



E-Bus Aktueller Stand und Anforderungen an die Energieversorgung

eBus:conference

Frank Steinhorst

HOCHBAHN • November 2018



HOCHBAHN

Agenda

Vorstellung der HOCHBAHN

Auftrag an die HOCHBAHN

Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

Anforderungen an die Energieversorgung

Vorstellung der HOCHBAHN

Auftrag an die HOCHBAHN

Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

Anforderungen an die Energieversorgung

Vorstellung der HOCHBAHN

gegründet 1911

Aktiengesellschaft

(zu 100% im Eigentum der FHH)

rund 5.100 Mitarbeiter
(über 9.000 im Konzern)

456 Mio. Fahrgäste in 2017

**16 Tochter- und
Beteiligungsgesellschaften**



**Größtes Verkehrsunternehmen
im Hamburger Verkehrsverbund** 



U-Bahn-Verkehr



Busverkehr

104,4 km	Streckenlänge	924,6 km
91	Haltestellen	1.329
848 Wagen	Fahrzeuge	849
1,4 Mrd.	Personen-km 2016	663 Mio.
243 Mio.*	Fahrgäste 2016	213 Mio.*

* Stand: 31.12.2017



Vorstellung der HOCHBAHN

 **Auftrag an die HOCHBAHN**

Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

Anforderungen an die Energieversorgung



**„Ab 2020
schafft Hamburg
nur noch
emissionsfreie
Busse an“**

(Rot-Grüner Koalitionsvertrag,
April 2015, S. 38)

Agenda

Vorstellung der HOCHBAHN

Auftrag an die HOCHBAHN

 **Aktueller Stand bei der HOCHBAHN**

Anforderungen an die Energieversorgung

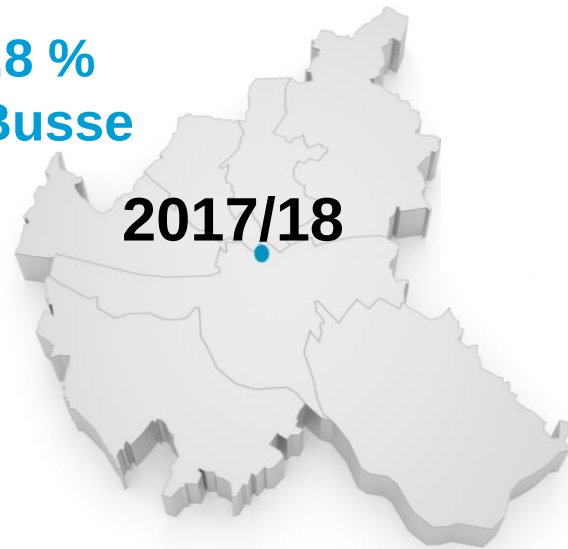
Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

