

---

## 4. Forum Energieeffizienz Strategien und Aktivitäten

---

Energieeffizienz

Olten, 24.01.2017

Martin Schmitz

# Rahmenbedingungen

## Anforderungen an die Mobilität

---

**Pariser Klimagipfel** | Es wurde das Ende der CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei der Verbrennung von Kohle, Öl und Gas entstehen, bis Mitte des Jahrhunderts beschlossen

**Weißbuch Verkehr** | Zieledefinition der EU

**Klimaschutzziel** | Die deutschen Treibhausgasemissionen sollen bis 2020 um 40 % gegenüber 1990 gemindert werden

**Lärmemission** | Aktionspläne mit Maßnahmen zur Lärminderung (ohne verbindliche Grenzwerte)

**Stickoxide, Feinstaub** | Überschreitung der europäischen Grenzwerte, insbesondere in Straßenmessstationen

**Ölpreisanstieg** | nach 2020?

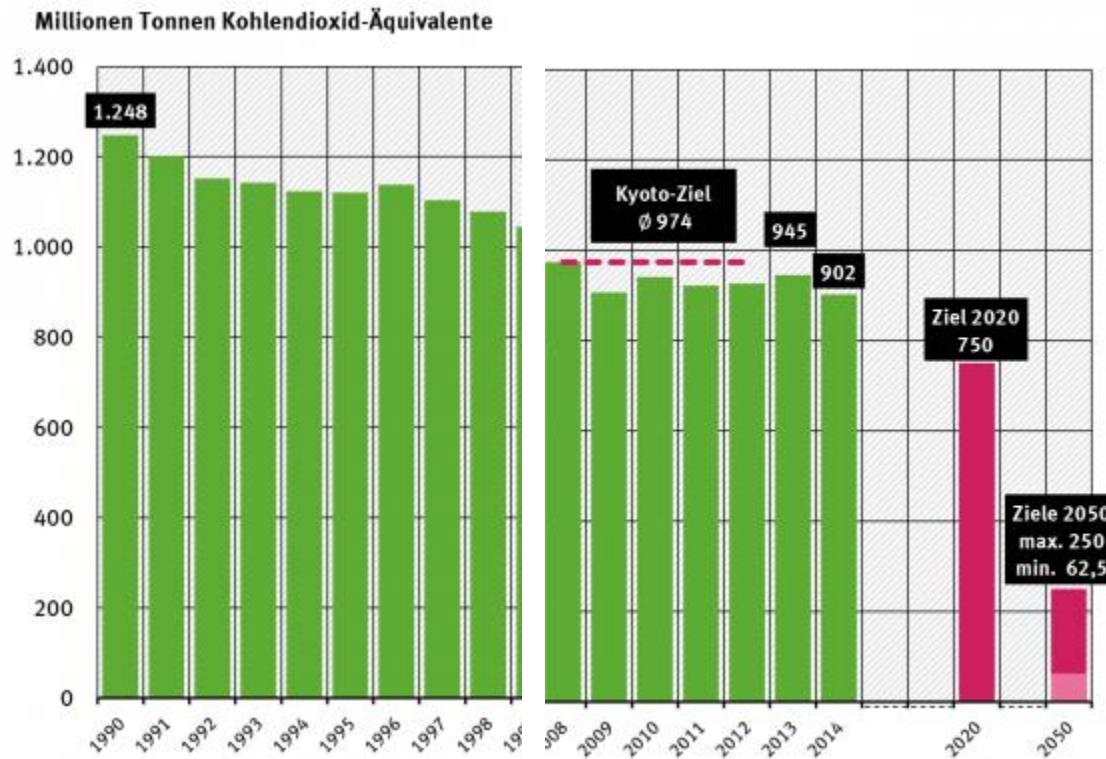
- **mehr ÖPNV, der sauberer und ressourcenschonender als der Individualverkehr ist**
- **Der ÖV bietet der Politik Lösungen für die Umsetzung der Ziele**



VDV Bilddatenbank

# Ziele des UN-Klimaschutzabkommens v. Paris (12. Dez. 2015)

## *Nahezu vollständige Dekarbonisierung aller Prozesse bis 2050*

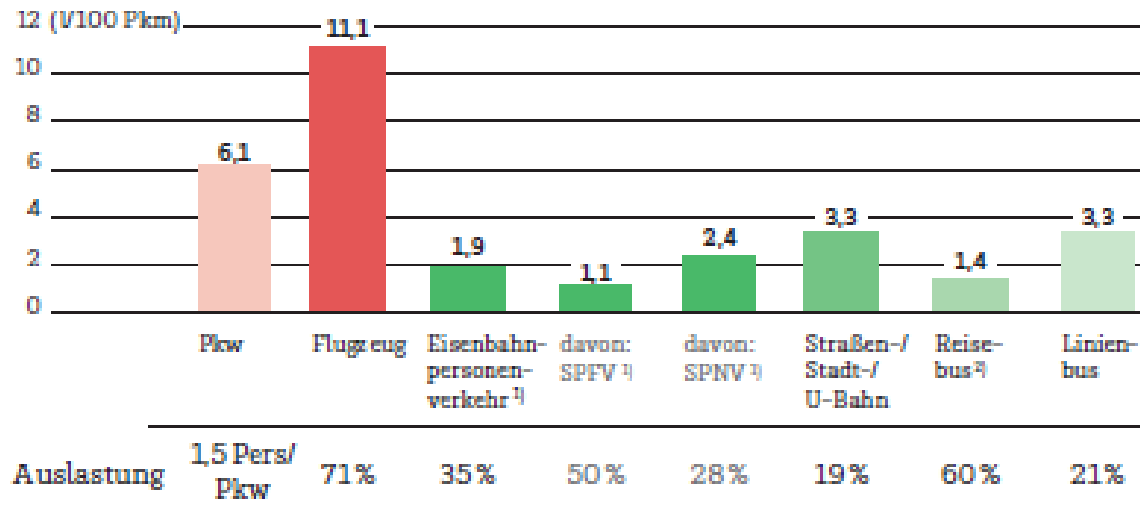


### Rahmenbedingungen ändern sich:

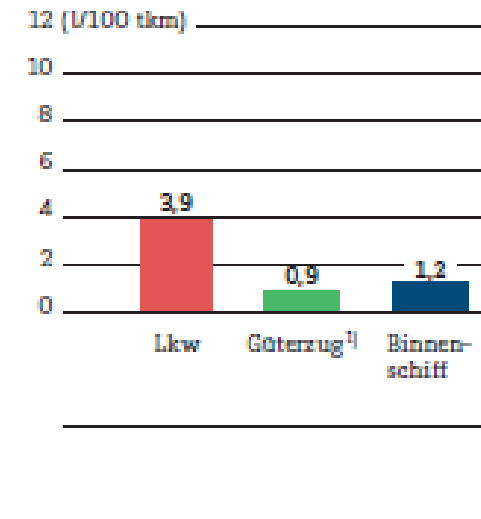
- Ziele bis 2030
  - 27 % regenerative Energieerzeugung
  - Steigerung der Energieeffizienz
  - Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 40 % (1990)
- Ziele bis 2050
  - Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen um 80 % bis 95 %

