

Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (MKS) Wissenschaftliche Begleitforschung

Potenziale des Oberleitungsbusses als effiziente Möglichkeit für die Nutzung erneuerbarer Energien im ÖPNV

Fabian Bergk (ifeu), Prof. Dr. Pütz (Belicon)

Workshop Hybrid-Oberleitungsbuss, Berlin, 27.10.2015

Inhalt

- Einführung
- Kostenvergleich Buskonzepte
- Schlussfolgerungen

Einführung: Elektrifizierung des ÖPNVs

- Verringerung (fossiler) Energieverbrauch
- Reduktion der Treibhausgasemissionen
- Integration erneuerbarer Energien
- Einführung neuer Technologien (Batterien, Ultra-Caps,...)

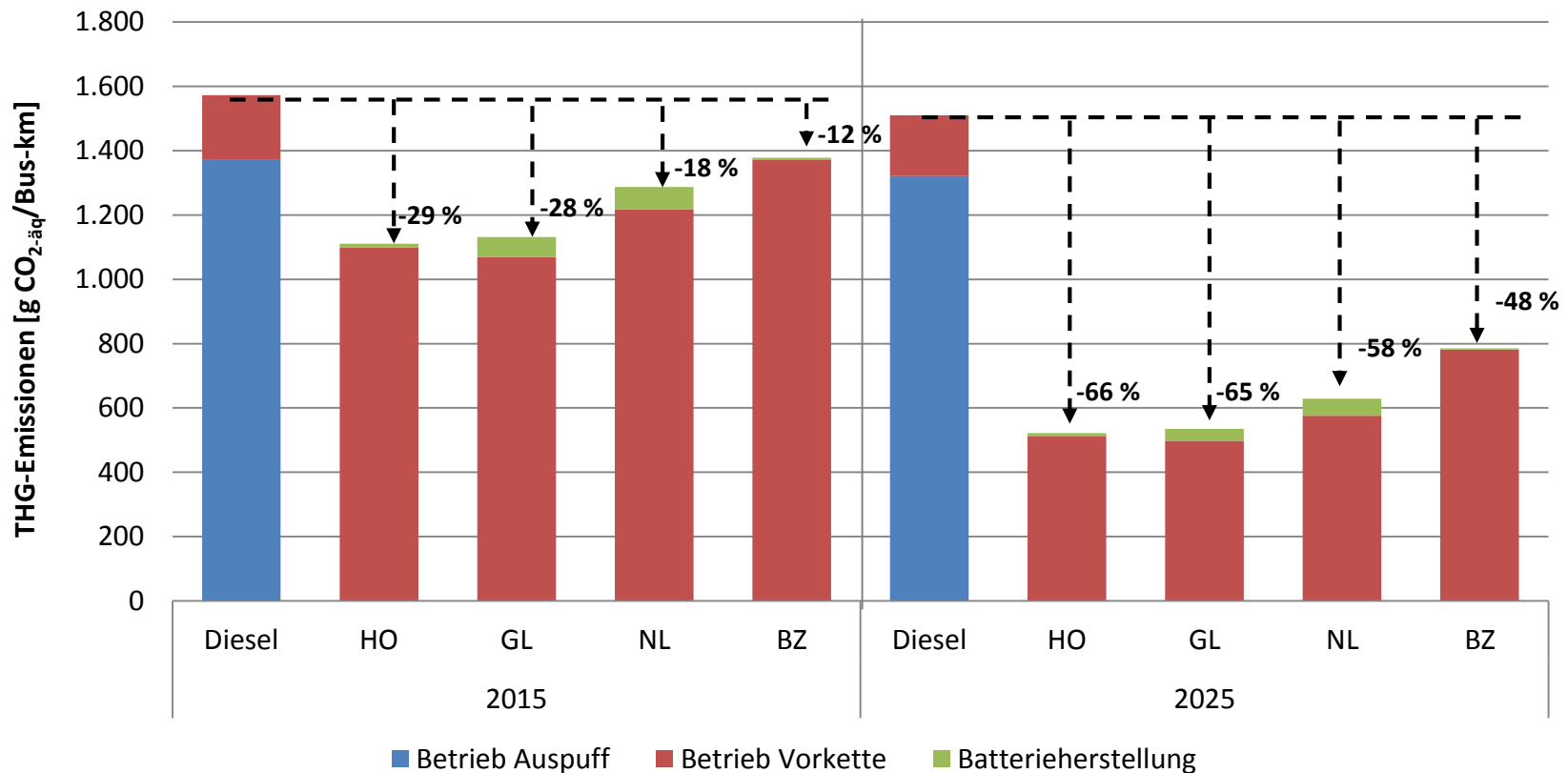
Ziele der MKS

Aber auch:

- Geringere Energiekosten
- Umweltvorteil ÖPNV gegenüber MIV bewahren
- Weniger Lärm und keine Auspuffemissionen

Einführung: Elektrifizierung des ÖPNVs

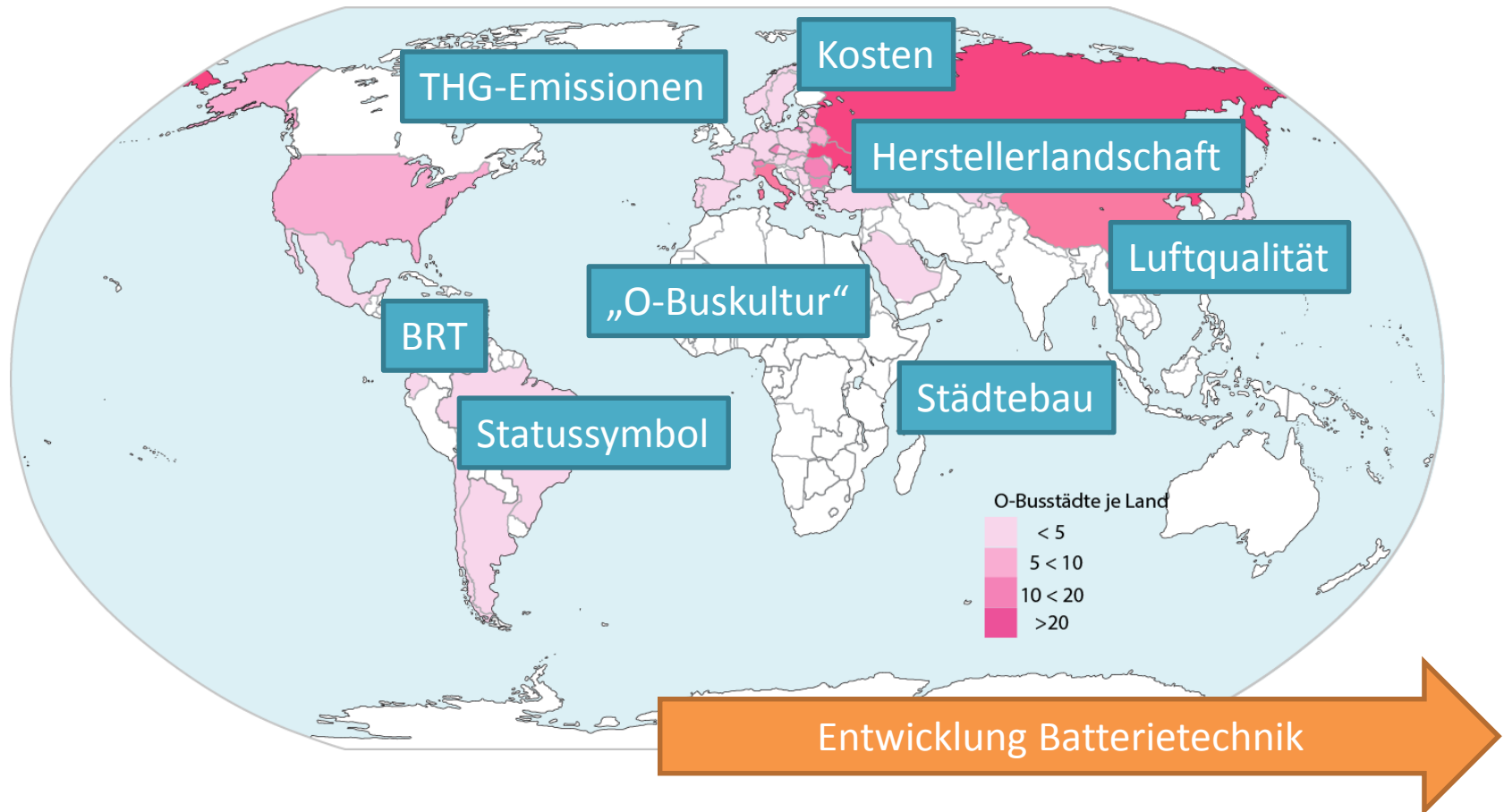
Klimawirkung Gelenkbusse für Neuzulassungen 2015/2025 in deren Neuzulassungsjahr



