

# Elektromobilität

Kassel

19.11.2019

# Hintergrund und Zielsetzung

## Hintergrund

- Luftverschmutzung, Klimawandel und Endlichkeit fossiler Brennstoffe
- Gelingen der Energie- und Mobilitätswende

## Zielsetzung

- Vergleich zwischen H<sub>2</sub>-Bussen mit konventionellen Fahrzeugen und Elektrobussen mit Batterie: Kosten, Einsparpotenziale, Betrieb
- Konzepte für sukzessive Umstellung der Dieselse auf emissionsfreie Antriebstechnologien

# Terminologie

## ***Elektromobilität:***

Batterie-, Brennstoffzellen, Ober- oder Unterleitungsfahrzeuge

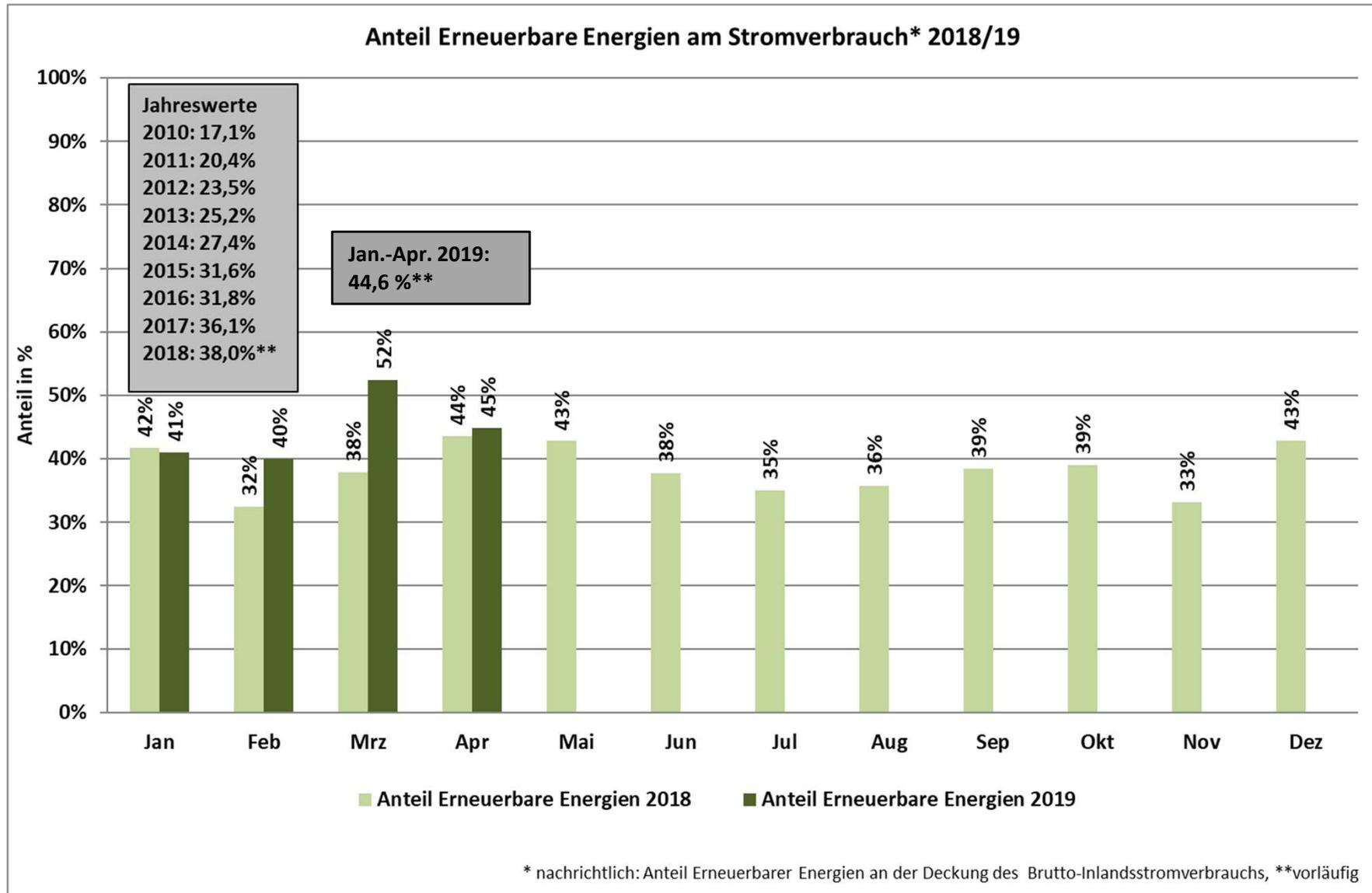
## ***Power-to-Gas:***

Umwandlung von Strom zu Wasserstoff oder Methan

## ***Nullemissionsfahrzeuge (NEF):***

echte NEF, Schadstoff-NEF oder nur Treibhausgas-NEF?

