

Metropolitan Solutions

Elektrobusse im Linienbetrieb – Betrieb, Fahrzeuge und Infrastruktur

1.6.2016, Andreas Laske

Siemens Portfolio – eBus Ladelösungen

**Top-Down
Pantograph
Leistungselektronik
off-board**



Leistungsstufen 150, 300 und 450kW

Anschluss AC 400V bis 10kV

**Ladung an der
Oberleitung
Leistungselektronik
on-board**



Leistungsstufen 60 und 120kW

Anschluss DC 750V

Anschluss via Stecker an AC 400V 63A

Steckerladesysteme



Off-Board Plug-In

Ladeleistung von 30-120kW

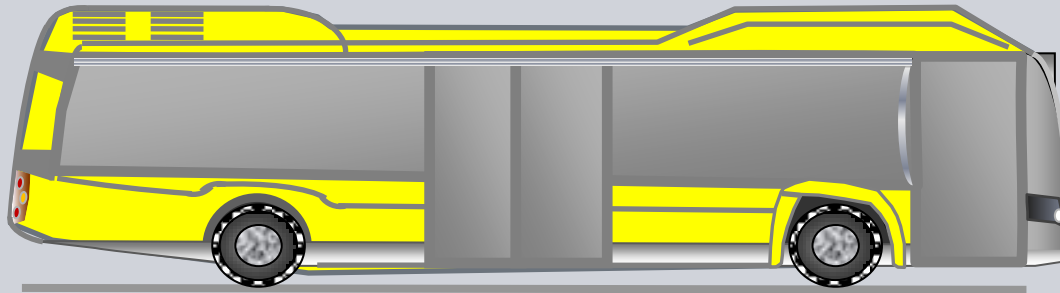
Anschluss AC 400V 63A

On-Board Ladegeräte mit bis zu 20kW

Anschluss 400V AC

Eingangsdaten aus 2014 und 2015

Beispielfahrzeug



Beispielfahrzeug

- 12m Klasse
- ca. 90 Passagiere
- 18t zul. Gesamtgewicht
- 160kW Antrieb
- 1,5kWh/km (Mittel aus 1,0 – 2,0kWh/km)
- ca. 250km Tagesfahrleistung je Bus (18 Betriebsstunden)
- ca. 378kWh Tagesenergieverbrauch pro Bus/Tag
- Option für unterschiedliche Ladelösungen

Beispielbetrieb

- Betrieb mit 100 Bussen
- 4 Depots mit je 25 Bussen
- 18 Betriebsstunden
- in der Betriebspause stehen 4 Stunden für die Ladung zur Verfügung (andere Zeit für Reinigung usw.)
- 14km/h Durchschnittsgeschwindigkeit (Mix aus SORT1 und SORT2)

Leistungsdaten für den Beispielbetrieb

- ⇒ **100 Busse fahren insgesamt 25.000km pro Tag**
- ⇒ **2,25 Mio. Platzkilometer bei 90 Plätzen je 12m-Bus**
- ⇒ **37,8MWh Tagesenergieverbrauch**

Buslinien und Depots - Beispielstadt

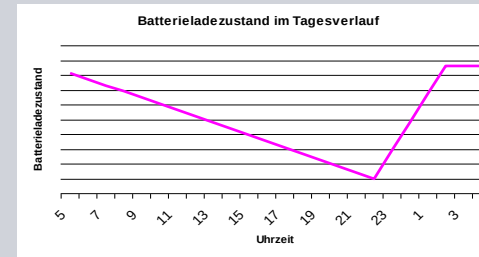


- Stromversorgungspunkt
- Busdepot

Eingangsdaten vom VDV-Vortrag von 2014

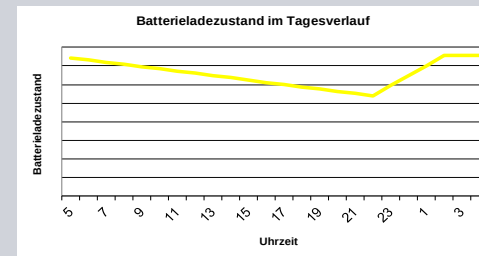
Variante 1 – Ladung ausschließlich im Depot