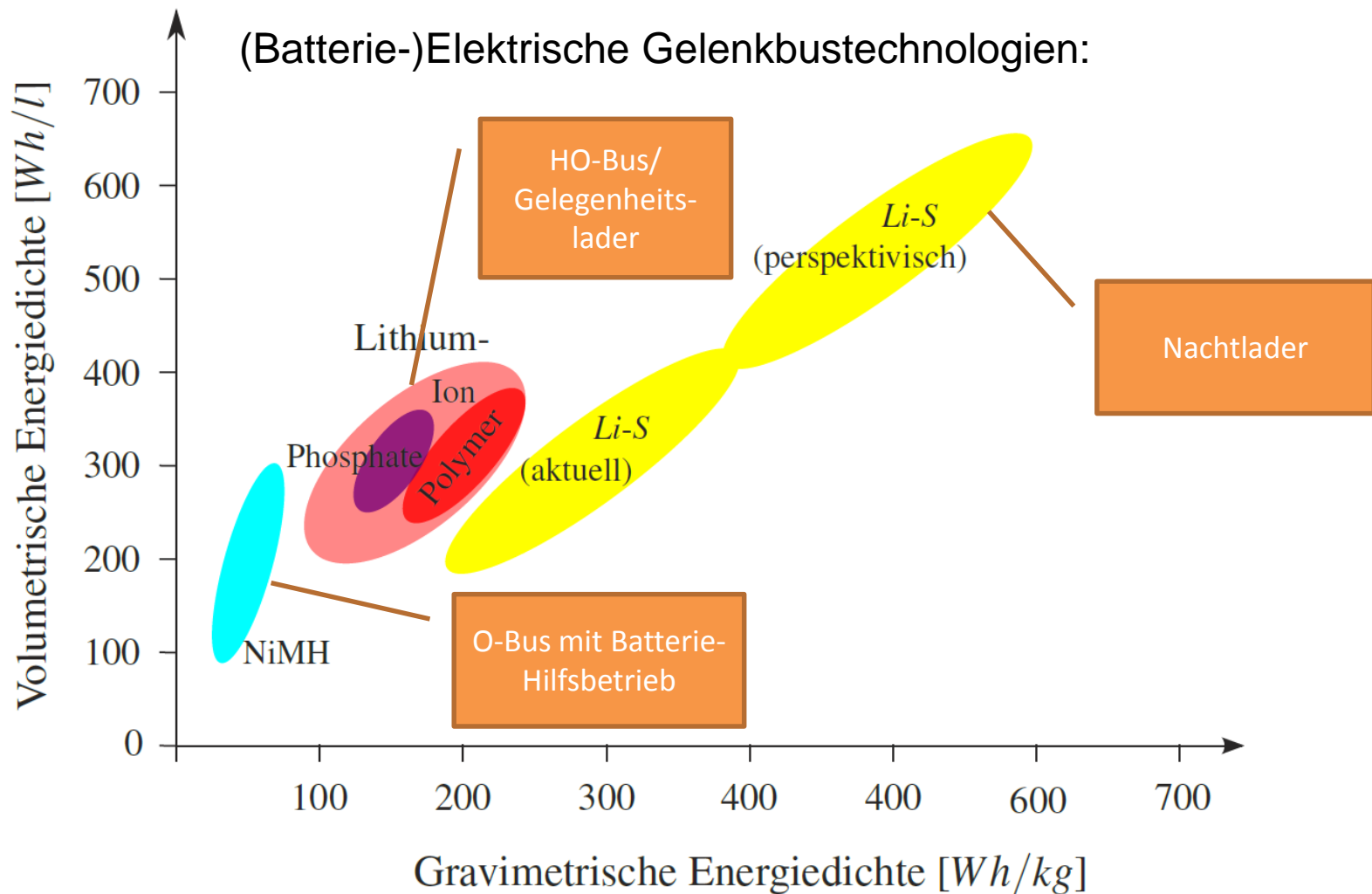
Quelle: Belicon (Energieverbrauch), TREMOD/ Leitstudie 2011 (Emissionen Betrieb), eCar (Emissionen Batterieherstellung)

Einführung: Warum HO-Bus?

- Oberleitungs-Bus bewährte Technik
=> Treiber und Hemmnisse im internationalen Kontext



Einführung: Warum HO-Bus?



