

Ökologischer und ökonomischer Vergleich von konventionellen und alternativen Antrieben unter den Randbedingungen der evm

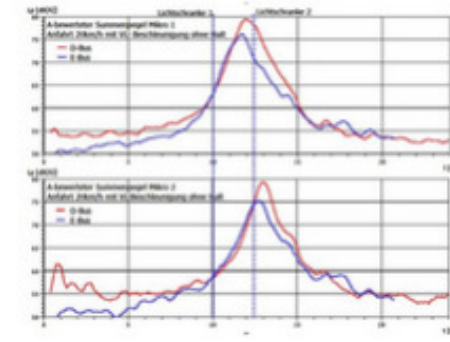
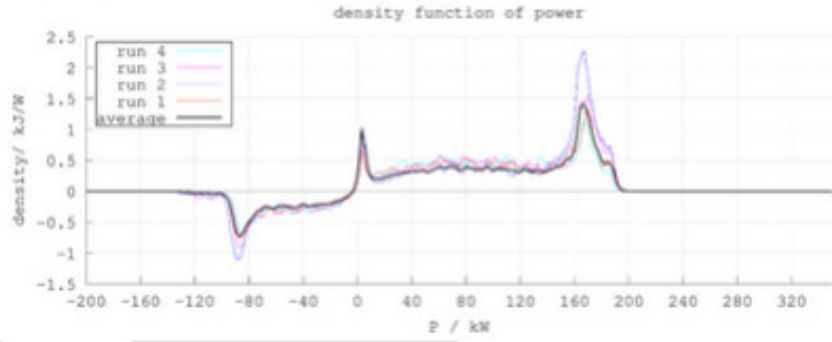
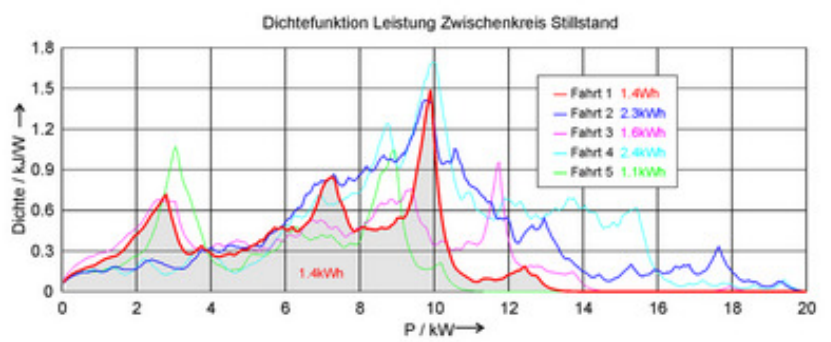
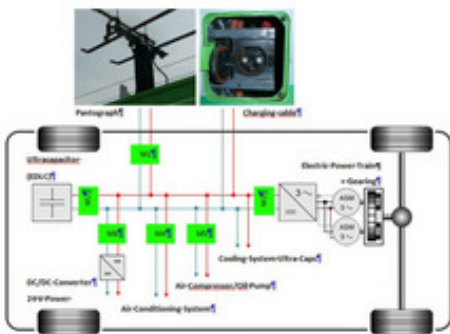
Prof. Dr. Ralph Pütz
Hochschule Landshut
BELICON – Institut für angewandte Nutzfahrzeugforschung

Koblenz, 16. August 2018

Inhaltsübersicht

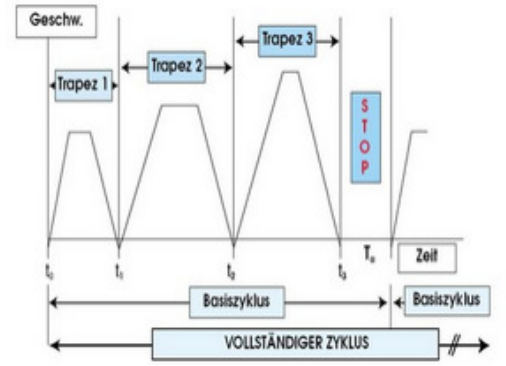
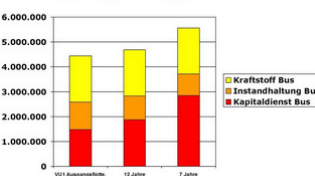
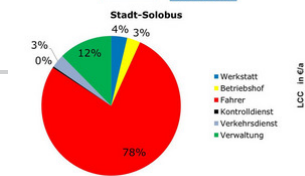
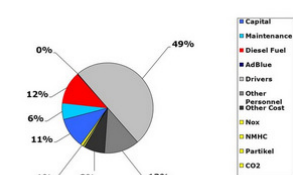
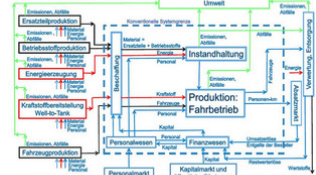
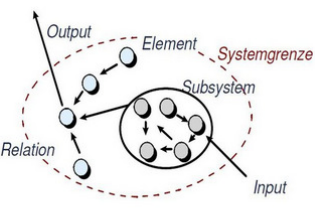
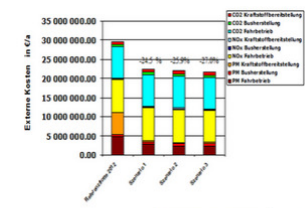
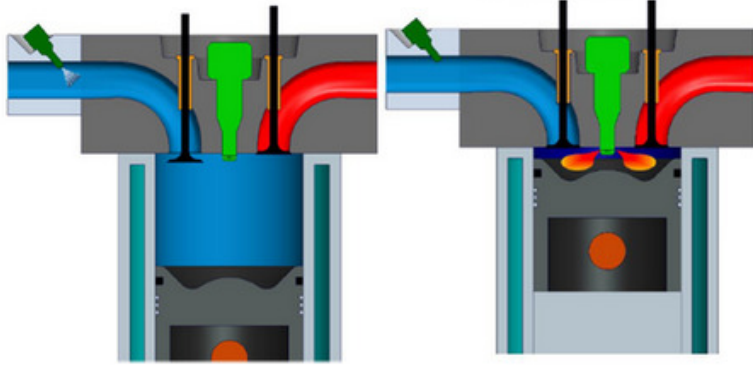
1. Untersuchte konventionelle und alternative Antriebe auf der Basis Solobus
2. Gewählter Systemansatz für objektive Vergleiche von Antriebsoptionen
3. Ergebnisse der ökologischen Analyse von Solobussen für evm-Randbedingungen – heute und mittelfristig
4. Ergebnisse der ökonomischen Analyse von Solobussen für evm-Randbedingungen – heute und mittelfristig
5. Fazit

BELICON – Forschungsfeld „Nachhaltige Mobilität“



Ansaugen des homogenen Gas-Luft-Gemisches

Verdichten sowie Einspritzen des Dieseldraftstoffs



1. Untersuchte konventionelle und alternative Antriebe auf der Basis Solobus

Status quo: Antriebstechnologien in der deutschen Linienbusflotte (Stadt- und Überlandbusse)

