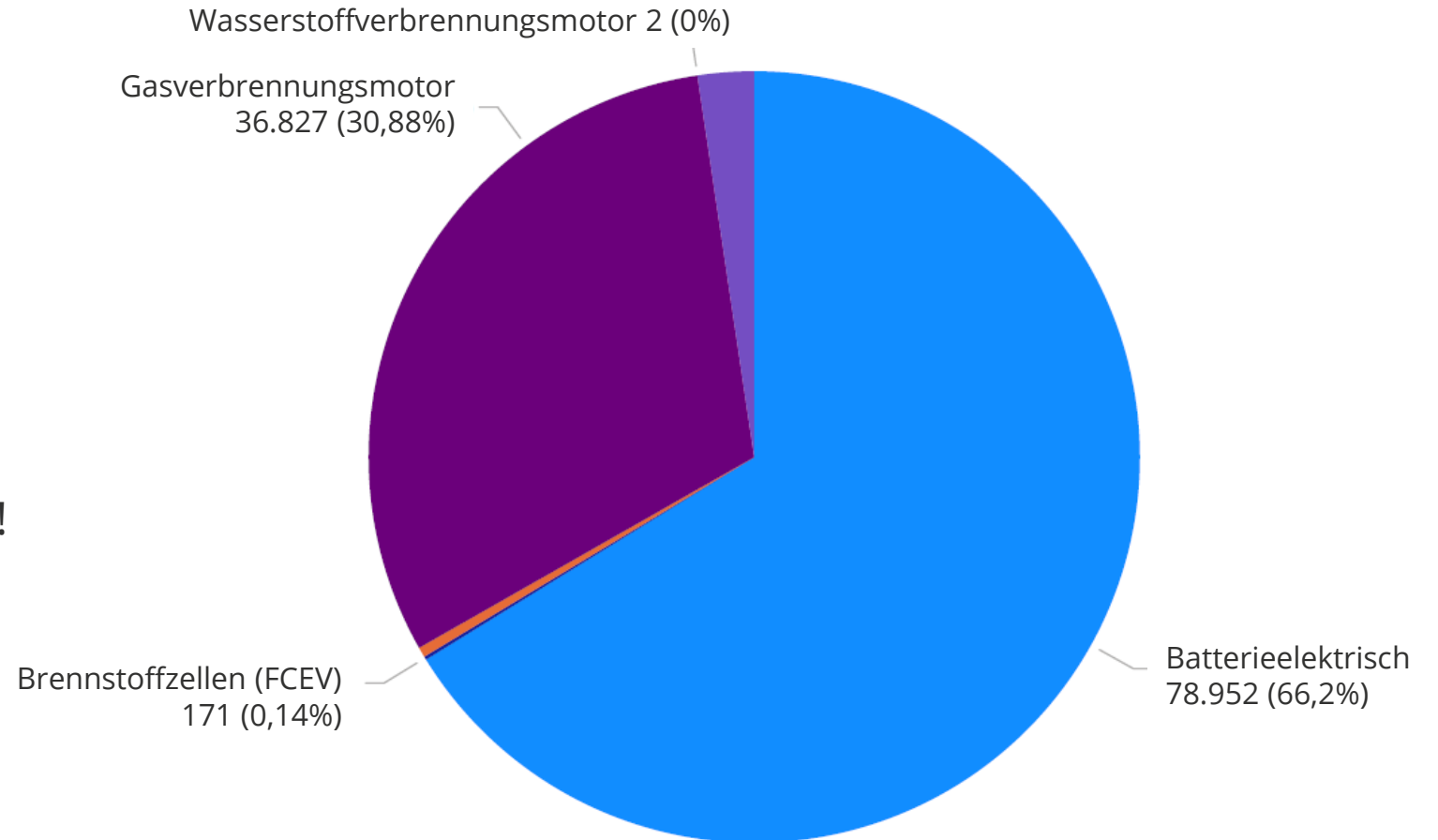


# Wie ist der aktuelle Stand?

LKW-Bestand in Deutschland nach alternativen Antrieben

Bestand von LKW (Januar 2024)

● Batterieelektrisch (BEV) ● Brennstoffzellen (FCEV) ● Plug-In Hybrid ● Gasverbrennungsmotor ● Wasserstoffverbrennungsmotor ● Hybridmotoren

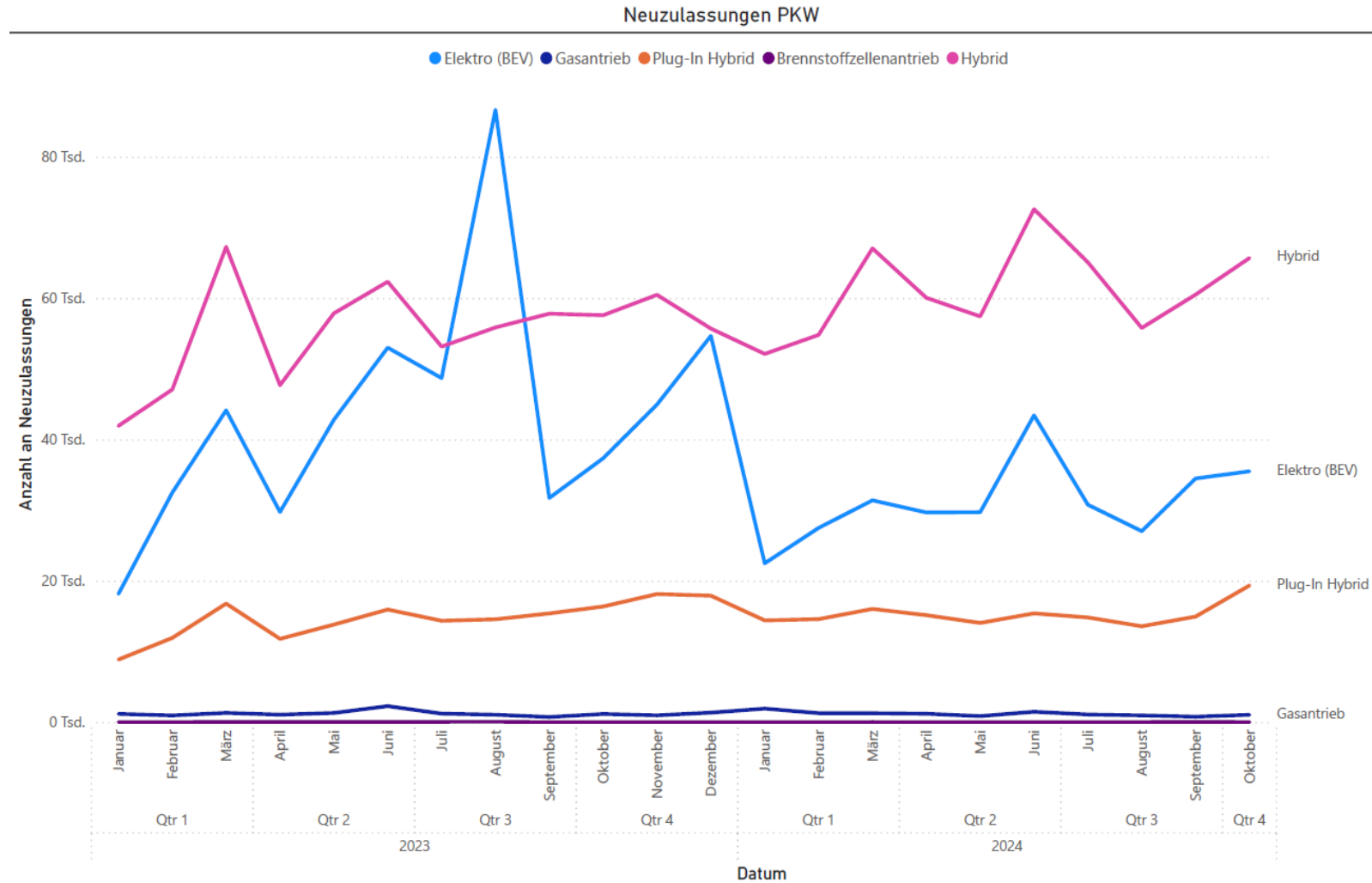


- **Batterieelektrisch** ist führend!
- **Gasverbrennungsmotoren** signifikant
- **Wasserstoff** mit kleinem Anteil!

# Welche Entwicklungen sind zu beobachten?

Neuzulassungen von PKW in den Jahren 2023 und 2024

- **Neuzulassungen 10,52% (01/2024)**
- Vergleich Norwegen:
  - 79% BEV-Neuzulassungen
  - Mit Plug-In bei >90%
- **Brennstoffzellenfahrzeuge** bei ca. 0,01% der Neuzulassungen
- **Keine Förderungen** mehr seit Ende 2023

