



Herausforderungen und Erfahrungen bei der Elektrifizierung der Linie 17

BERNMOBIL, Thomas Ledergerber, Leiter Netzmanagement

Experten-Seminar Dekarbonisierung/Elektrifizierung des städtischen ÖV vom 22. März 2019

Inhalt

A) Warum Linie 17?

B) Herausforderungen

C) Erfahrungen



- Streckenlader = Opportunity charger = Gelegenheitslader
- Garagenlader = Overnight charger = Depotlader = Einmallader = Standardlader

A) Warum Linie 17?

Innerhalb der Strategie von BERNMOBIL erfolgte ein konkreter Auftrag des Verwaltungsrates: Umstellen einer anspruchsvollen Linie für einen vollelektrischen Pilotbetrieb (kein Test mit einzelnen Fahrzeugen).

Auswahl der Linie 17:

- Prominente Stadtlinie mit Gelenkbussen
- Verbindung von zwei Zentren (Bern Bahnhof, Köniz), einfache Topografie
- Genügend Wendezeiten für Ladevorgänge (falls opportunity charger)

Chronologie

- 2014/2015: Erste Konzepte
- 2016: Beschluss Durchführung eines Pilotbetriebes (5 Gasbusse bleiben als Ersatzfahrzeuge zur Not vorhanden)
- 2018 Dezember: Inbetriebnahme Linie 17 mit 5 vollelektrischen Gelenkbussen
- 2022: Ende des 4-jährigen Pilotbetriebs

A) Warum Linie 17?

Linienportrait

- Städtische Hauptlinie (Radiallinie)
- 5 Gelenkbusse während Hauptverkehrszeiten
- Takt: zwischen 7.5 min und 15 min
- Streckenlänge: 4.5 km, Umlauf 9 km
- 13 Haltestellen
- Wendezeiten gemäss Fahrplan nur an der Endhaltestelle Köniz-Weiermatt
- Am Bahnhof Bern keine nennenswerte Aufenthaltszeit, zudem UNESCO
- Nur 1-2 Umläufe relativ kurz:

Fahrzeug- umlauf	Leistungsmasse pro Tag	
	km	Std.
1	262.84	19.1
2	140.37	10.1
3	183.58	13.5
4	254.03	18.5
5	218.81	16.2