56/959
Busse



5,8 %
E-Busse

2017/18



959/959
Busse



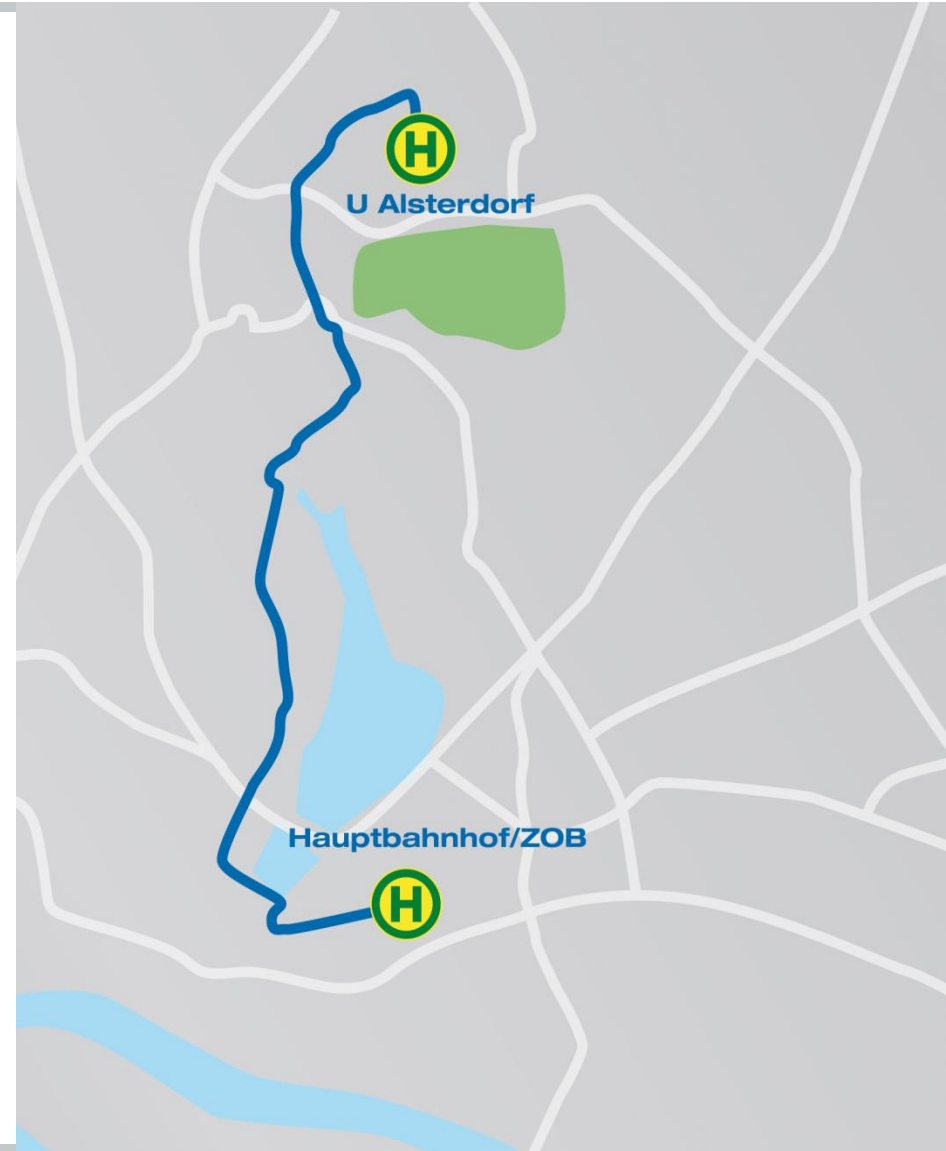
100 %
E-Busse

2032



Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

- ➔ Bündelung aller innovativen Busse der HOCHBAHN auf der **Linie 109** seit Dezember 2014
- ➔ Intensiver Praxistest der Fahrzeuge im Realbetrieb unter gleichen Rahmenbedingungen
- ➔ Sammeln wertvoller Erfahrungen im Zusammenspiel zwischen Fahrzeug, Infrastruktur und betrieblichem Einsatz
- ➔ Sichtbarkeit in der Öffentlichkeit
- ➔ 10 km Streckenlänge
- ➔ Je zwei Lademasten am Linienende



Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

➔ Erfahrungen mit Lademasten:

- Nachladen gut beherrschbar
- Ladeleistung bis 300 kW_{el}
- Lernkurve bei Positionierungshilfe
- Laden verschiedener Busfabrikate erfolgreich

Anlagenverfügbarkeit Oktober 2017

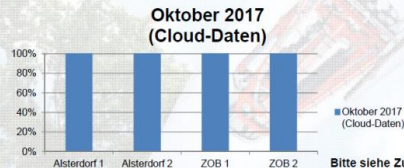
SIEMENS

Ereignisse und Verfügbarkeit pro Anlage in %

Erläuterungen:

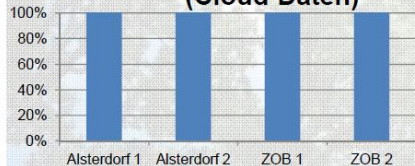
- Keine Service-relevanten Störungen seitens der Anlagen ZOB und ALS
- 18.10.2017: Instandhaltung ZOB und ALS ohne temp. Abschaltung.

Die technische Verfügbarkeit der Anlagen lag im Oktober 2017 bei 100 % (gemäß Cloud-Daten)

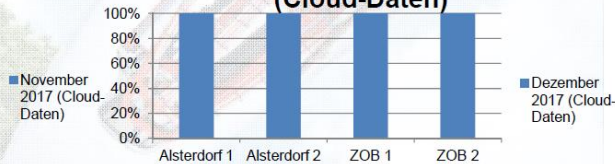


Bitte siehe Zusammenfassung Folie 5!