Antriebstechnologie	Prozent
Diesel	94,85
Diesel Hybrid	1,65
CNG	2,91
H2 ICE	0,00
BZ Hybrid	0,04
Batterie	0,21
Trolley	0,29
Trolley Hybrid	0,04
Summe	100,00

ca. 98% konventionell

**ca. 57%
der Elektromobilität:
oberleitungsgebunden**

Quelle: VDV, 2017

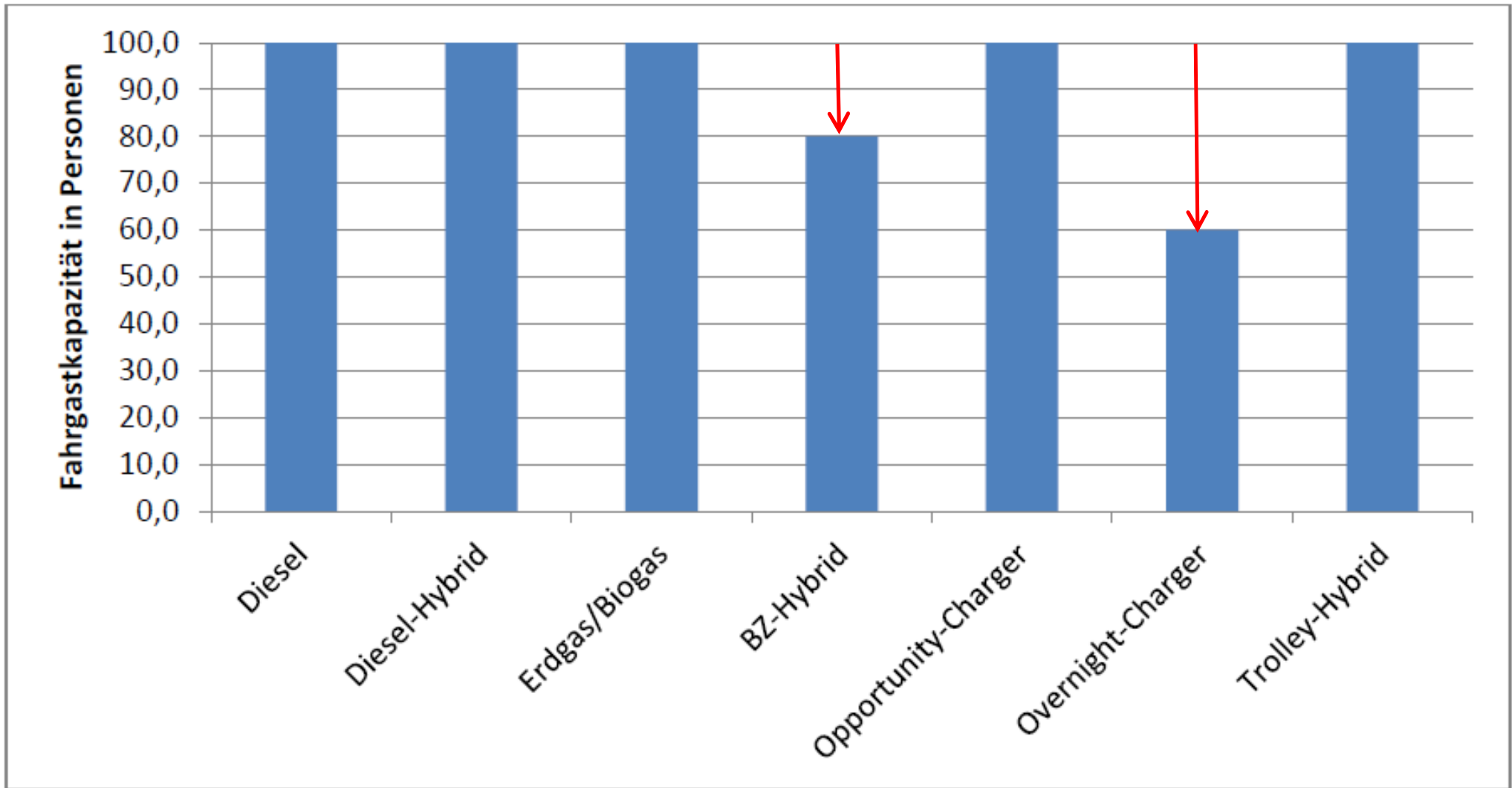
Antriebsoptionen (Solobus) im Subsystem Fahrbetrieb unter evm-Randbedingungen

	Verbrauch l DK-Äqu./100km	CO2 kg/km	NOx g/km	PM g/km
Diesel-EURO VI	39,10	1,04	0,50	0,003
CNG-EURO VI	48,88	1,15	0,24	0,002
BZ-Hybrid	29,33	0,00		
Batterie-Opportunity	17,78			
Batterie-Overnight	20,44			
Trolley-Hybrid	20,56			

evm-Randbedingungen:

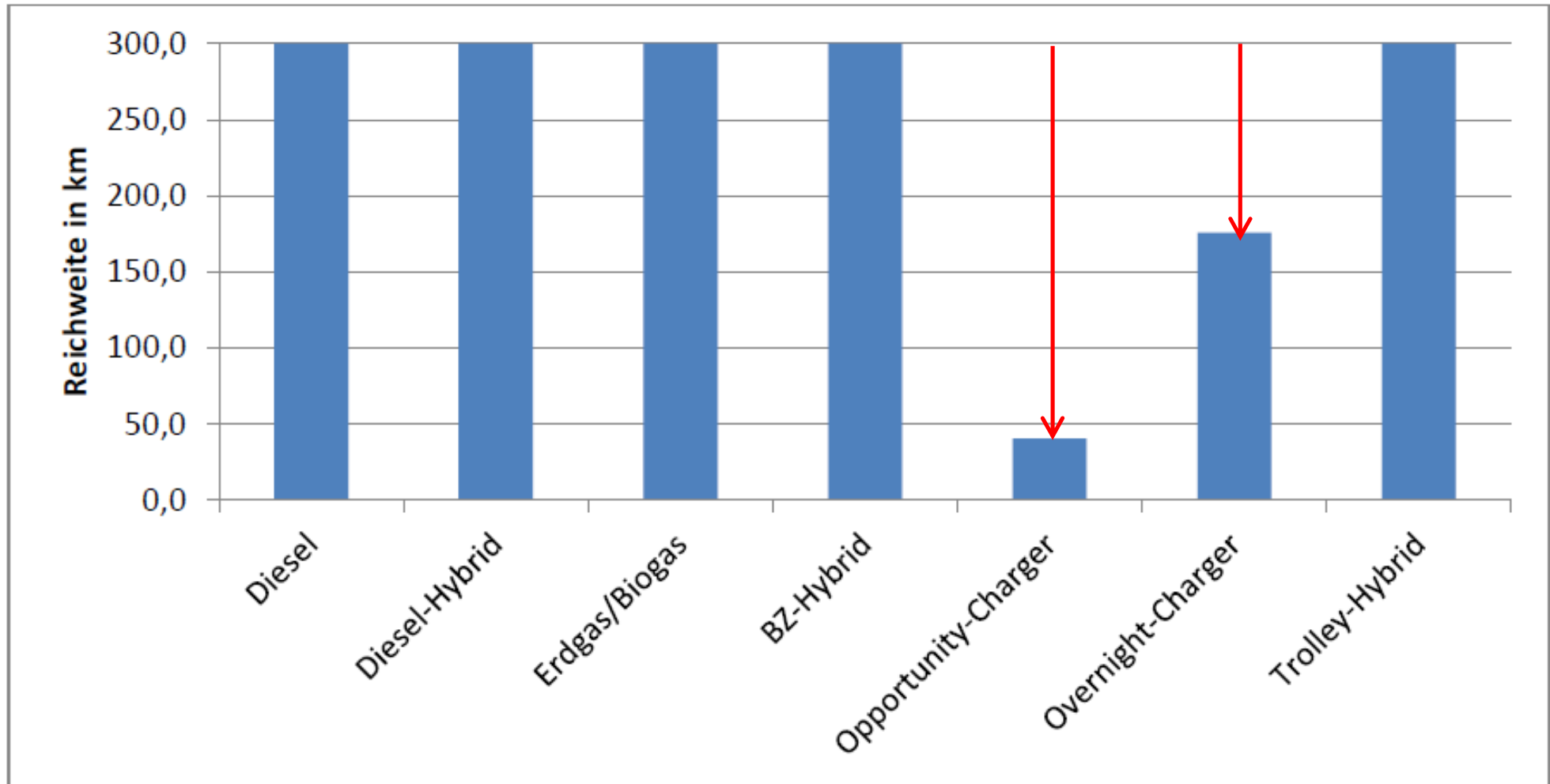
- Betrieb auf Niveau zwischen SORT 1 und 2, profiliert
- Mittlere Zyklusgeschwindigkeit 15 km/h
- 47.000 km/a
- mittlerer Besetzungsgrad 20%
- mittlere Rekuperationsrate 25%
- mit Heizung/Klimatisierung