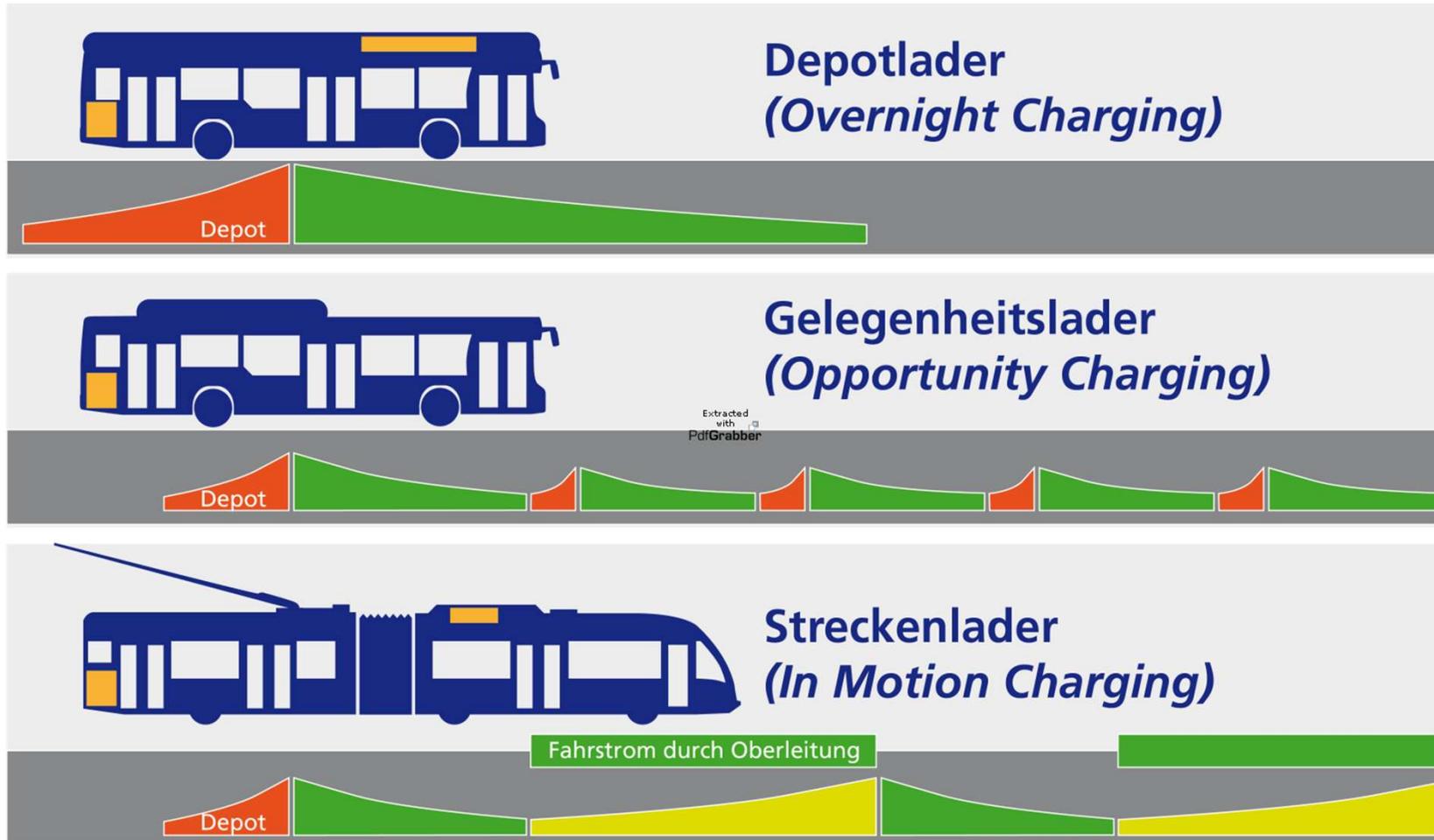
# Anteil der Erneuerbaren Energien aktuell