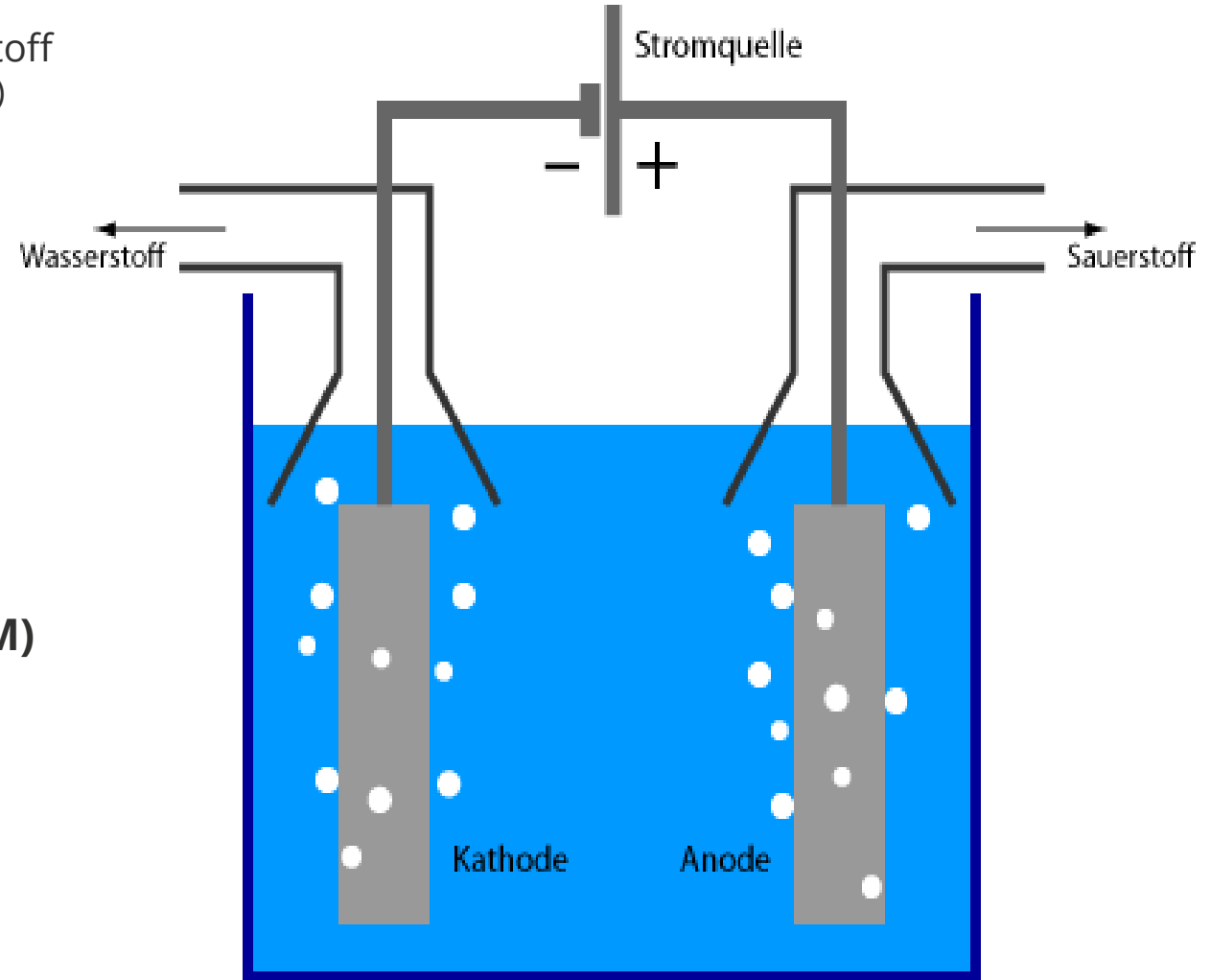


# *Produktion und Anwendung*

# Wasserstoffproduktion

## Elektrolyse

- **Funktionsweise**
  - Aufspaltung von Wasser zu Wasserstoff und Sauerstoff
    - ca. 55 kWh pro Kilogramm H<sub>2</sub> (je nach Herstellungsart)
    - Ca. 10 L Wasser
  - $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$  (unter Zufuhr von Energie)
- **Komponenten**
  - Kathode, Anode, Elektrolyt
- **Alkalische Elektrolyse (AEL)**
  - Kostengünstig
  - Effizienz von 60 – 70%
  - Hohe Technologiereife
- **Protonen-Austausch-Membran Elektrolyse (PEM)**
  - Hohe Effizienz 65 – 75%
  - Dynamischer Betrieb möglich
  - Hohe Investitionskosten
- **Festoxid-Elektrolyse (SOEC)**
  - Sehr hoher Wirkungsgrad > 80%
  - Gut integrierbar mit Industrieprozessen
  - Niedrige Technologiereife



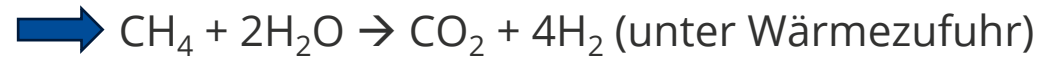


# Wasserstoffproduktion

## Dampfreformation

- **Funktionsweise**

- Umwandlung von Erdgas (CH<sub>4</sub>) in Wasserstoff & Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)



- Wirkungsgrad bei ca. 65 – 75%
- Energieaufwand ca. 3 – 4 kWh pro 1 kg Wasserstoff

- **Emission**

- 0,18 kg Methan pro kg Wasserstoff
- Emission: 9 – 10kg CO<sub>2</sub> auf 1 kg Wasserstoff

- Deckt ca. 95% der weltweiten Wasserstoffproduktion ab



# Wasserstoffproduktion

Entwicklung der Elektrolysekapazitäten

- **Wasserstoffbedarf**
  - 2030 DE: 94 – 125 TWh<sup>1</sup>
  - 2050 EU: 700 TWh<sup>2</sup>
- **Umsetzungspläne**
  - Nationale Wasserstoffstrategie
    - Bis **2030** min. **10 GW** Elektrolyseleistung benötigen
  - EU – Wasserstoffstrategie
    - **2024**: 6 GW
    - **2030**: 40 GW
    - ca. 10 Mio. t H<sub>2</sub> Import im Jahr 2030
- **Realität**
  - Weltweit: 540 GW Elektrolyseleistung zu 2030 angekündigt<sup>3</sup>
  - 4 % (21,6GW) haben nur Final Investment Decision (FID)
    - Deutschland: ca. 685 MW Elektrolyseleistung (Produktion/FID)

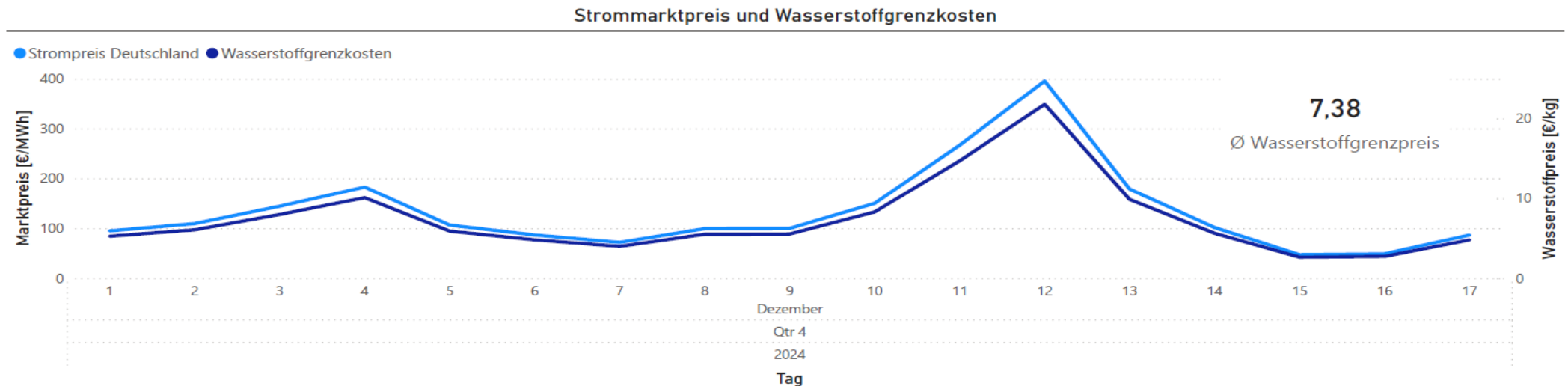


<sup>1</sup>Nationaler Wasserstoffrat, <sup>2</sup>Fraunhofer IEG, <sup>3</sup>IEA

# Wasserstoffpreis

Kostenparität mit herkömmlichen Antriebsarten

- Wasserstoff im Verkehrssektor erreicht **ab 4 – 6 € pro kg Kostenparität**
- Welche Hebel können bewegt werden?
  - Abschaffung der **klimaschädlichen Subventionen**
    - **24,808 Mrd. €** im Jahr 2020<sup>1</sup>
  - **Erhöhung des CO<sub>2</sub>-Preises** im Emissionshandel
  - **Mautbefreiung** ist nur ein Hebel im **Langstreckenverkehr!**



<sup>1</sup>Umweltbundesamt



# Wasserstoffnutzung

## Brennstoffzelle

- **Funktionsweise**
  - Reaktion zwischen Wasserstoff und Sauerstoff
  - $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{elektr. Energie}$
- **Komponenten**
  - Anode
  - Elektrolyt
  - Kathode
- **Arten**
  - Alkalische Brennstoffzelle (AFC)
  - PEM-Brennstoffzelle
  - Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC)
- **Wirkungsgrad**
  - 50 – 60%
  - 80 – 90% bei Abwärmenutzung
- **Herausforderungen**
  - Kosten durch die Herstellung und der Materialien
  - Kostenreduktion durch hohe Stückzahlen erreichbar
  - Hohe Reinheit des Wasserstoffes notwendig



# Wasserstoffnutzung

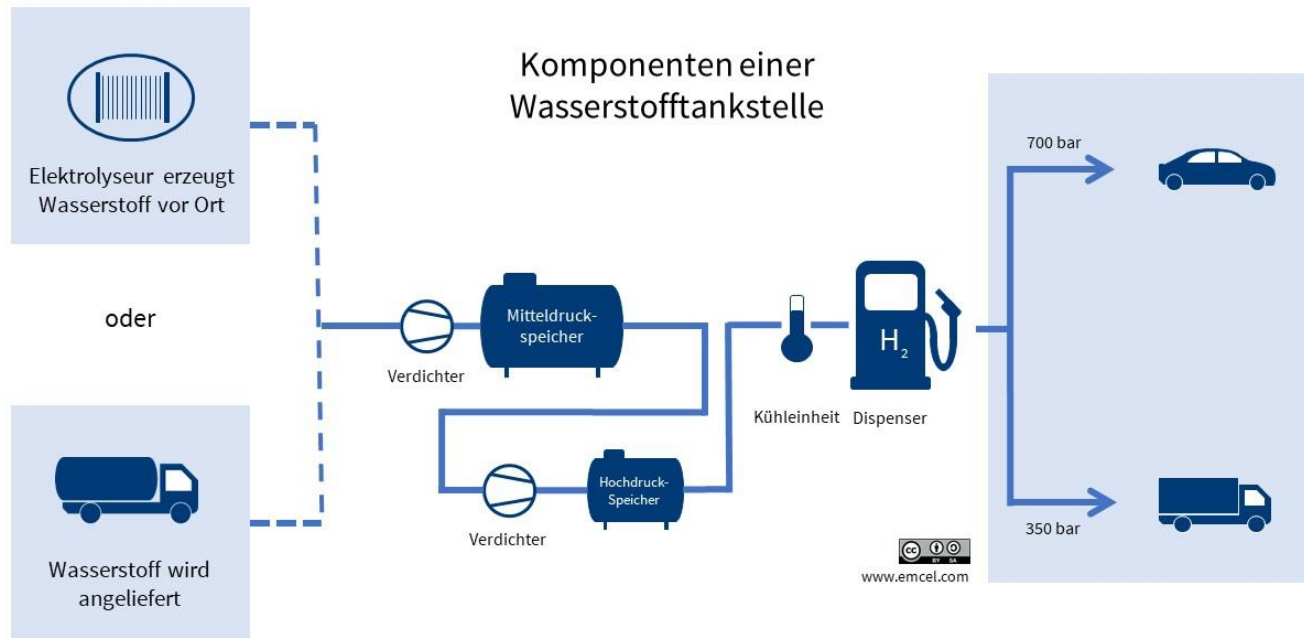
## Wasserstoffverbrennungsmotor

- **Funktionsweise**
  - Einspritzung wie beim Ottomotor
  - $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{elektr. Energie}$
  - Nebenprodukt: **Stickoxide (NO<sub>x</sub>)**
- **Unterschied zu herkömmlichen Motoren**
  - Hohe Zündgeschwindigkeit
  - Korrosionsproblematik
- **Vorteile**
  - Verwendung bestehender Technologien
  - Geringere Wasserstoff – Reinheit erforderlich
  - Vielseitigkeit (LKW, Schiff, Züge)
- **Herausforderungen**
  - Effizienz liegt bei 24 – 40% ähnlich dem Benziner
  - Wärmeverluste
  - Stickoxid Emission