Fahrgastkapazität von Solobussen nach Antriebssystem



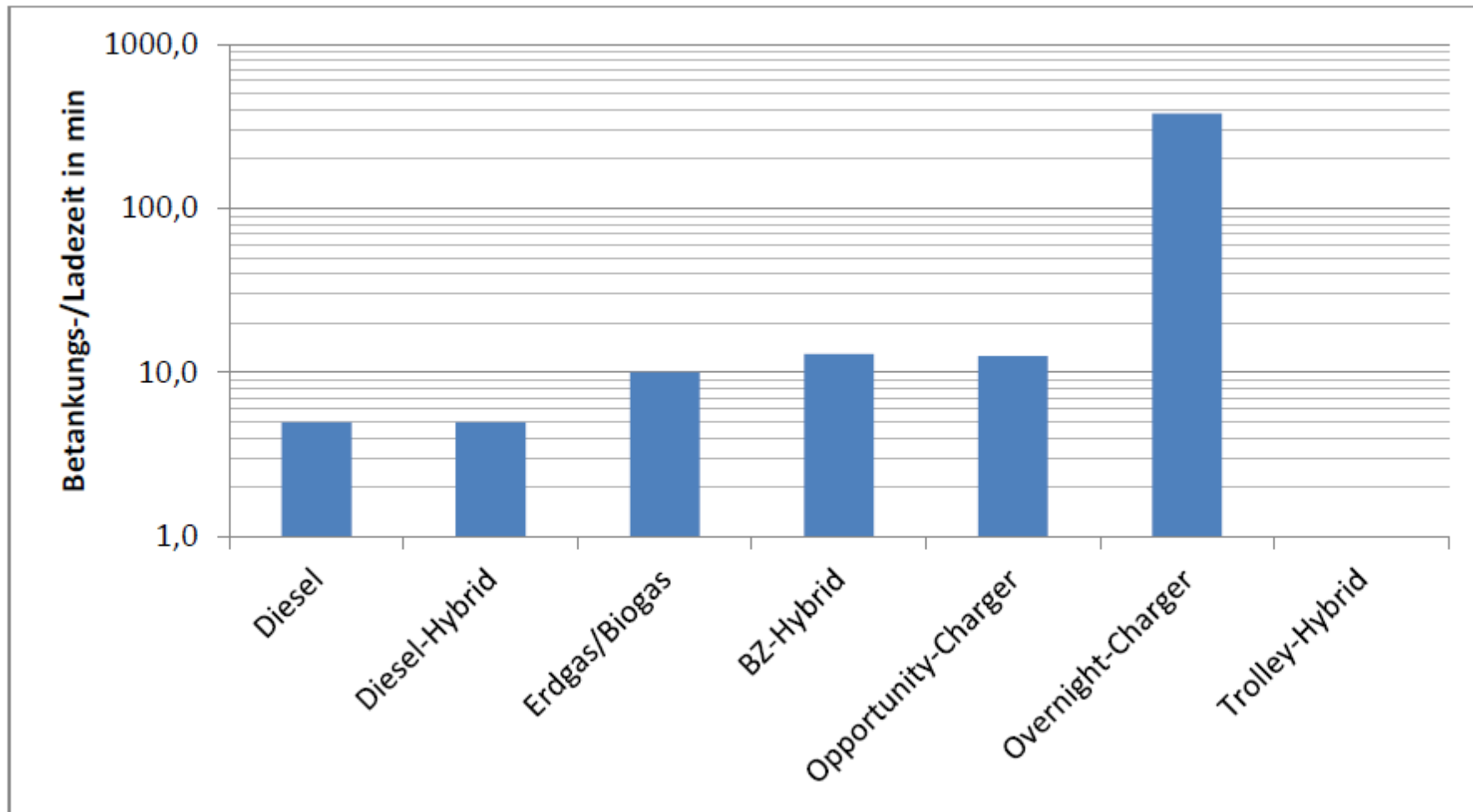
Bedeutet zusätzliche Reservefahrzeuge!

Reichweite von Solobussen nach Antriebssystem (gefordert: >300 km)



**Bedeutet zusätzliche Reservefahrzeuge
oder/und hohe Infrastrukturanforderungen!**

Reichweite von Solobussen nach Antriebssystem (gefordert: >300 km)



**Alle Alternativen zum Dieselantrieb erfordern
längere Betankungszeiten!**

2. Gewählter Systemansatz für objektive Vergleiche von Antriebsoptionen

Treiber für die Weiterentwicklung von Antriebssystemen im Verkehrssektor

Wirtschaftlichkeit

- Geringe Investitions- und IH-Kosten
- Niedriger Kraftstoffverbrauch
- LCC-Optimierung der Fahrzeugkosten
- Umfangreiche automatisierte Diagnose
- Standardisierte Antriebskonzepte

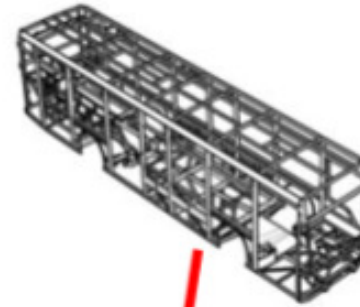
Ressourcenschonung

- Endlichkeit fossiler Energieträger
- Weltweit steigender Verbrauch
- Anstieg der Kraftstoffpreise
- Abhängigkeit von Kraftstoffimporten aus politisch instabilen Regionen

Umweltschutz

- Lokale Emissionen
- Globale Emissionen
- Geräuschemissionen
- Flächenverbrauch

Modell für das ökologische System „Linienbus“ mit Subsystemen in Lebenszyklusbetrachtung

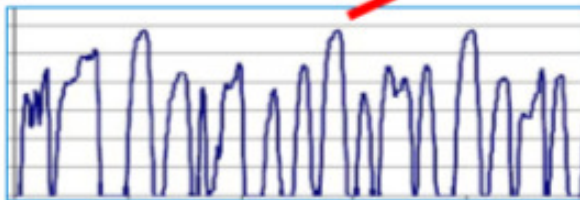


Kraftstoff

Fahrzeug

Instandhaltung

<i>Ressourcen-Exploration,-Gewinnung</i>	Ressourcen-Vorkette Kraftstoffbereitstellung	Ressourcen-Vorkette Linienbus	Ressourcen-Vorkette Linienbus-Instandhaltung
<i>Herstellung</i>	Anlagen-Herstellung Kraftstoffbereitstellung	Linienbus-Herstellung	Betriebshof- und Instandhaltungsanlagen-Herstellung
<i>Nutzung</i>	Kraftstoffbereitstellung	Linienbus-Fahrbetrieb	Linienbus-Instandhaltung
<i>Verwertung/-Entsorgung</i>	Anlagen-Entsorgung/-Verwertung	Linienbus-Verwertung/-Entsorgung	Betriebshof- und Instandhaltungsanlagen-Entsorgung

