



Elektro-Linienbusse im öffentlichen Verkehr – Herausforderungen für das Last- und Energiemanagement

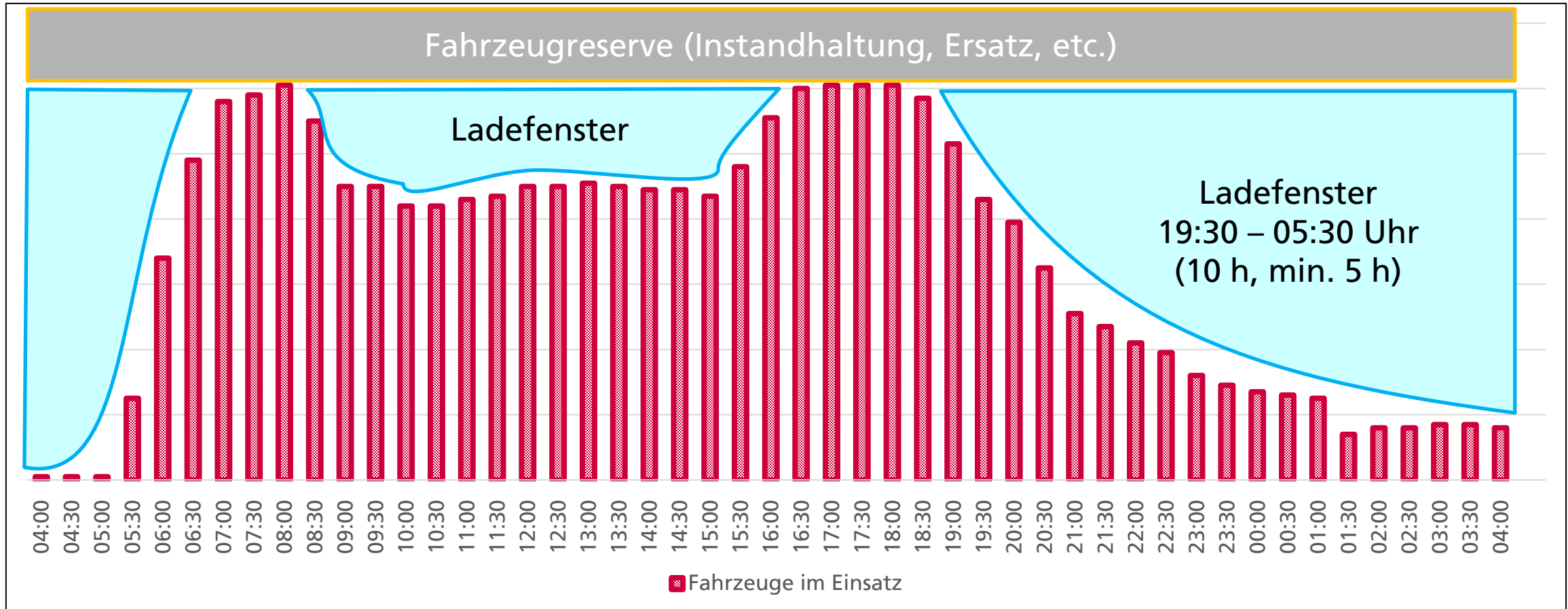
Ausgangslage

- BERNMOBIL: 160 Busse + 57 Tram
 - 28 Buslinien, 7.7 Mio km (inkl. 3 Trolley- und 1 E-Buslinie)
 - 5 Tramlinien, 3.9 Mio km
 - Ca. 1'000 Mitarbeitende
 - Eigenschaften Dieselbus-Betrieb: «Hocheffizienter» Personal und Fahrzeugeinsatz
 - Keine unnötigen Leerfahrten (Einsetz- und Einstellfahrten, Fahrzeugtausch)
 - Fahrpersonal möglichst nur mit Fahrplaneinsatzstunden
 - >350km Autonomie
 - schneller, einfacher Betankungsvorgang, überall verfügbar
 - Flexibler Fahrzeugeinsatz, alle sind vollgetankt → Betriebssicherheit / Verfügbarkeit
- **Strategie ab 2040 fossilfrei: Was passiert bei einem Wechsel auf Elektrobusse?**