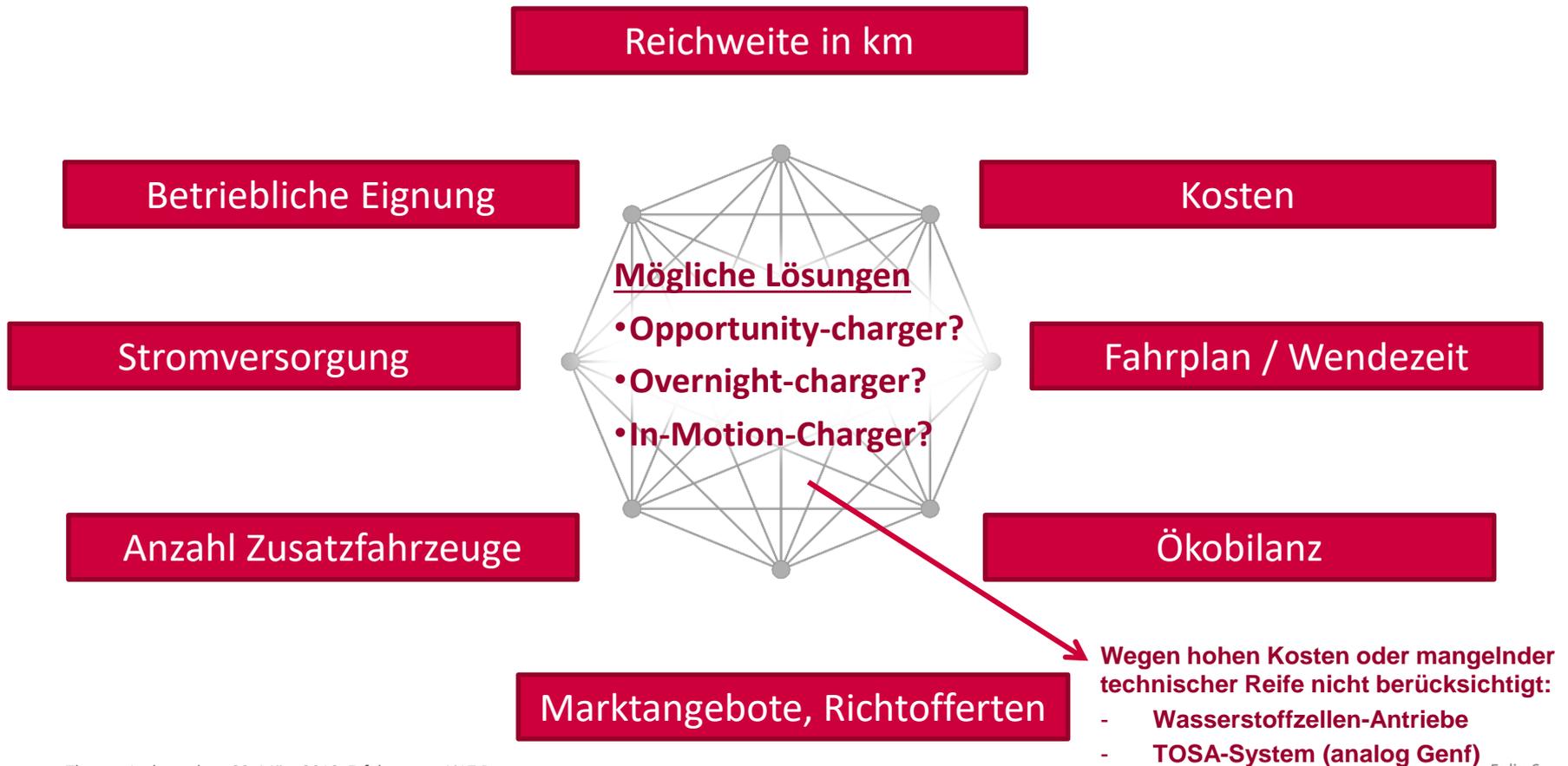
B) Herausforderungen

- B1) «Richtige» Antriebstechnologie für die Linie 17?**
- B2) Wie gross soll die Batterie im Fahrzeug sein?**
- B3) Braucht es Zusatz-Fahrzeuge?**
- B4) Berechnung Mehrkosten Linie 17**
- B5) Zwei Fragen vor der Ausschreibung**
- B6) Bau der Ladeinfrastruktur**
- B7) Finanzierung der Mehrkosten**
- B8) Alle Unternehmensbereiche betroffen**



B1) „Richtige“ Antriebstechnologie für die Linie 17?

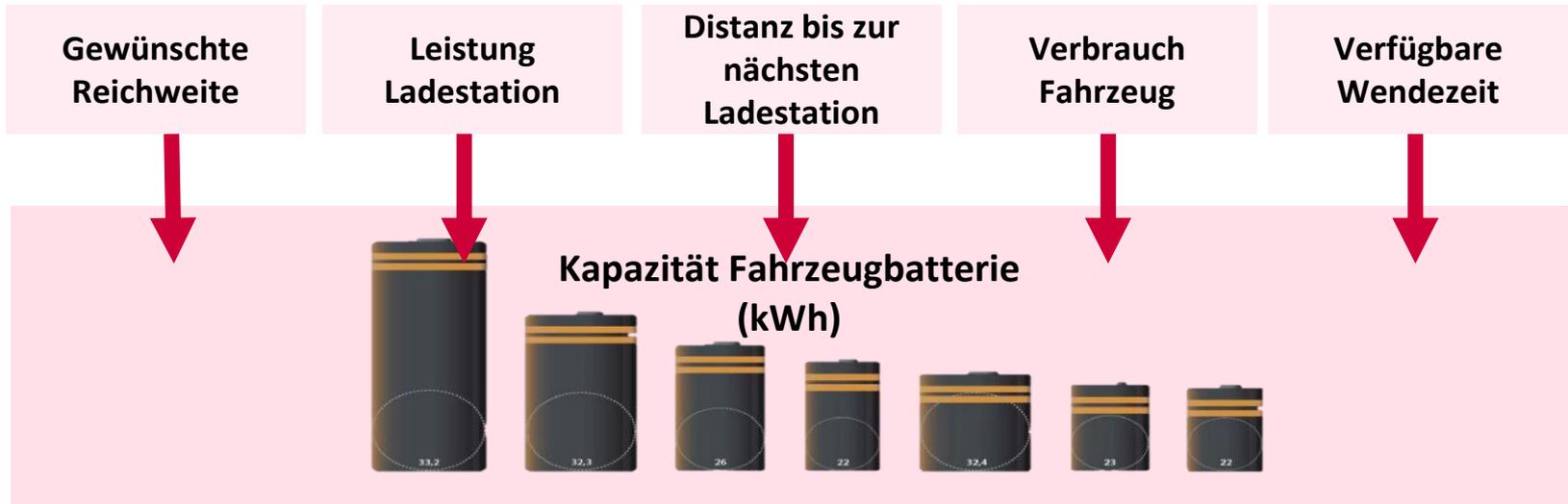
- Viele Faktoren berücksichtigen!



B1) „Richtige“ Antriebstechnologie für die Linie 17?

- **Trolleybus / IMC** → 😞
 - Hohe Kosten für Fahrleitung bei Linie 17 mit 80% Fahrleitungsanteil
 - Langwierige Plangenehmigung
- **Overnight charger** inkl. langsam laden tagsüber → 😞
 - Reichweite zu gering (ca. 150km)
 - Zusätzliches Fahrzeug notwendig und zusätzliche Betriebsstunden notwendig für Ein- und Ausfahrten, grosse Batterie (negativ für Ökobilanz)
 - Kosten ähnlich wie Opportunity charger, tiefer als IMC
- **Opportunity charger** → 😊
 - 1 Schnell-Ladestation an der Endhaltestelle
 - Kein zusätzliches Fahrzeug nötig
 - Bessere Absicherung bei Stromversorgungslücken als Overnight charger

B2) Wie gross soll die Batterie im Fahrzeug sein?



Linie 17 – Vorgabe

- Vorgabe Reichweite: Mindestens 4 Umläufe à 10 km = ca. 40km
- Ladestation mit 450 kW Leistung (brutto)
- Verbrauch im Winter ca. 3 kWh / km (worst case)
- **Errechnete nutzbare Batteriegrösse: mindestens 120 kWh**