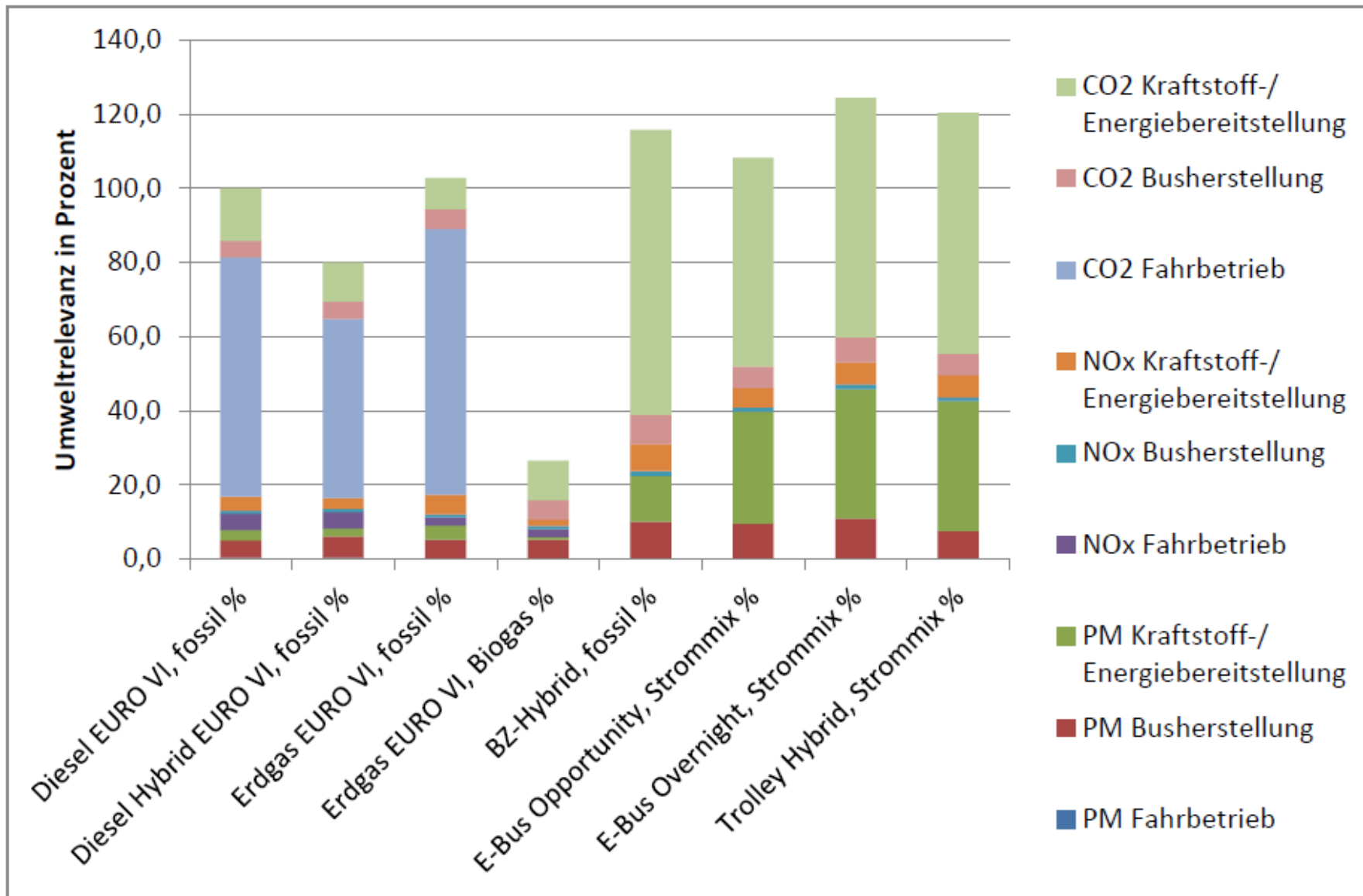


Modell für das ökonomische System „Linienbus“ mit Subsystemen in Lebenszyklusbetrachtung

Beschaffung		Linienbus-Kapitaldienst	
Nutzung	Kraftstoff- und Reagenskosten	Personalkosten Fahrbetrieb, Sonstige Personalkosten, Sonstige Kosten, Externe Kosten	Linienbus-Instandhaltung
Rücknahme		Linienbus-Restwert	

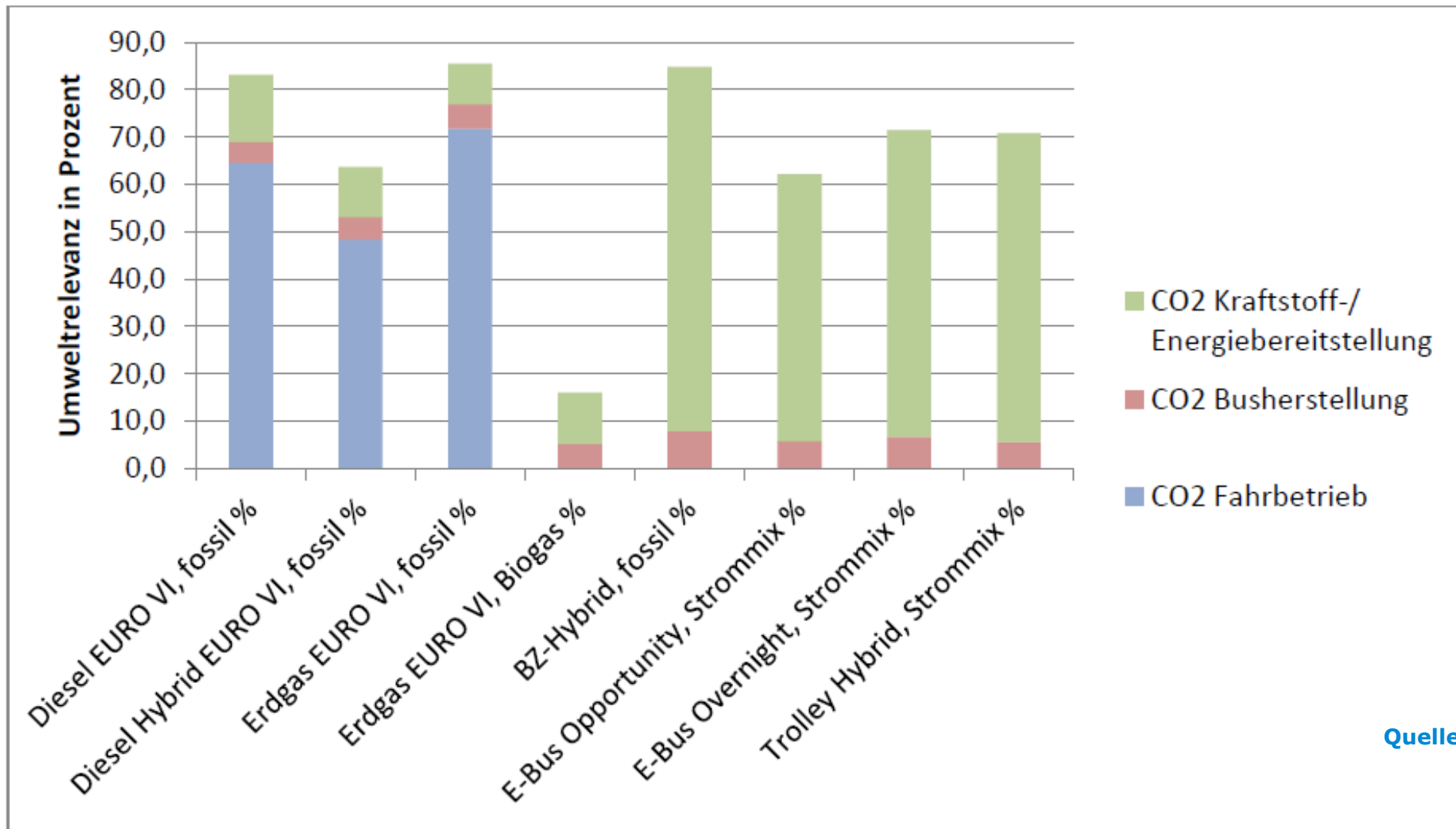
3. Ergebnisse der ökologischen Analyse von Solobussen für evm-Randbedingungen – heute und mittelfristig