# Wasserstofftankstellen (HRS)

## Technologie und Aufbau



- **Betankungsmöglichkeiten**

- 350 bar
- 700 bar
- Flüssiger Wasserstoff (LH<sub>2</sub>)
- Betankungsprotokolle

- **Speicherung**

- Druck bei 45 – 200bar an HRS
- Flüssig bei -253°C möglich

- **Tankvorgang**

- Kühlung des H<sub>2</sub>
  - H<sub>2</sub> erwärmt sich bei Ausdehnung
  - Limitierender Faktor bei Betankung
- Überströmung durch Druckunterschied



# Wasserstofftankstellen (HRS)

Verteilung und Verfügbarkeit

- **AFIR – Verordnung**
  - Aufbau **alle 200 km** entlang des Korridors
- **Bestand in Deutschland**
  - 87 Stk. eröffnet
  - 11 Stk. in der Planungsphase
  - Wasserstoffbedarf von 50,1 t im Nov. 24
  - Initial geplant für PKW-Mobilität (700 bar)
  - Umrüstung diverser Standorte für Schwerlastverkehre (350 bar)
- Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit steigern!
  - Seit Ende August rund 44% der Stationen eingeschränkt verfügbar
- **Kosten in Norddeutschland<sup>1</sup>**
  - 350 bar: 9,75 – 14,75 €
  - 700 bar: 9,99 – 17,75 €

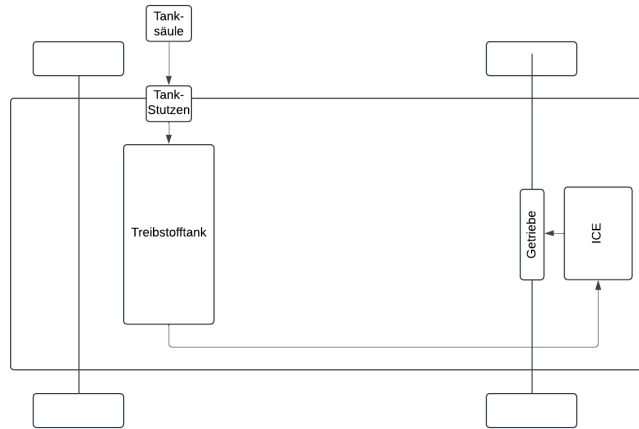




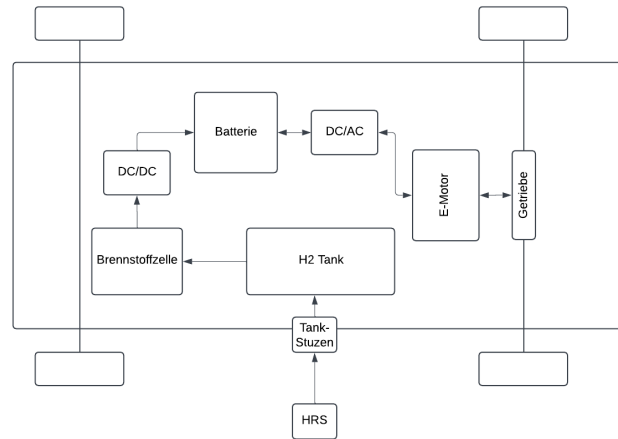
# Antriebsarten und deren Komponenten

Unterschiede zwischen den einzelnen Aufbauarten

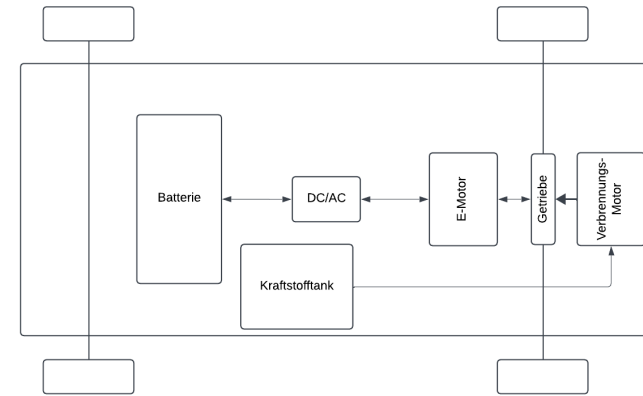
Herkömmlicher Verbrennungsmotor



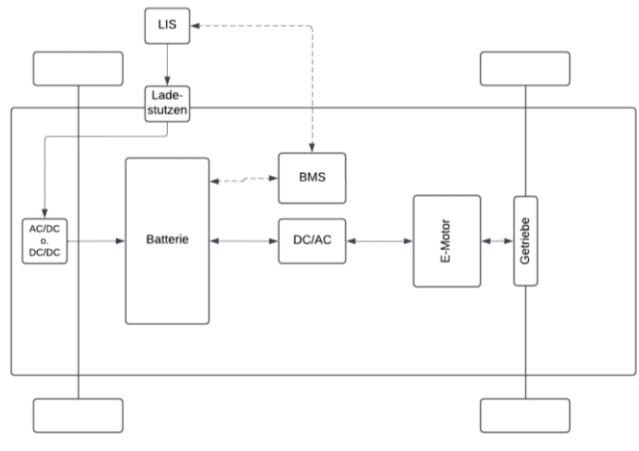
Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV)



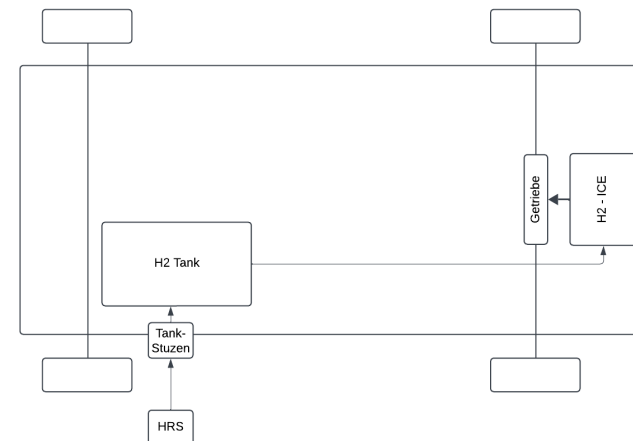
Hybrid-Fahrzeug



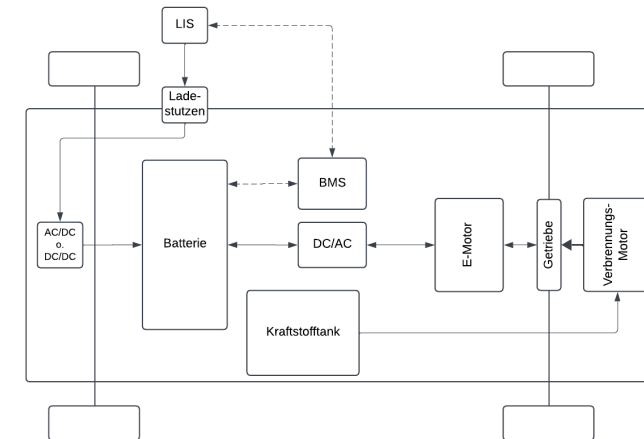
Batterieelektrisch (BEV)