- 25 x Depotladegerät á 100kW
- Ca. 2500kW Ladeleistung im Depot



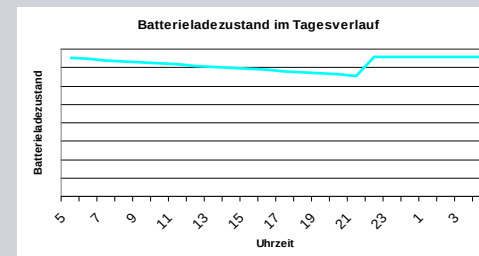
Variante 2 – teilweise Ladung auf der Strecke

- 5 Ladepunkte an der Strecke
- Ca. 500-1000kW Ladeleistung im Depot



Variante 3 – Ladung vollständig auf der Strecke bzw. bei Depoteinfahrt

- 5 Ladepunkte an der Strecke
- Ca. 300-900kW Ladeleistung im Depot



Eingangsdaten vom VDV Vortrag 2015

Variante 1 Elektrobusse - Ladung über Nacht mit off-board Ladegerät

SIEMENS



• Im Beispiel für den Vortrag sind nur 12m Fahrzeuge dargestellt. In der Praxis sind auf Betriebshöfen zum Teil 12m und 18m Fahrzeuge gemischt abgestellt.
• Eine flexible und gemischte Abstellung ohne genaue Positionierung ist zu gewährleisten.
Page 21

Variante 2 Hochleistungsladung während Reinigungsvorgang und off-board Ladegeräte für Balancing

SIEMENS



• Im Vortrag sind nur 12m Fahrzeuge dargestellt. In der Praxis sind auf Betriebshöfen zum Teil 12m und 18m Fahrzeuge gemischt abgestellt.
• Eine flexible und gemischte Abstellung ohne genaue Positionierung ist zu gewährleisten.
Page 22

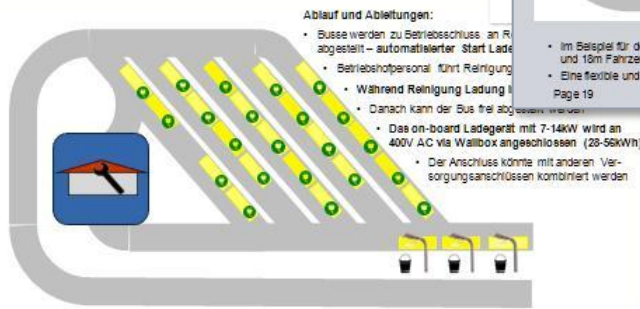
Ausgangssituation mit Dieselflotten

SIEMENS



• Im Beispiel für den Vortrag sind nur 12m Fahrzeuge dargestellt. In der Praxis sind auf Betriebshöfen zum Teil 12m und 18m Fahrzeuge gemischt abgestellt.
• Eine flexible und gemischte Abstellung ohne genaue Positionierung ist zu gewährleisten.
Page 19

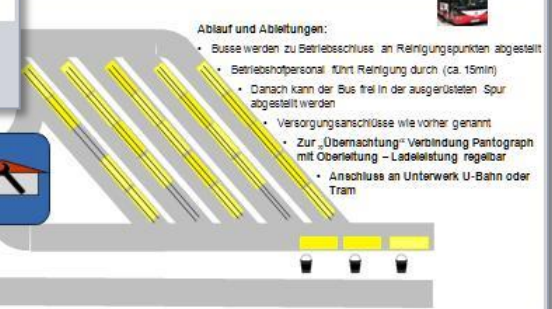
Variante 3 Elektrobusse - Hochleistungsladung während Reinigungsvorgang und on-board Ladegerät