Quelle: BDEW

# Sachstand Elektrobusse

## - Ladekonzepte -



# In Motion Charging: Eindrahten

## Solaris Trolxino 504 in Esslingen



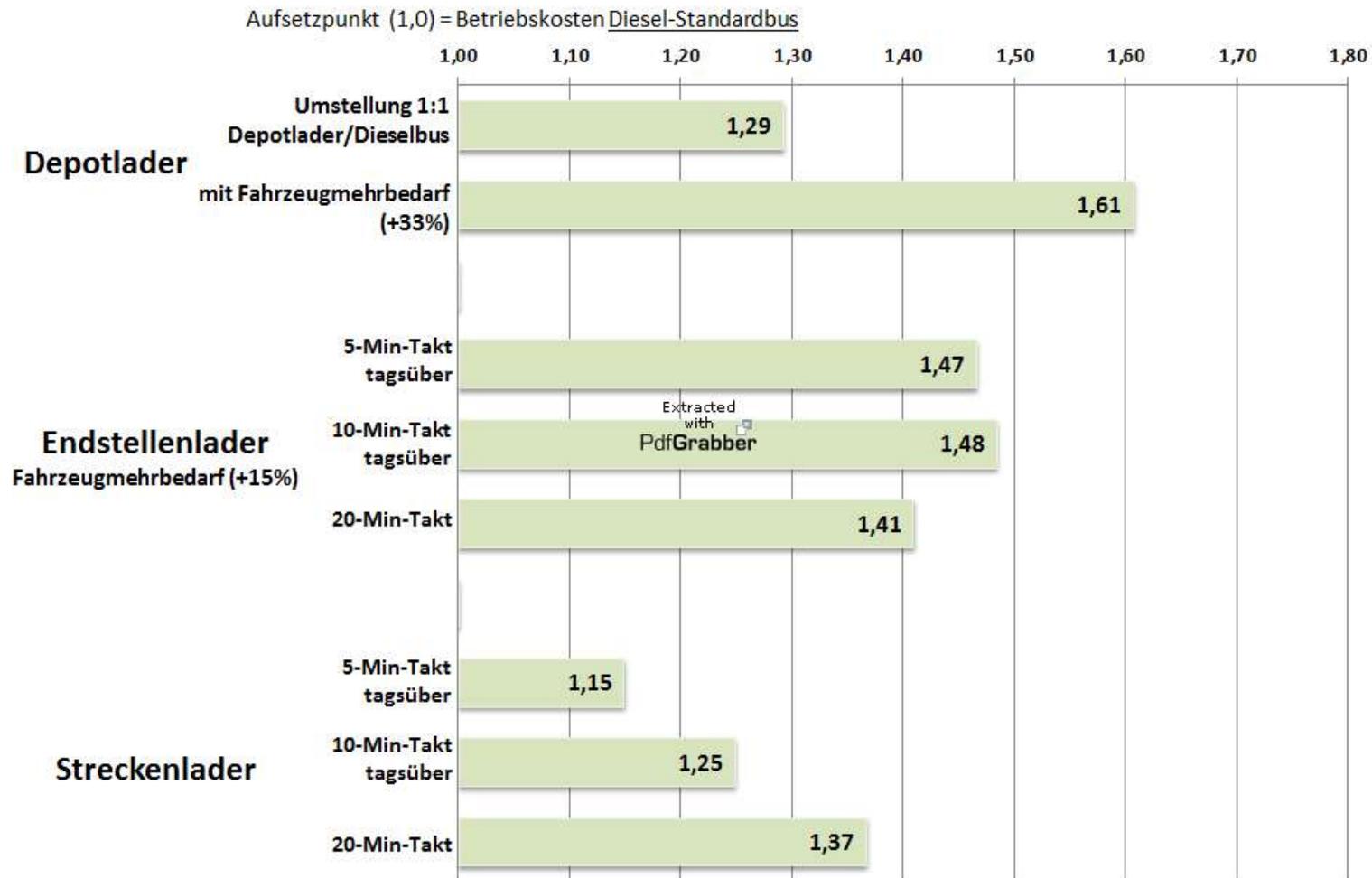
# Primärenergie-Wirkungsgrad

Antriebsenergie	Anmerkungen/Differenzierungen	Primärenergie-Wirkungsgrad
Elektrizität (Ökostrom)	Trolleybus	74,7 %
	E-Bus - Streckenladung	71,0 %
	E-Bus - Depotladung	69,4 %
	E-Bus - Gelegenheitsladung	65,1 %
Brennstoffzelle/ Wasserstoff	Erzeugt aus regenerativer Elektrizität (Power to X)	28,3 %
Gas oder Flüssigtreibstoff		22,8 %

Quelle: CNB aus Daten von TU Dresden, *Stand und Entwicklungstendenzen bei elektrisch betriebenen Linienbussen*, 2017 und *Schaufenster Mobilität, E-Bus Berlin – Gemeinsamer Abschlussbericht*, 2016 (Elektrizität und Wasserstoff)  
 Karlsruher Institut für Technologie, *Power-to-Gas mit hohem Wirkungsgrad*, 2018 und FEV GmbH, *FEV entwickelt neue Großmotorenfamilie*, 2017 (Gas)