# Energieverbrauch in Benzin- bzw. Dieseläquivalent nach Verkehrsträgern 2014

Personenverkehr

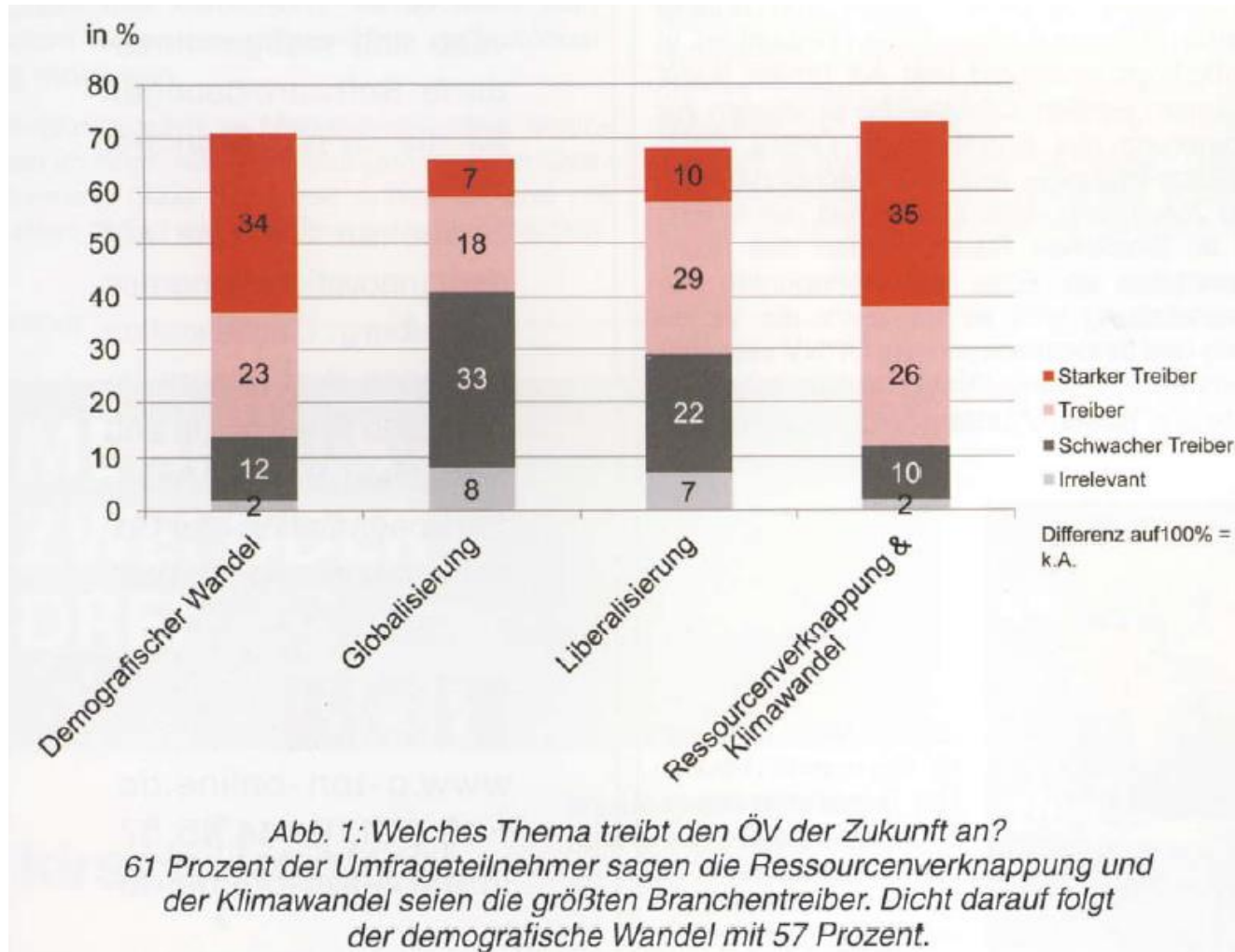


Güterverkehr



Quellenangaben: VDV Statistik 2015

# Welche Themen treiben Verkehrsunternehmen?



Quelle: : Der Nahverkehr 1-2/2013 – PTV Group

# Rahmenbedingungen

## Anforderungen

---

Minderung des Energieverbrauches:

- Szenario 212 bis 2030 für deutsche ÖV Unternehmen:
  - Energiepreissteigerung um 10 % für Fahrstrom und 32 % für Dieselmotorkraftstoff
  - Mehrkosten in Höhe von 1,3 Mrd. EUR erwartet
  - Energieeffizienz nötig um Kostensteigerung aufzufangen

Darüber hinaus:

- Klimafreundlichkeit gehört zur Kernwahrnehmung der „Marke“ ÖPNV
- Mit erneuerbaren Energien wird der auf dem heutigen Verkehrsaufkommens prognostizierte Endenergiebedarf nicht gedeckt werden können. Daher muss der zu erwartende Energiebedarf deutlich gesenkt werden.

Quellenangaben: Studie „Erneuerbare Energien - Energieeffizienz ÖV“

# Rahmenbedingungen

## Minderungen des Energieverbrauchs

---

### Minderung des Endenergieverbrauches Erreichter Stand 1990 - 2008 pro Platz-Kilometer

Linienbusse (inkl. Erdgas- und O-Busse)	- 15 %
Straßen- und Stadtbahnen	- 13 %
U-Bahnen	- 19 %
zum Vergleich Pkw	- 13 %

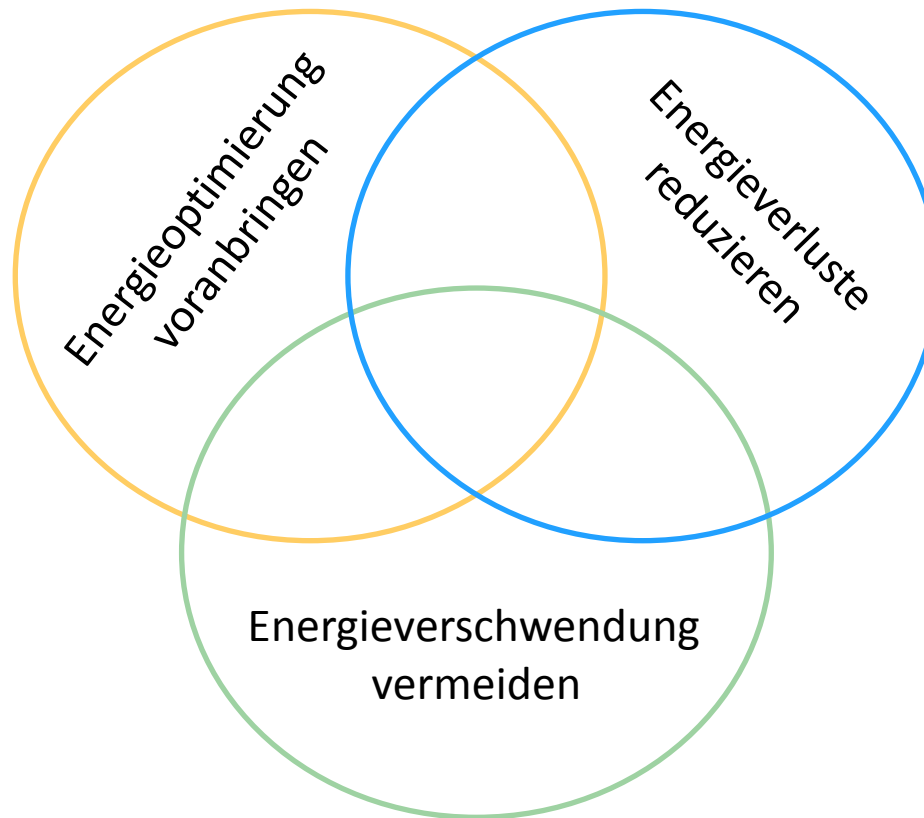
### Minderung der CO<sub>2</sub>-Äquivalent- Emissionen Erreichter Stand 1990 - 2008 pro Platz-Kilometer

Linienbusse (inkl. Erdgas- und O-Busse)	- 25 %
Straßen- und Stadtbahnen	- 47 %
U-Bahnen	- 51 %
zum Vergleich Pkw	- 20 %