Wasserstoff-Verbrennung

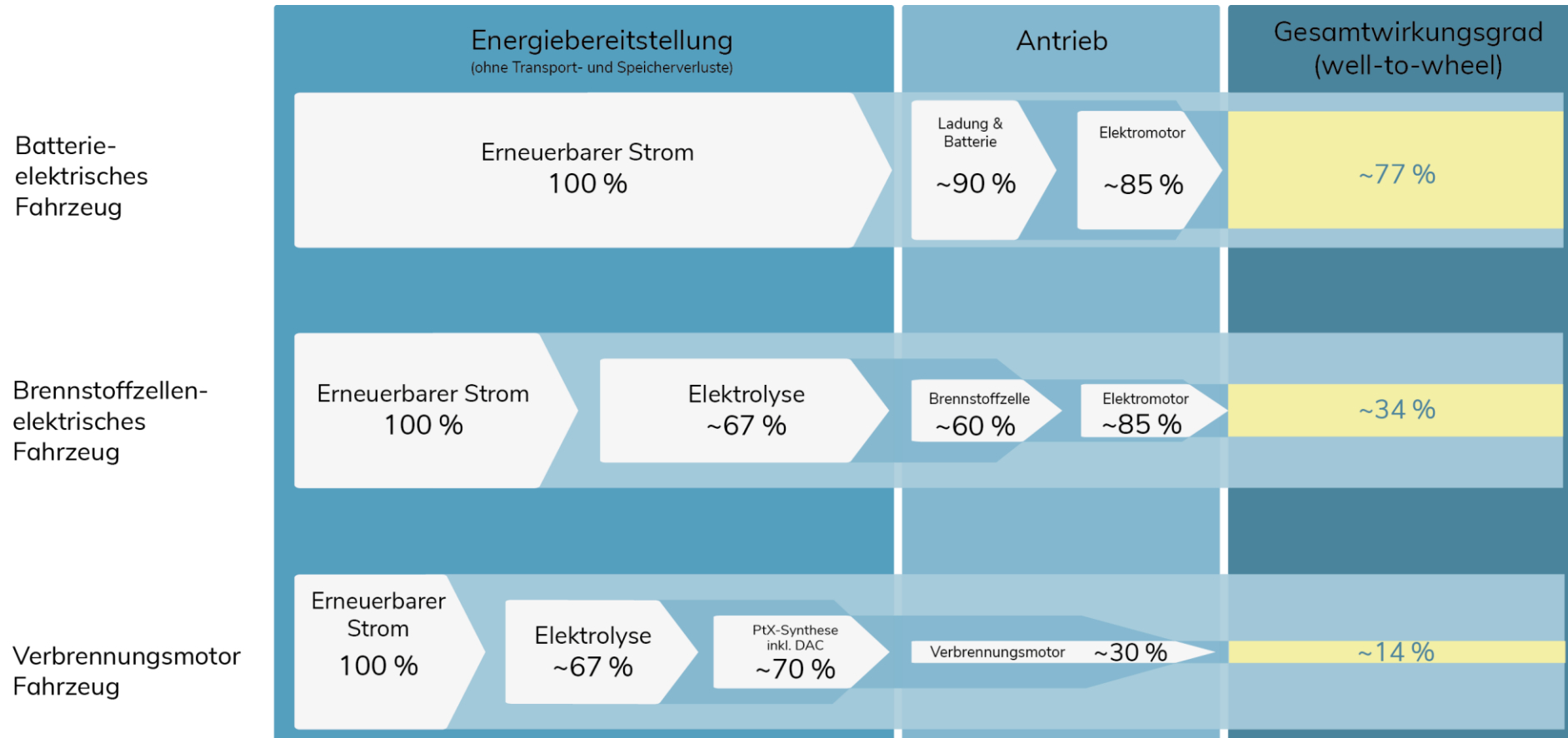


Plug-In Hybrid



# Antriebsarten und deren Komponenten

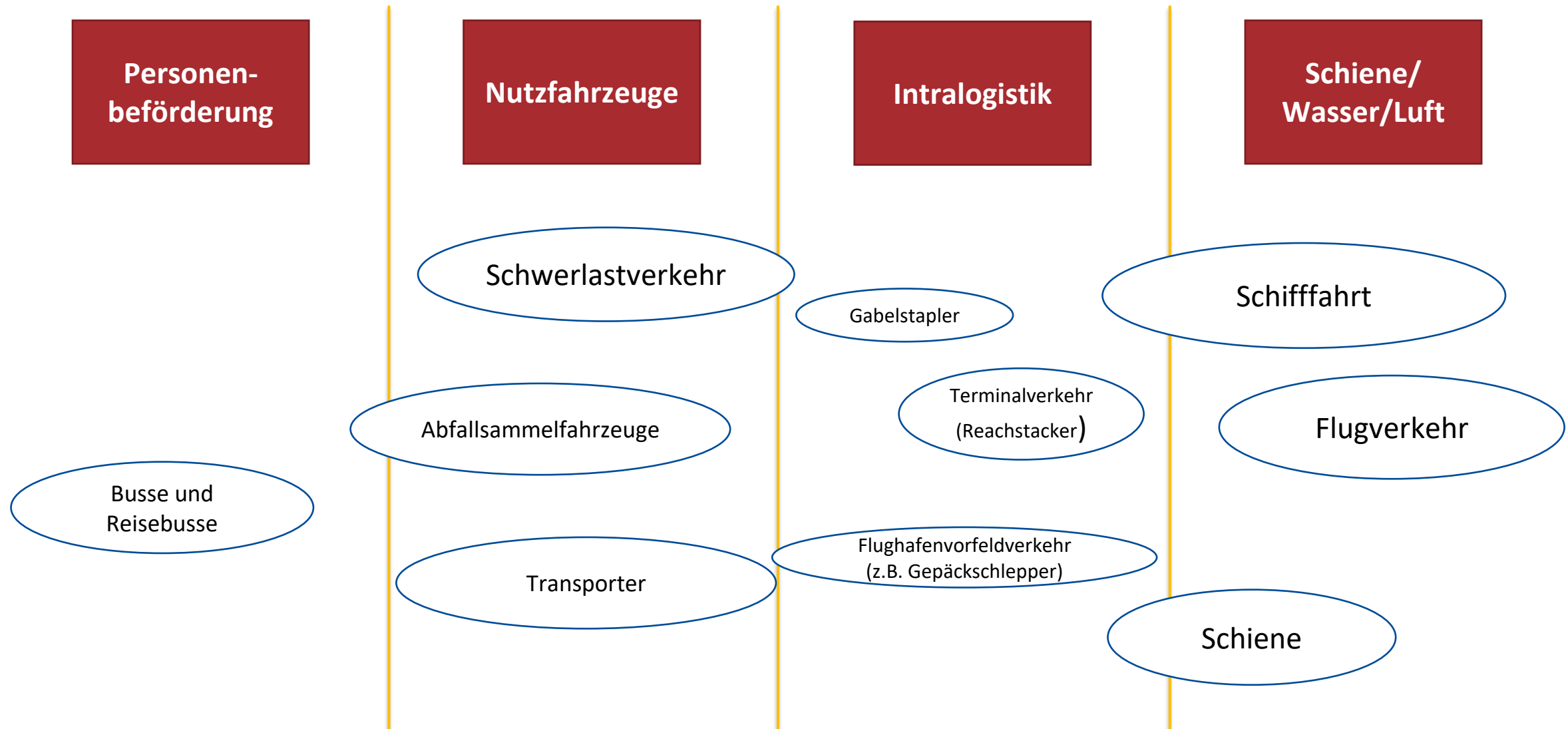
Vergleich der Wirkungsgrade



Eigene Darstellung basierend auf Sachverständigenrat für Umweltfragen (2021): Wasserstoff im Klimaschutz

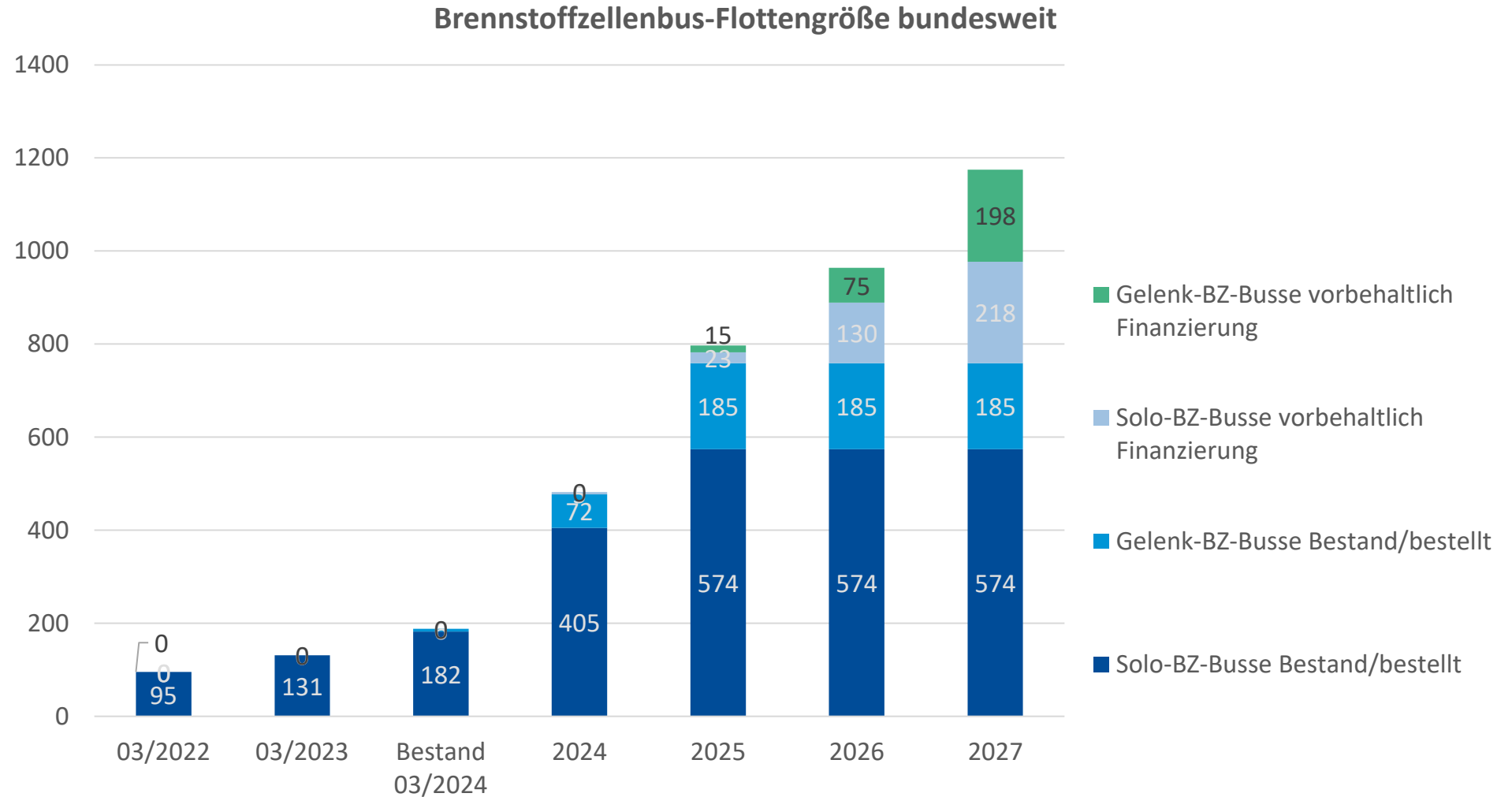
# *Potentialbereiche für Wasserstoffanwendungen*

# Potentialbereiche von H<sub>2</sub> - Anwendungen



# Potential bei Bussen

Brennstoffzellenbus Cluster – Einsatz von BZ – Bussen



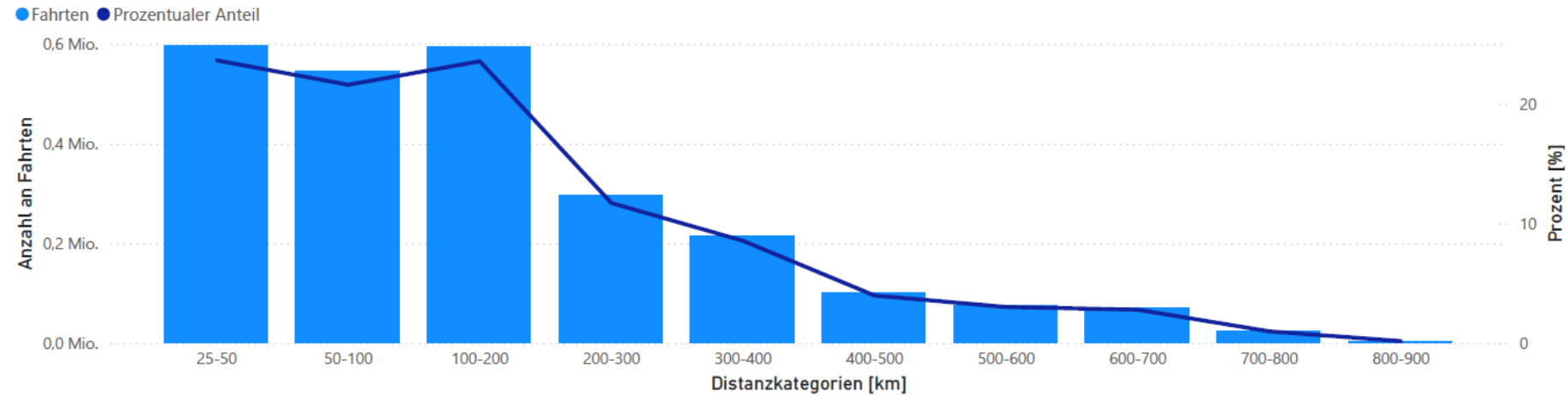
<sup>1</sup>Eigene Darstellung aus der Umfrage vom Brennstoffzellenbus Cluster