• Im Beispiel für den Vortrag sind nur 12m Fahrzeuge dargestellt. In der Praxis sind auf Betriebshöfen zum Teil 12m und 18m Fahrzeuge gemischt abgestellt.
• Eine flexible und gemischte Abstellung ohne genaue Positionierung ist zu gewährleisten.
Page 25

Nacht mit Pantograph an der Oberleitung

SIEMENS



• Im Beispiel für den Vortrag sind nur 12m Fahrzeuge dargestellt. In der Praxis sind auf Betriebshöfen zum Teil 12m und 18m Fahrzeuge gemischt abgestellt.
• Eine flexible und gemischte Abstellung ohne genaue Positionierung ist zu gewährleisten.
Page 27

Referenzanlagen Siemens

Übersicht von Anlagen im Kundenbetrieb



Häufig gestellte Fragen von Betreibern

Was ist besser? Zwischenladung oder Depotladung?

Wie kann Energiebedarf für Nebenverbraucher gedeckt werden? Wie kann Energie optimiert der Infrastruktur oder der Batterie gespeist werden – Stichwort „Vorkonditionierung“

Sind neben der Ladeinfrastruktur weitere Anpassungen an der Infrastruktur erforderlich?

Gibt es Spitzenlasten im Netz durch Gleichzeitigkeitsfaktoren und wie wirkt sich das auf die Energiekosten aus?

Schränkt die Ladung der Busse die Flexibilität oder Produktivität ein?

Können gewohnte Reichweiten von 250-300km/Tag erreicht werden?

Von der Pilotlinie zum Flotteneinsatz

Anforderungen an eine Pilotlinie

- Zuverlässigkeit der Teilsysteme
- Zuverlässigkeit des Betriebes auf der definierten Linie

Von der Pilotlinie zum Flotteneinsatz

Anforderungen an eine Pilotlinie

- Zuverlässigkeit der Teilsysteme
- Zuverlässigkeit des Betriebes auf der definierten Linie

Anforderungen an einen Flottenbetrieb

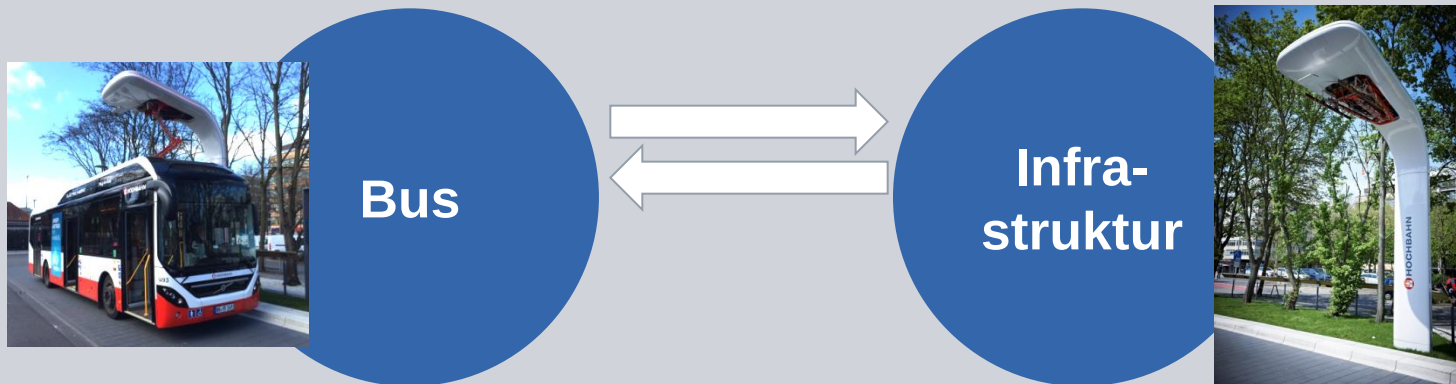
- Berücksichtigung von Anforderungen aus den Teilbereichen (Betrieb, Infrastruktur, Bus)
- Gewährleistung eines zuverlässigen Betriebes durch ein optimiertes Zusammenspiel der Teilbereiche
- Flexibilität im Betrieb
- Gewährleistung der Produktivität
- Linienunabhängiges Einsatzmanagement
- Abstimmung Ladetechnik/Fahrzeugausrüstung auf Busflotte und Betriebsanforderungen
- Berücksichtigung Depot/Werkstatt