November 2017 (Cloud-Daten)



Dezember 2017 (Cloud-Daten)



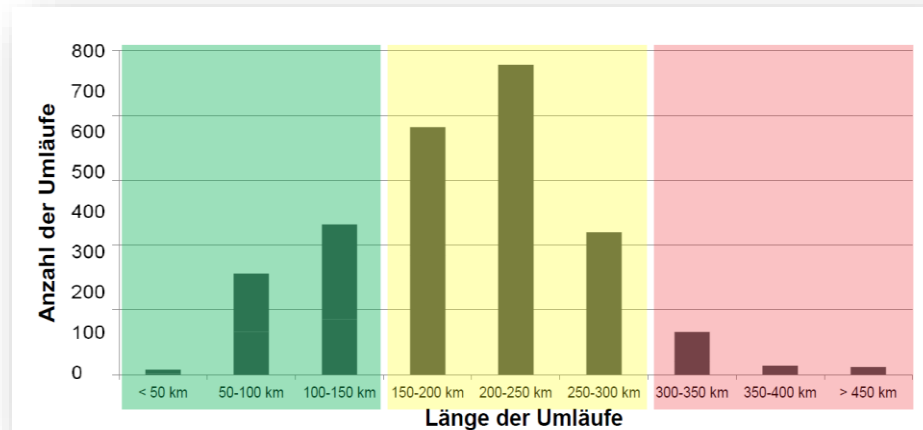
Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

- ➔ Technische Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Bus-Prototypen ist zu verbessern
- ➔ Technische Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Lademasten ist sehr gut
- ➔ Gelegenheitsladen (Opportunity Charging) bietet viel Potential, ist bei zu kleinen Reichweiten aber betrieblich nicht geeignet
- ➔ Genehmigungsaufwand für den Einsatz von H₂ ist sehr hoch



Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

- ➔ Konzept des **zentralen Nachladens (Overnight Charging)** auf dem Betriebshof erweist sich als besonders geeignet
- ➔ Das Konzept passt für **E-Busse aller Hersteller**
- ➔ Das Konzept erlaubt ergänzend den Aufbau von Ladeinfrastruktur auf der Strecke, wenn sonst die notwendigen Reichweiten nicht erreicht werden



Bewertung

- ➔ Länge der täglichen Buseinsätze
- ➔ Zusammensetzung der Flotte
- ➔ Voraussetzungen Infrastruktur
- ➔ Eignung für elektrischen Betrieb

Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

Batteriebusse mit Depotladung (Overnight Charging)

- ➔ Combo 2 / CCS Stecker, 150 kW_{el} pro Bus
- ➔ Standardisierung (ISO 15118, OCCP) ist unverzichtbar!
- ➔ IT-seitige Abbildung komplexer Regelprozesse (Lademanagement, Fahrzeugdisposition etc.)
- ➔ Prognose von Batterie-Busherstellern:
 - Bis 2020: 150 – 250 km Reichweite
 - Bis 2025: 200 – 300 km Reichweite
- ➔ **Nur ein Teil der Bestandsumläufe ist mit den genannten Reichweiten realisierbar**



Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

Basis: Batteriebusse mit Depotladung (Overnight Charging)