# Potential im Schwerlastverkehr

Nahverkehr elektrisch – Chancen im Fernverkehr

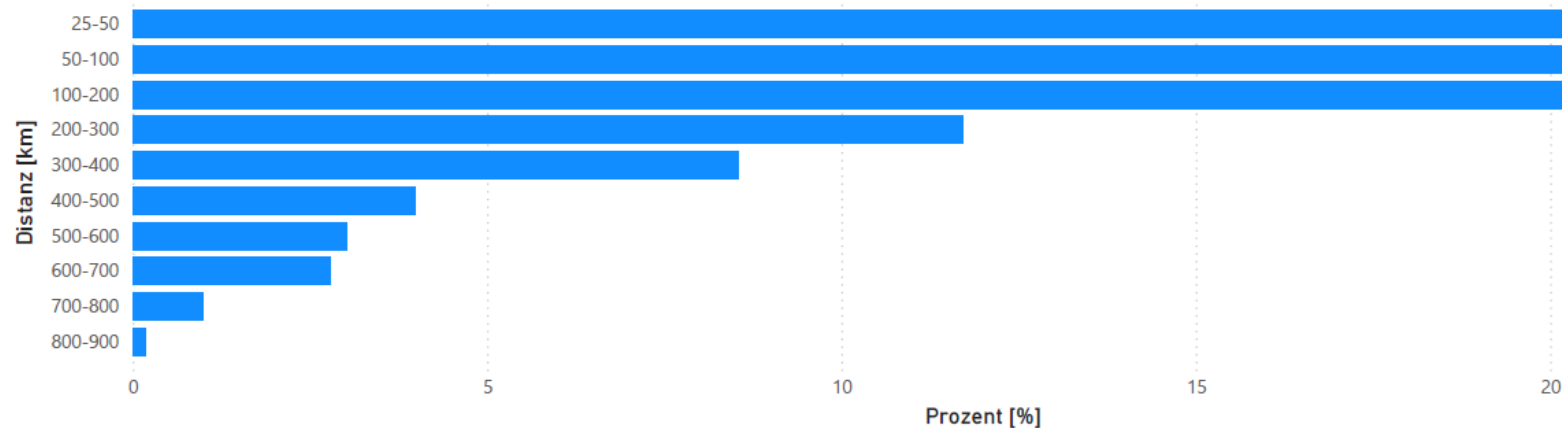
Schwerlastverkehr aus Hamburg nach Deutschland

Anzahl Fahrten im Jahr 2022



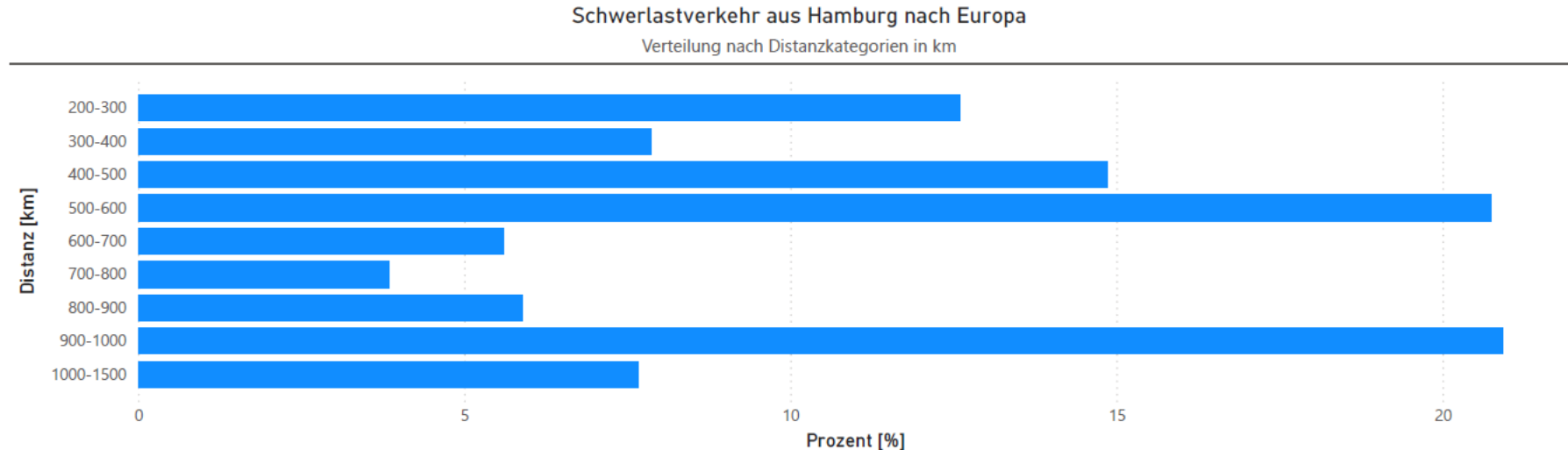
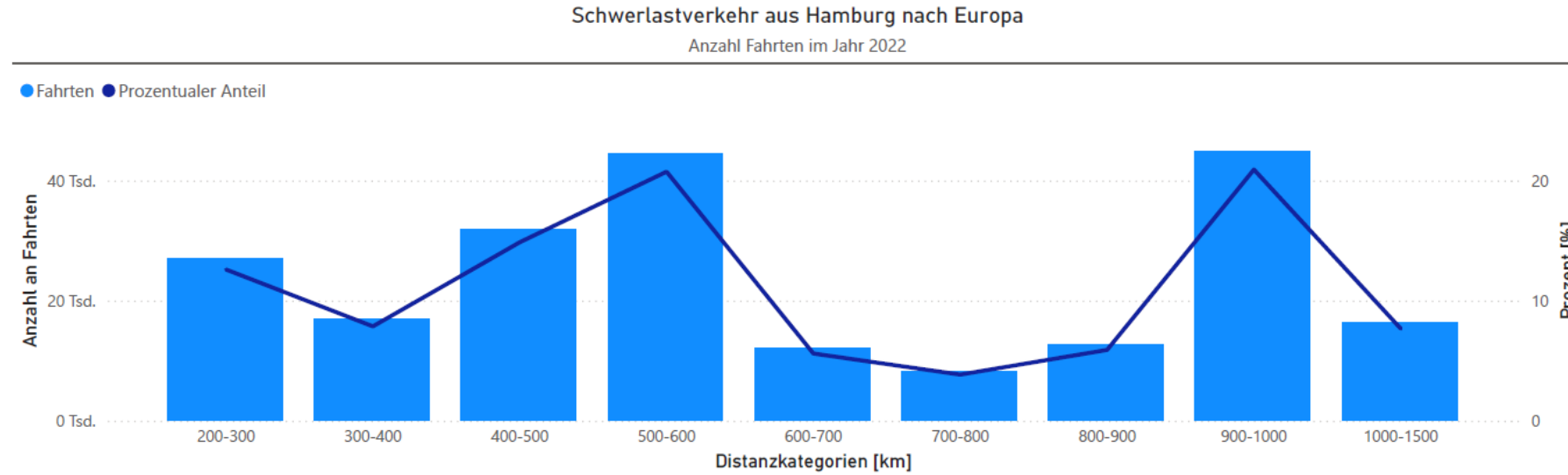
Schwerlastverkehr aus Hamburg nach Deutschland

Verteilung nach Distanzkategorien in km



# Potential im Schwerlastverkehr

Hohe Distanzen im Fernverkehr

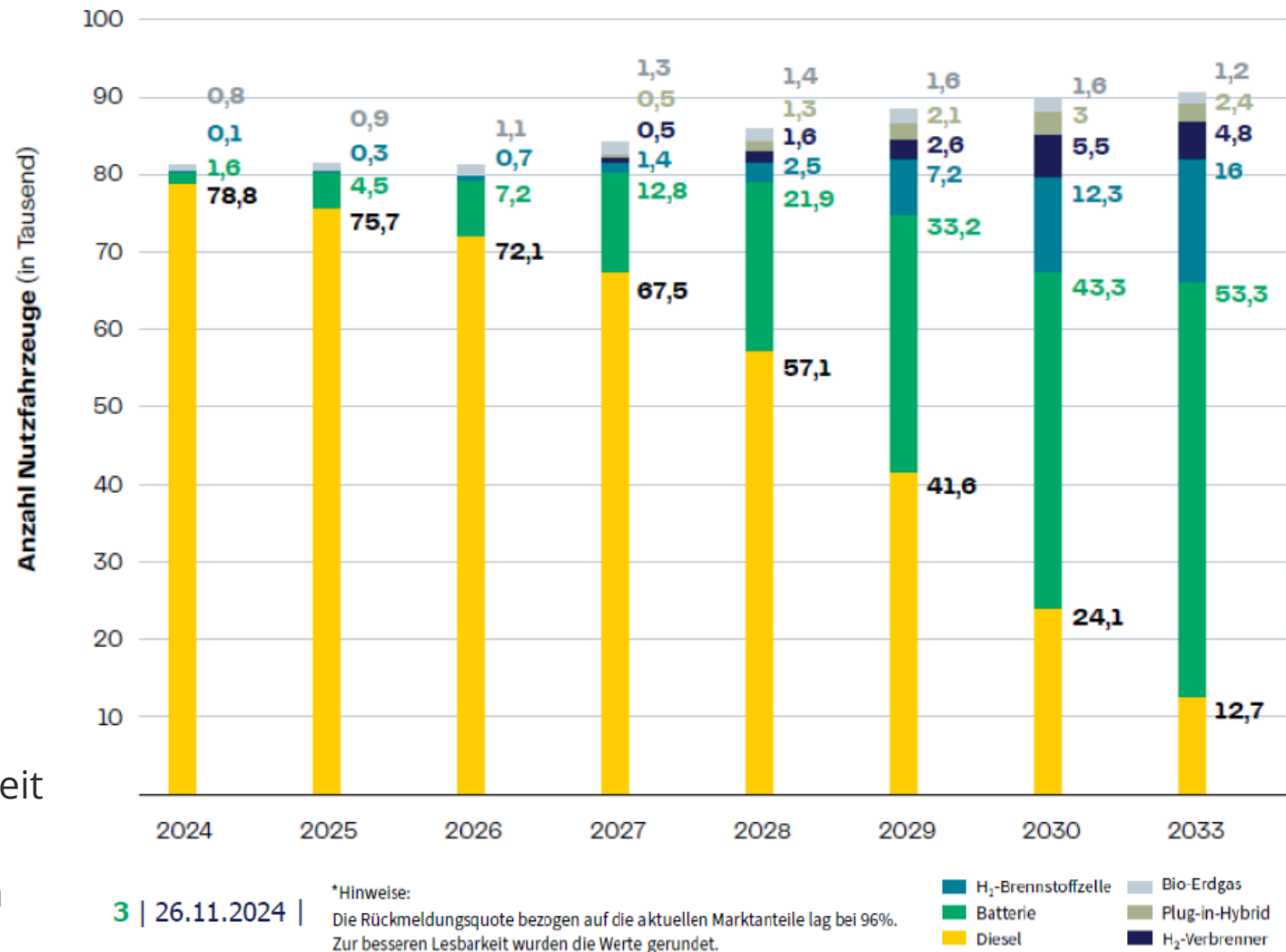




# Potential im Schwerlastverkehr

Clean Room Gespräche der NOW

- Gespräche mit den Fahrzeugherstellern (OEMs)
  - Abschätzung und Prognosen der OEMs
  - >90% der LKW – Zulassungen in Europa
- Wasserstoff 17,8% Marktanteil
- Rolle von Wasserstoff:
  - Unterschiedliche Strategien der OEMs
  - Relevanter Antrieb für Schwer- und Fernlastverkehr
  - Zum Teil nur Nischenanwendung
- Aussagen der OEMs:
  - Brennstoffzelle fehlt es noch an Robustheit
  - 700bar als gemeinsamer Nenner
  - Entwicklungsbedarf bei H<sub>2</sub> - Verbrennern



