

Auf dem Weg zum emissionsfreien Busverkehr

Dipl.-Ing. Gerhard Schenk

8. ÖPNV Innovationskongress, Freiburg



Gliederung

1. Zielsetzung
2. Ausgangslage in Hamburg
3. Anforderungen an ein E-Bussystem
4. Innovationslinie 109
5. Erste Erkenntnisse aus bislang durchgeführten Untersuchungen
6. Unser Weg zum Masterplan E-Bussystem

Zielsetzung

- **Ziel des Senates ist es, ab 2020 in Hamburg für den öffentlichen Personennahverkehr nur noch Busse mit emissionsfreiem Antrieb zu beschaffen.**

Das bedeutet schon heute:

- Erproben und zunehmender Einsatz von Bussen mit innovativen Antriebstechnologien
- Vorbereiten der Betriebshöfe und Werkstätten für den Einsatz emissionsfreier Busse
- Anpassen der IT-Systeme
- Erproben und Bereitstellen der notwendigen Infrastruktur auf der Strecke
- Zusätzliche Qualifizierung unserer Mitarbeiter

Ausgangslage in Hamburg

Die Hamburger Hochbahn AG:

gegründet 1911

Aktiengesellschaft (zu 100% im Eigentum der FHH)

Betriebszweige U-Bahn und Bus

443 Mio. Fahrgäste in 2016 (vorläufiger Wert)

Rund 5.000 Mitarbeiter (9.000 im Konzern)

13 Tochter- und Beteiligungsgesellschaften

Ausgangslage in Hamburg

Der Betriebszweig Bus der HOCHBAHN:

HOCHBAHN: 800 Busse; Tochtergesellschaften: 150 Busse

Solobusse, Gelenkbusse, Großraumbusse

Betriebshöfe: 8

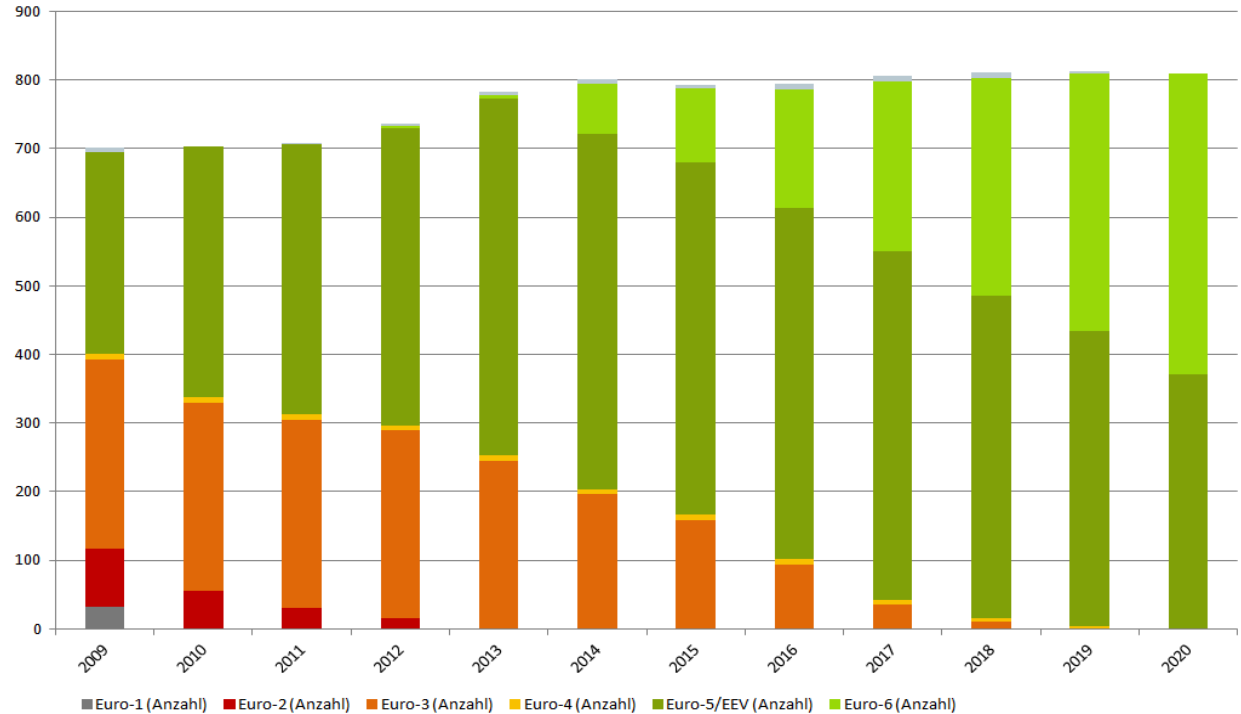
Linien: 110

Produkte: MetroBus, StadtBus, SchnellBus ...

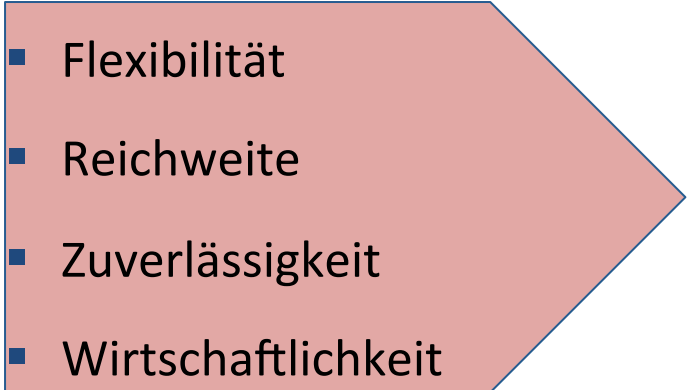


Luftschadstoffe

Ab 2019 nur noch
Busse mit Euro-5 oder
besser



Anforderungen an ein E-Bussystem

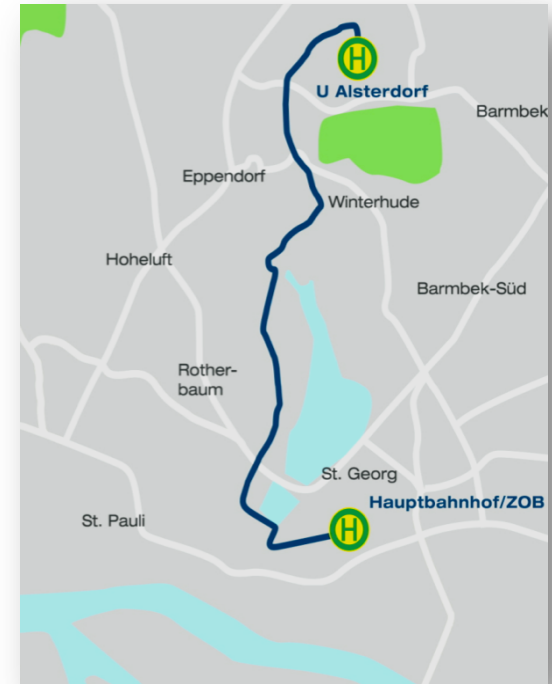
- 
- Flexibilität
 - Reichweite
 - Zuverlässigkeit
 - Wirtschaftlichkeit

Ziel: Vergleichbar mit Dieselbus

- Keine Schadstoffemissionen
- Geringe Lärmemissionen
- Standardisierte Schnittstellen mit der Ladeinfrastruktur

Innovationslinie 109

- Konzentration aller Busse der HOCHBAHN mit innovativen Antrieben auf der Linie 109
- Vergleichbarkeit verschiedener Technologien
- Sammeln von Erfahrungen im täglichen Betrieb
 - Fahrer
 - Werkstätten
 - Leistungsfähigkeit und Flexibilität der Fahrzeuge
 - Anforderungen an die Infrastruktur
 - Zusammenspiel Fahrzeug <> Infrastruktur
- Austausch mit Fahrzeugherstellern
- Sichtbarkeit in der Öffentlichkeit



Linie 109: Rein elektrische Fahrzeuge

- **Brennstoffzellenbus**
 - Null CO₂-Emissionen
- **Batteriebus mit BZ als Range Extender**
 - Null CO₂-Emissionen
- **Batteriebus**
 - Depot Charger / Opportunity Charger
 - Null CO₂-Emissionen