Option

Umstellung betrieblicher Prozesse



wachsende Fahrzeugflotte

neue Betriebshöfe notwendig

Option

Zwischenladung auf der Strecke



Ladeinfrastruktur im öffentlichen Raum

Herausforderung für Stromversorgung

Option

Brennstoffzelle (H₂) als Range Extender

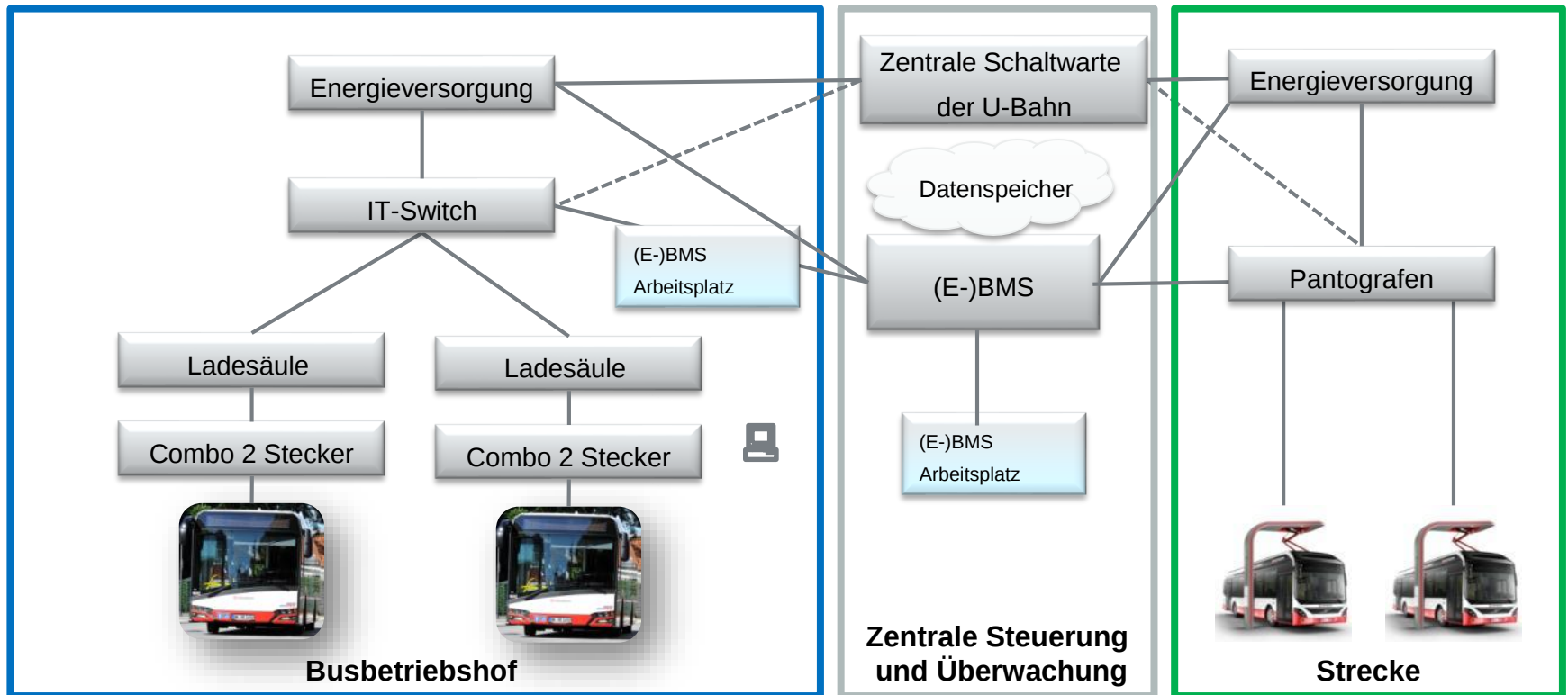


H₂-Infrastruktur auf den Betriebshöfen notwendig

Sicherheitsanforderungen für Betriebshöfe

Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

Zentrale Steuerung und Überwachung des E-Bus Betriebes und der Energieversorgung



Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

Fazit

- ➔ Das Depotladen ist die strategische Basis des E-Bussystems der HOCHBAHN
- ➔ Drei strategische Optionen zur Abdeckung aller Buseinsätze
 - Umstellung betrieblicher Prozesse
 - Zwischenladung auf der Strecke
 - Brennstoffzelle als Range-Extender
- ➔ Intensive Beobachtung des weltweiten Marktes
- ➔ Keine abschließende Beurteilung aller strategischen Optionen



- ▶ Neuartige Fahrzeuge
- ▶ Infrastruktur & Stromnetz
- ▶ IT und Betrieb
- ▶ Nachhaltigkeit
- ▶ Fehlende Standards



Die größte Herausforderung? Das Gesamtsystem.