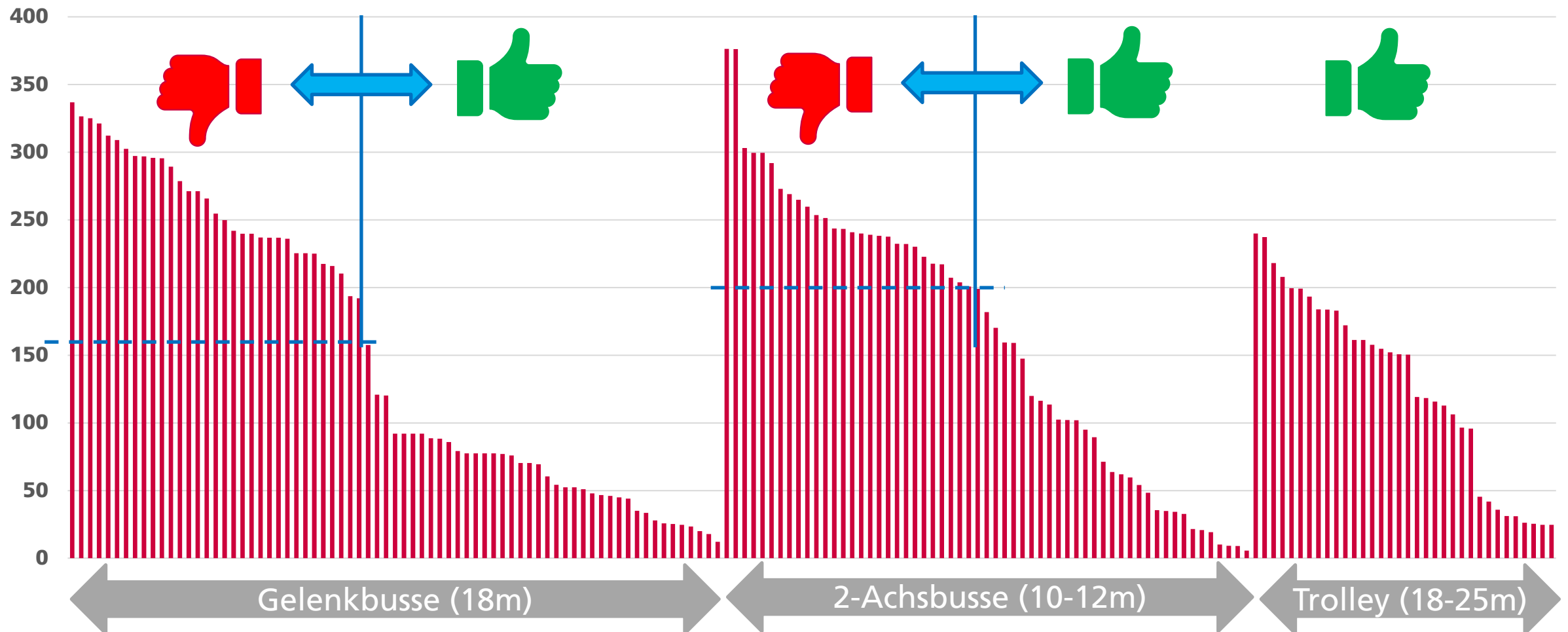
Aktuelle Herausforderungen bei der Umstellung auf Elektrobusse

- Batteriereichweiten heutiger Elektrobusse reichen nicht für alle vorgesehenen Kurse
 - Es braucht mehr Fahrzeuge
 - Kurse müssen geschnitten werden
 - Mehr Fahrpersonalstunden
 - Mehr Abstellkapazität in den Depots/Garagen
 - Energiebereitstellung in Depots und Garagen hoch, Spitzen in der Nacht
 - Grosse Unterschiede beim Energiebedarf im Sommer und Winter
 - Mehr Kosten!
- Lösungsansätze
 - Laden im Depot → Energie? Ladezeit?
 - Laden unterwegs? → Kosten? Realisierbarkeit Ladestationen?
 - Warten auf grössere Batterien mit mehr Reichweite?