# Betriebskosten Elektro-Solobus für 15 km Musterlinie

## Betriebskostenfaktor im Vergleich zu Dieselnissen nach Ladekonzept und Einsatzbereich (Stand 2018, Standardbus)

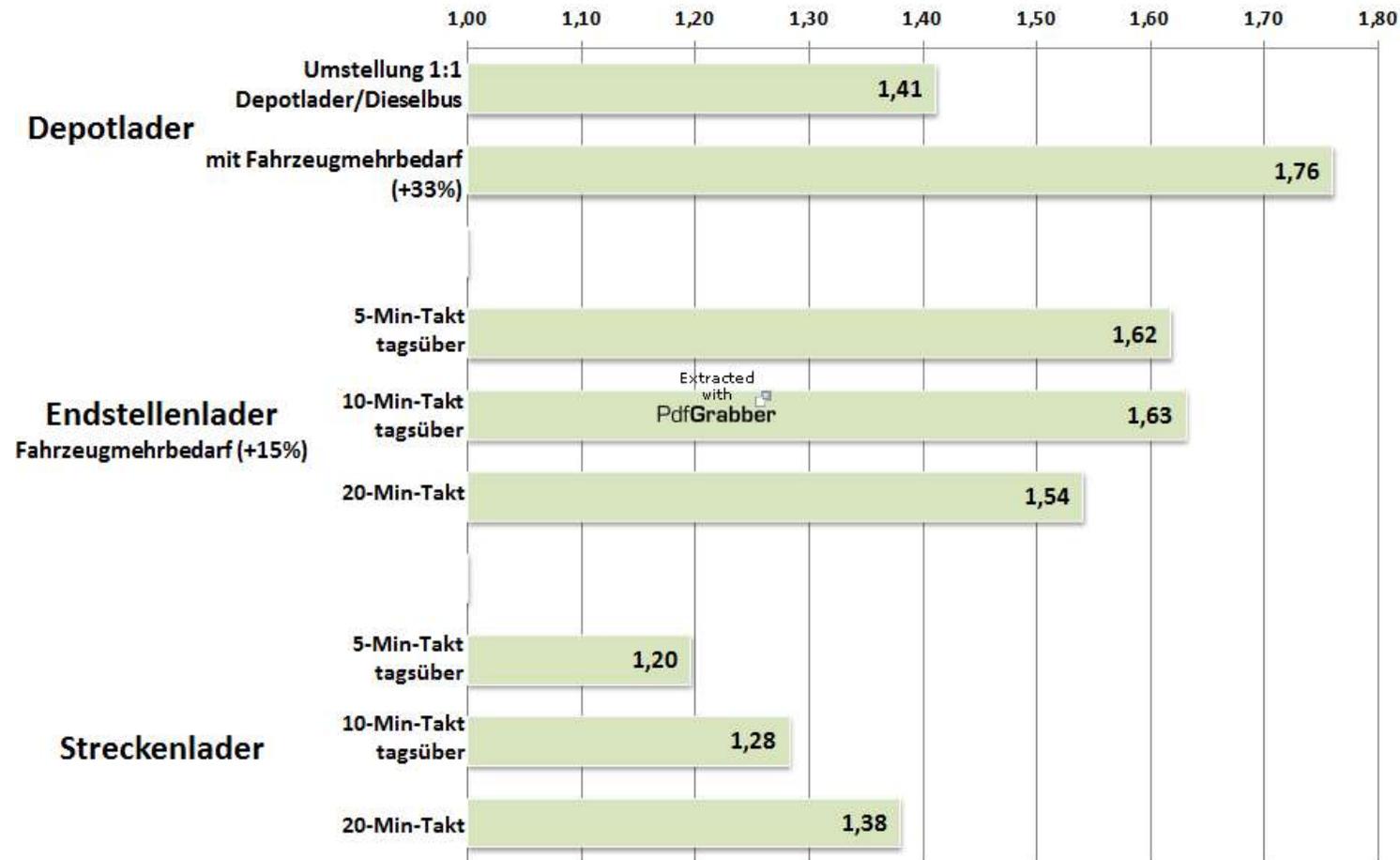


Kostenvergleich mit Berücksichtigung der Abschreibung der E-Fahrzeuge, der notwendigen Ladeinfrastruktur im Depot und ggf. im Stadtbereich und der Personal-, Energie- und Instandhaltungskosten für eine 15 km lange Musterlinie. Die Mehrkosten wegen des zusätzlichen Flächenverbrauchs werden nicht berücksichtigt.

# Betriebskosten Elektro-Gelenkbus für 15 km Musterlinie

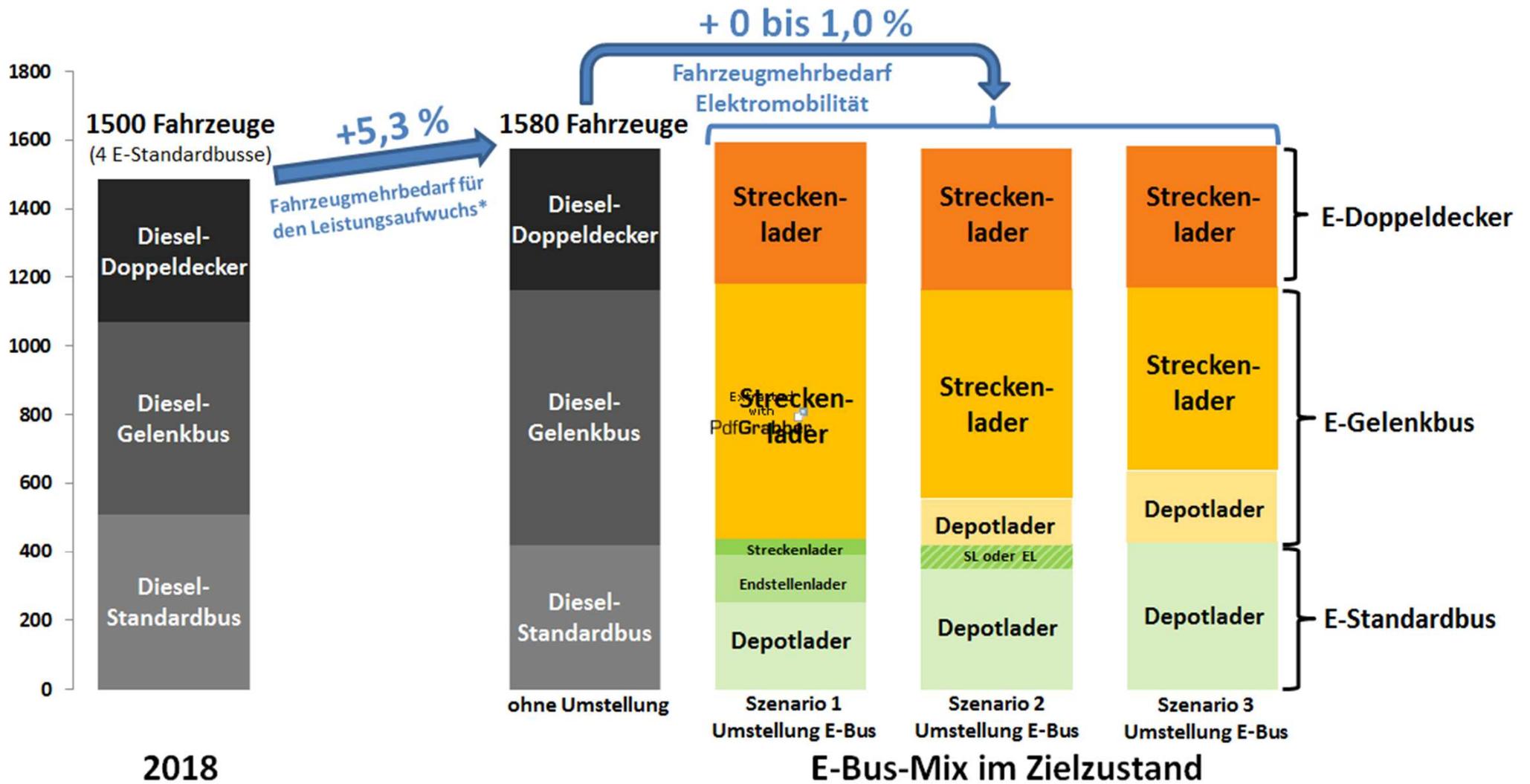
## Betriebskostenfaktor im Vergleich zu Dieselnbussen nach Ladekonzept und Einsatzbereich (Stand 2018, Gelenkbus)

Aufsetzpunkt (1,0) = Betriebskosten Diesel-Gelenkbus



Kostenvergleich mit Berücksichtigung der Abschreibung der E-Fahrzeuge, der notwendigen Ladeinfrastruktur im Depot und ggf. im Stadtbereich und der Personal-, Energie- und Instandhaltungskosten für eine 15 km lange Musterlinie. Die Mehrkosten wegen des zusätzlichen Flächenverbrauchs werden nicht berücksichtigt.