Systembezogene Umweltrelevanz 2017 („heute“) anhand externer Kosten für evm-Randbedingungen

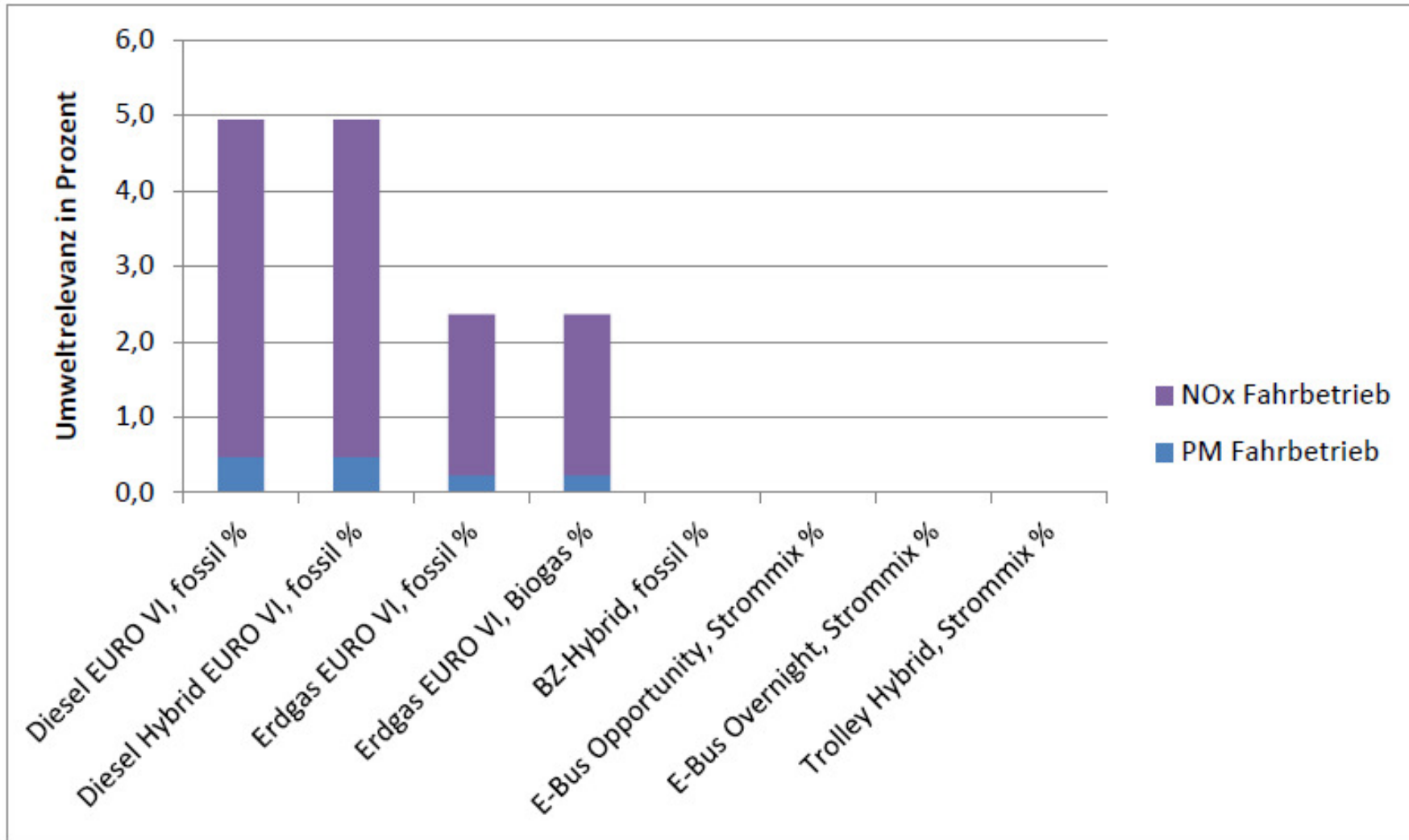


Quelle: © BELICON

Systembezogene globale Umweltrelevanz 2017 („heute“)