# Potential im Schwerlastverkehr

Anwendungsbeispiele

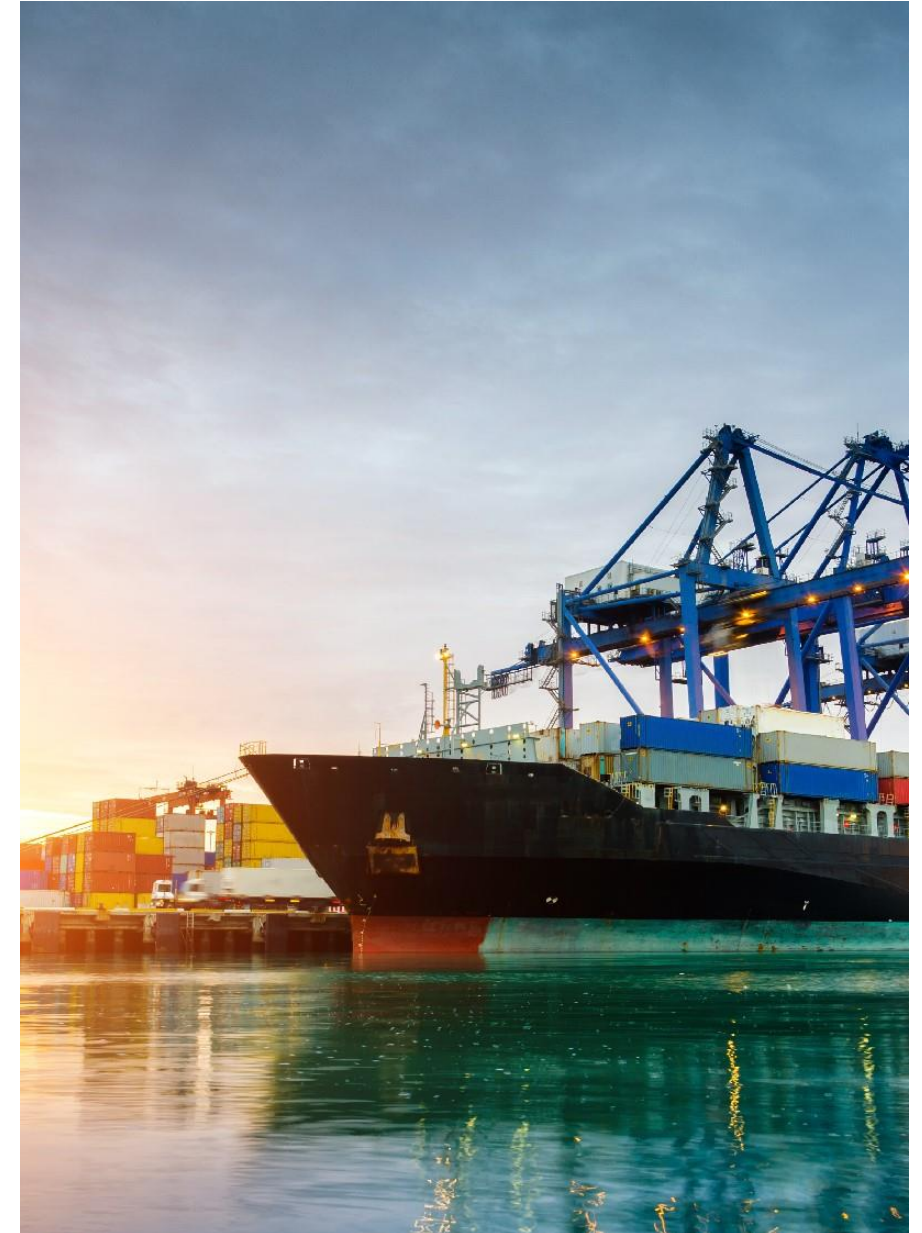
Fahrzeug	H2 – Tankvolumen	Reichweite	H2-Verbrauch
[-]	[kg]	[km]	[kg/100km]
Hyundai XCIENT Fuel Cell	31	400	7,75
Hyzone Hymax 46t	60	680	10,31
Mercedes Atego (PH2P)	30	450	6,67
MAN Framo FC	40	400	10,00
Mercedes-Benz GenH2 Truck	80 LH <sub>2</sub>	1000	8
Engenius CityPower	32	600	5,33



# Potential in der Schifffahrt

Schifffahrt benötigt Alternative für Schweröl

- 2 – 3% der weltweiten CO<sub>2</sub>-Emissionen aus
- Hohe Energiebedarfe und keine Möglichkeiten des „Zwischenladens“
- Schifffahrt bekennt sich zu einer CO<sub>2</sub>-Emissionssenkung
  - Internationale Seeschifffahrtsorganisation (IMO) setzt Maßstäbe
    - Reduktion um min. 40% im Jahr 2030 im Vergleich zu 2008
    - Anteil von Technologien und Brennstoffen mit null THG-Emission auf min. 5% bestenfalls 10% bis 2030
    - Erreichung von Nettonull am besten bis 2050
- Bio- oder synthetische Kraftstoffe denkbare Alternativen
- Vielseitige Einsatzmöglichkeiten
  - Brennstoffzellen für kleinere Schiffe (Binnenschifffahrt)
  - Verbrennungsmotor für robustere Anwendungen
  - Ammoniak als Wasserstoffträger
  - LH<sub>2</sub> als Speichermöglichkeit mit hoher Energiedichte
  - Einsatz von Wasserstoff zur Energieerzeugung des Bordbetriebs





# Potential in der Schifffahrt

Schifffahrt benötigt Alternative für Schweröl

- **Herausforderung:**

- Geringe Infrastruktur in den Häfen
- Kosten des Wasserstoffes und der Derivate ist erheblich höher
- Speicherung des Energieträgers an Bord problematisch (große Mengen notwendig)
- Effizienzverluste im Vergleich zu Dieselmotoren

- **Vorteile**

- Häfen als Energiehubs
- Hohe Energiedichte

- **Beispiele**

- MS Hydra (Norwegen)
- Maersk plant Einsatz von ammoniakbetriebenen Schiffen ab 2030
- ZEMBA (Zero Emission Maritime Buyers Alliance)

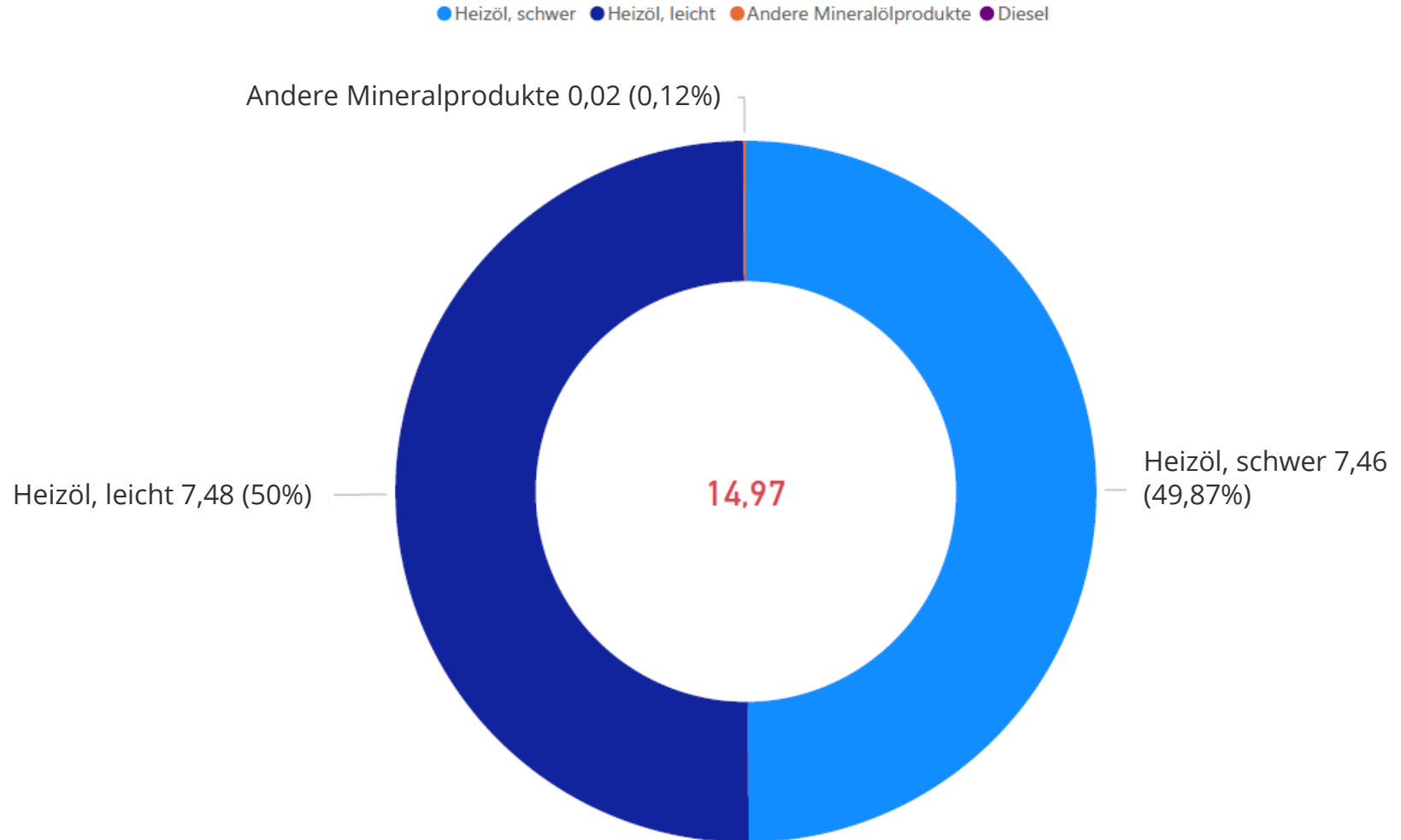


# Potential in der Schifffahrt

## Bunkerungen in Deutschland

- Deutschland mit geringen Bunkermengen
  - Starke Konkurrenz in NL
  - Hohe gesetzliche Auflagen
- 1,299 Mio. Tonnen Kraftstoffe im Jahr 2023 gebunkert
- Vergleichsmenge Welt/Europa