# Umstellungsszenarien Berlin



\* Maßnahmen zur Angebotsentwicklung und Verlagerung von Busleistungen zur Straßenbahn miteinbezogen

# Hintergrund und Zielsetzung

## ***Dieselgate***

NOx: 180 mg/km bis August 2015 in der EU | 44 mg/km USA |  
31 mg/km CA → scharfe Anforderungen konnten nicht erfüllt werden

## ***EU-Richtlinie 2008/50/EG des EU-Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa***

umgesetzt in nationales Recht durch die 39. BImSchV vom 02.08.2010 (BGBl. I S. 1065) [umzusetzen bis spätestens 2015 – in DE bis heute nicht erfolgt – DUH verklagt Kommunen – VGH-Urteil am 22.02.2018]

## ***Klimaschutzplan 2050 vom 14.11.2016***

Klimagasreduktionsziel Verkehr: -40 , -42% von heutigen Werten bis 2030  
(erforderlicher Korridor: von 95g/km in 2021, über 78g/km 2025, nach 45g/km 2035)

## ***Koalitionsvertrag***, Seite 143, Zeilen 6768 - 6772

→ verschiedene DE-Industrievertreter arbeiten an der Aufweichung dieser Ziele

# Feiji Busse mit Sinoxynergy-BZ-Systemen in Yunfu, Guangdong, China



Produktionskapazität für Feiji Bus etwa 5.000 Busse/Jahr ab 2018 [eines von 10 chinesischen BZ-Busherstellern]

Preis 11 m Bus ca. 3 MRMB (ca. 380k€)



# Umstellung aus Sicht des Verkehrsunternehmens

- Die Verkehrsunternehmen stehen unter Kostendruck. Die Restrukturierung der letzten 20 Jahre führte zu Kostensenkungen, es ging aber viel Know-how verloren.
- Bei der Antriebstechnik dominiert der Dieselbus. Er ist preiswert weil
  - leistungsfähig,
  - in großer Stückzahlen produzierbar,
  - die Tankfüllung für den Umlauf eines Tages reicht,
  - er mit Lkws kompatibel ist (Tankstellen, Werkstatt) und
  - keine gesonderte straßenseitige Infrastruktur erfordert.
- Traditionelle Konkurrenten zum Diesel wie Erdgas (Augsburg, Saarbrücken, Hannover, Neumünster), Rapsöl (Hagen) oder Brennstoffzelle (Hamburg, Berlin) sind eher auf dem Rückzug.
- Die Erwartungen der Besteller (Politik) zielen auf moderne Themen ab wie Sharingmodellen, On Demand Verkehren, Mobility as a Service. Das eigentliche Brot-und-Butter-Geschäft der Unternehmen, die Planung und Bereitstellung einer hochwertigen Verkehrsdienstleistung, gerät in den Hintergrund, es ist nicht „sexy“. Fahr- und Werkstattpersonal verlieren, Marketing und Controlling gewinnen (rnv > 50%), und jetzt eben...
  - ➔ Elektromobilität

# Umstellung aus Sicht des Verkehrsunternehmens

## *Was muss alles berücksichtigt werden?*

### ➤ **Fuhrpark:**

- Lebensdauer der Busse 12 bis 14 Jahre, Fahrzeuge unterschiedlich alt
- Parallelbetrieb über die Nutzungsdauer, oder Big Bang Umstellung?
  - „Ein Parallelbetrieb von zwei Antriebsarten ist auf Dauer nicht bezahlbar“, Klaus Röder, Fahrzeugchef der Stadtwerke Augsburg.
  - Gebrauchtbushmarkt kaum existent, alle wollen neue Fahrzeuge

### ➤ **Werkstatt:**

- Unterschiedliche Anforderungen, große VUs mit mehreren Höfen trennen nach Antriebssystem
- Teilweise hohe Sicherheitsanforderungen bei Einsatz von Wasserstoff

### ➤ **Fahrweg:**

- Ladestationen an Endpunkten oder unterwegs, Stromzuführung
- Genehmigungsverfahren erforderlich