Vorstellung der HOCHBAHN

Auftrag an die HOCHBAHN

Aktueller Stand bei der HOCHBAHN

 **Anforderungen an die Energieversorgung**

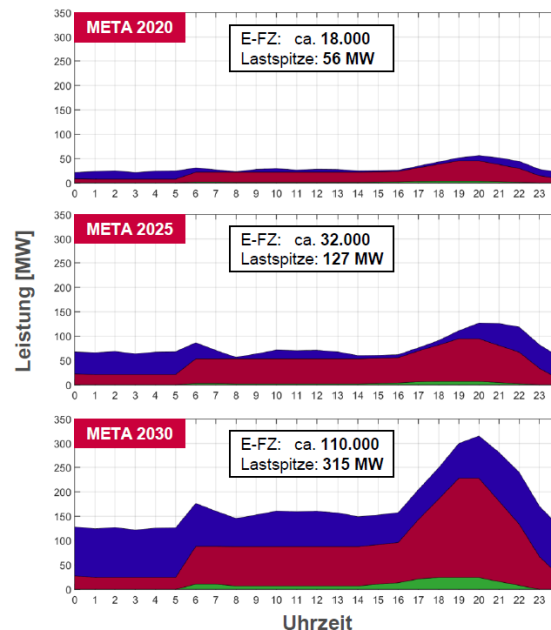
Anforderungen an die Energieversorgung

Zusätzliche Anforderungen an die Energieversorger und Netzbetreiber

- ➔ Ab 2020 werden nur noch neue E-Busse in Hamburg beschafft
- ➔ In den 2020er Jahren wird eine neue U-Bahnlinie (U5) gebaut
- ➔ Bis 2030 werden mehr als 100.000 E-PKW in Hamburg erwartet

Ergebnisse

Tageslastgang in Hamburg – Szenario „META“



➔ Ergebnis:
Größter Anteil der zusätzlichen Last durch Gewerbe

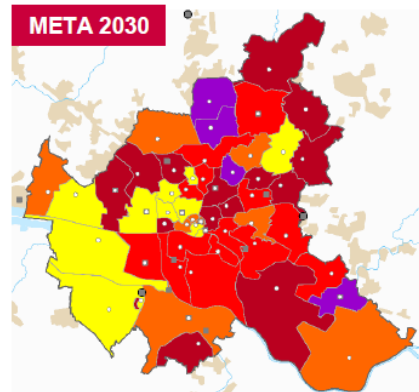
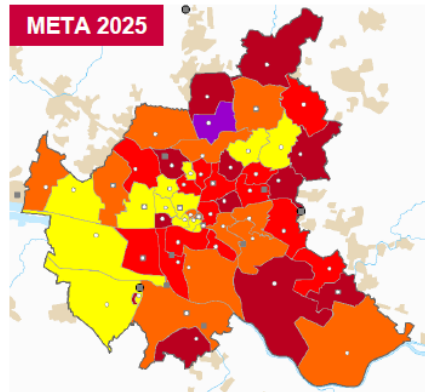
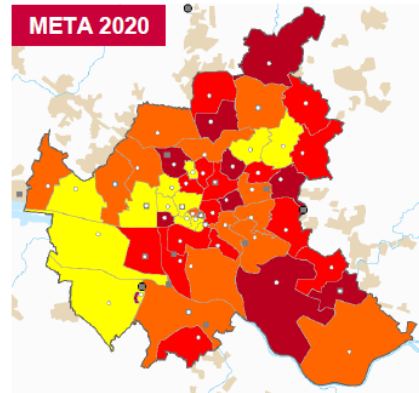
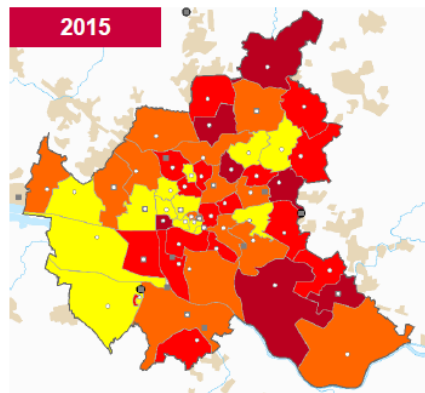
Privat	In HH Wohnende, Pendler
Gewerbe	Gewerbl. & kommunale Flotten, Carsharing, Tankstellen
ÖPNV	HB-Busbetriebshöfe, VHH-Busbetriebshof, U5 (ab 2030)