Einsatzprofil Busse



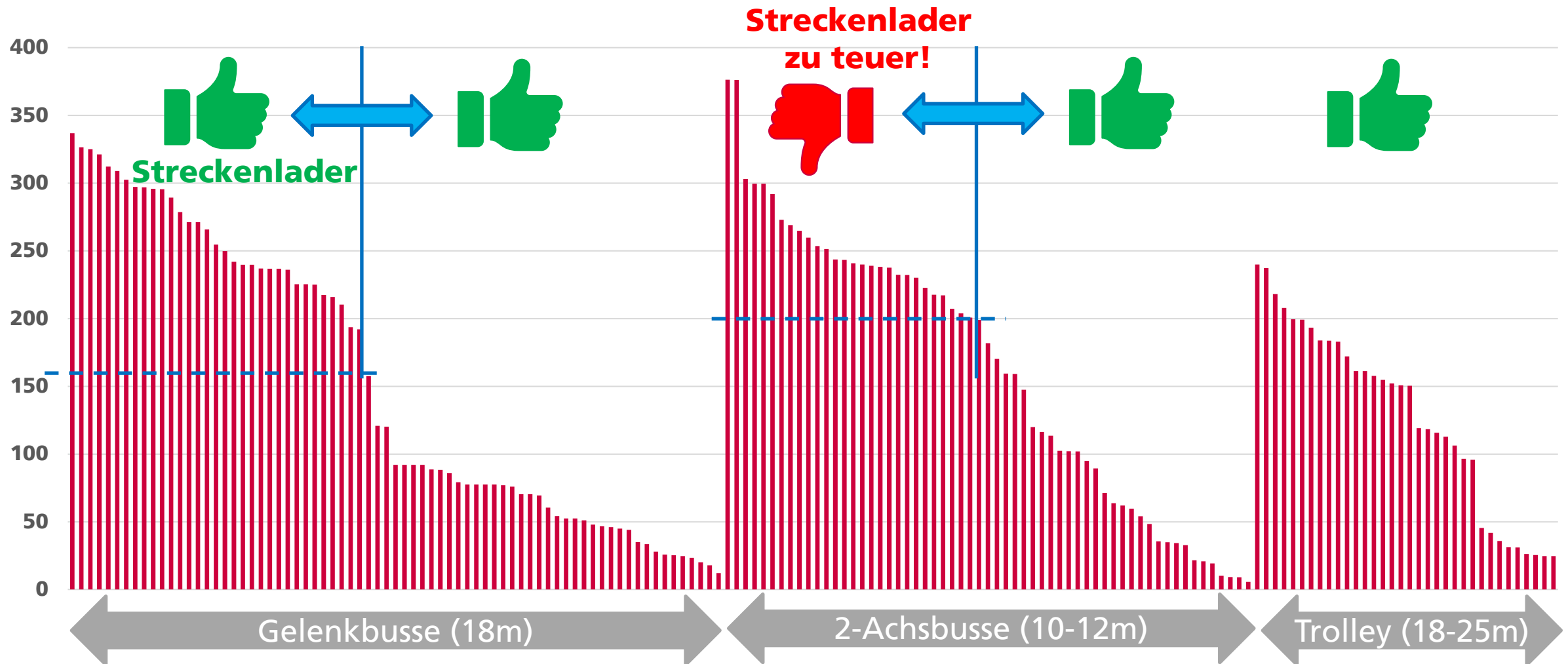
Kurskilometer Busse pro Tag – heute verfügbare Batteriereichweiten nicht ausreichend



Kurzer Exkurs: Derzeit verfügbare Elektrobustechnologien

Technologien	Eigenschaften
<p>Garagenlader (Einmallader)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Grosse Batterien >400 kWh • Ladung in Depot «über Nacht», hoher Energiebedarf • Tiefere Ladeleistungen, aber viel Energie • Grosse Busse brauchen viel Batterie • Betrieb «wie» Dieselbus
<p>Streckenlader (Opp-Charging)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Mittlere Batterien 100-400 kWh • Ladestation(en) auf der Linie an Haltestellen → Kosten • Hohe Ladeleistungen 300-600kW • Verteilung der Ladung über den gesamten Tag • Geringerer Energiebedarf in den Depots/Garagen
<p>Dynamic-Charging (Trolleybus mit Batterien)</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • Kleine Batterien 50-100kWh • Laden während der Fahrt (Fahrleitung) → Kosten • Geringe Autonomie ohne Fahrleitung (~20km) • Geringer Energiebedarf in den Depots/Garagen