### ➤ **Betrieb:**

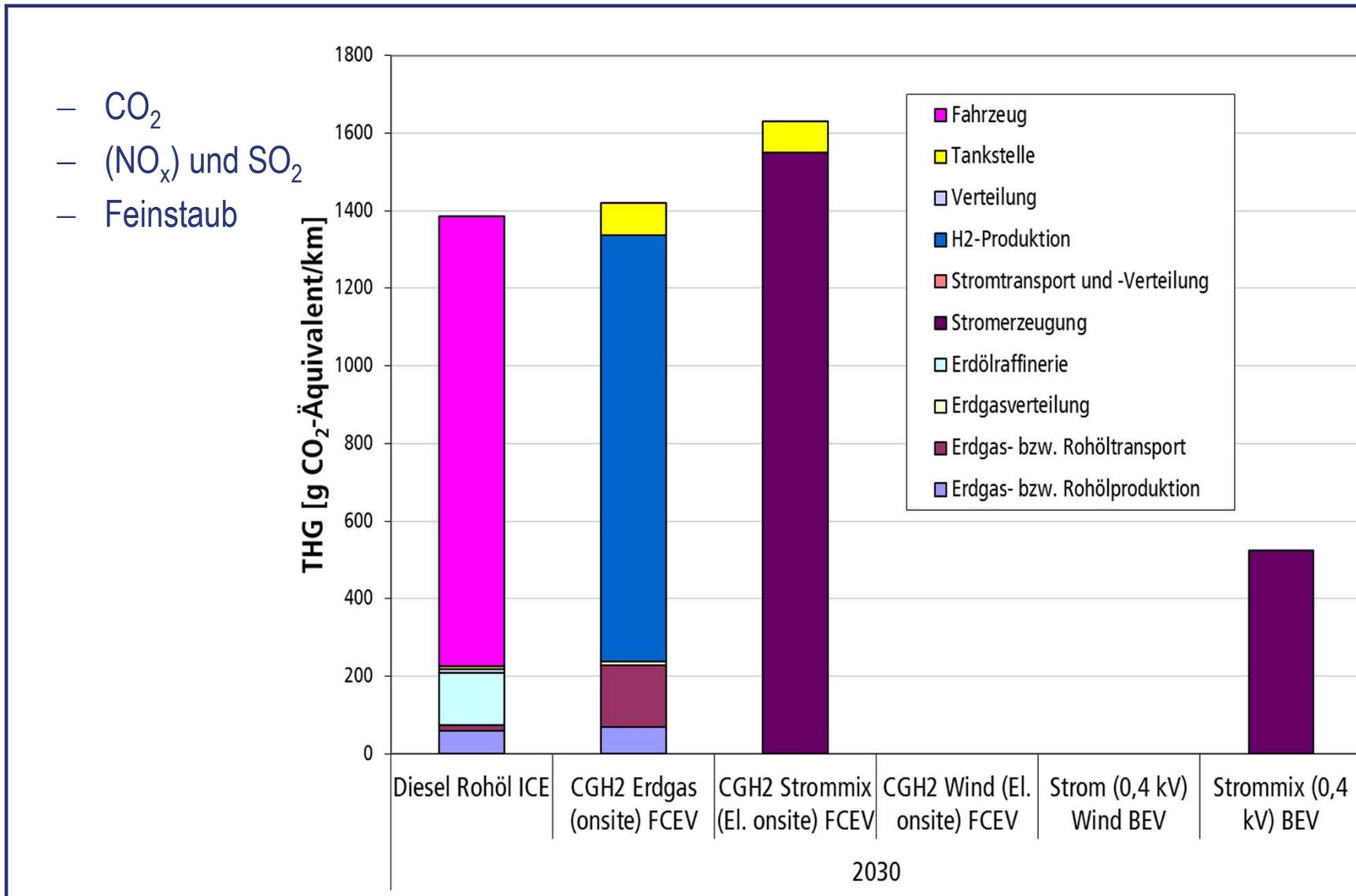
- Anpassung der Fahrzeugumläufe und Dienste an die Reichweite
- Einbau von Pufferzeiten zum Zwischenladen
- Begrenzung der Flexibilität: Bindung an Strecken, Ladestellen, und Entfernungen