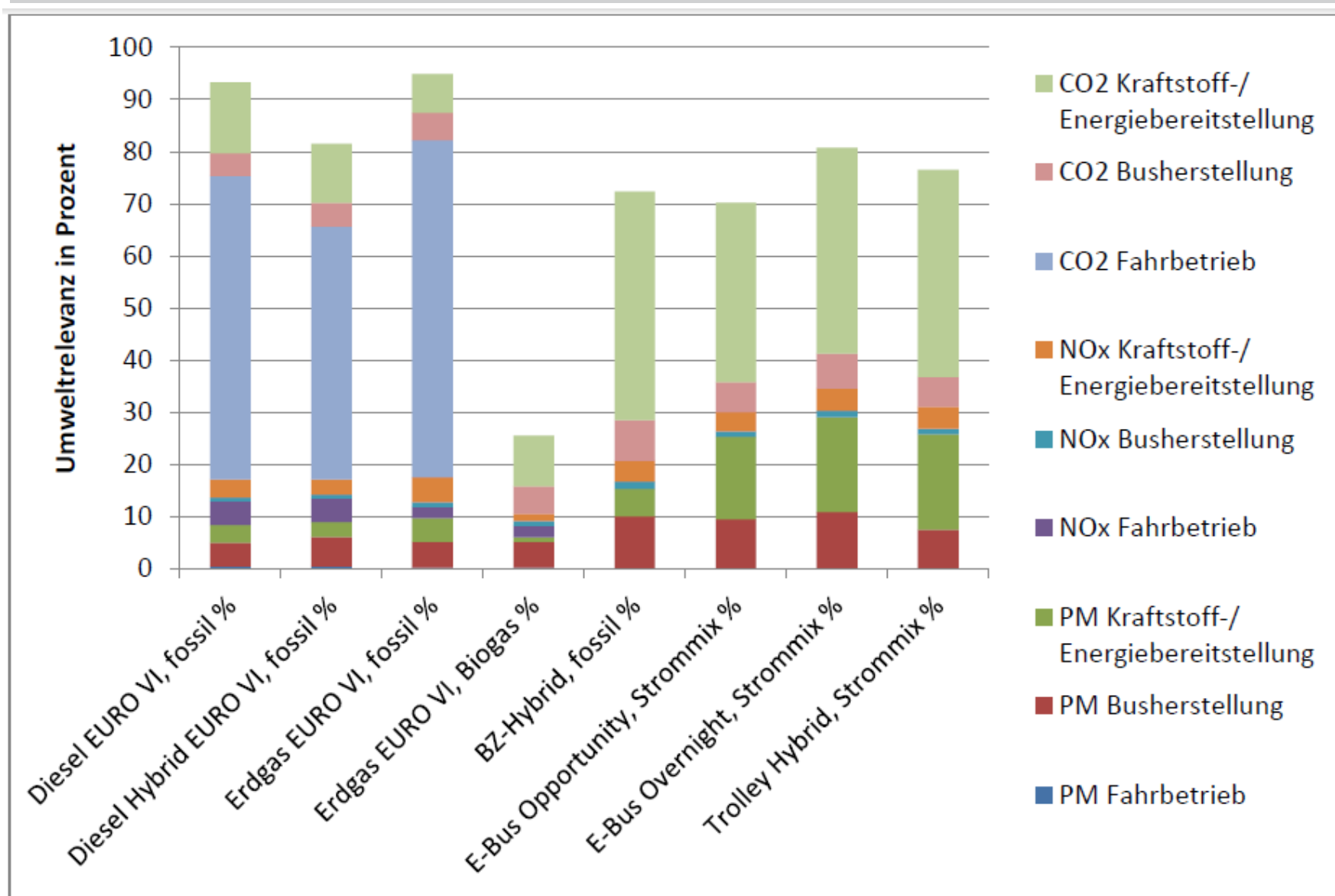


Systembezogene lokale Umweltrelevanz 2017 („heute“) – ausschließlich Fahrbetrieb



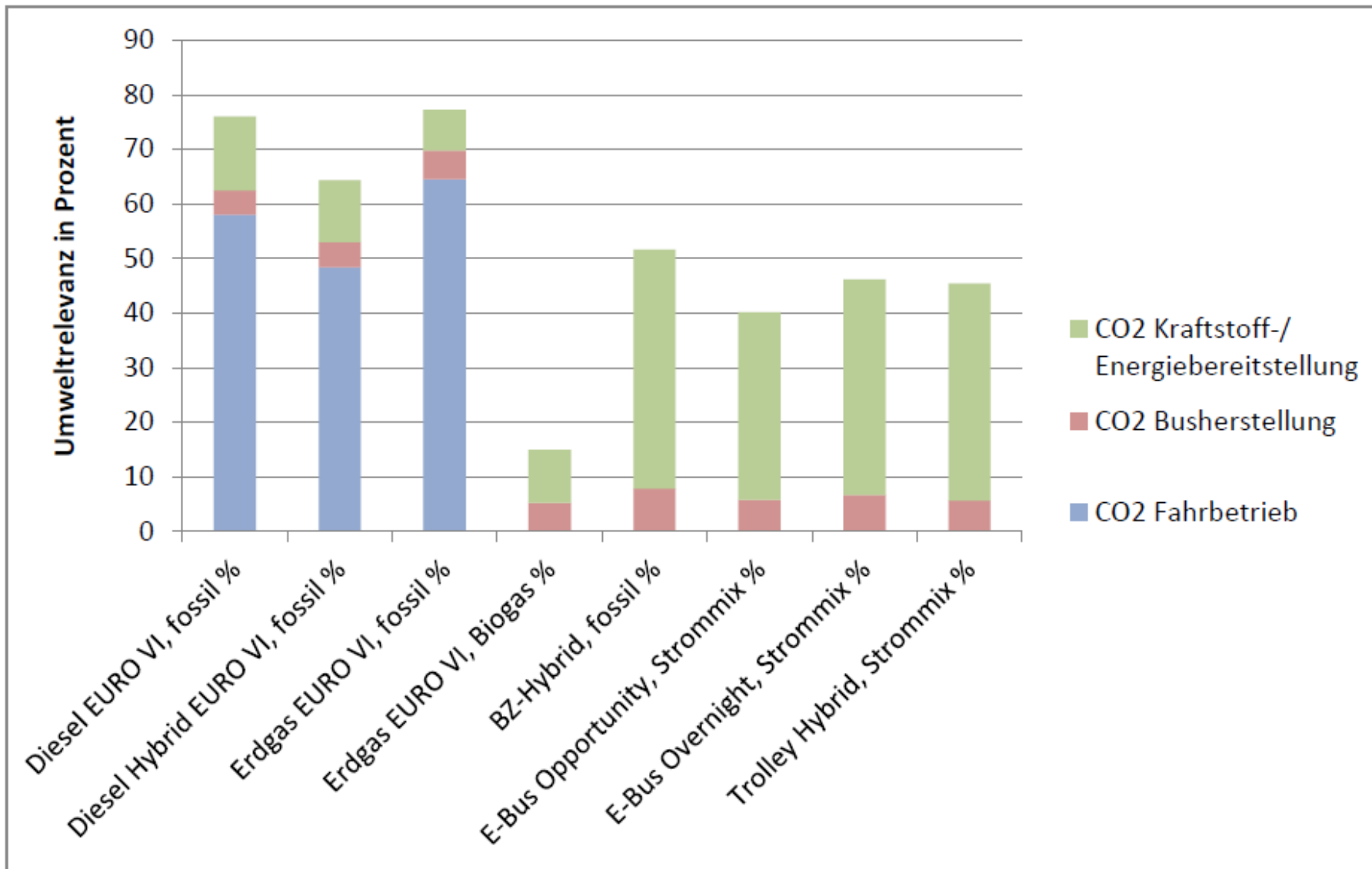
Quelle: © BELICON

Systembezogene Umweltrelevanz 2027 („mittelfristig“) anhand externer Kosten für evm-Randbedingungen



Quelle: © BELICON

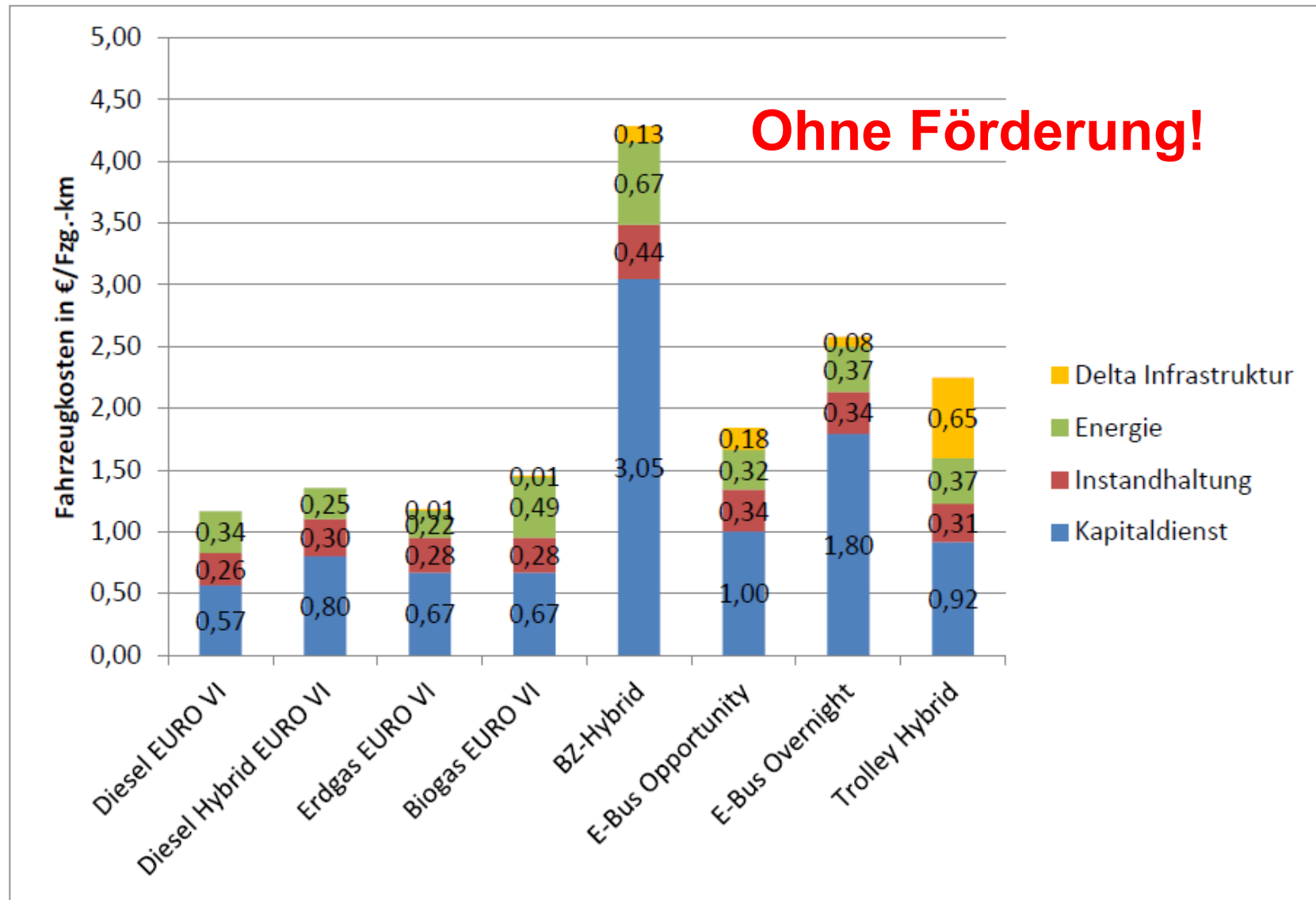
Systembezogene globale Umweltrelevanz 2027 („mittelfristig“)