Quelle Ragone Diagramm: Scherr, C. (2015): Elektrochemisches Verhalten von Lithium-Schwefel-Zellen mit unterschiedlicher Kathodenstruktur. KIT Scientific Publishing, Karlsruhe.

Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Gelenkbussysteme

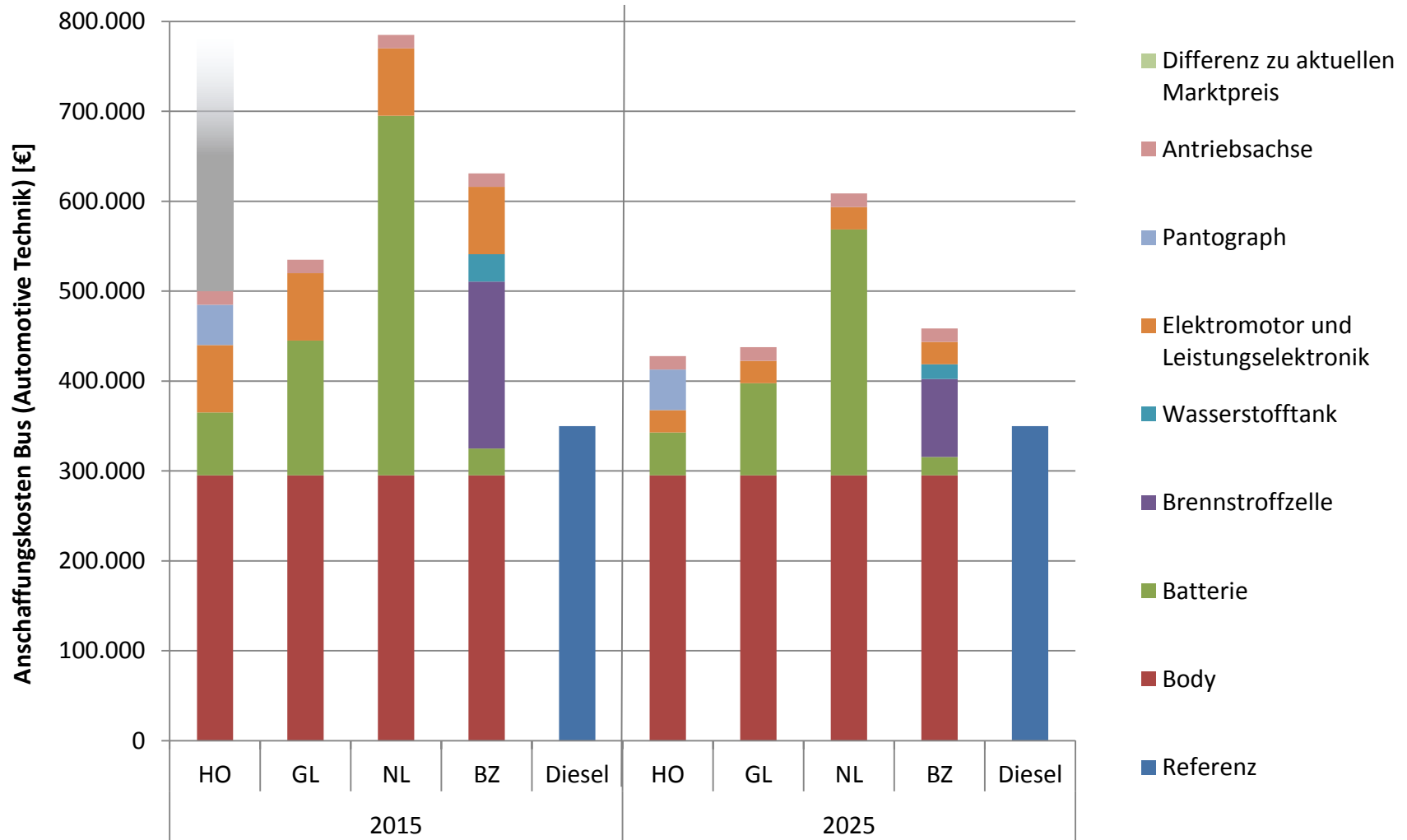
- **Lebenszykluskosten je Bus-Kilometer/
je Beförderungskapazität**
 - Fahrzeuge
 - Infrastruktur
 - Ersatzinvestitionen
 - Energie
 - Wartung- und Instandhaltung
 - Fahrer

Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Gelenkbussysteme

- Betrachtung von Fahrzeugen mit automotiver Technik und Bahntechnik (12 und 20 Jahre Lebensdauer)
- Fahrzeugkosten abgeleitet mittels Komponentenansatz