„System eBus“

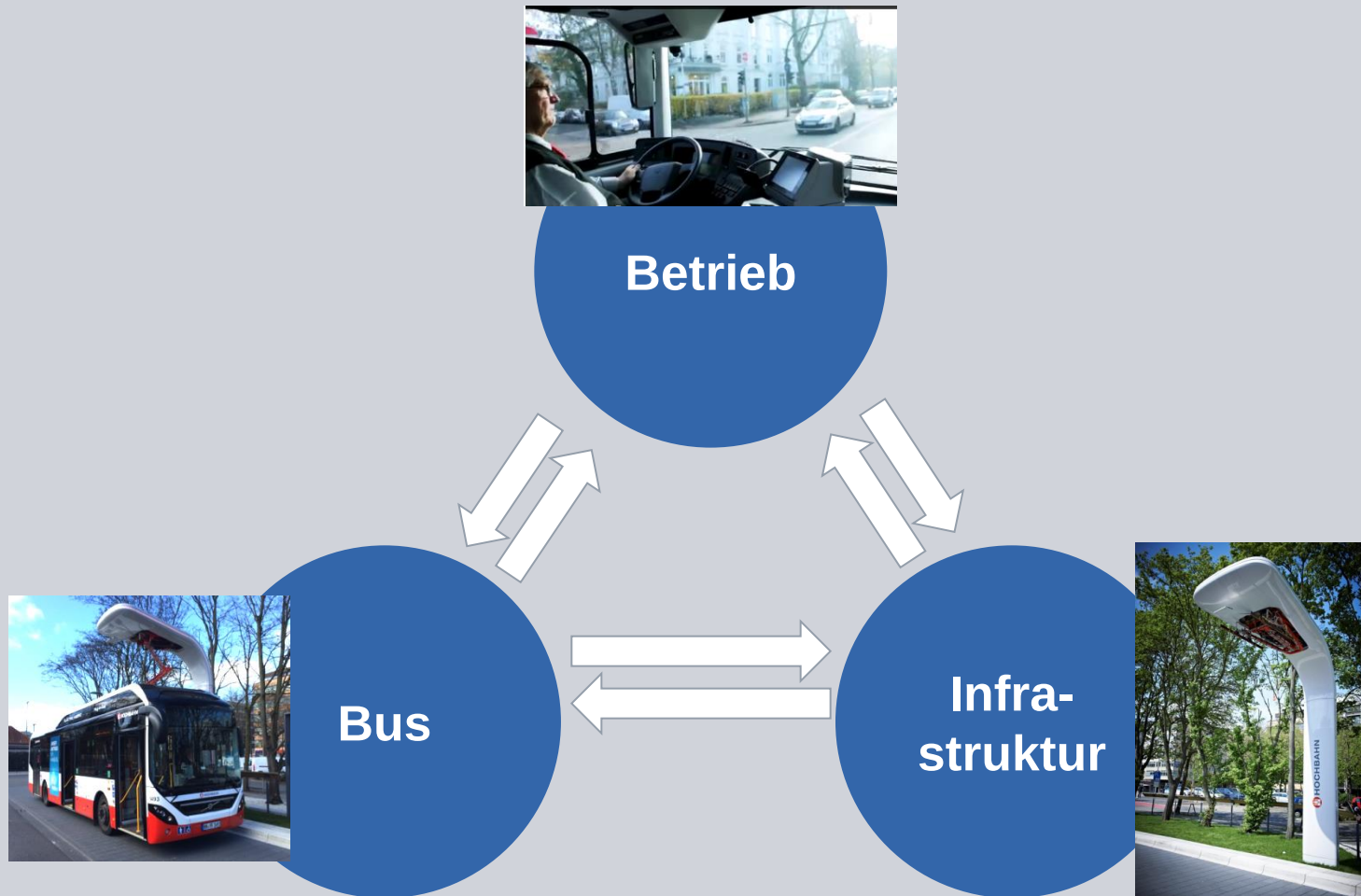


Bus

„System eBus“



„System eBus“



Bus



Bus

Bus

- Zuverlässigkeit
- Unterschiedliche Lademöglichkeiten (CCS- und Zwischenladung)
- Kompatibilität (Stichwort „Standardisierung“)
- Gewohnte und einfache Bedienung
- Ausreichende Passagierkapazität
- Verschiedene Fahrzeugkategorien für flexiblen Einsatz
- Geringe Komplexität, einfache Durchführung von Wartung und Reparatur
- Sicherheit
- Komfort
- Fahrverhalten und Erreichen der geforderten technischen Anforderungen
(z.B. Beschleunigung, Steigfähigkeit)
- Verlässliche Anzeige der verbleibenden Reichweite
(Prämisse: 2 x Umlauf + Fahrt ins Depot muss in jedem Betriebszustand möglich sein)



Infrastruktur

Infra-
struktur



Auslegung Infrastruktur

Ladetechnik

- Anzahl Ladepunkte
- Ausführung Ladepunkte
- Knotenpunkte zur Schnellladung
- CCS-Ladung im Depot
- Flächenbedarf in der Stadt und im Depot
- Prüfeinrichtungen für Ladetechnik
- Lademöglichkeiten für eBusse nach Service/Reparaturen



Netzanschluss

- Niederspannung
- Mittelspannung
- Vorgaben des Netzbetreibers (Technische Anschlussbedingungen (TAB))
- Energiekostensatz (bei Niederspannung spürbar höher als bei Mittelspannung)

Planung

Standorte, Berücksichtigung verschiedener Betriebsbedingungen



-  Depot
-  Knotenpunkt Schnellladung
-  Stromversorgungspunkt
-  Ladepunkt eBus

Planungsprämissen

- Optimierung von Standorten und Anzahl an Ladepunkten (1 Ladepunkt kann ca. 4-8 Busse im Linienbetrieb bedienen)
- Standorte mit Einführung einer Pilotlinie auf Flottenbetrieb ausrichten
- Betriebsdurchführung auch im Falle von Umleitungen/Störungen/Baustellen gewährleisten
- Nutzung von Lademöglichkeiten im Depot auch für den Linienbetrieb (z.B. für Verstärkereinsätze)
- Ladeinfrastruktur so planen, dass unterschiedliche Fahrzeugkategorien geladen werden können
- Knotenpunkte mit Ladeinfrastruktur ausrüsten