Quellenangaben: Studie „Erneuerbare Energien- Energieeffizienz ÖV“

# Rahmenbedingungen

## Handlungsempfehlungen



### Fahrzeug

Vollbahn    Stadtbahn    Stadtbuss

### Betrieb (Leit- & Steuerungstechnik)

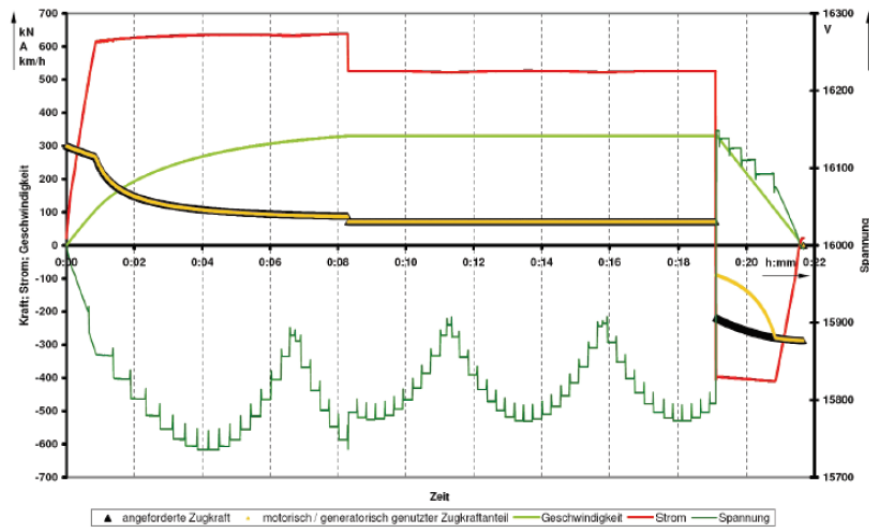
Vollbahn    Stadtbahn    Stadtbuss

### Energieversorgung

Vollbahn    Stadtbahn    Stadtbuss

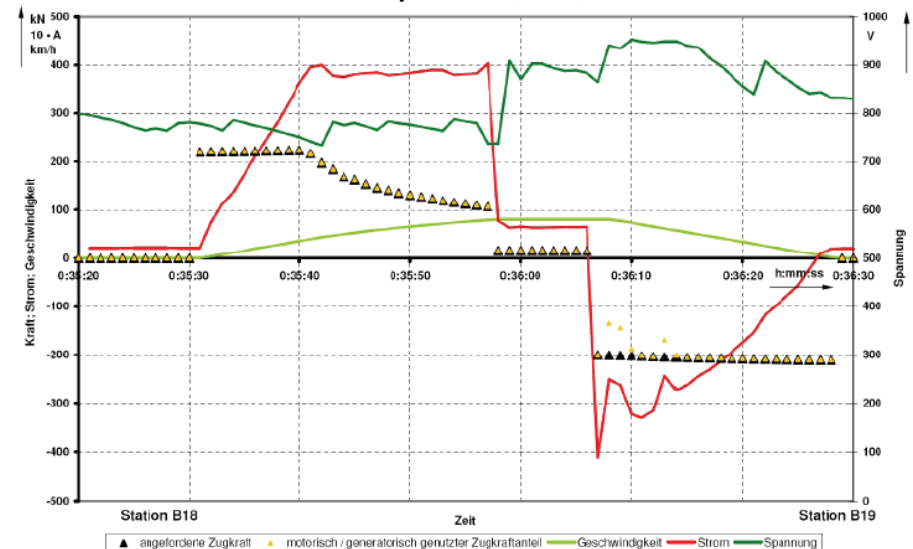


# Rahmenbedingungen technische Einsatzbedingungen



Vollbahn  
Personenverkehr

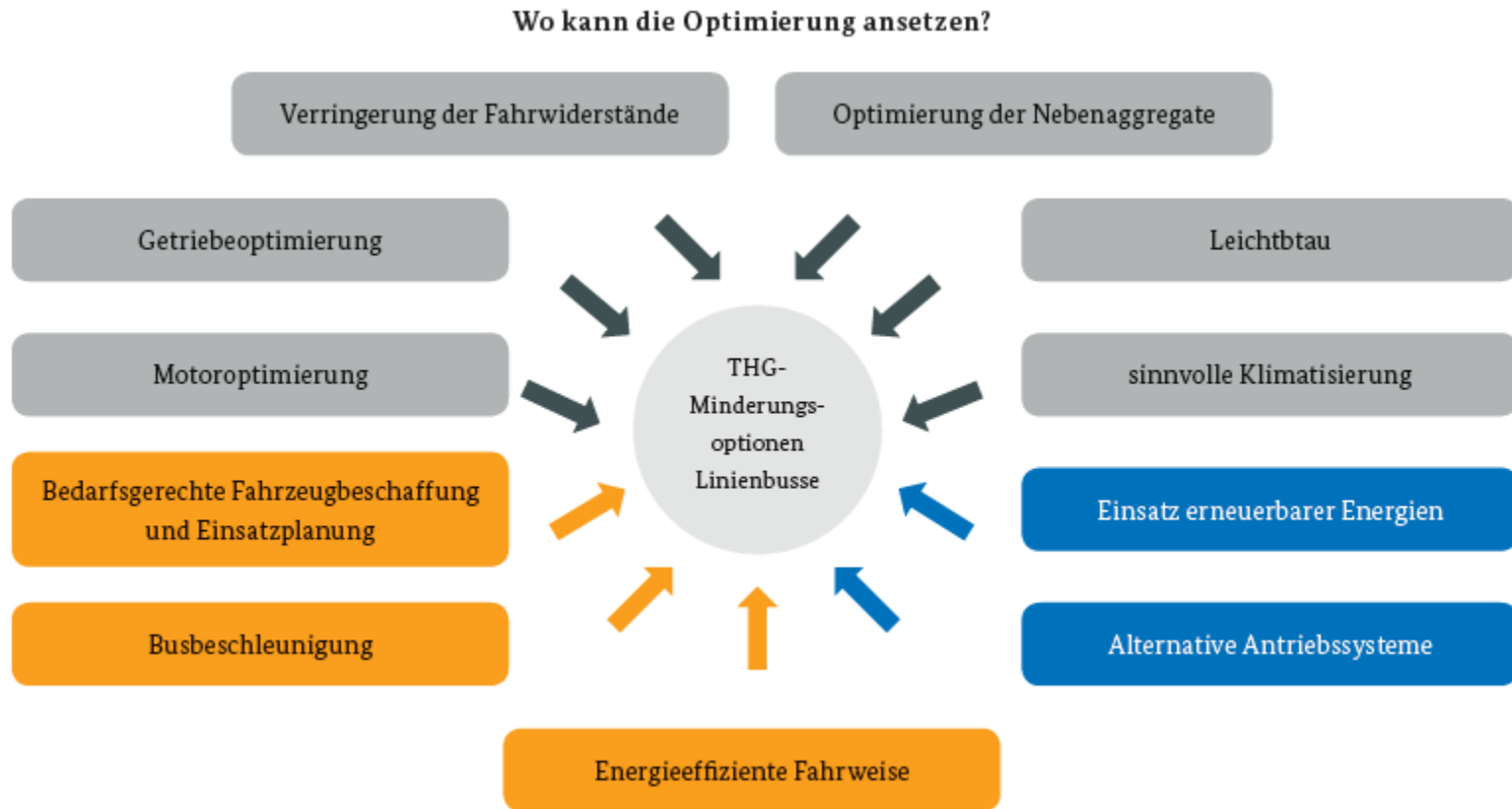
Tram / Bus (ideal)