Linie 109: Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor

- **Dieselhybridbus**

- Weniger CO₂-Emissionen

- **Plug-In Bus**

- Weniger CO₂-Emissionen
 - 7 km elektrische Reichweite



Begleitende Untersuchungen

- Auswerten der Erfahrungen mit der Innovationslinie 109 (quartalsweise Kennzahlen)
- Begleituntersuchung zum Einsatz von Plug-In Bussen und Batteriebusen auf der Linie 109 - Forschungsvorhaben gefördert vom BMUB
- Bewertung von dezentral zu ladenden Elektrobussen (BEEDeL) – Forschungsvorhaben gefördert vom BMVI
- Studie zu den Anforderungen an das Stromnetz durch Elektromobilität, insbesondere durch Elektrobusse in Hamburg
- NewBusFuel (Wasserstoffeinsatz)
- Erweiterung der Busbetriebshöfe für den Einsatz von Elektrobussen
- Erfahrungsaustausch mit Fahrzeugherstellern



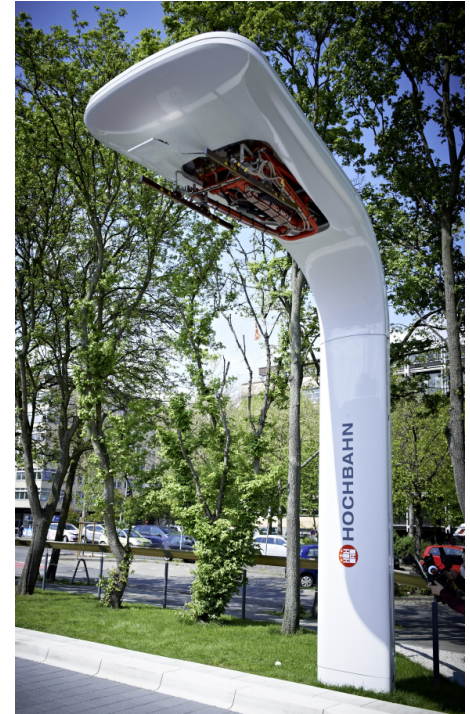
Erkenntnisse

- Prognose aus dem Dialog mit Busherstellern
 - 1. Entwicklungsstufe 2018/2020: 150 – 250 km Reichweite
 - 2. Entwicklungsstufe 2025: 200 – 300 km Reichweite
- Heiz- und Klimakonzept sind kritische Faktoren
- HOCHBAHN favorisiert zum Laden auf den Betriebshöfen die Steckerlösung (Combo 2 / CCS Stecker, 150 kW)
- Nur ein Teil der Umläufe ist mit den genannten Reichweiten realisierbar

Batteriebuse: Opportunity Charger

Erkenntnisse

- Kleine Batterien mit häufigem Nachladen sind kritisch zu sehen
- Betrieb von Teilnetzen mit Opportunity Chargern ist grundsätzlich möglich
 - Erfolgskritisch: Batteriekapazität



Ladesysteme (Opportunity Charging)

Erkenntnisse

- Bundesweit unterschiedliche Ladesysteme in der Erprobung (konduktiv, induktiv)
- Hoher Abstimmungsbedarf für Ladesysteme im öffentlichen Raum
- Detaillierte energetische Betrachtung zur Bestimmung der optimalen Lage der Ladesysteme erforderlich
- Lademasten
 - Nachladen nach anfänglichen Problemen gut beherrschbar
 - Ladeleistung in HH: 300 kW
 - Positionierungshilfe erfolgskritisch: Kombination aus dynamischer (Fahrerassistenz) und statischer Information (Leitlinie) sinnvoll
 - Laden verschiedener Busfabrikate in HH erfolgreich



Brennstoffzellenbusse

Erkenntnisse

- Ausreichende Reichweite der Busse (vergleichbar Dieselbus)
- Hohe Verfügbarkeit der Tankstelle (in HH öffentlich zugängliche Tankstelle, Druckniveau: 350 bar)
- Tankvorgang gut beherrschbar
- Serienentwicklung bei Brennstoffzellenbussen derzeit unklar
- Weiterer Ansatz: Brennstoffzelle als Range-Extender eines Batteriebusse
 - Wasserstoffbedarf deutlich geringer ($\frac{1}{3}$) im Vergleich zu reinen Brennstoffzellenbussen