Quelle: © BELICON

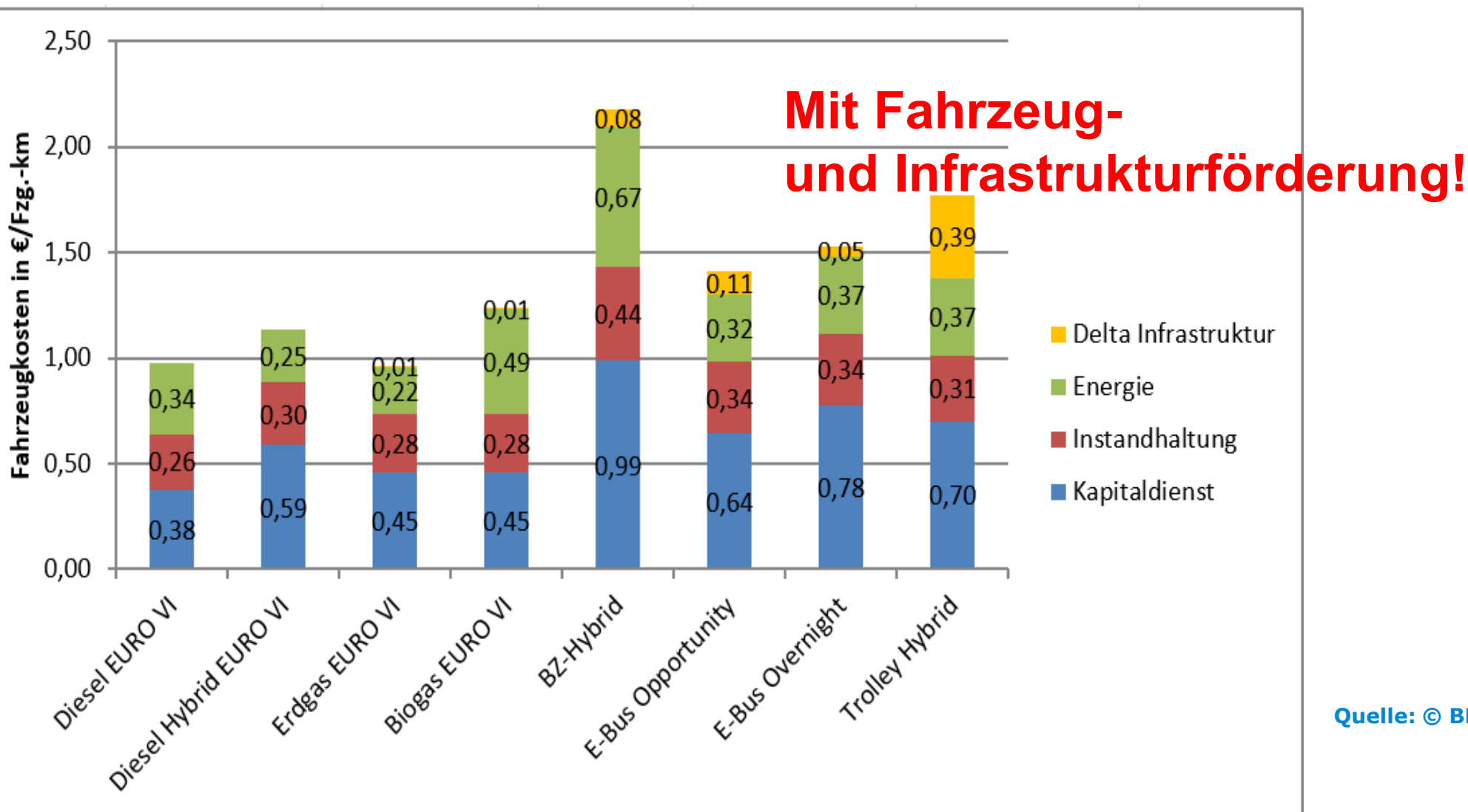
4. Ergebnisse der ökonomischen Analyse von Solobussen für evm-Randbedingungen – heute und mittelfristig