Quellenangaben: Studie „VDE Energieoptimaler Bahnverkehr, 2013“

# Bus

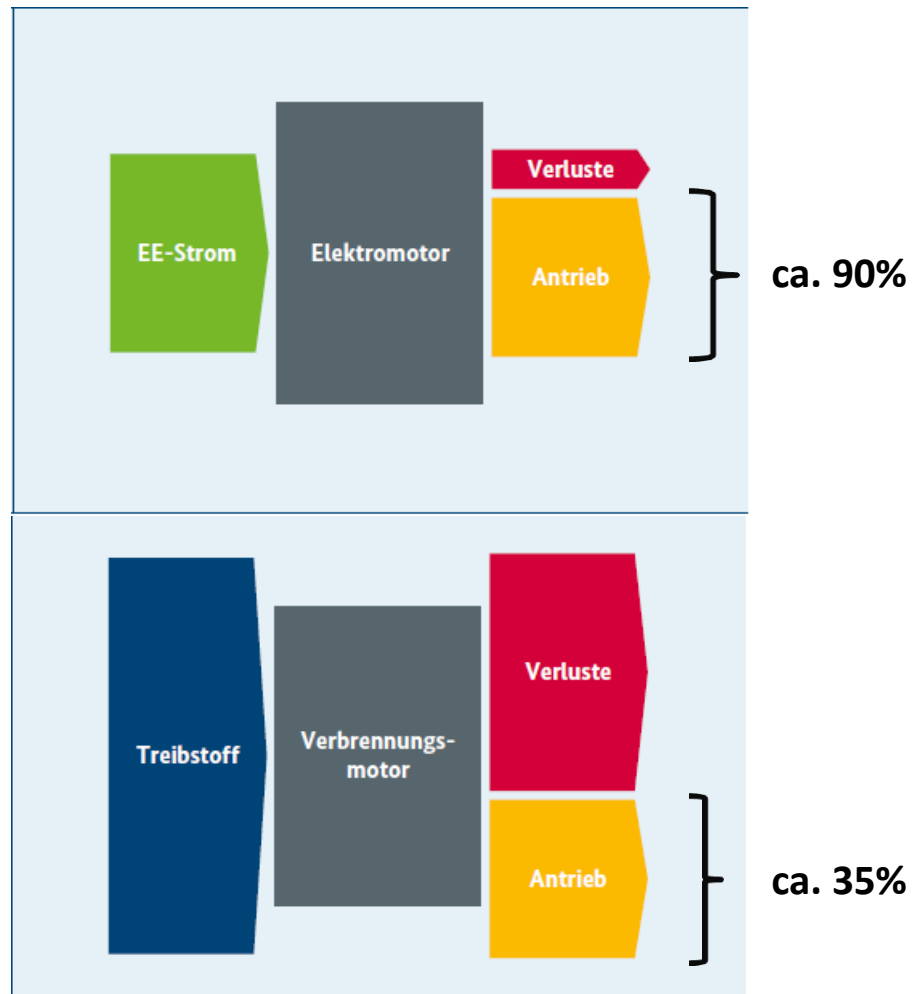
## Optimierungspotenziale



Quellenangaben: Studie „Erneuerbare Energien - Energieeffizienz ÖV“

# Bus

## Antriebswirkungsgrade



Quellenangaben: Grünbuch Energieeffizienz, BMI

# Bus

## Einsparpotenziale durch Optimierung des Traktionsstrangs

---

### Verbrennungsmotoren:

- Effizienzpotenziale von 5 % bis mittelfristig 15 % bei den Dieselnissen werden von den Herstellern durch die Verbesserung von Motor und Getriebe erwartet.

### Getriebeoptimierungen:

- Diese Schaltprogramme reagieren flexibel auf die Verkehrssituation und ermöglichen Einsparungen von durchschnittlich 5 %.

### Alternative Antriebe:

- In Demonstrationsvorhaben und Praxistests konnten mit Hybridbussen Kraftstoffeinsparungen um 20 % nachgewiesen werden.

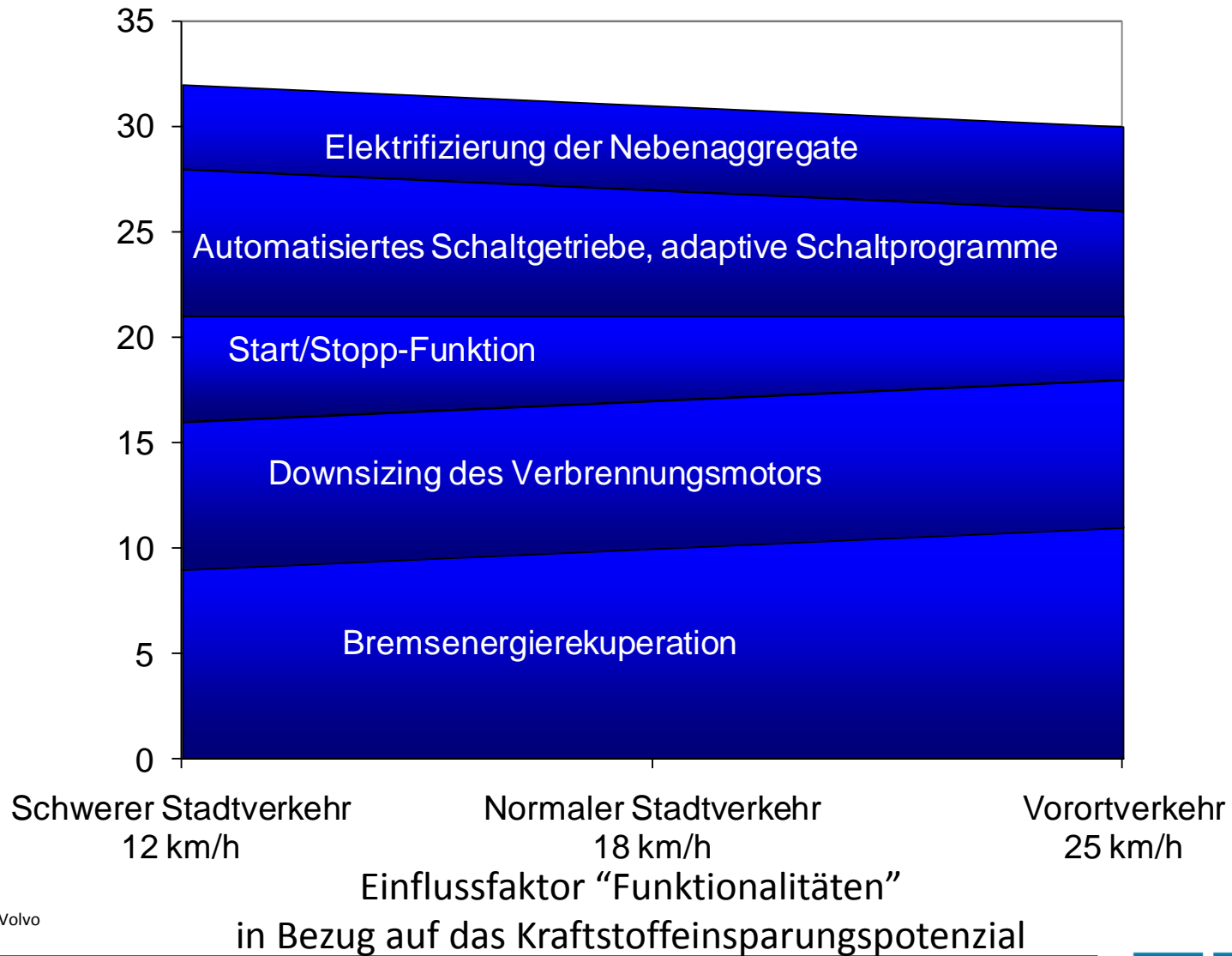
Kraftstoffeinsparpotential von 5 bis 25 %

Quellenangaben: Roter Renner



# Bus

## Einsparpotenziale durch Hybridisierung



Quellenangaben: Volvo

# Bus

## Einsparpotenziale durch Leichtbau / Gewichtsreduktion

---

Einen großen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch hat das Fahrzeugleergewicht. Es lässt sich durch den Einsatz von Leichtbaukomponenten und Materialien, wie beispielsweise hochfesten Stählen, Sandwichkonstruktionen, Aluminium- und Glasfaserelementen, reduzieren.

Der Trend zu mehr Glas ist hierbei aus kritisch zu sehen.