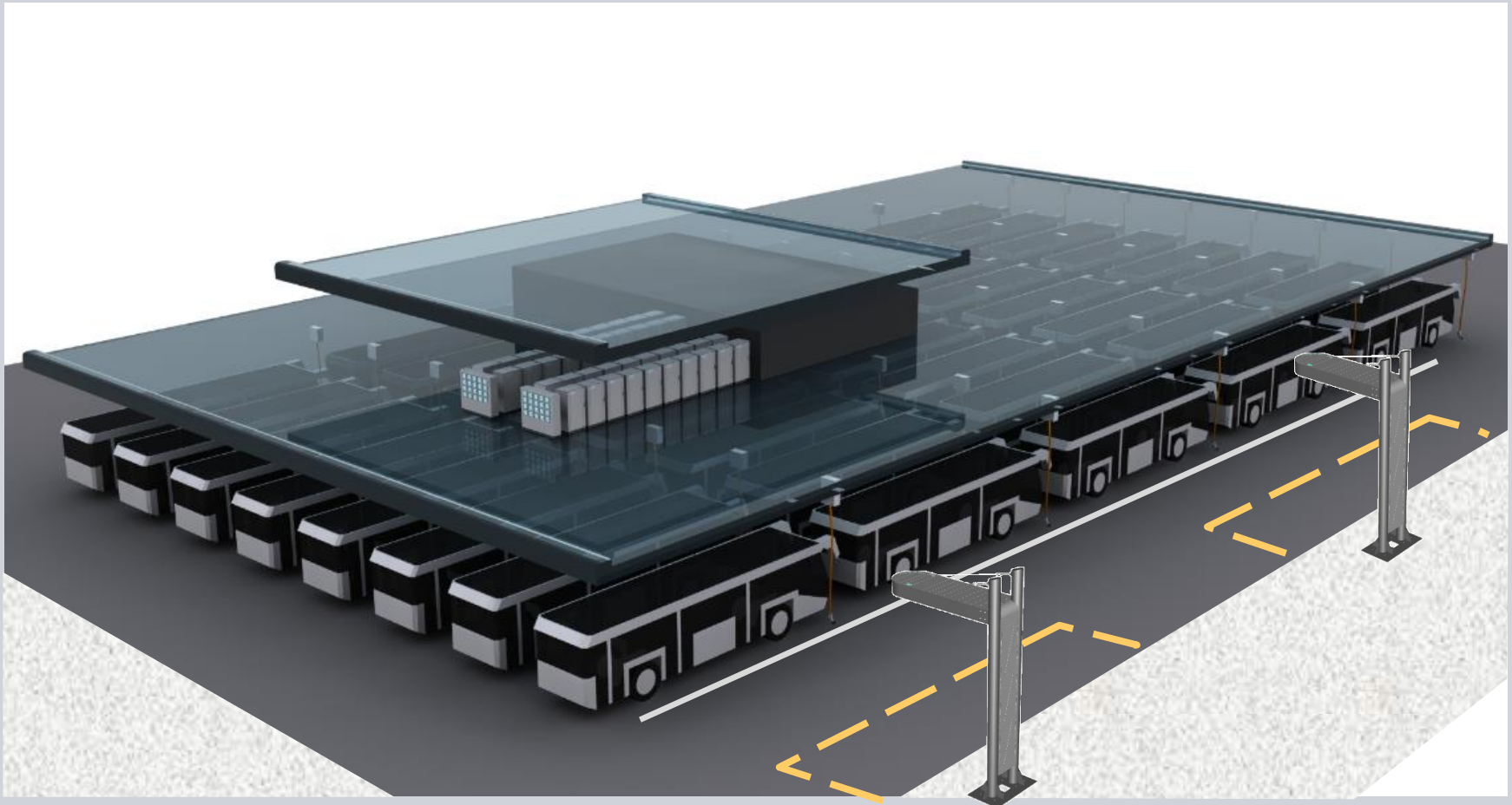
Ausrüstung Im Beispiel:

- Ca. 20 Ladepunkte auf der Linie
- Knotenpunkt für Ladung von Bussen mehrerer Linien
- Schnelllademöglichkeit im Depot

Mögliche Depotlösung

CCS-Ladeplätze und 2 x Schnellladestation

SIEMENS



Betrieb



Betrieb

Umlaufanforderungen und Flotte

Anforderungen des Betriebes

- Bereitstellung von Bussen ohne Linienbindung
- Flexible Disposition

Anforderungen an Busse und Infrastruktur

- Busse müssen in kurzer Zeit einsatzbereit sein
- Ladung entweder vor dem Verlassen des Depots oder im Umlauf
- Ladezustand der Fahrzeuge im Flottenmanagementsystem hinterlegen

Lösungsmöglichkeiten

- Busse verfügen über Stecker- und Überkopflademöglichkeit
- Praxisgerechte Ladeleistungen und Batteriekapazitäten ermöglichen Ladung im Depot oder im Umlauf
(5min Ladung mit 300kW = ca. 25kWh = ca. 16km bei 1,5kWh/km Verbrauch)