Linie 17 Lösung

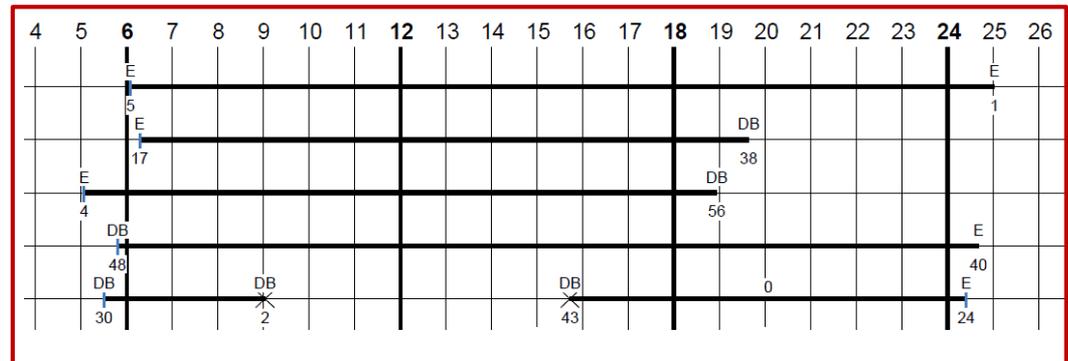
- Batteriekapazität = 153 kWh, davon **122 kWh nutzbar** (80%)
- Gewicht Batterien ca. 1.8 Tonnen
- Typ Hochleistungsbatterie NMC-Lithium-Ionen-Technologie; NMC = Nickel-Mangan-Cobalt

B3) Braucht es Zusatz-Fahrzeuge?

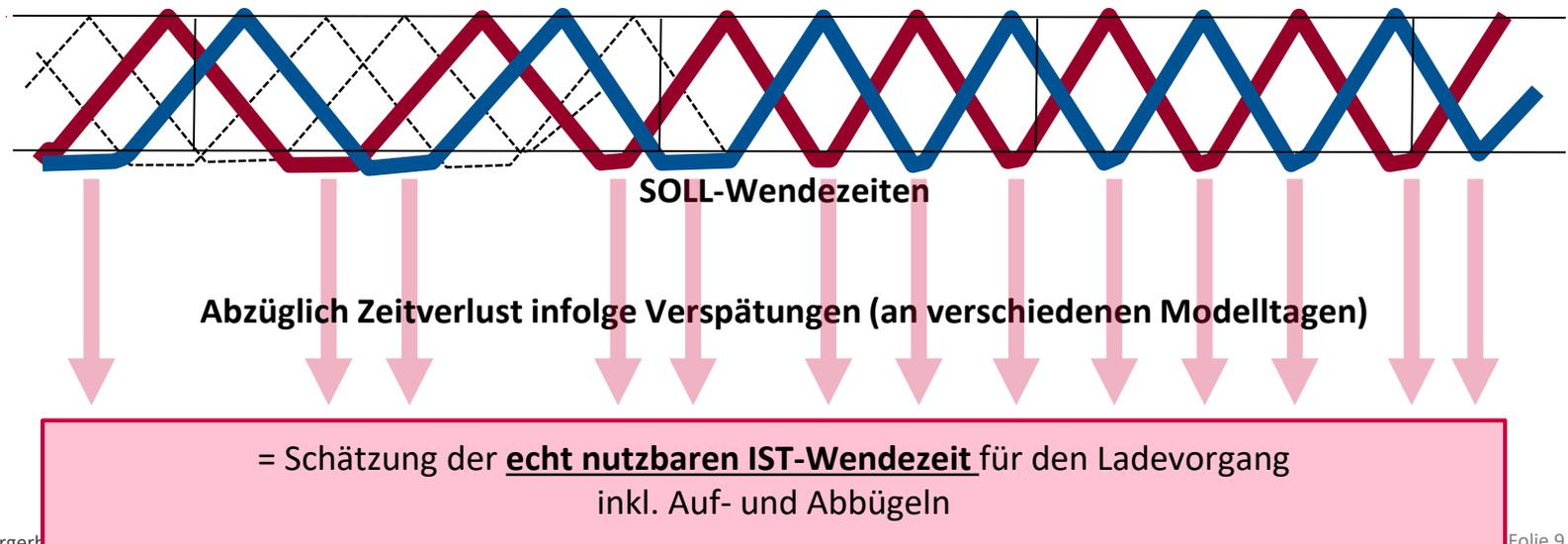
-> Nein! Linie 17 kann mit 5 Opportunity-charger-Fahrzeugen betrieben werden

Analysen notwendig:

- Fahrzeugumläufe



- Nutzbare Wendezeiten inkl. Verspätungen: «Modelltage» simulieren



B4) Berechnung Mehrkosten Linie 17

Mehrinvestitionen, einmalig

- Fahrzeuge + 50% bis +100% gegenüber Diesel/Hybridbus
- Ladeinfrastrukturen Haltestelle Köniz-Weiermatt: Ca. 1.0 Mio.
- Ladeinfrastrukturen Depot Eigerplatz: Ca. 0.2 Mio.
- Totale Investitionen für 4-jährigen Pilotbetrieb **über 4 Mio.**