Streckenlader (oder Trolleybusse) als Lösungsvariante



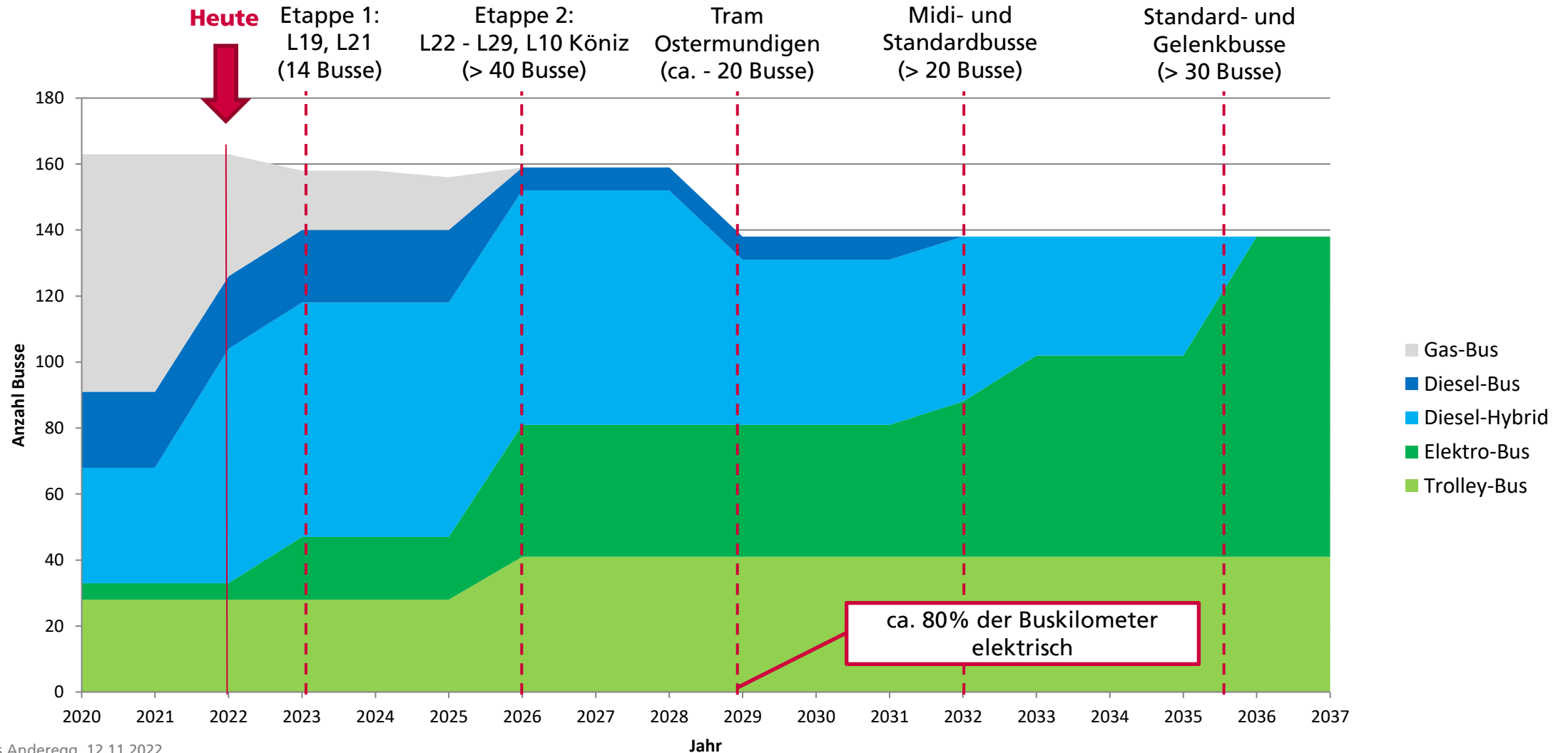
Strategie Elektrifizierung Buslinien BERNMOBIL

	Midibus	Standardbus	Gelenkbus	Doppelgelenkbus	Tram
Tram					10 Ostermundigen
Dynamic Charging-Trolley			11, 12	10 Köniz, 20	
Streckenlader			17 (Pilot), 19, 21		
Garagenlader	22, 27, 29, weitere	28, weitere			
Brennstoffzelle (H ₂)					