Dietmannsberger, Meyer, Schumann, Schulz

Anforderungen an die Energieversorgung

Ergebnisse

Resultierende UW-Reserven – Szenario „META“



Legende

● 380/110-kV-Umspannwerk

■ 110-kV-Schaltanlage

○ 110 bzw. 25/10-kV-Umspannwerk

Freie Transformatorkapazität

■ < 0 MVA

■ < 10 MVA

■ < 20 MVA

■ < 30 MVA

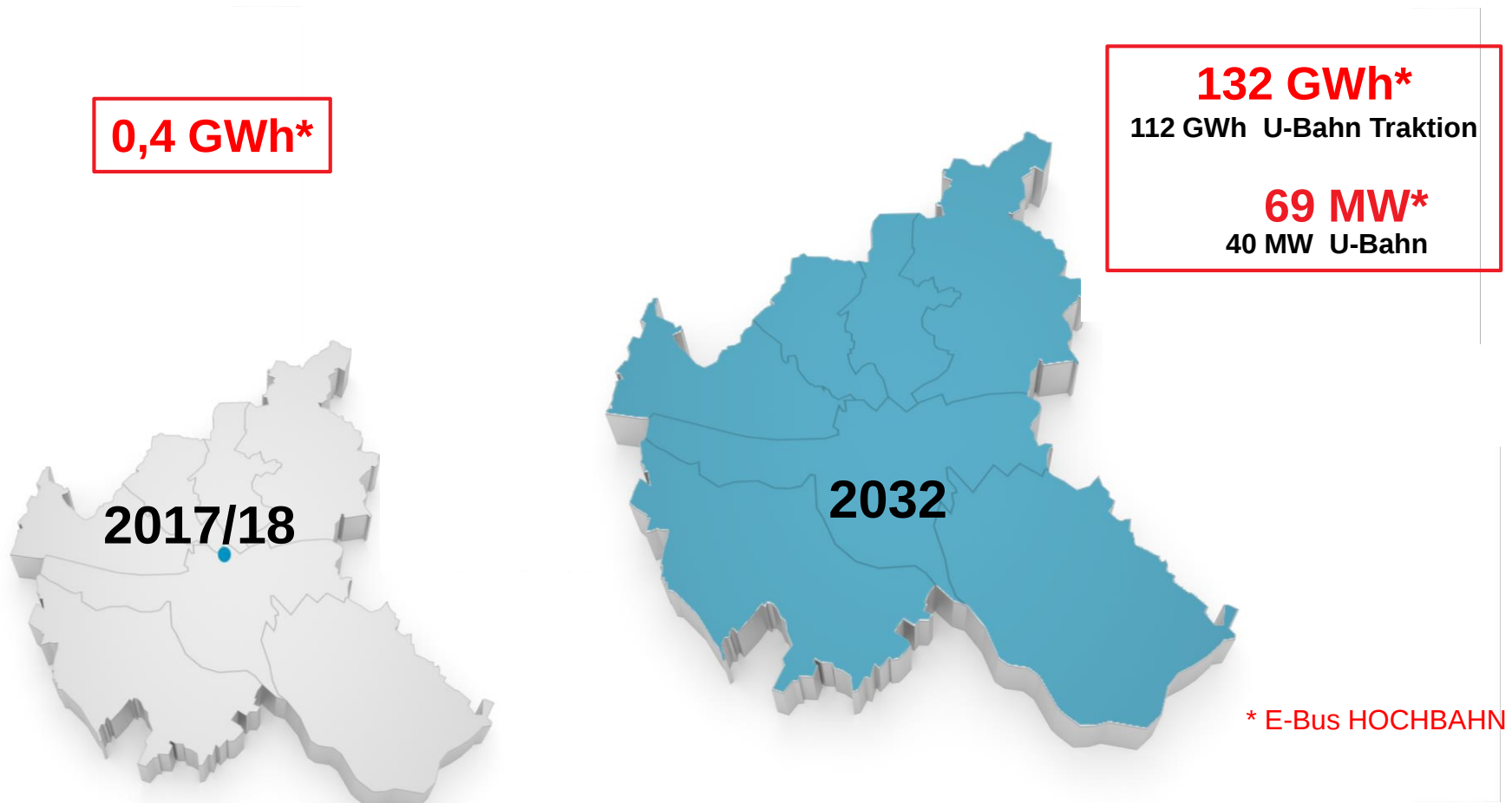
■ ≥ 30 MVA

- Heutige Reserven in den meisten Fällen noch ausreichend (nur E-Mobilität betrachtet); ein kritisches UW-Gebiet 2025, vier kritische UW-Gebiete 2030