Mehrkosten während Betrieb, wiederkehrend

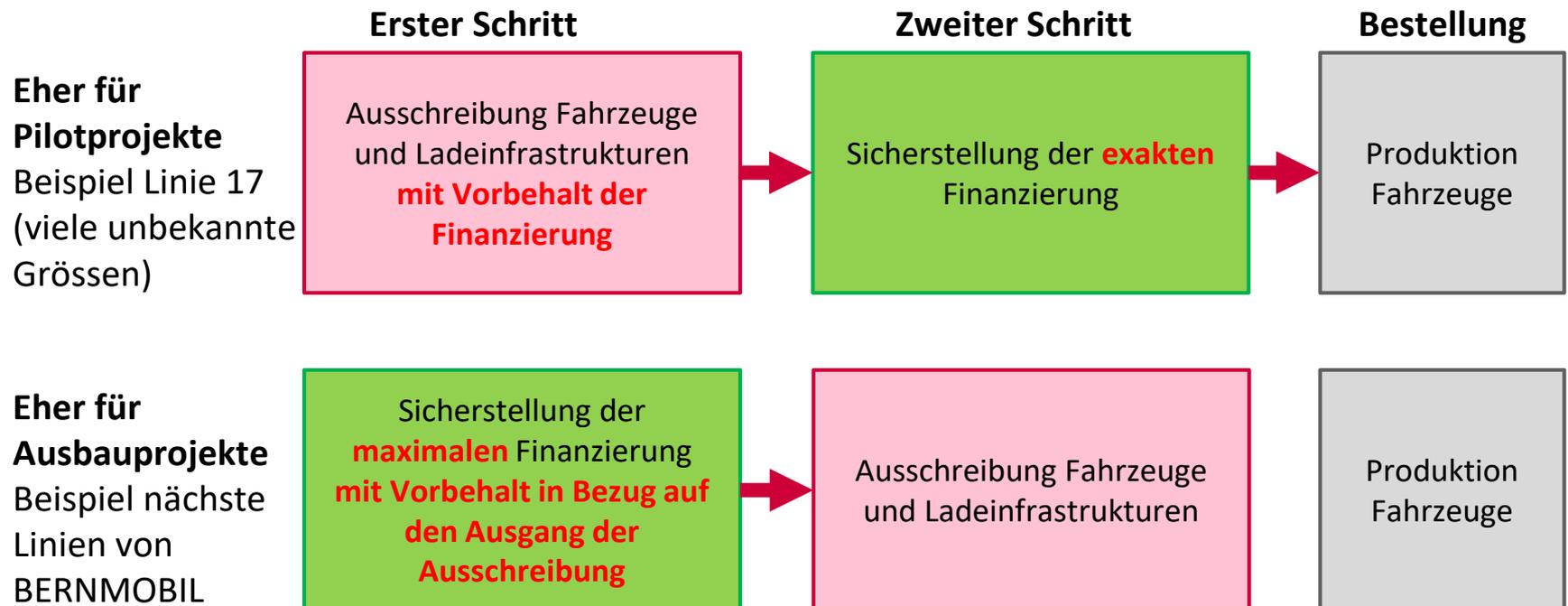
- Zusätzliche Betriebskosten für Verlängerung der Ladezeiten: Ca. 0.05 Mio.
- Energiekosten, Unterhalt und Instandhaltung: Annahme: **Gleich hoch** wie beim Diesel/Hybrid-Fahrzeug

Grund: Zwar gibt es Einsparpotentiale beim Unterhalt von E-Bussen, auf der anderen Seite stehen die Kosten für den erwarteten Batterieersatz. Zudem ist die Entwicklung der Energiepreise für Treibstoffe oder Strom auf 10- 15 Jahre hinaus sehr unsicher.

B5) Zwei Fragen vor der Ausschreibung

1. Zuerst ausschreiben oder zuerst Finanzierung sichern?

Für die Linie 17 wurde eine Ausschreibung mit Vorbehalt des Zustandekommens einer Finanzierung gemacht. Grund: Zu viele technische Elemente waren noch unbekannt. Erst danach fanden die Verhandlungen unter den Finanzierungspartnern statt.



B5) Zwei Fragen vor der Ausschreibung

2. Separate Ausschreibungen oder alles von einem Lieferanten?

Lösung Pilot-Linie 17

- Unsicherheit Schnittstelle

Ausschreibung **Fahrzeuge**
und **Ladeinfrastrukturen**

Schnittstelle = Problem des
Lieferanten



Lösung für weitere Linien

- Unterschiedliche Lebensdauer
- Unabhängig sein

Ausschreibung **Fahrzeuge**



! Schnittstelle definieren

Ausschreibung
Ladeinfrastrukturen



B6) Bau der Ladeinfrastruktur

Allgemein: Zeitlich enger
Rahmen für Projektierung,
Bewilligung und Bau

Vor allem: Bestellung Fahrzeuge
erst nach Vorliegen der
Baubewilligungen sinnvoll