		HO	GL	NL	BZ
Batteriekapazität	kWh	70	150	400	30
Leistung (Motor, Leistungselektronik)	kW	250	250	250	250
Ladeleistung (im Mittel)	kW		250	60	
Brennstoffzelle	kW				160
Wasserstoffspeicher	kg				35

Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Gelenkbussysteme

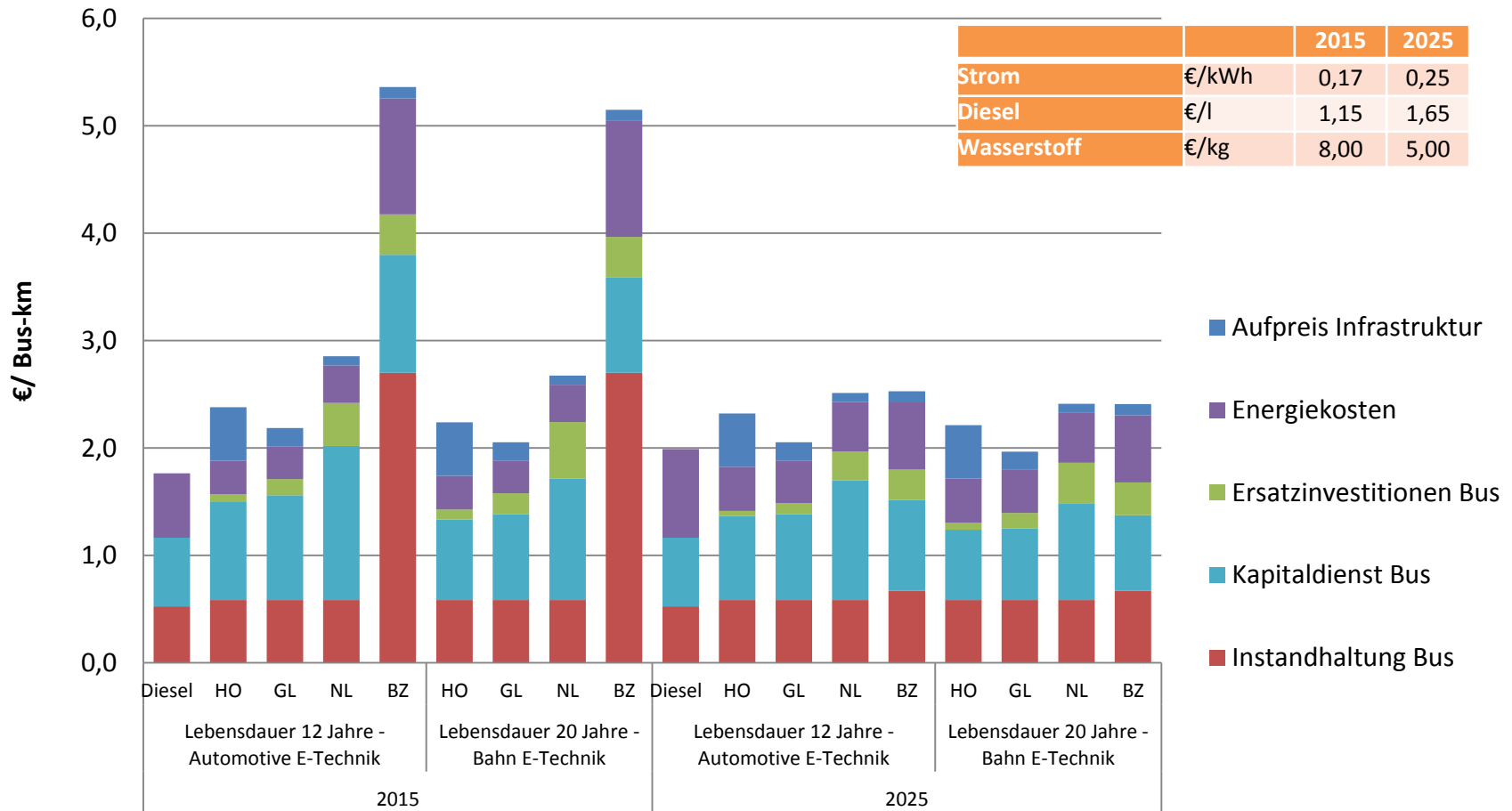


Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Gelenkbussysteme

Infrastruktur für eine Linienlänge von 15 km, 7,5 min Takt (Anwendungsfall Eberswalde):