Strategiekorridor BERNMOBIL

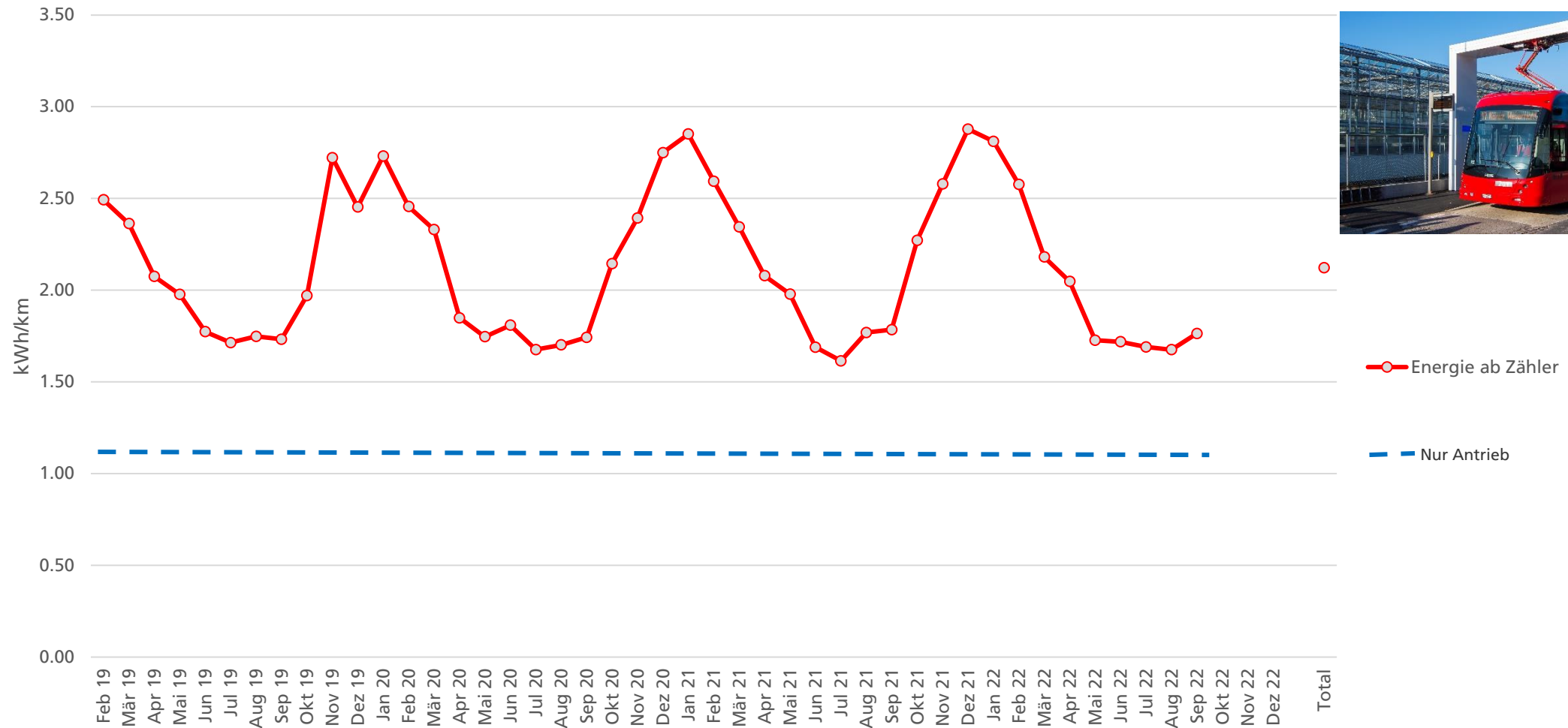
- grün bereits elektrifiziert
- blau in Arbeit
- schwarz beabsichtigt