# Umstellung aus Sicht des Verkehrsunternehmens

➤ *Tankstelle:*

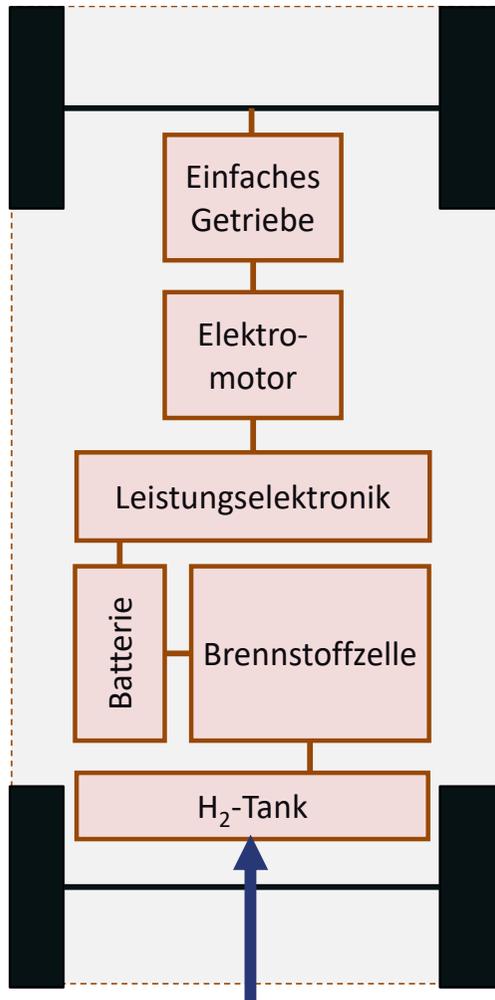


# Emissionsreduktionspotenziale am Beispiel Citaro Solobus



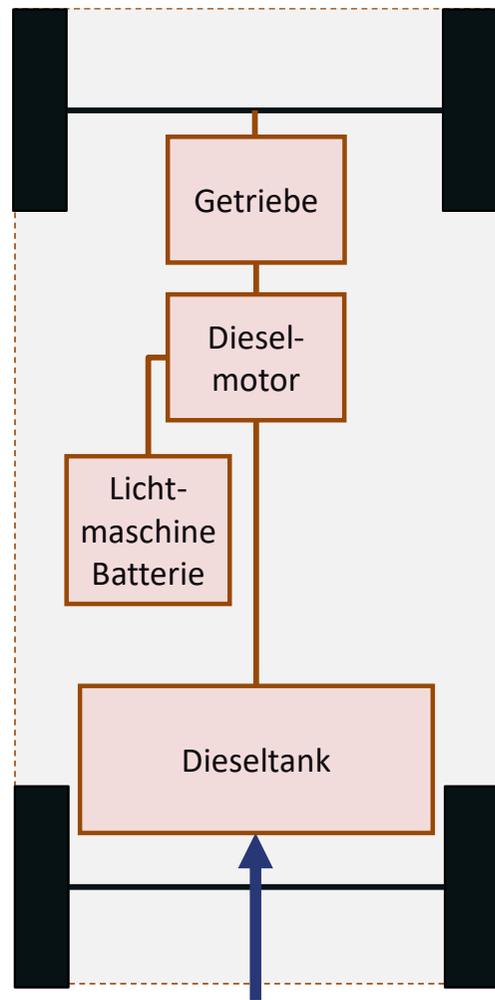
# Die Technik

FCEV = Brennstoffzellen-Fahrzeug



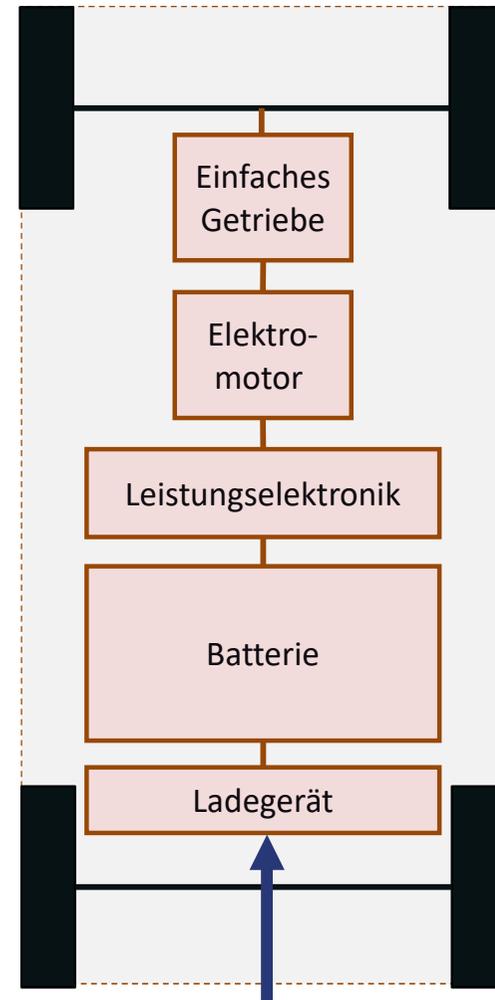
Wasserstoff

ICE = konventionelles Dieselfahrzeug



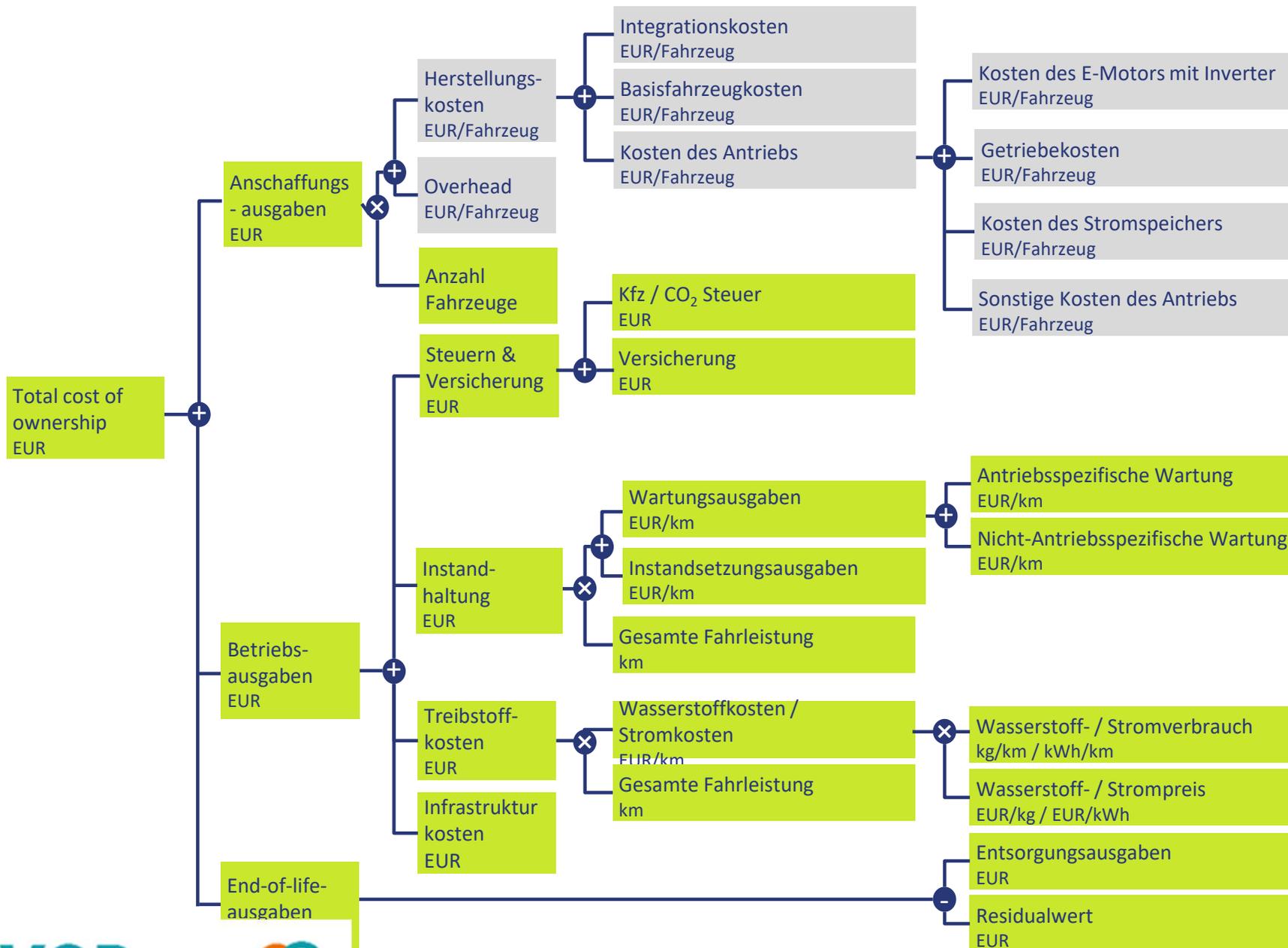
Diesel

BEV = batterie-elektrisches Fahrzeug