Kraftstoffeinsparung von 10 % bis 20%



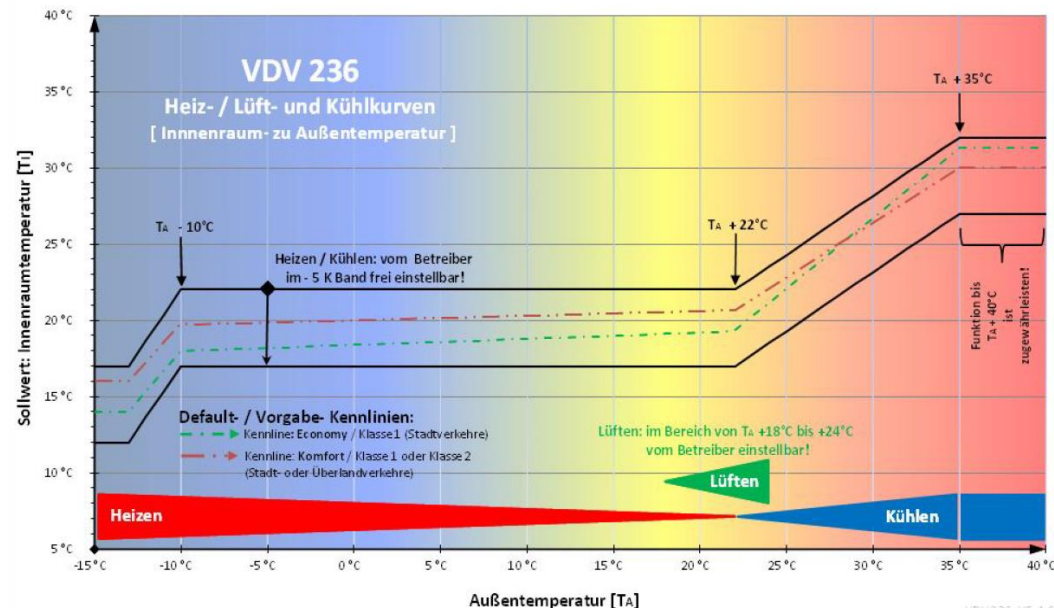
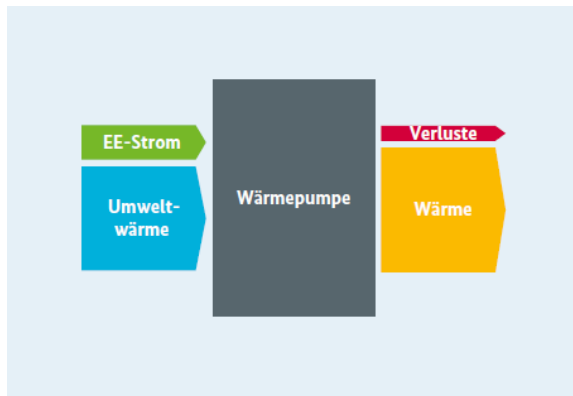
Quellenangaben: Rheinbahn

# Bus

## Einsparpotenziale durch Optimierung der Nebenverbraucher

Nebenverbraucher:

- Heizung, Klima, Licht, Luftkompressoren, Pumpen, Kneeling, Türen, Fahrgastinfo etc. können einen hohen Anteil von bis zu 30 % am Gesamtverbrauch von Linienbussen haben
- Eine bedarfsgerechte Steuerung ließe sich durch die Elektrifizierung der Aggregate erreichen.
- neue Heizkurve, wie z. B. in VDV 236
- Kraftstoffeinsparung bis 10 %



Quellenangaben: : Grünbuch Energieeffizienz, BMI / VDV236

# Bus

## Einsparpotenziale durch Optimierung effizienter Fahrweise

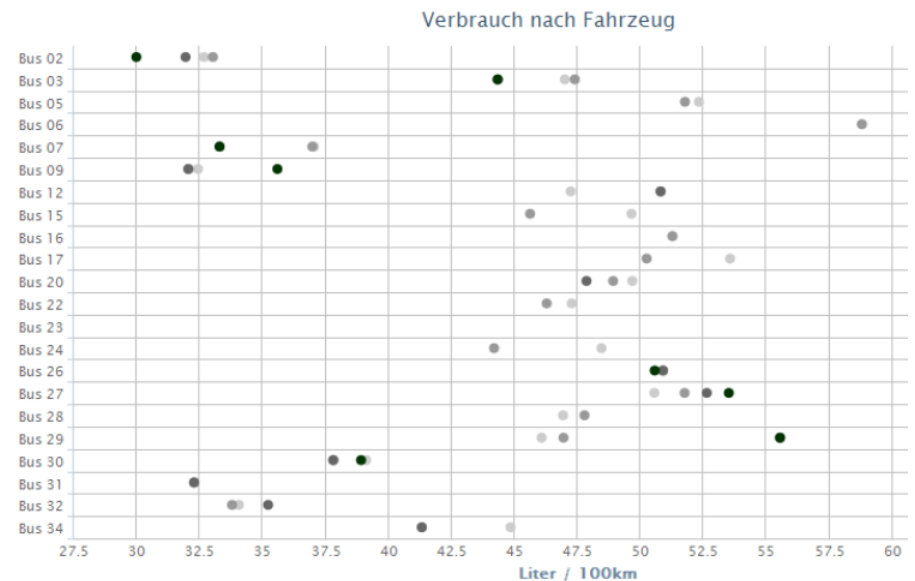
Konstantes und vorrausschauendes Fahren birgt hohe Effizienzpotenziale.

Dies kann

- durch Fahrerschulungen,
- Fahrerassistenzsysteme zum energiebewussten Fahren bis hin zu Anreizsystemen mit Boni-Konzepte umgesetzt werden.
- technischen Lösungen, wie beispielsweise eine automatische Beschleunigung, durch automatisches Fahren erfolgen