Stromversorgung

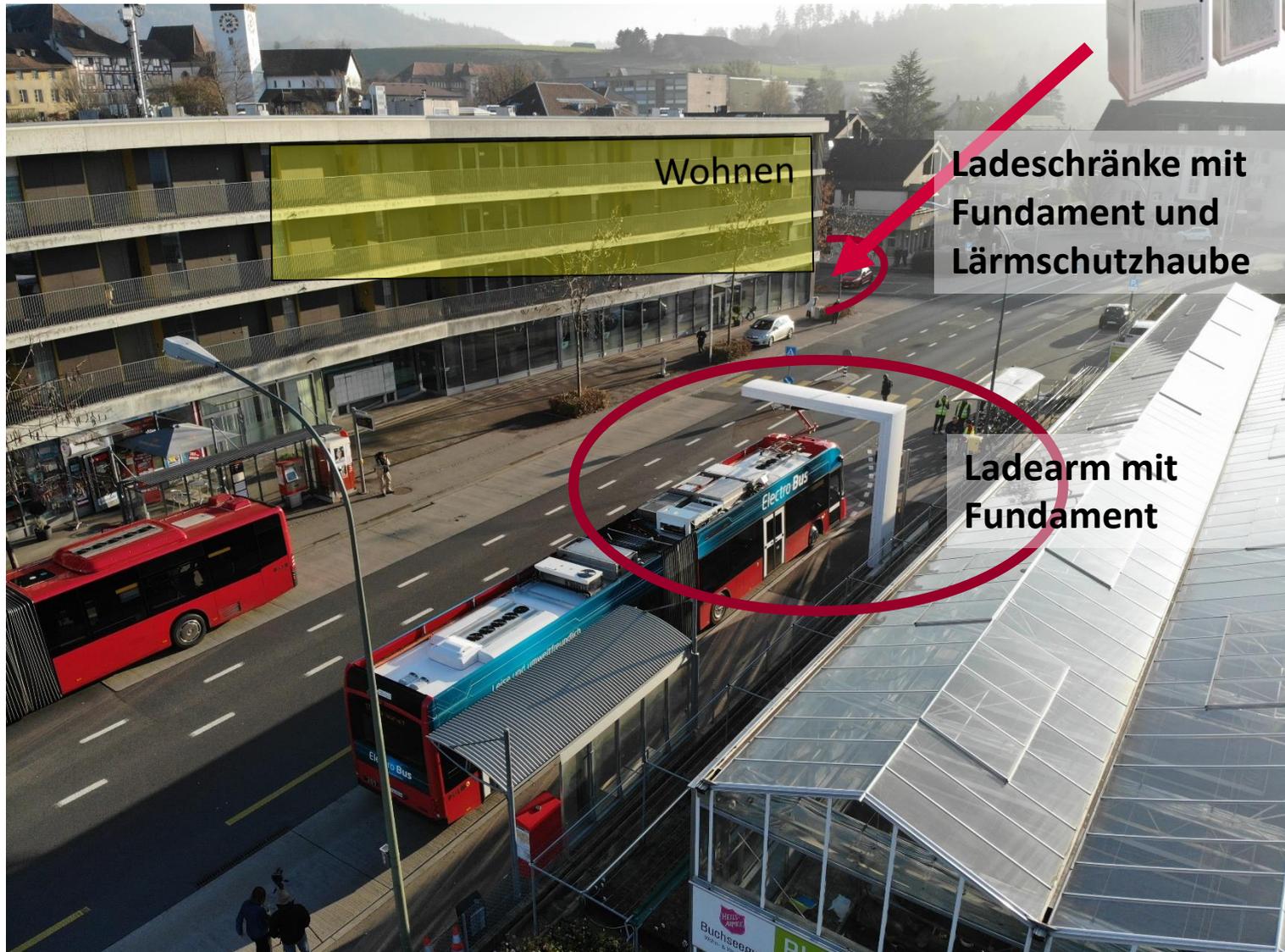
- 3 Ladeschränke à je 150 kW
Leistung in einem Wohnquartier
(total 450 kW)
- Maximal erlaubter Lärmpegel ab
19 Uhr: **35 dB(A)**. Das ist sehr
leise! -> Schallschutzhaube
notwendig