Betriebshöfe: Stromversorgung

- Studie der Helmut Schmidt Universität gemeinsam mit Stromnetz Hamburg
- Ergebnisse
 - Prognostizierter Energiebedarf der Betriebshöfe bei vollständiger Elektrifizierung der Busflotte: ca. **132 GWh p.a.** (U-Bahn HH in 2015: ca. 112 GWh)
 - Für die bestehenden Betriebshöfe der HOCHBAHN kann die notwendige Energieversorgung auf Mittelspannungsebene bis zum Jahr 2030 hergestellt werden
 - Für den im Bau befindlichen Betriebshof gilt:
 - Versorgung von bis zu 250 E-Bussen erforderlich
 - 110 kV-Anschluss mit eigenem Umspannwerk erforderlich

- **Untersuchung der Wasserstoffversorgung auf den Betriebshöfen**
- **Ergebnisse**
 - Optionen: Anlieferung (gasförmig, flüssig) oder Produktion auf den Betriebshöfen
 - Hohe Sicherheitsauflagen, u.a.:
 - Genehmigungsverfahren in Abhängigkeit der H_2 -Mengen
 - Explosionsschutzkonzepte für Anlagen
 - Mindestabstände zu Schutzgütern
 - Flüssigwasserstoff problematisch
 - Lagerung großer H_2 -Mengen und Anlieferung nicht auf allen Betriebshöfen der HOCHBAHN möglich

Betriebshöfe: Rahmenbedingungen

■ Flächenbedarfe auf den Betriebshöfen

- Ladetechnik (inkl. Schaltanlage, Transformatoren)
- 110 kV-Umspannwerk
- H₂-Lieferung oder -Produktion