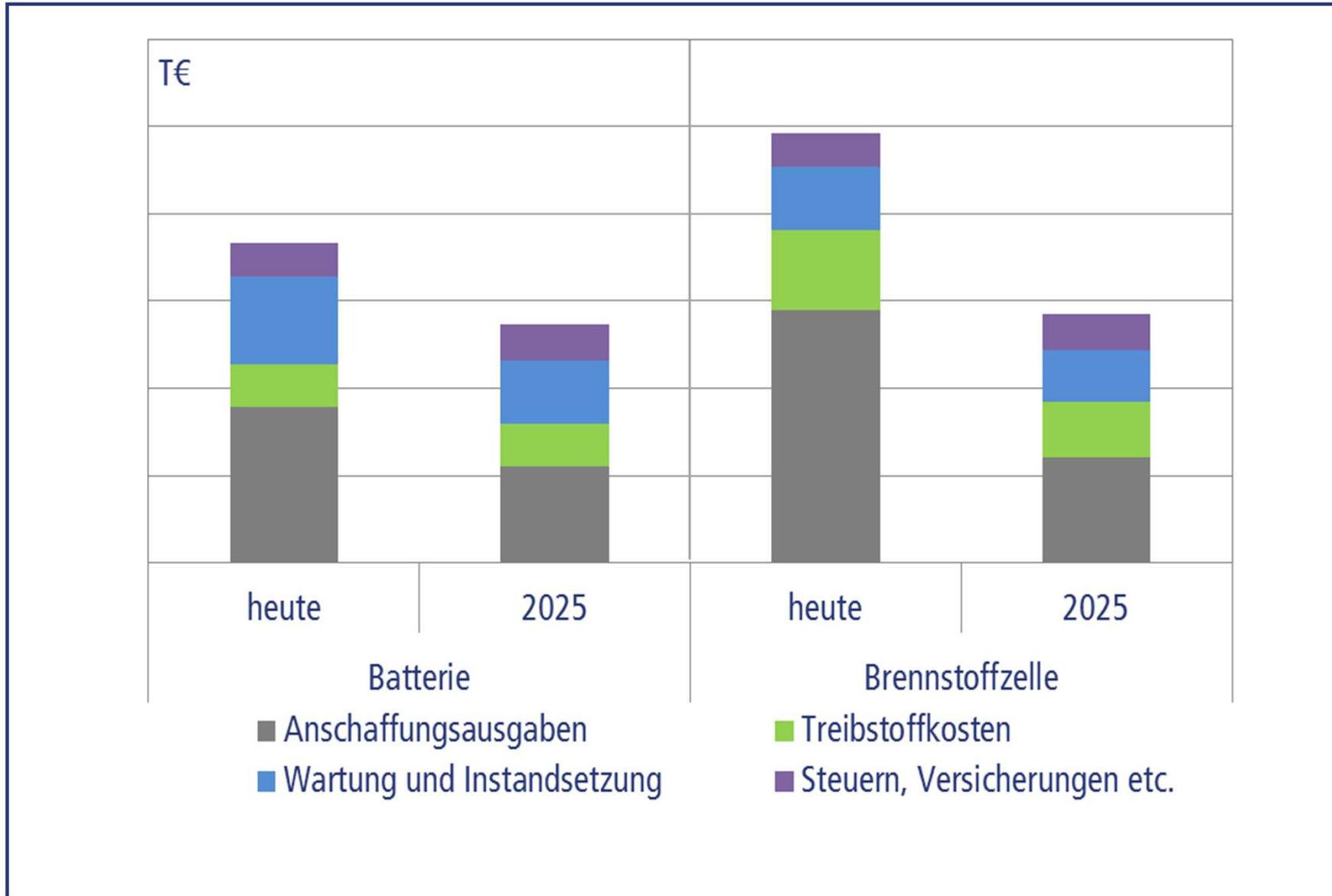


Strom

# Die Kosten in der Zusammensetzung



# Entwicklung der Kosten



# Fazit

- Die Umstellung des ÖPNV auf emissionsfreie Fahrzeuge ist ohne Alternative.
- Neben innovativen, aber unausgereiften sind auch bewährte Lösungen zu berücksichtigen.
- Synergien mit der Energiegewinnung sind zu nutzen.
- Es ist eine politische Aufgabe, nicht eine der Verkehrsunternehmen. Die Politik muss die Verkehrsunternehmen finanziell ausstatten.