Bunkerungen seegehender Schiffe im Jahr 2023  
in TWh

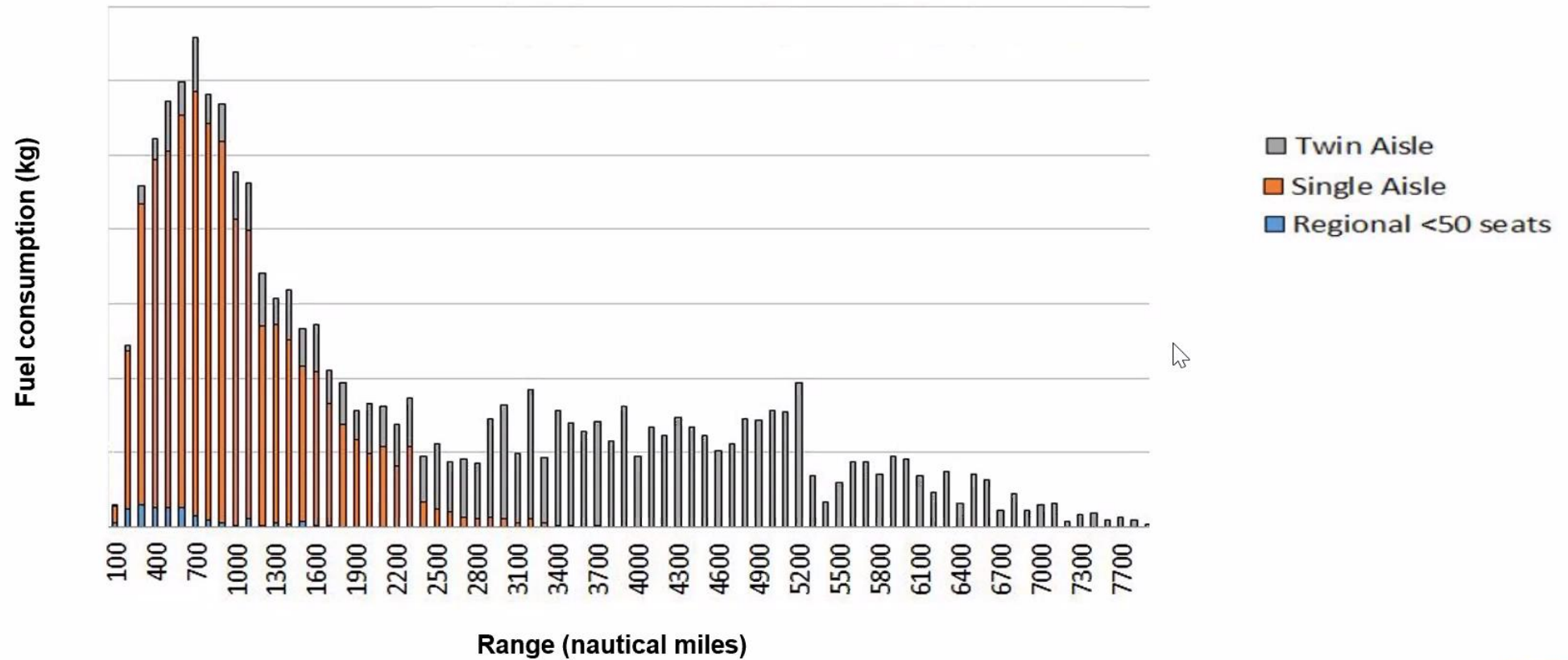


# Potential in der Luftfahrt

Luftverkehr



58% of 2019 global aviation fuel consumption was on flights below 2,000 Nm



Source: 2019 data from OAG, Cirium, Sabre, Airbus

AIR

# Potential in der Luftfahrt

Wasserstoffverbrennungskonzepte von Airbus

## Airbus Hydrogen Combustion Concepts

Turboprop			<b>&lt;100</b> Passengers		<b>1,000+nm</b> Range
			Hydrogen Hybrid Turboprop Engines (x 2)		Liquid Hydrogen Storage & Distribution System
Blended-Wing Body			<b>&lt;200</b> Passengers		<b>2,000+nm</b> Range
			Hydrogen Hybrid Turbofan Engines (x 2)		Liquid Hydrogen Storage & Distribution System
Turbofan					

**AIRBUS**



# *Regulatorik*

# THG-Quotenhandel

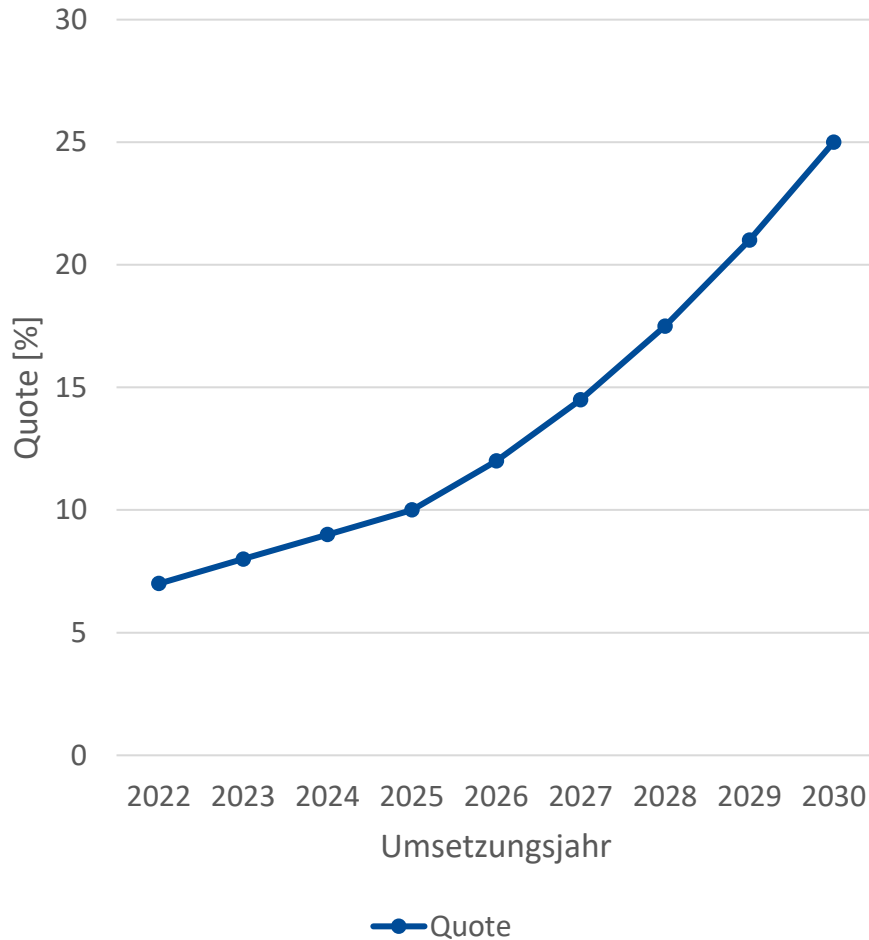
Funktionsweise, Herausforderung & Ziele

- **Was** ist die THG-Quote?
  - Gesetzliche Grundlage: 37. Bundesimmissionsschutzverordnung (BImSchV)
  - Marktbasiertes **Klimaschutzinstrument** basierend auf **THG-Quotenhandelssystem**
- **Wie** funktioniert die THG-Quote?
  - Reduzierung der Treibhausemission pro Einheit um den festgelegten Prozentsatz
  - Verpflichtete Unternehmen müssen die THG-Emissionen reduzieren
  - Einhaltung der Quote entweder durch:
    - Reduktion der Emissionen
    - Zukauf von Zertifikaten
- **Warum** ist die THG-Quote eine Herausforderung?
  - Nutzung von Anbauflächen für Biokraftstoffe kann Lebensmittelproduktion beeinträchtigen
  - Keine nachhaltige Emissionssenkung, wenn Unternehmen nur Zertifikate kaufen
  - Hohe Komplexität erschwert die Teilnahme
- **Wofür** dient die THG-Quote?
  - Reduktion von Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor
  - Förderung der Nutzung erneuerbarer Energien
  - Beschleunigung des Überganges zu klimafreundlichen Fahrzeugen

# THG-Quotenhandel

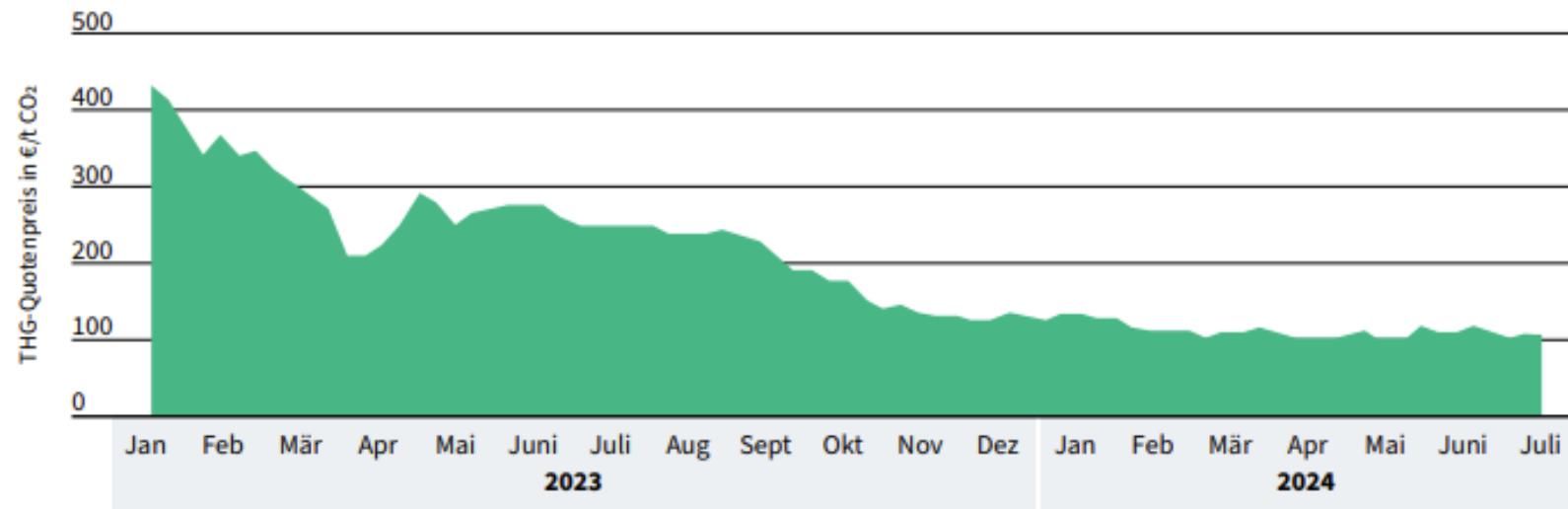
Umsetzung und Preise

THG – Quoten



- Regelung in der BimSchG
- Zu niedriger Quotenpreis stellt keine Anreize dar!
- Reale gesellschaftlichen CO<sub>2</sub> – Kosten: ca. 860 €/t CO<sub>2</sub><sup>1</sup>
- HRS-Betreiber nach Novellierung von der 37. BimSchV quotenberechtigt