Fahrzeugkosten 2017 („heute“) für evm-Randbedingungen – mit Infrastruktur



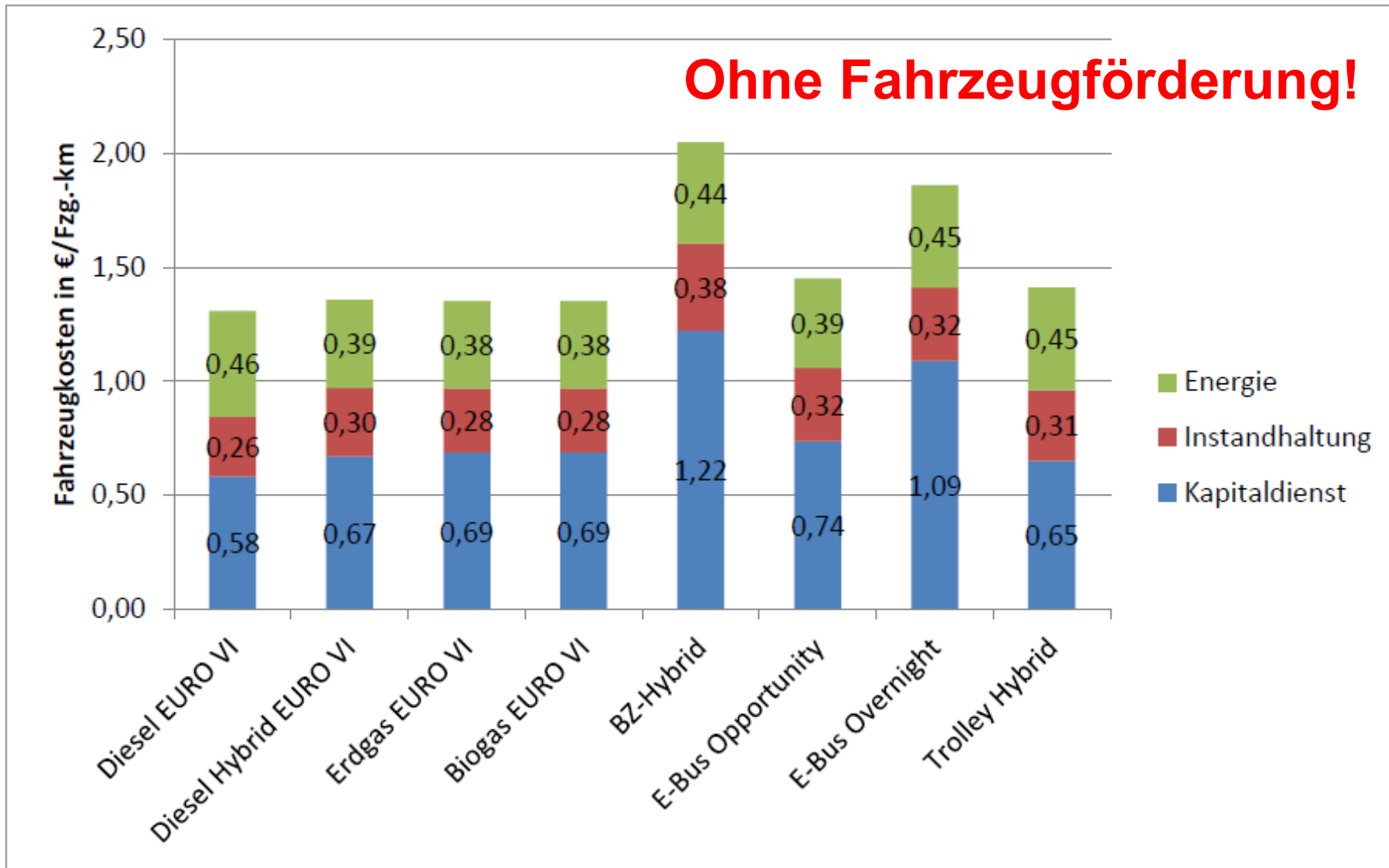
Quelle: © BELICON

Fahrzeugkosten 2017 („heute“) für evm-Randbedingungen – mit Infrastruktur



Quelle: © BELICON

Fahrzeugkosten 2027 („mittelfristig“) für evm-Randbedingungen – ohne Infrastruktur



Quelle: © BELICON

Nicht berücksichtigt...

- Zusätzliche Reservefahrzeuge bei alternativen Technologien aufgrund geringerer Fahrgastkapazität
- Zusätzliche Reservefahrzeuge bei alternativen Technologien aufgrund geringer Verfügbarkeit
- Zusätzliche Reservefahrzeuge bei alternativen Technologien aufgrund geringerer Reichweiten
- Zusätzliche Personalkosten bei alternativen Technologien aufgrund längerer Betankungszeiten
-

5. Fazit

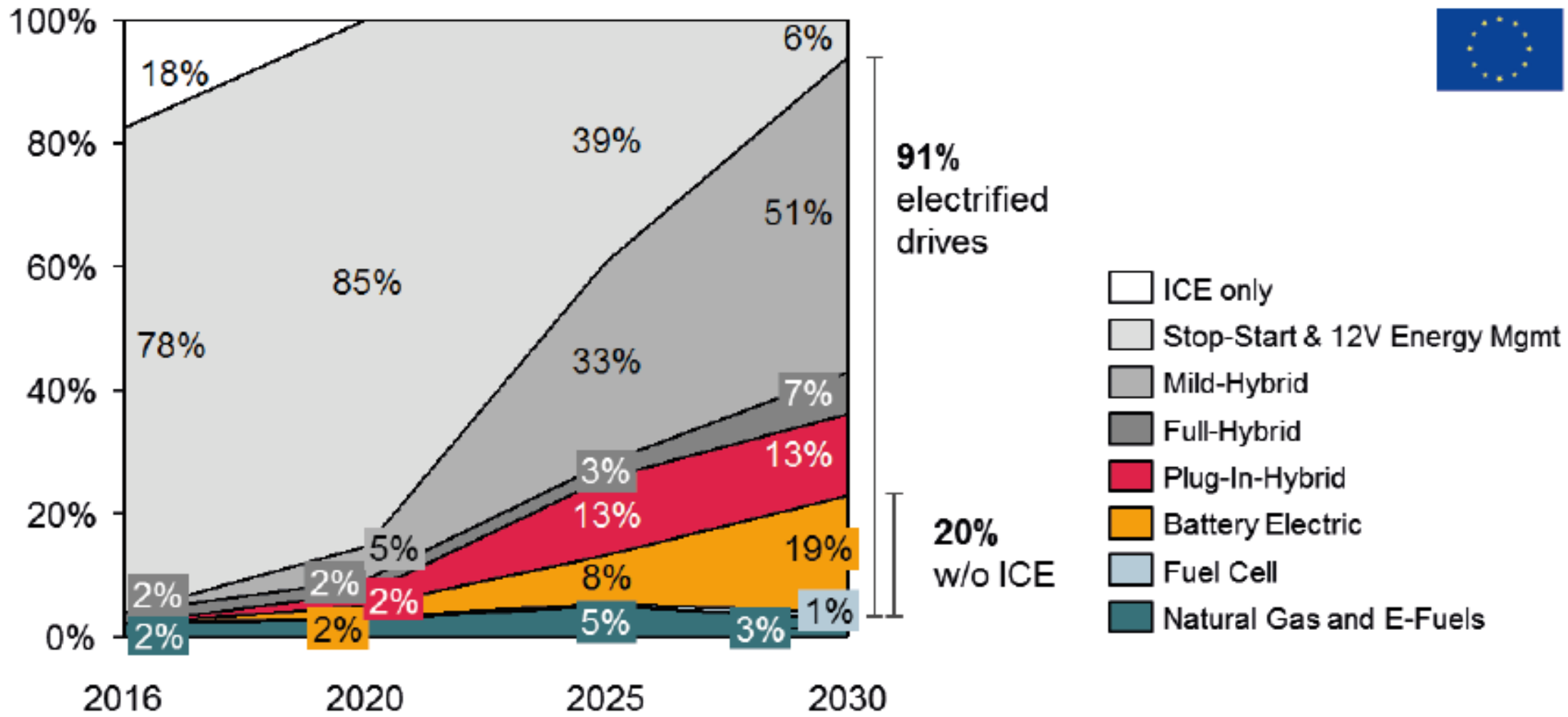
Fazit „heute“

- **Weder die ökologische Effizienz noch die Wirtschaftlichkeit der etablierten, hochsauberen Euro-VI-Konzepte mit Verbrennungsmotor werden heute von den Optionen der Elektromobilität für die Gegebenheiten der evm erreicht. Die mit Abstand ökologisch verträglichste Option ist der Einsatz von Biogas in Euro-VI-Erdgasmotoren.**

Fazit „mittelfristig“

- **Die ökologische Effizienz der hochsauberen Konzepte mit Verbrennungsmotor könnte mittelfristig von einigen Optionen der Elektromobilität für die Gegebenheiten der evm erreicht bzw. unterschritten werden. Die Wirtschaftlichkeit der konventionellen Konzepte wird dann noch nicht erreicht**

Neuzugänge im Pkw-Bereich: Zunehmende Elektrifizierung des Antriebsstrangs; Europa



Ein Hinweis zum Schluss.....

Trotz der objektiven Fakten zu den tatsächlichen ökonomisch-ökologischen Realitäten der unterschiedlichen Antriebsoptionen heute und mittelfristig, die in dieser Studie auf der Basis von SORT-2-Randbedingungen erhoben wurden, ist allgemein ein massiver politischer Druck auf die Verkehrsunternehmen zu erkennen, eine Elektromobilität im ÖPNV zu etablieren. Deshalb wählen aktuell viele Verkehrsunternehmen, die der Autor mit seinem Institut berät, den „pragmatischen“ Weg des geringsten Widerstands, aufgrund der aktuell üppigen Förderung zunächst einige wenige Elektrobusse zu beschaffen, um einerseits den Anforderungen der Politik Genüge zu tun und andererseits trotz der noch hochsignifikant reduzierten Verfügbarkeit des Systems „Elektromobilität“ (Elektrobusse und Ladeinfrastruktur) dann mit den vorhandenen Dieselnissen den Betriebsablauf sicherzustellen.



Herzlichen Dank für Ihr Interesse!