Personal

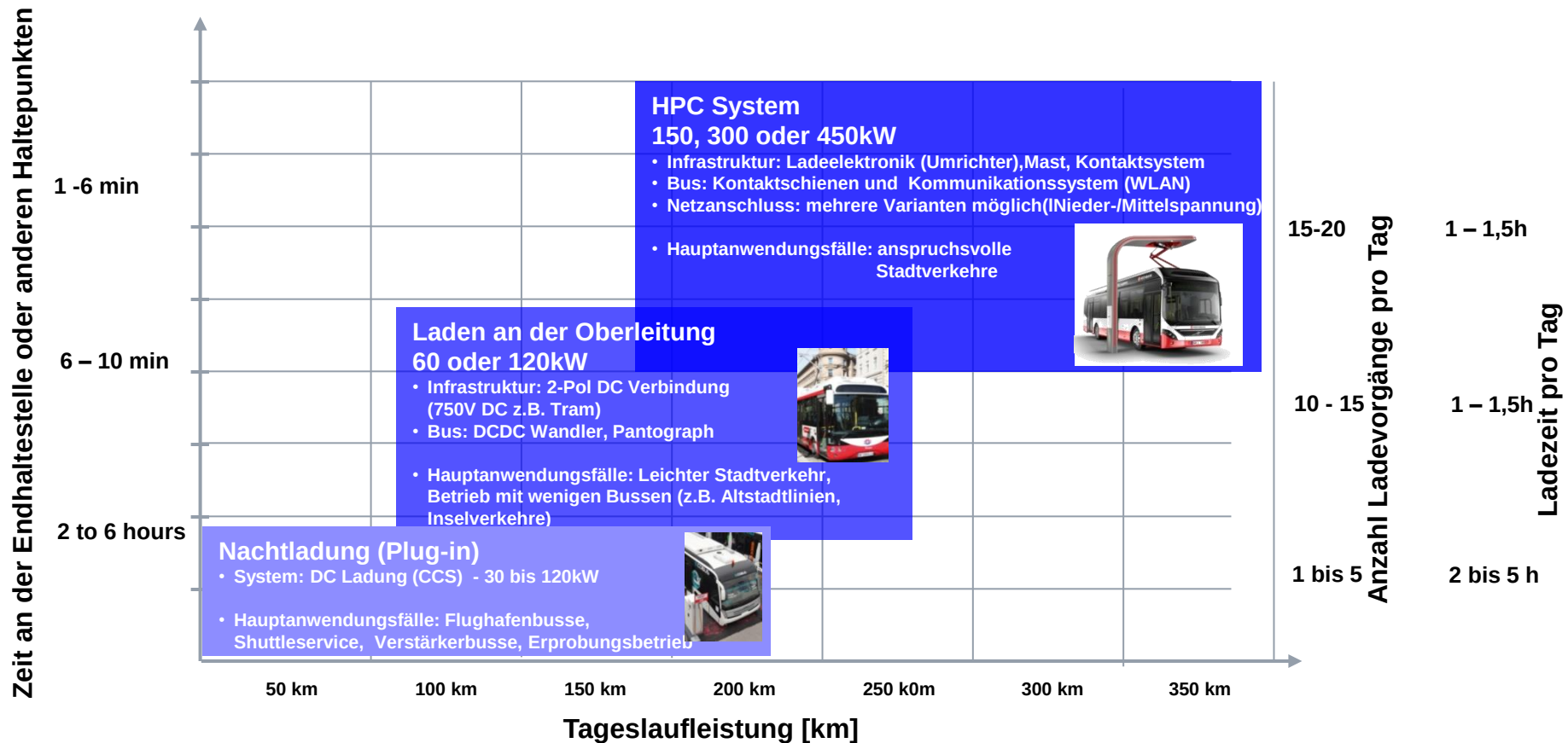
Fahrpersonal

- Durchführung von Schulungen (z.B. Bedienung des Fahrzeuges, Verhalten bei niedrigem Ladezustand, Verhalten bei belegten Ladestationen)
- Möglichst keine Zusatzaufgaben für das Fahrpersonal durch Elektrobusse
- Einfache und zuverlässige Ladevorgänge
- Verlässliche Informationen zur verbleibenden Reichweite
(z.B. wenn bei Verspätungen keine Ladung möglich ist oder der Ladezustand absinkt)