Entwicklung des THG-Quotenpreises



Angelehnt an [klima-quote.de](https://www.klima-quote.de) und [emobility.energy](https://www.emobility.energy)

<sup>1</sup>Umweltbundesamt

# Flottengrenzwerte

Funktionsweise, Herausforderung & Ziele

## Funktionsweise:

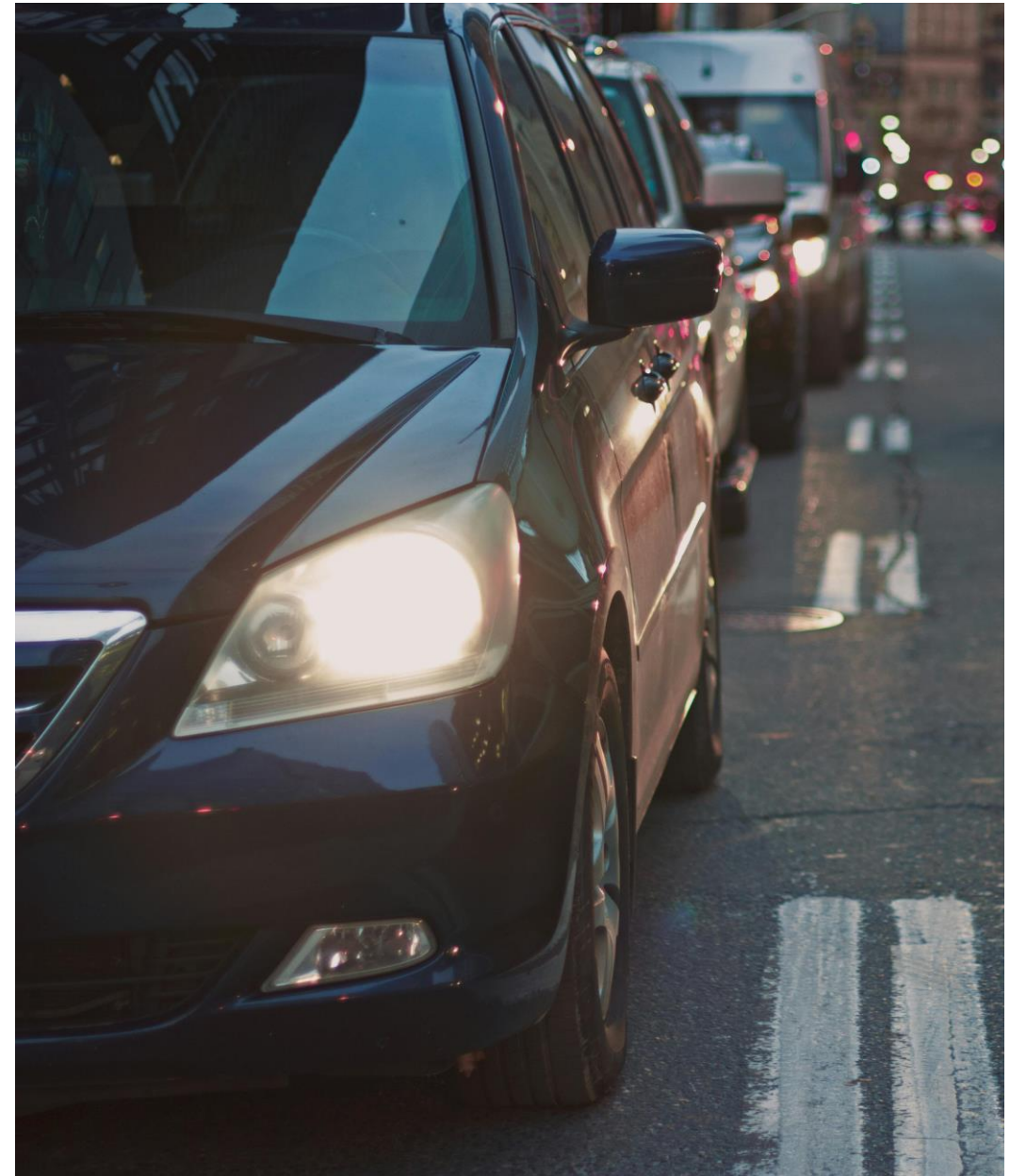
- Fahrzeuglieferanten müssen Grenzwerte für neu zugelassene Fahrzeuge einhalten
- EU – Verordnung 2019/631 und 2023/851
- Grenzwerte setzen Durchschnittsaustoß für Zieljahre fest
- Strafzahlungen bei Überschreitung der Grenzwerte

## Herausforderungen:

- Technologische Entwicklung der klimaneutralen Fahrzeuge
- Gehemmte Nachfrage nach E-Fahrzeugen
- Fehlende Infrastruktur (Ladeinfrastruktur, HRS)

## Ziele:

- Anreize für emissionsfreie Fahrzeuge
- Grenzwerte werden in regelmäßigen Abständen verschärft



# Flottengrenzwerte

Werte für neue PKW, Nutzfahrzeuge und LKW

Fahrzeugsegment	bis 2021/2025	bis 2030	bis 2035	bis 2040
PKW	95 g CO <sub>2</sub> /km	43 g CO <sub>2</sub> /km 55% Reduktion	0 g CO <sub>2</sub> /km 100% Reduktion	-
Leichte Nutzfahrzeuge	147 g CO <sub>2</sub> /km	73,5 g CO <sub>2</sub> /km 50% Reduktion	0g CO <sub>2</sub> /km 100% Reduktion	-
Schwere Nutzfahrzeuge	Reduktion von 15% gegenüber Referenzwert	Reduktion um 45%	Reduktion um 65%	Reduktion um 90%

- Volkswagen Golf 1.5 TSI: ca. 110 g CO<sub>2</sub>/km\*
- Audi Q5 40 TDI: ca. 150 g CO<sub>2</sub>/km\*
- Volkswagen Crafter 2.0 TDI: ca. 235 g CO<sub>2</sub>/km\*
- Fiat Ducato 2.3 Multijet: ca. 215 g CO<sub>2</sub>/km\*
- Daimler Actros ca. 350 g CO<sub>2</sub>/km\*



\* Nach WLTP - Messverfahren



# LKW-Maut

Funktionsweise, Herausforderung & Ziele

- **Was** ist die Maut?
  - Straßenbezogene Gebühr für schwere Nutzfahrzeuge
  - Erhebung auf Autobahnen und ausgewählten Bundesstraßen
- **Wie** berechnet sich die LKW-Maut?
  - Infrastrukturkosten: Achszahl und Gewicht des Fahrzeuges
  - Luftverschmutzungskosten: Emissionsklasse des Fahrzeuges
  - CO<sub>2</sub>-Emissionskosten: spez. Fahrzeugemissionen
  - Lärmbelastungskosten: spez. Fahrzeuglautstärke
- **Wer ist mautpflichtig?**
  - LKW mit zulässigem Gesamtgewicht von mehr als 3,5 t
  - **E-LKW** sind von der Maut **befreit**
- **Wofür** dient die LKW - Maut?
  - Erhaltung der Straßeninfrastruktur
  - Förderung des Umweltschutzes
  - Kostenverursachergerechtigkeit



# IMO – GHG-Strategie

## Funktionsweise, Herausforderung & Ziele

- **Was** ist die GHG-Strategie?
  - Strategie zur Reduzierung der THG-Emissionen in der internationalen Schifffahrt
  - Erneuerung der Ziele im Jahr 2023
- **Welche** konkreten Ziele verfolgt die Strategie?
  - Langfristiges Ziel: Netto-Null idealerweise im Jahr 2050
  - Mittelfristig: Einführung von marktbasierten Maßnahmen, z.B. CO<sub>2</sub>-Abgaben oder Emissionshandel
  - 2030:
    - Reduktion der Kohlenstoffintensität (CO<sub>2</sub> pro Tonne und Seemeile), um min. 40% im Vergleich zu 2008
    - Deckung von 5 – 10% des Energieverbrauchs durch Technologien und Brennstoffen mit null oder nahezu null Emissionen
  - 2040:
    - 70% Reduktion der THG-Emissionen im Vergleich zu 2008
- **Wie** wird die Strategie umgesetzt?
  - IMO-DCS: Erfassung der CO<sub>2</sub>-Emissionsdaten für Schiffe über 5.000 BRZ
  - Berichterstattung: Flaggenstaaten überwachen und melden die Daten an die IMO
  - Überprüfung: Hafenstaaten kontrollieren die Einhaltung der Vorgaben bei ankommenden Schiffen
- **Wer** ist zur Einhaltung verpflichtet?
  - Alle 175 Mitgliedstaaten der IMO
  - Übernahme in nationales Recht

# Fazit



# Fazit

Wasserstoff bietet sinnvolle Lösungen für einen klimafreundlichen Verkehrssektor

- **Personenbeförderung**
  - Nischenanwendungen im PKW – Bereich
  - Busflotten je nach Einsatzbereich für Wasserstoff geeignet
- **Nutzfahrzeuge**
  - Anwendungen in Spezialbereichen kann notwendig sein (Abfallwirtschaft, Vorfeld- und Terminalverkehre)
  - Schwerlastverkehr benötigt Wasserstoff zur vollständigen Dekarbonisierung
- **Maritim**
  - IMO verfolgt ambitionierte Ziele
  - Maritime Anwendungen nur mit Umstellungen auf Wasserstoff oder Wasserstoffderivaten möglich
- **Flugverkehr**
  - Testflüge und Entwicklung der großen Hersteller mit Wasserstoff
  - Flüssigwasserstoff als Energieträger für Luftfahrt der Zukunft
  - SAF wird als Zwischenlösung genutzt
- **Herausforderungen**
  - Hohe Kosten in der Wertschöpfungskette hemmen den Markthochlauf!
  - Politische Sicherheiten sind notwendig, damit Investitionen getätigt werden!

## Janne Schrieber | Project Manager bei hySOLUTIONS

Burchardstraße 21 | 20095 Hamburg | Germany  
T: +49 40 3288 44 93 | M: +49 176 3186 44 93  
E: [janne.schrieber@hysolutions.de](mailto:janne.schrieber@hysolutions.de)  
[www.hysolutions.de](http://www.hysolutions.de)