Einsparpotenziale

- bei Fahrerassistenzsystemen mit Boni-Konzept um 6 %
- langfristig bis zu 15 %

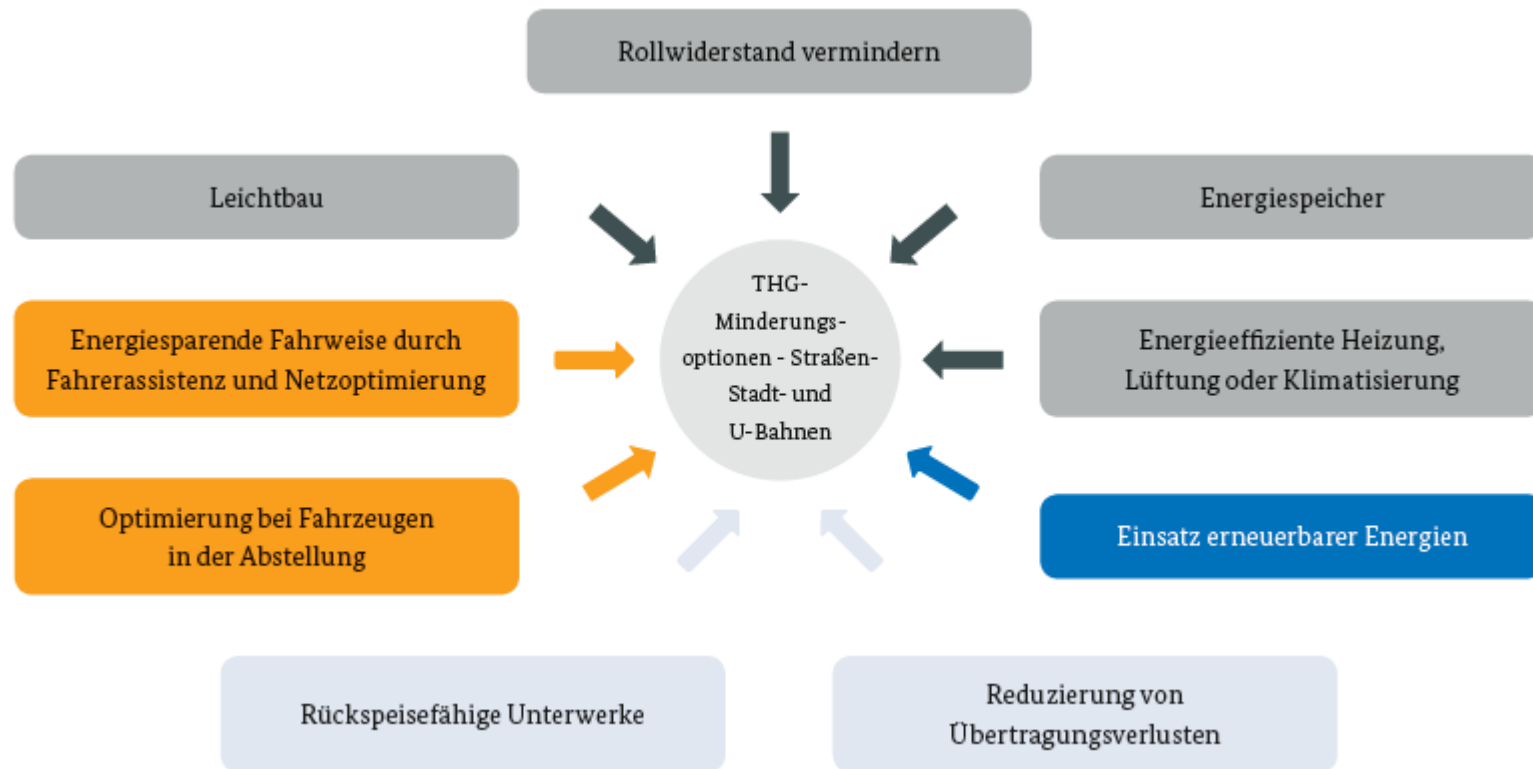


Quellenangaben: AktivBus Flensburg



# Tram

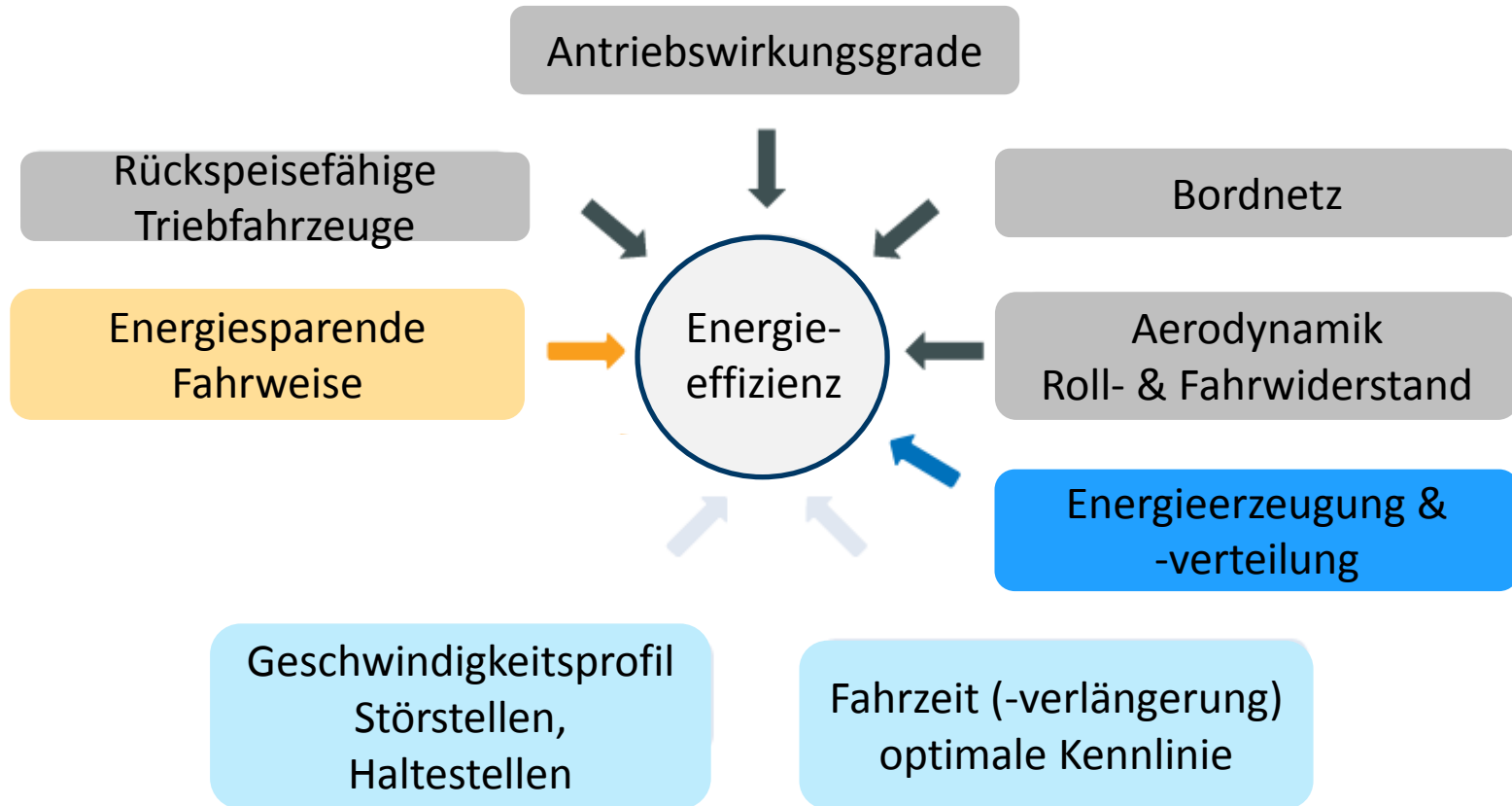
## Optimierungspotenziale



Quellenangaben: Studie „Erneuerbare Energien - Energieeffizienz ÖV“

# Vollbahn – Personenfernverkehr

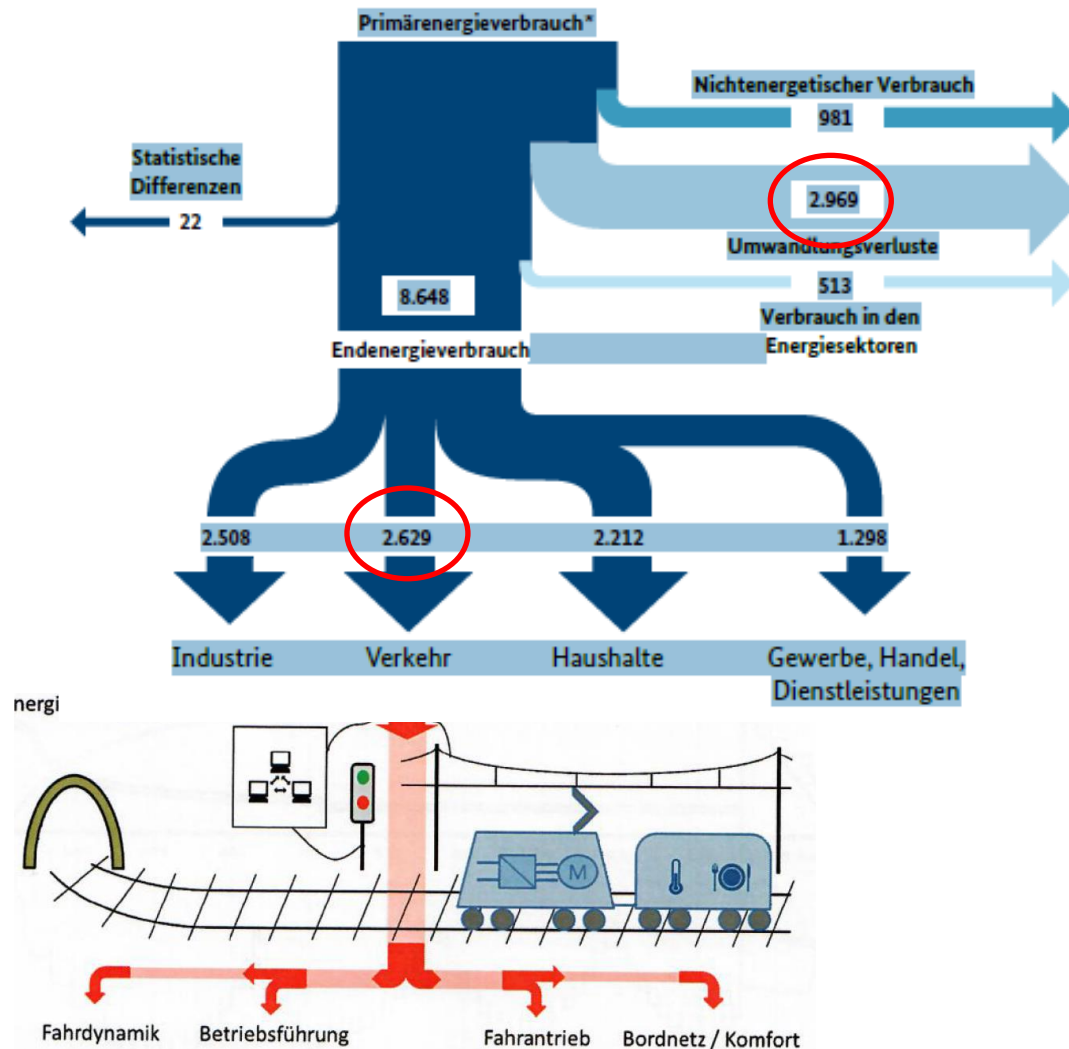
## Optimierungspotenziale



Quellenangaben: Studie „Erneuerbare Energien - Energieeffizienz ÖV“

# Vollbahn – Personenfernverkehr

## Einsparpotenziale durch Optimierung der Energieversorgung

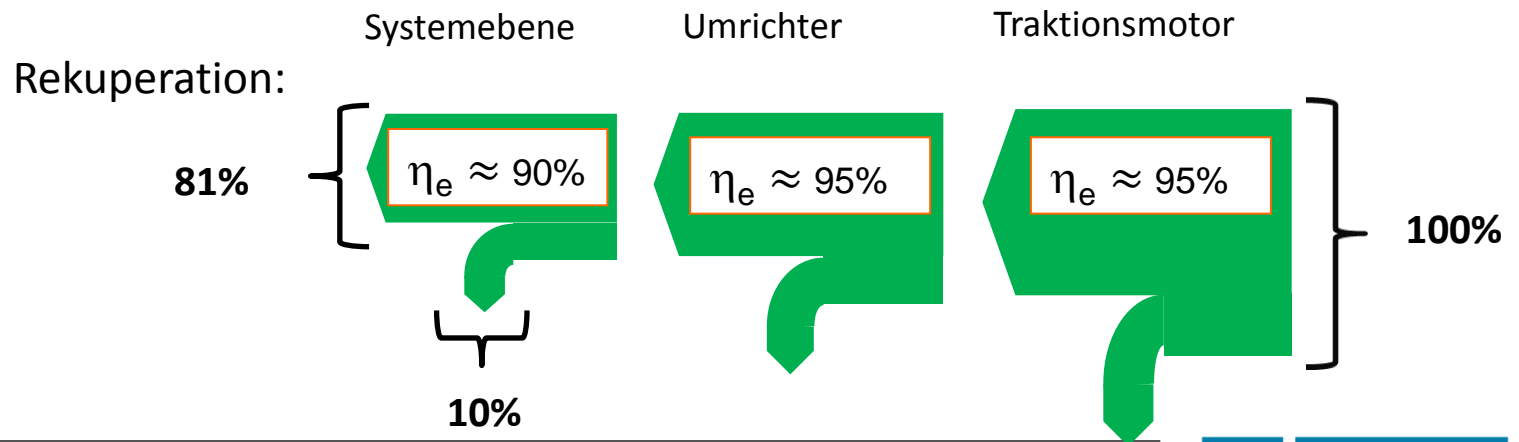


Quellenangaben: VDE Energieoptimierter Bahnverkehr 2013

# Vollbahn – Personenfernverkehr

## Einsparpotenziale Fahrzeuge

- Aerodynamischer Widerstand
- Wirkungsgrad der Traktion erhöhen
  - Steuerverfahren in den Stromrichtern
  - Ausnutzung / Maximieren der el. Rekuperationsbremse
  - Asynchron zu permanentenerregtem Synchron
  - Umrichter: IGBT zu MOSFET