Ladearm an Haltestelle

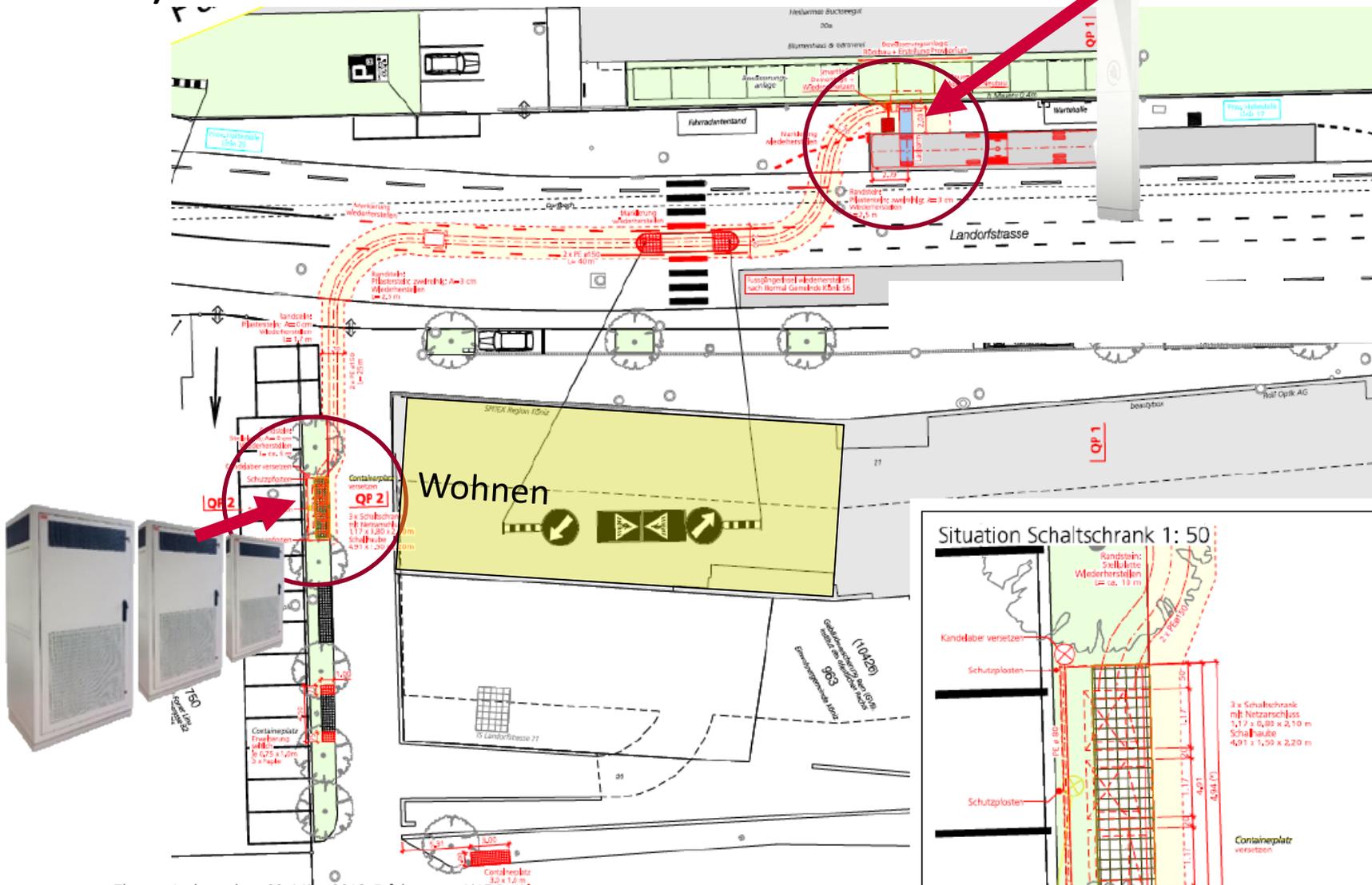
- Höhe: Fast 5 m



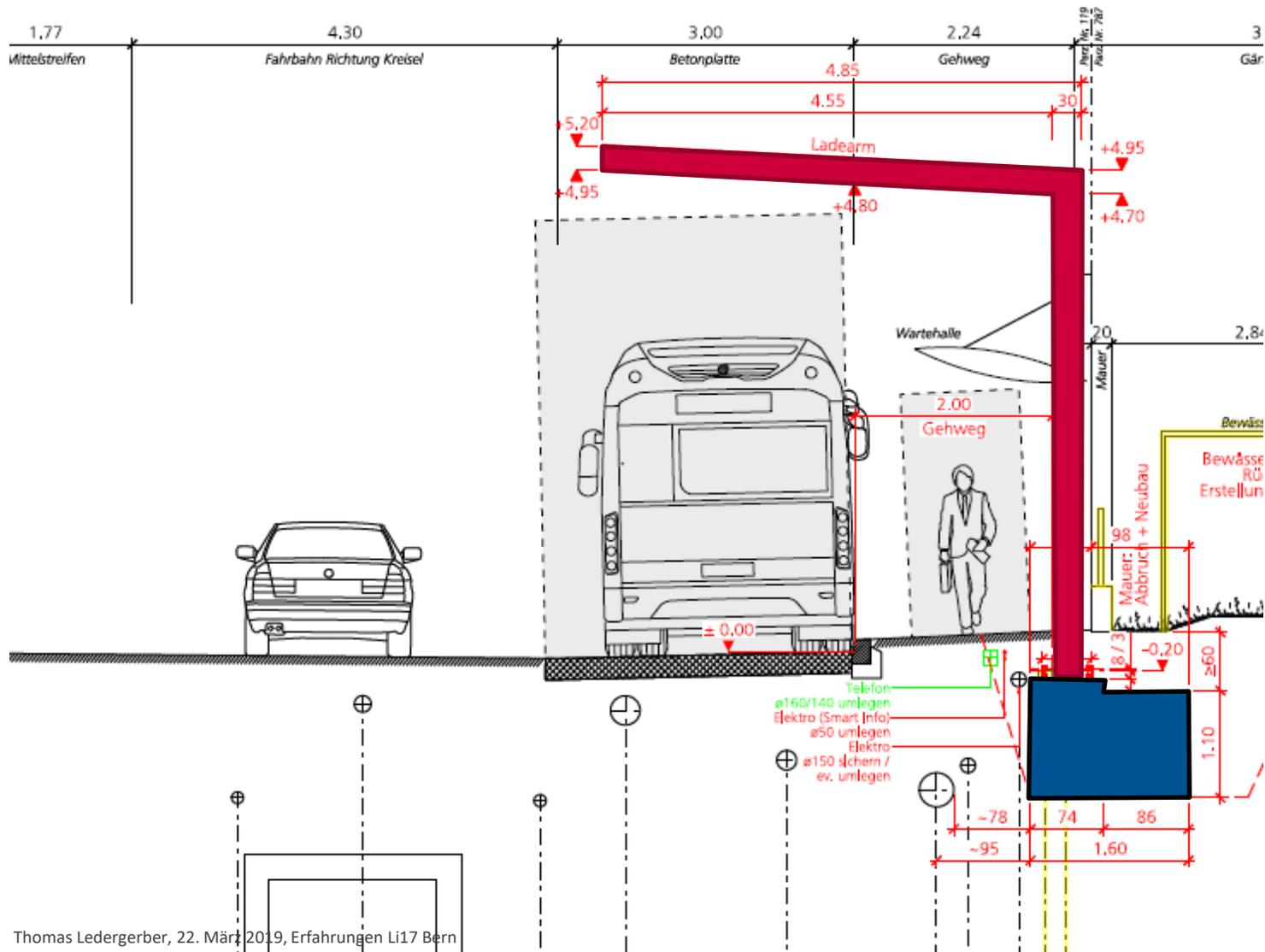
B6) Bau der Ladeinfrastruktur



B6) Bau der Ladeinfrastruktur



B6) Bau der Ladeinfrastruktur



B6) Bau der Ladeinfrastruktur

Es fehlt: Schallschutzhaube



B6) Bau der Ladeinfrastruktur



**5 Ladesäulen Garage Eigerplatz
(1 Säule pro Fahrzeug
plus Verteilschrank)**

B7) Finanzierung der Mehrkosten

- Viele Verhandlungen mit verschiedenen Institutionen notwendig
- Konkretes Projekt vorlegen
- Keine Fördermittel von Energiestrategie 2050, myclimate, etc.