Dietmannsberger, Meyer, Schumann, Schulz

11

Anforderungen an die Energieversorgung

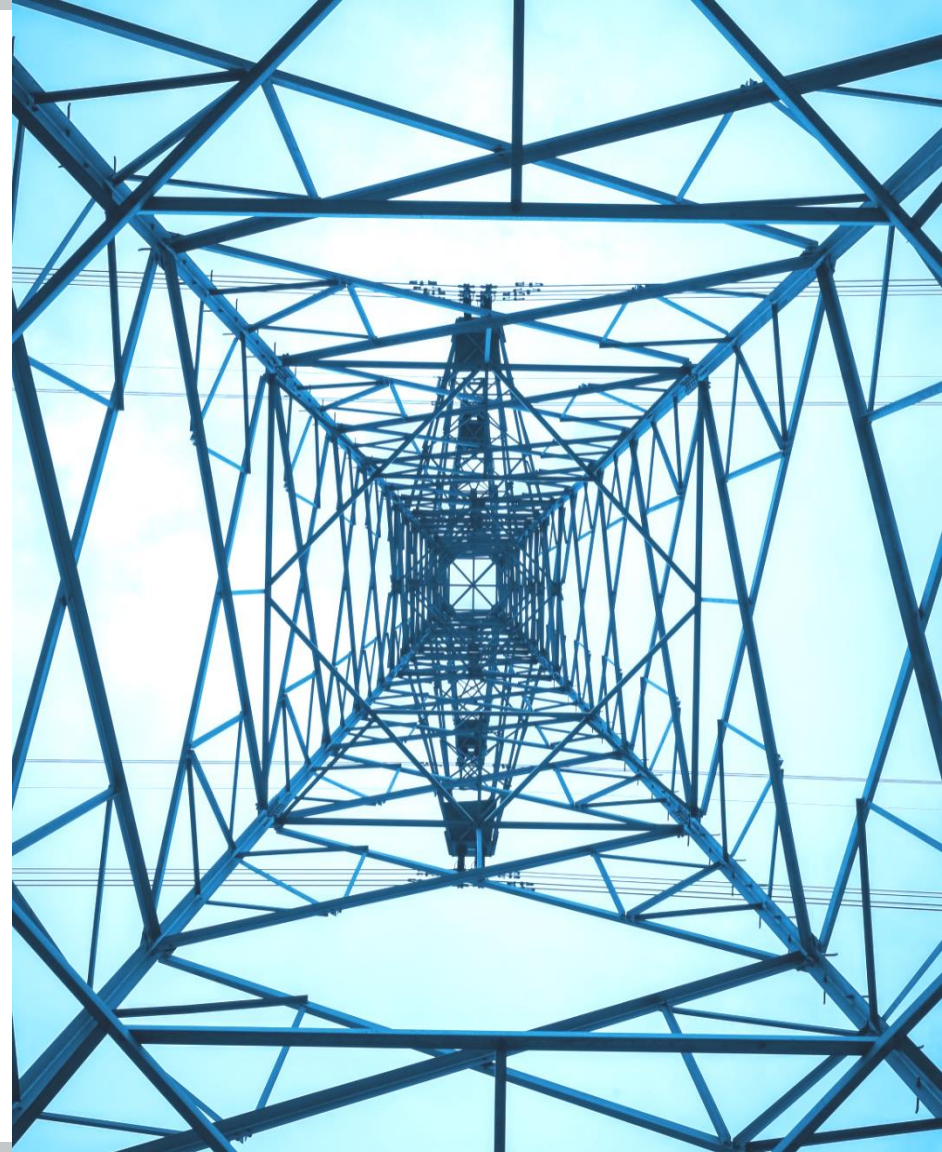


Die Sicherstellung eines stabilen Busbetriebes hat höchste Priorität. Bei der Umstellung auf Elektrobusse ist die Energieversorgung hierfür ein wesentlicher Erfolgsfaktor.

Anforderungen an die Energieversorgung

Fazit

- ➔ Jahresgesamtennergiebedarf nach kompletter Umstellung: Elektrobusse $\approx$ U-Bahn
- ➔ Bestehende Netzanschlüsse der Betriebshöfe sind zu klein für größere Anzahl an Elektrobussen (< 1 MVA)
- ➔ Erforderliche Anschlussleistungen der Betriebshöfe von 3 bis 15 MW
- ➔ **Vorlaufzeiten für den Netzausbau von bis zu 5 Jahren**





Vielen Dank!