- Nutzung von parallelen Antriebssträngen (Zu- und Abschaltung)
- Optimierung der Hilfsbetriebe / Bordnetz
- „Runterfahren“ der Nebenverbraucher im abgestellten Zustand

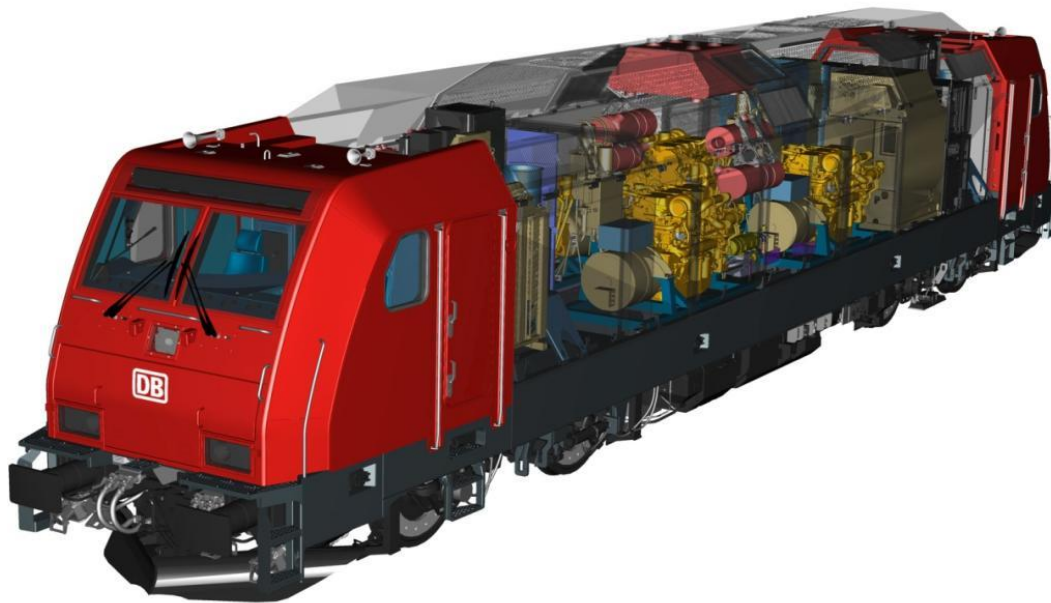


# Vollbahn – Personenfernverkehr

## Einsparpotenziale durch Multi-Engine-Technik

---

Multi-Engine-Diesel-Lokomotive



- Lieferumfang:  
200 Lokomotiven (DB AG)
- 4 Motoren á 600 kW  
pro Lok
- CAT-Dieselmotoren  
Typ C18
- Abgasnorm IIIB
- Abgasnachbehandlungssystem
- Lastanforderung über ein  
spezielles Betriebs-  
management

Quellenangaben: Bombardier

# Vollbahn

## Einsparpotenziale durch Hybridisierung

---

- Hybridlokomotive für den Güterzug- und Rangierdienst (BR 203H / MEG)
  - Hauptantrieb: elektrisch / Akkumulatorsatz / max. 600 kW
  - Hilfsantrieb: dieselelektrisch / 260 kW (EURO IV)
  - Kraftstoffeinsparung ~ 40 %
  - Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ~ 60 %
  - Hersteller: ALSTOM Lokomotiven Service GmbH - Standort Stendal