	Infrastruktur	Ausführung/Anzahl	Kosten gesamt [€]
Hybrid-Oberleitung	Oberleitungen	50% elektrifiziert	3.750.000
	Unterwerke	4	1.720.000
	Langsamladepunkt Betriebshof	15	238.500
Gelegenheitslader	Schnellladepunkt	4	1.000.000
	Langsamladepunkt Betriebshof	15	238.500
	Unterwerk Betriebshof	1	430.000
Übernachtlader	Langsamladepunkt Betriebshof (60 kW)	15	540.000
	Unterwerk Betriebshof	1	430.000
Brennstoffzelle	Wasserstofftankstelle	25% Anteil an mittelgroßer Station	938.250

Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Gelenkbussysteme



Kostenvergleich Antriebstechnologien von Gelenkbussen, 18 m (Lebenszykluskosten ohne Fahrerkosten), Takt 7,5 min

Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Betrachtete Gelenkbussysteme

Angebotene Beförderungskapazität:

- Gewicht großer Batterien bei GL/ NL geht zulasten Nutzlast

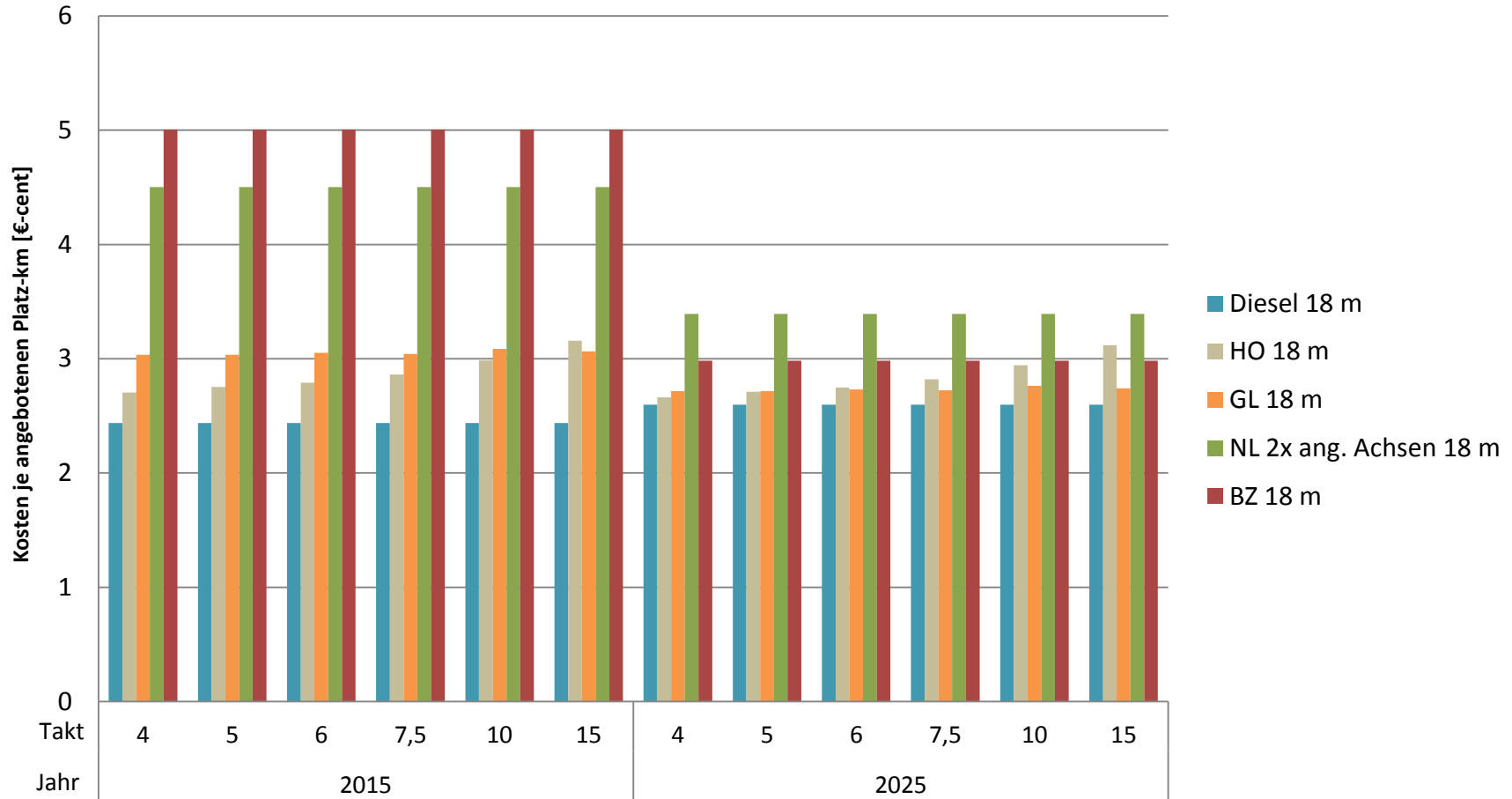
Kompensation durch:

- Fortschritte in Batterietechnik (steigende Energiedichten)
- Zweite angetriebene Achse

Platzkapazität je Bus

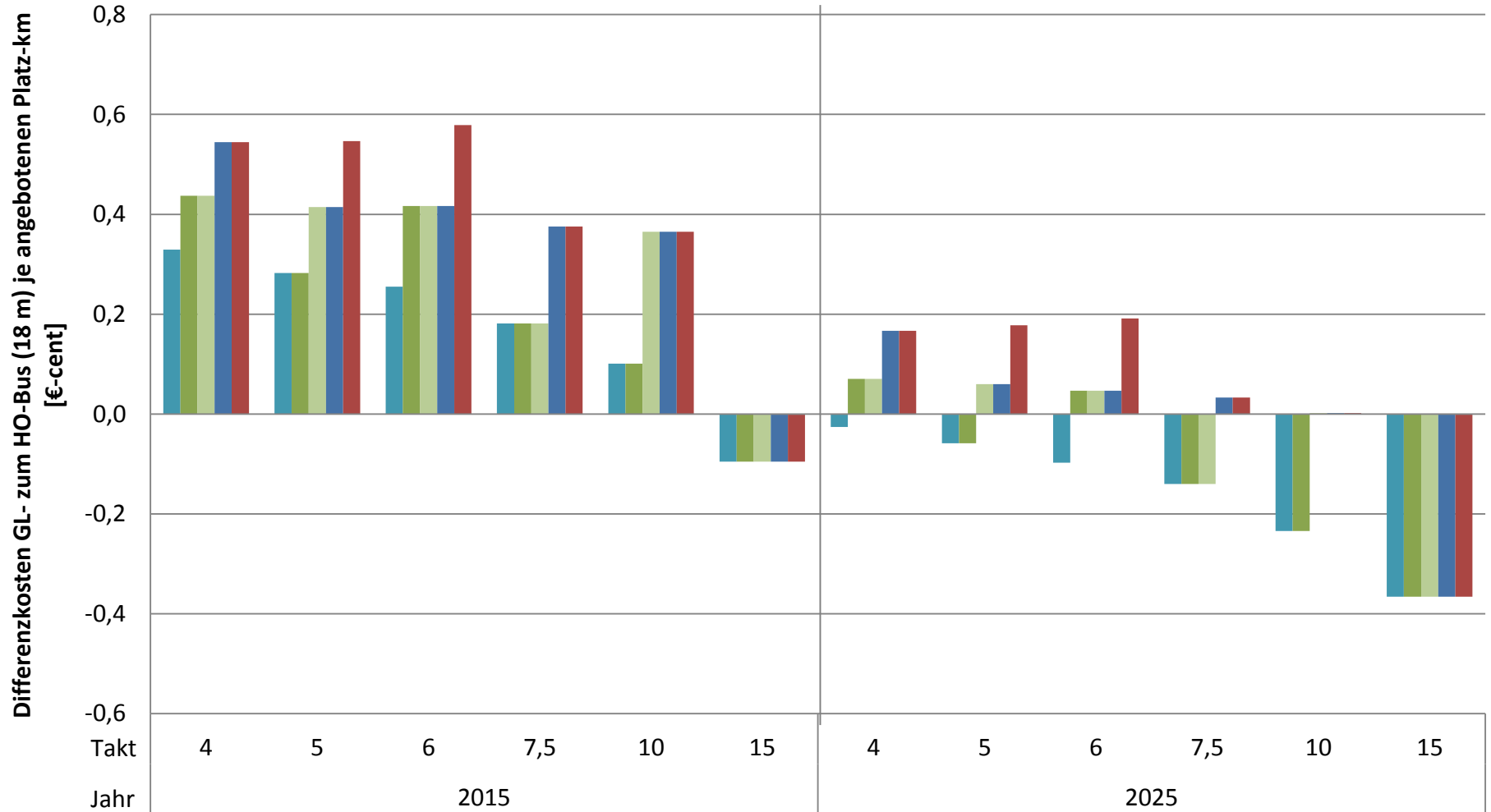
Antriebskonzept	Größe	Eine angetriebene Achse		Zwei angetriebene Achsen	
		2015	2025	2015	2025
HO-Bus	18 m	140	140	140	140
GL	18 m	126	136	140	140
NL	18 m	77	101	101	124
BZ	18 m	140	140	140	140
Diesel	18 m	140	140		

Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Betrachtete Gelenkbussysteme



Kosten je angebotenen Platz-km [€-cent] nach Antriebssystem inkl. Fahrerkosten - Gelenkbusse (18 m), 12 Jahre Fahrzeuglebensdauer, jährliche Bus-km: 60.000

Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Betrachtete Gelenkbussysteme



Zusatzminuten zur minimalen Wendezeit des GL wegen Laden am Linienendpunkt

1 2 3 4 5

Kostenvergleich Elektrobuskonzepte und Dieselbusse – Betrachtete Gelenkbussysteme

Fazit:

- Kostenparität mit dem Dieselbus ist selbst bei optimistischen Annahmen zur Kosten- und Energiepreisentwicklung bis 2025 (ohne regulatorische Maßnahmen) nicht zu erreichen
- Bei nachfragestarken Linien ist eine aufgrund großer Batterien eingeschränkte Nutzlast wirtschaftliches k.o.-Kriterium (betrifft insbesondere den NL)
- Bei hoher Auslastung der Infrastruktur (z.B. 5 Minuten-Takt) ist der HO-Bus heute der wirtschaftlichste Elektrobuss bezogen auf die angebotene Kapazität – auch bei Neuerrichtung der Infrastruktur
- Zusätzliche Puffer für den Betrieb von GL können die Kosten für diesen signifikant erhöhen

Aktuelle Förderung HO-Busse

Bund:

- Förderrichtlinie Elektromobilität (1. Call bereits gelaufen, evtl. 2. Call Anfang nächsten Jahres)

Länder:

- Busförderungen
- Elektromobilitätsförderungen
- ÖV-Investitionsrichtlinien

Aktuelle Förderung HO-Busse

Was wird gefördert?

- Mehrkosten für Elektrobusse ggü. Diesel bis zu 75%
- Investitionen in Infrastruktur (nur Thüringen)
- Ersatzinvestitionen (nur Thüringen)

Notwendig, um
Kostenparität mit Diesel zu
erreichen!

„Aufgrund der hohen Fördersätze für elektrische angetriebene Busse (75 % der Mehrkosten zum Dieselbus), notwendige Infrastrukturmaßnahmen (80 %) sowie Ersatzbeschaffungen (80 %) sind in allen Städten die wirtschaftlichen Belastungen für das Verkehrsunternehmen auf dem Niveau eines Dieselbusbetriebes. [...] Der bei der Erstinvestition (Fahrzeuge, Infrastruktur) notwendige höhere Eigenmittelbedarf kann vor allem durch die geringeren Energiekosten und die längere Nutzungsdauer der elektrischen Fahrzeuge teilweise überkompensiert werden.“

EBF Dresden; FH IVI: Aktualisierter Endbericht: Konzept für eine städteübergreifende Einführung von elektrisch angetriebenen Linienbussen in Thüringen

Vielen Dank sowie einen anregenden und produktiven Workshop!

Studienleitung: ifeu

- ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH
 - » Wilckenstr. 3, 69120 Heidelberg
 - » Udo Lambrecht
E: Udo.Lambrecht@ifeu.de
T: 06221 4767-35
 - » Fabian Bergk
E: fabian.bergk@ifeu.de
T: 06221 4767-38
- BELICON GmbH - Institut für angewandte Nutzfahrzeugforschung und Abgasanalytik
 - » Kirchbergstraße 11, 84092 Bayerbach-Greilsberg
 - » Prof. Dr.-Ing. Ralph Pütz
E: ralph.puetz@belicon-forschung.de
T: 0871 - 506 268
- DLR – Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
 - » Institut für Verkehrsforschung
Rutherfordstr. 2, 12489 Berlin
 - » Andreas Lischke
E: Andreas.Lischke@dlr.de
T: 030 67055-236
- LBST – Ludwig-Bölkow-Systemtechnik GmbH
 - » Daimlerstr. 15, 85521 München/Ottobrunn
 - » Hubert Landinger
E: hubert.landinger@lbst.de
T: 089 608110-37