Elektrobus-Strategie: Planung Umstellung Buslinien

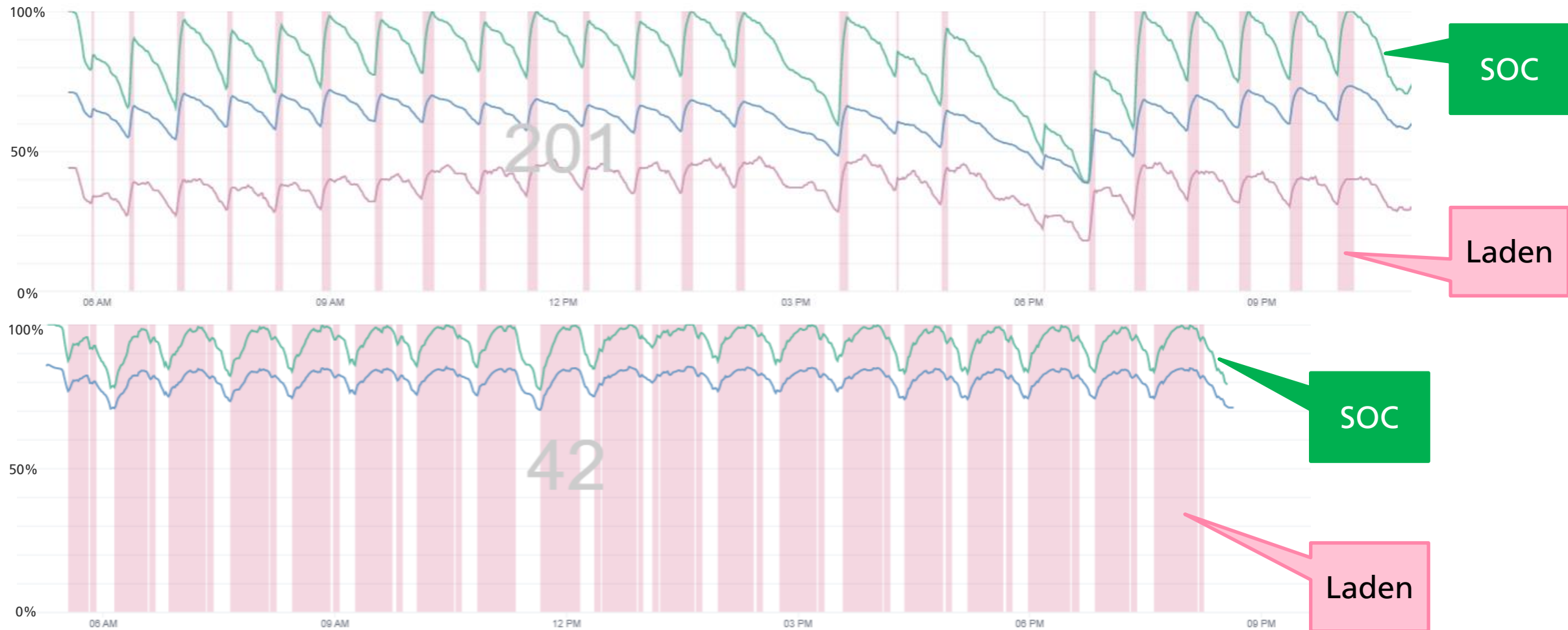


Energieverbrauch E-Bus-Linie 17 (Streckenlader): Erhebliche saisonale Schwankungen

E-Bus, Verbrauch, [kWh/km]





Tagesprofil SOC und Laden: Trolley 42 im Vergleich Opp-Charge E-Bus 201



Streckenlader, typ. Tagesverläufe Batterieladestand: Potenzial als Batteriespeicher?



Fazit Energie- und Lastmanagement

- Betriebssicherheit: Verfügbarkeit von vollgeladenen Bussen hat Priorität!
- Saisonal grosse Schwankungen beim Energiebedarf
- Mehrkosten im Vergleich zum bisherigen Diesel-Betrieb gering halten
- **Potenzial Energiebedarf glätten, Verbrauch reduzieren**
 - Energiebedarf verteilen → Streckenlader und (Batterie-)Trolleybusse
 - Optimierungen beim Energieverbrauch anstreben → 1. Priorität Heizung
 - Kosten → Gesamtsicht Lastmanagement und nicht nur öV-Sicht
- **Potenzial Linienbusse als Energiespeicher? Ja, aber ...**
 -  – Busse müssen am Morgen voll geladen sein → Reichweite, Betriebsflexibilität
 -  – Streckenlader/Trolleybusse stellen $\frac{3}{4}$ -geladen ein
 - Viele Busse haben nur Teileinsatz → Batterie muss nicht voll sein