Finanzierung	CHF	Bemerkung
Kanton Bern (Besteller)	Ca. 2.0 Mio	
Stadt Bern, BERNMOBIL, Ökofonds ewb, Gemeinde Köniz	Ca. 2.5 Mio	
Betrieb	---	via «normale» Abgeltung durch Besteller (Kanton)

B8) Alle Unternehmensbereiche sind betroffen

Bei der Umsetzung berücksichtigen:

Mensch

- Betrieb (Mechaniker, Applikationsmanager, Fahrer, Leitstelle...)
- Neue Denkweise von allen Mitarbeitern, Kommunikation

Technik

- Ladeinfrastruktur, Ladestrategie und Energiezufuhr
- Fahrzeuge und Systeme (Bordrechner, Telematik etc.)

Organisation

- Prozesse, Zuständigkeiten, Weisungen
- Neue vernetzte Zusammenarbeit
- Verhalten, Kommunikation

B8) Alle Unternehmensbereiche sind betroffen

Fahrzeug-Ersatzbeschaffung

- Nicht mehr nur ein Thema des Bereichs «Technik»
- Lösung BERNMOBIL: Projektleitung bis zur Ausschreibung (Fahrzeuge + Ladeinfrastruktur) in der Planungsabteilung (Netzmanagement), danach Projektleitung für die Umsetzung und die Inbetriebnahme im Bereich «Technik»

Es tauchen neue Fragen auf ...

- Wie weit kann ich noch fahren? Dafür eignet sich eine Km-Angabe im Führerstand besser als die Angabe der Restkapazität in % der Batterie («SOC»).
- Welche Unterschiede bestehen beim Verbrauch zwischen Sommer und Winter?
- Wie schnell müssen Störfälle an der Ladeinfrastruktur behoben werden können?
- Wie reagiert die Leitstelle, wenn die Ladezeiten nicht ausreichen?
- Gibt es veränderte Anforderungen in der Fahrplangestaltung?
- Usw.

C) Erfahrungen

Erfolg: Seit 21. Februar 2019 wird die Linie voll mit Elektrobussen gefahren!

Bisherige Erkenntnisse

- Fahrplan ist haltbar
- Verfügbare (Netto-)Wendezeit ist entscheidend (Verspätungen!)
- Fahrer: Fahren = problemlos
- Ladevorgang → Schulen und begleiten nötig
- Wichtiger Wissens-Aufbau im Bereich der Elektromobilität im Hinblick auf die Beschaffung weiterer E-Busse