ca. 420 m² je 50 E-Busse

ca. 400 m²

ca. 1.400 m²

■ Realisierungszeiträume

- Ladetechnik
- 110 kV-Umspannwerk
- H₂-Anlagentechnik

ca. 2 - 3 Jahre

ca. 4 - 4,5 Jahre

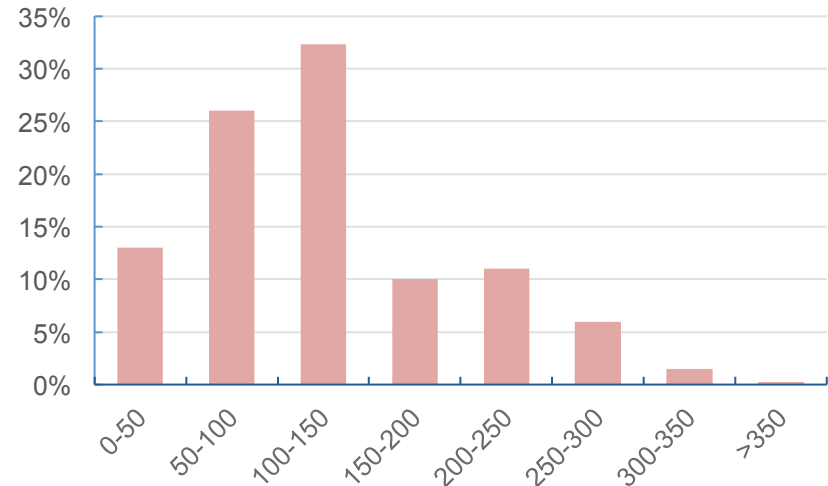
ca. 4,5 Jahre



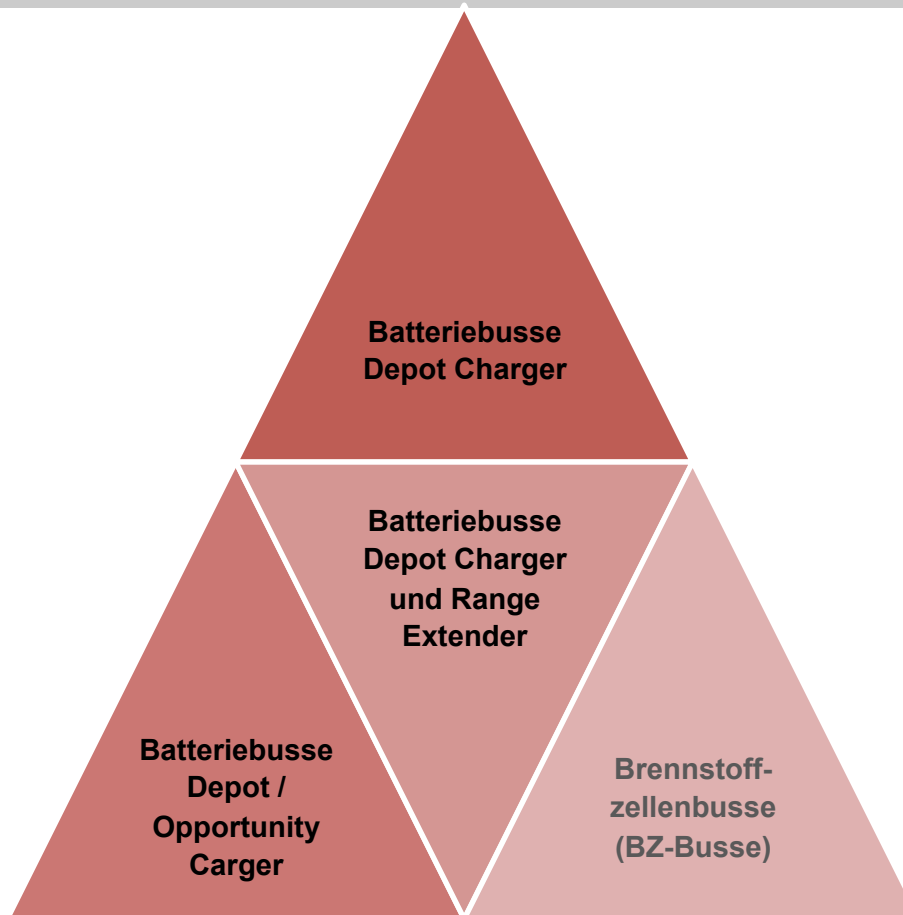
Unser Weg zum Masterplan

- **Strategischer Ansatz: Batteriebusse als Depot Charger**
- **Aber:** Nur ein Teil der heutigen Umläufe ist mit den derzeit prognostizierten Reichweiten durch reines Depotladen realisierbar.
- **Für längere Umläufe werden folgende Alternativen untersucht:**
 - Betriebliche Neukonzeption der Umläufe (kürzere Umläufe: Fahrzeugmehrbedarf)
 - Batteriebusse mit Range-Extender
 - Batteriebusse als Depot / Opportunity Charger

Länge der Fahrzeugumläufe



Systemkonzepte



HOCHBAHN

Der Weg zur Systementscheidung

- Ganzheitliches Bewerten der Alternativen auf Basis folgender Kriterien
 - Betriebliche Aspekte
 - Machbarkeit (Fahrzeuge und Infrastruktur)
 - Zeitbedarf für Realisierung
 - Produktivität, Wirtschaftlichkeit
- **Aber:** Eine abschließende Entscheidung ist derzeit aufgrund der noch immer bestehenden Unsicherheiten über die Marktreife neuer Batterietechnologien nicht möglich. **Daher werden wir hier „auf Sicht“ fahren.**

Unsere nächsten Meilensteine

- Bewerten der Alternativen (stufenweises Vorgehen)
- Ausschreiben und Bestellen weiterer Elektrobusse in begrenzter Stückzahl und der zugehörigen Ladeinfrastruktur zur Auslieferung in 2018 und 2019
- Fertigstellen eines neuen Betriebshofes für Busse mit innovativen Antrieben bis Ende 2018
- Stufenweises Umsetzen weiterer Maßnahmen gemäß Masterplan
- Ab 2020 nur noch Beschaffung von Elektrobussen

UNSER ANTRIEB
FÜR HAMBURG.

 **HOCHBAHN**
VISIONAIR

Neubau Betriebshof



Neuer Busbetriebshof





Vielen Dank!

gerhard.schenk@hochbahn.de