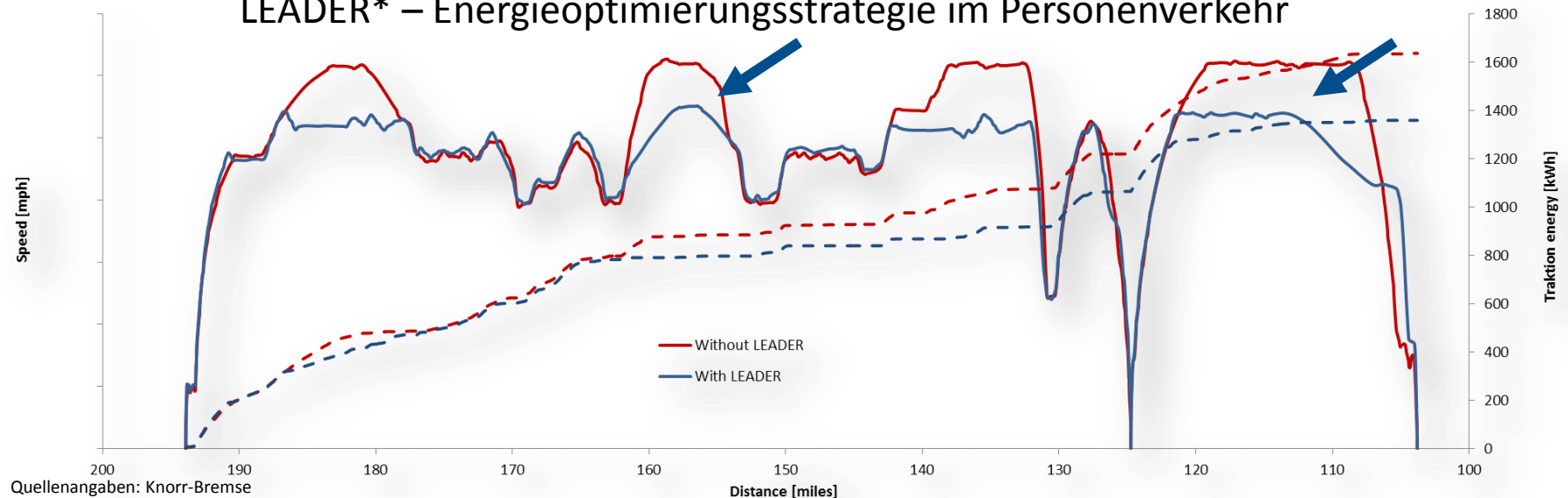
Quellenangaben: Alstom

# Vollbahn – Personenfernverkehr

## Einsparpotenziale optimale Nutzung

- Optimierung des Betriebes:  
max. Beschleunigung, lange Rollphase, starke Bremsung
- Nutzung von vorhandenen Fahrzeitreserven, Vermeidung unnötiger Antriebs- und Bremszyklen durch die Einführung von „Bedarfshalten“
  - Fahrerschulung bis automatisches Fahren
- Verringerung der max. Geschwindigkeit
- Bedarfsgerechte Fahrzeugbeschaffung und Einsatzplanung

LEADER\* – Energieoptimierungsstrategie im Personenverkehr





# Vollbahn – Personenfernverkehr

## Einsparpotenziale

---



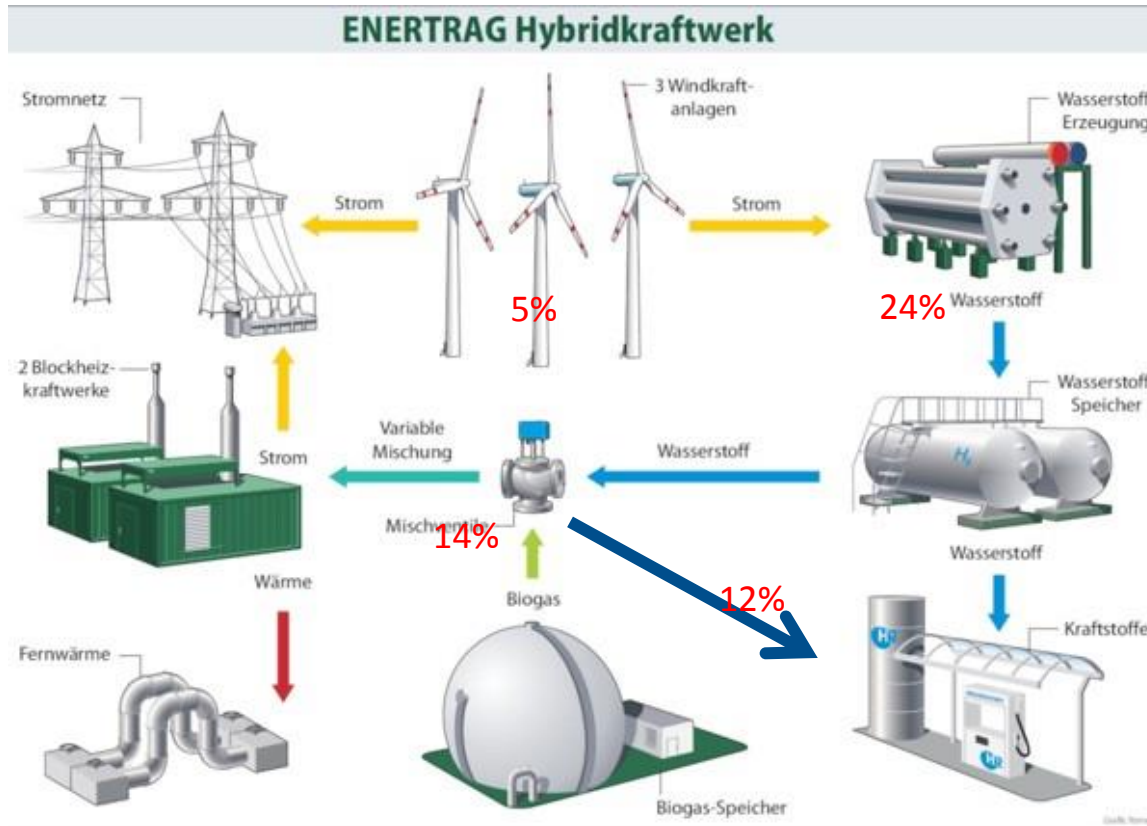
- Coradia iLint – Brennstoffzellen-Hybrid-Triebzug
- Energie aus Wasserstoff-Brennstoffzellen von Hydrogenics
- 200 kW Dauerleistung
- Reichweite 600 – 800 km
- Akkus zur Zwischenspeicherung nicht abgerufener elektrischer Leistung

Quelleangabe: Alstom



# Einsparpotenziale

## Power-to-Gas – H<sub>2</sub>-Technologie



Potenzial: 8760h/a

Volllast - Teillast  
 Inland: ca. 2.000h/a - ca. 6.000h/a  
 Küste: ca. 3.000h/a - ca. 7.000h/a

Wirkungsgrad Tankstelle  
 H<sub>2</sub>: 70%  
 Methan: 55%

Eine 250-Kilowatt-Demonstrationsanlage für Power to Gas entsteht im dänischen Foulum nördlich von Aarhus

Wirkungsgrad ca. 40%

Quellenangabe: Ulrich Jochimsen

# Resümee

---

- Die Energieeffizienz und Ressourcenschonung sollte ein wichtiger Bestandteil in der Unternehmensstrategie der Verkehrsunternehmen sein.
  - Der Kunde erwartet eine hohe Nachhaltigkeit vom ÖV und dem Schienenverkehr.
- Langfristig werden Verbrennungskraftmaschinen aufgrund der CO<sub>2</sub>-Minderungsziele im UN-Klimagipfel durch alternative Antriebe ersetzt.
- Effizienz lässt sich am effektivsten am Anfang der Energiekette steigern.
- Es müssen unterschiedliche Maßnahmen zu Energieeffizienzsteigerungen für Linienbusse, Tram und Metros und Vollbahnen verfolgt werden.
- Maßnahmen zur Energieeffizienz müssen wirtschaftlich und damit langfristig vorausschauend geplant werden.

---

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

---

Martin Schmitz  
Geschäftsführer Technik  
E [schmitz@vdv.de](mailto:schmitz@vdv.de) | T +49 221 57979-123

---