C) Erfahrungen

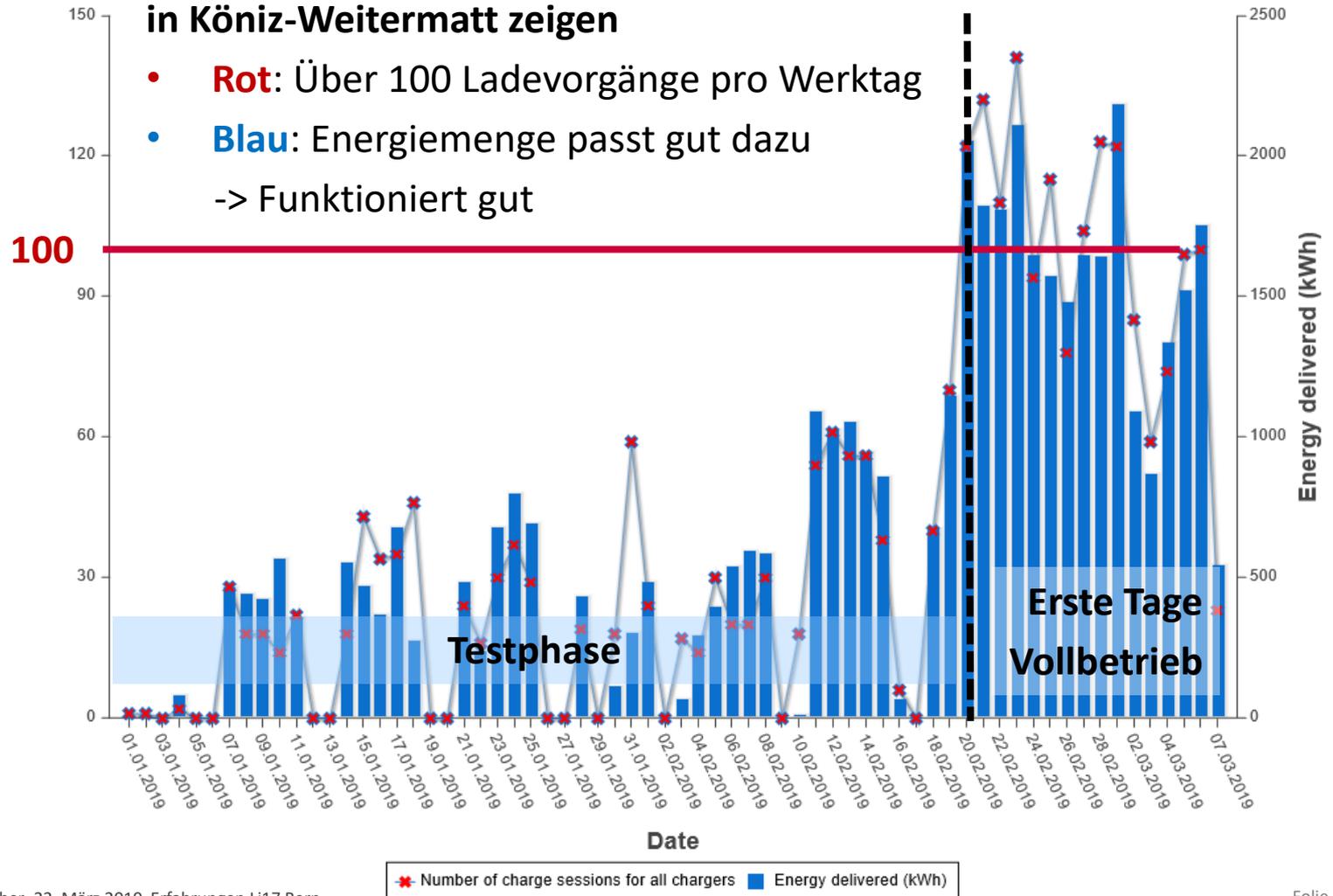
Zielkonflikt lösen mit Strategie

- Die optimale Antriebstechnologie muss von Linie zu Linie untersucht werden und wird pro Linie verschiedene Konzepte (Lademethode, Batteriegrösse und -chemie, Ladekapazität in kW, usw.) hervorbringen!
 - Bedarf seitens Flottenmanagement nach möglichst einheitlichen Fahrzeugen!
- Elektrifizierungs-Strategie notwendig

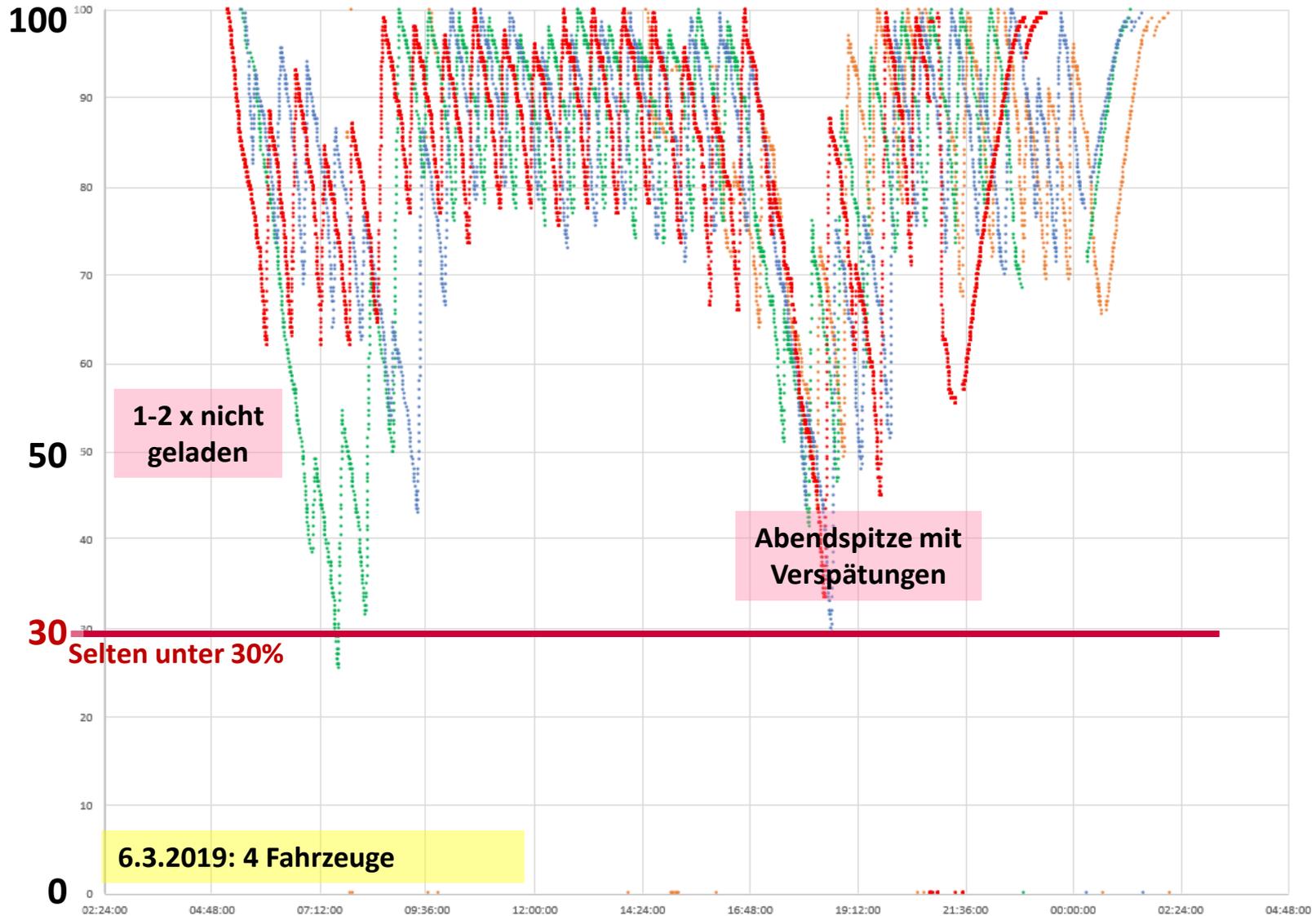
C) Erfahrungen

Messungen der Schnellladestation der ABB in Köniz-Weitermatt zeigen

- **Rot:** Über 100 Ladevorgänge pro Werktag
 - **Blau:** Energiemenge passt gut dazu
- > Funktioniert gut



C) Erfahrungen: Typischer Verlauf Füllstand Batterie (nur nutzbarer Teil der Batterie)



C) Erfahrungen

Energieverbrauch der Fahrzeuge (Gelenkbusse)

- in etwa wie erwartet

Monat	Km	kWh/km
Jan '19	2'854	2.91
Feb '19	11'147	2.28
Mär '19		
Total	14'001	2.41

Köniz Weiermatt

|Linie |Ziel

29 Niederwangen
17 Bern Bahnhof
29 Niederwangen

|Abfahrt

5'
11'
15:39

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit.
Besuchen Sie uns!**

Electro Bus