Betriebssteuerung/Disposition

- Planung von Umläufen und Fahrzeugeinsätzen unter Berücksichtigung von Ladezustand, Lademöglichkeiten (Batteriekapazität, Ladetechnik) und Ort des Busses
- Reaktion auf Störungen im Betriebsablauf, Umleitungen

eBus Ladesysteme Überblick und Anwendungsfälle



Inbetriebnahmen 2016

Regensburg

- 5 eBusse mit Ladeeinrichtung an 750V DC
- 1 Ladestation in der Stadt
- Depotladung über Pantograph

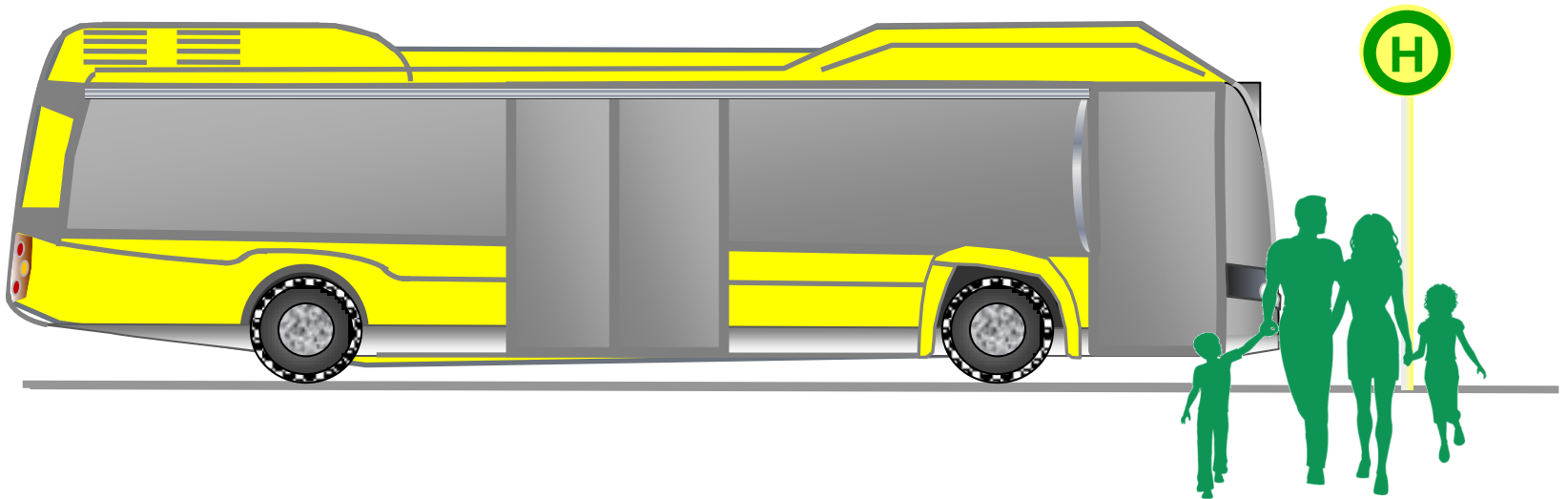
Hamburg

- 3 eBusse Solaris 12m
- Ladung an HPC Stationen der Innovationslinie 109
- kompatibel zu den 3 vorhandenen Volvo Plug-in Hybridbussen

Genf

- 6 elektrische Flughafenbusse
- DC Plug-in Ladung

Und der nächste Tag beginnt...



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit