Einsatz von Elektrobussen in kleinen Stadtverkehren

Erfahrungsbericht zum E-Busprojekt in Bad Langensalza / Thür.

Lutz König, Salza Tours König OHG

1 Unternehmensvorstellung

2 Stadtverkehr in der Kur- & Rosenstadt Bad Langensalza

3 Unser Weg zum Elektrobus

4 Unsere Fahrzeuge

5 Fahrzeugbetrieb – Erfahrungen & Daten

6 Probleme, Fragen & Aufgaben

7 Fazit, Erwartungen & Forderungen

1 Unternehmensvorstellung

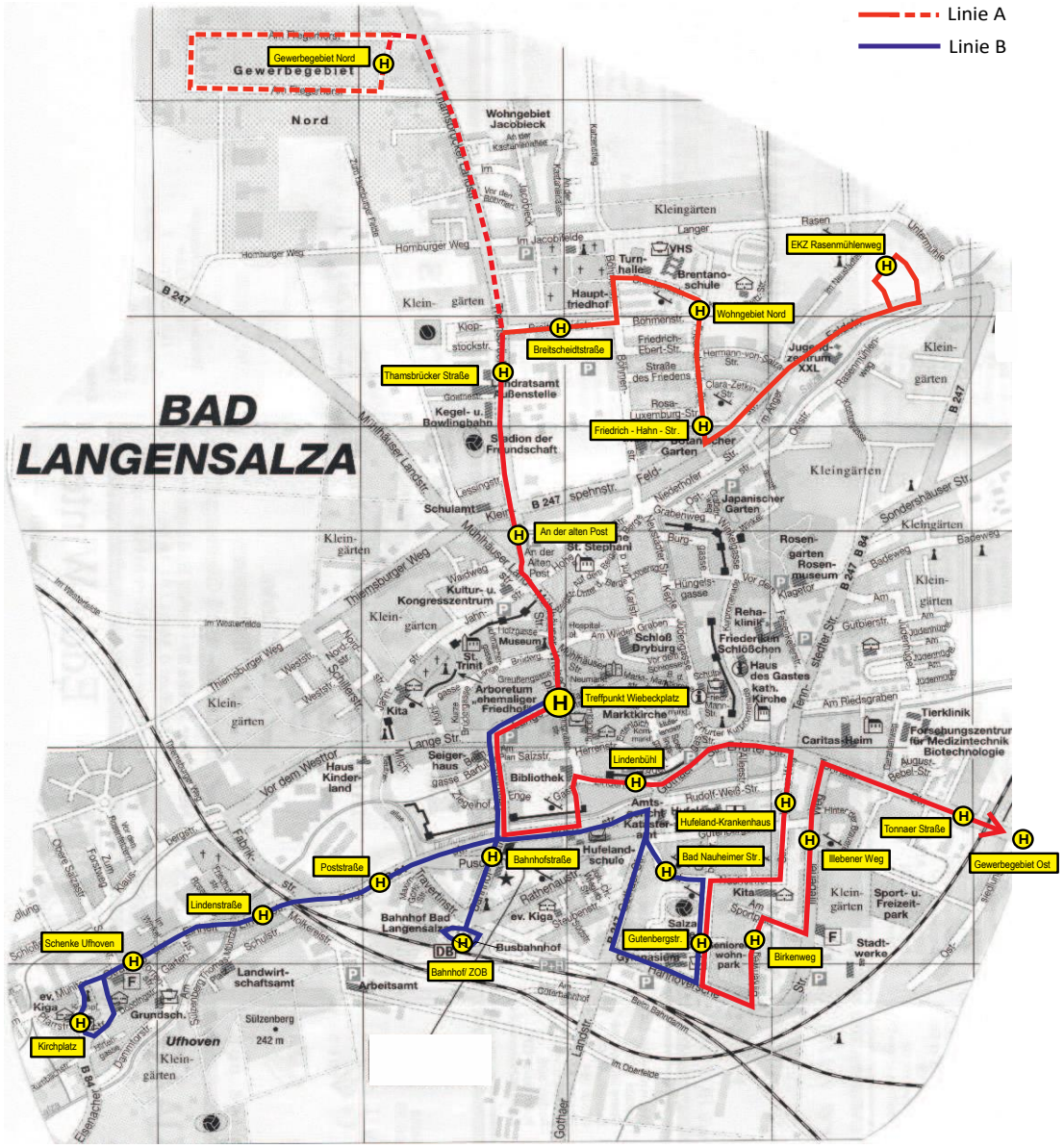
- **Firmensitz in Thüringen im Herzen Deutschlands**
- **Kur- und Rosenstadt**
- **etwa 16.000 Einwohner**
- **Unstrut Hainich Kreis**
- **am Rande des Nationalparks Hainich**

- **Anerkannter Kurort seit 2005**
- **Sole- und Mineralwasserquellen**
- **Kurklinik für Anschlussheilbehandlungen**
- **10 Themengärten & Parks**
- **Thermalbad**

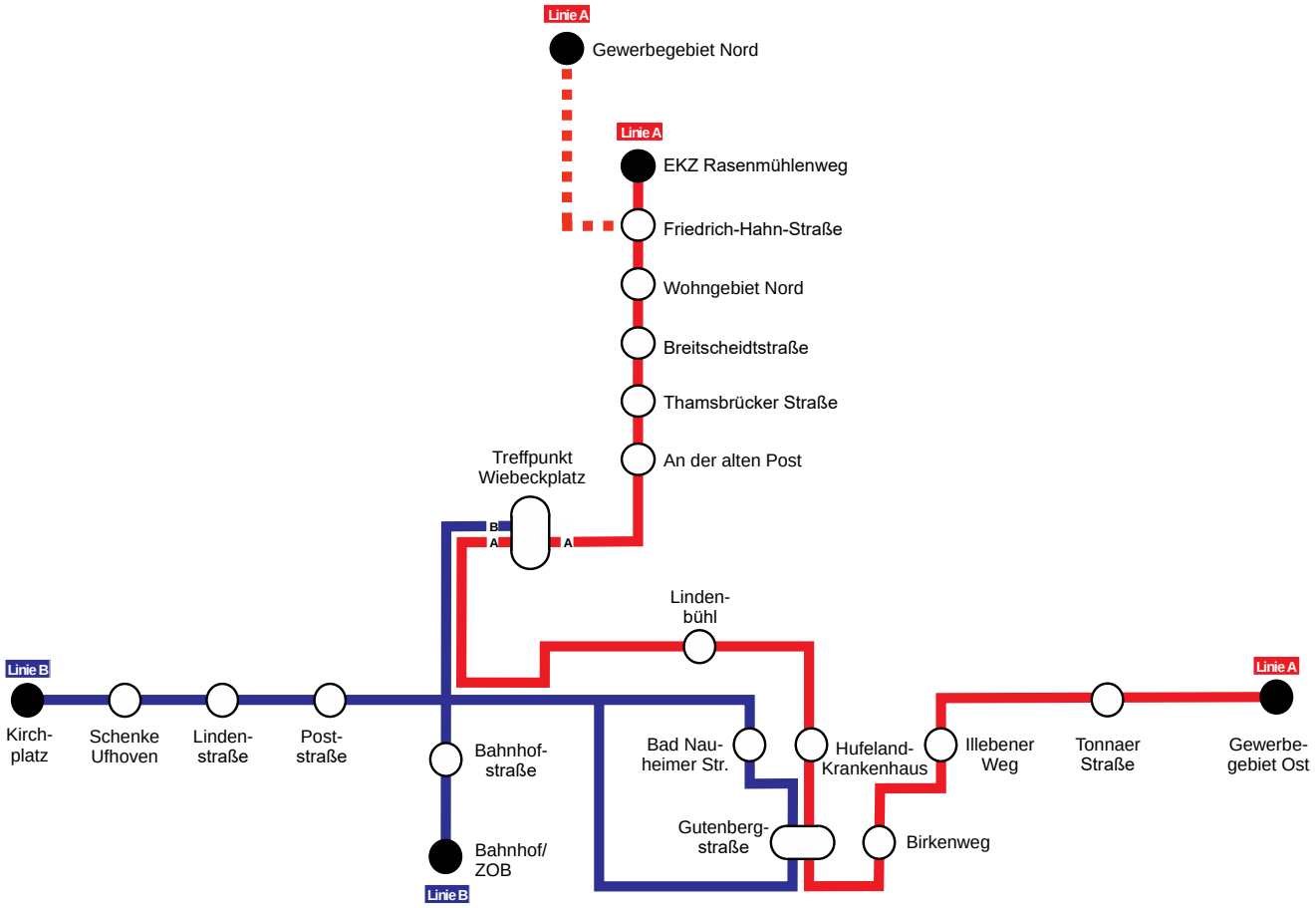
- **Familienunternehmen in 3. Generation**
- **Linien-, Reise- & Mietomnibusverkehr**
- **5 Regionallinien, 2 Stadtlinien**
- **Auftragslinienverkehr**
- **div. Vertragsverkehre**

- **knapp 30 Mitarbeiter**
- **20 Omnibusse**
- **Betriebshof mit Buswerkstatt**

2 Stadtverkehr in der Kur- & Rosenstadt Bad Langensalza



- **2 Linien**
- **Linienlängen 9,6 km und 4,6 km**
- **Jahresleistung ca. 160 Tkm**
- **21 Haltestellen + 1 Rendezvoushaltestelle**
- **Haltestellenabstand ø 350 m**



Betriebszeiten

Mo–Fr 5.00 – 19.00 Uhr / Sa 7.30 – 16.00 Uhr

Fahrzeug- / Personaleinsatz

3 Umläufe = 3 Fahrzeuge (ohne Reserve)

5 Dienste = 5 Fahrer (ohne Reserve)

3 Unser Weg zum Elektrobus

Umweltgedanke

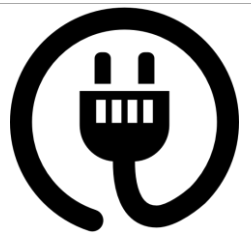
- ÖPNV in einer Kurstadt
- sensibler Innenstadtbereich
- emissionsarmer Nahverkehr

Entwicklungssprung

- Innovationsschub E-Mobilität
- praxisnahe Reichweiten
- erste serienreife Elektrobusse

Politik / Förderung

- Erreichung Klimaziele
- Reduzierung Luftverschmutzung
- Förderung alternativer Antriebe
- Auflage von Förderprogrammen



Förderung nach Thüringer ÖPNV – Investitionsrichtlinie (gültig seit Januar 2015)

Förderquote etwa 60%

- **Festbetragsförderung - Grundfahrzeug** (je nach Größe 10 – 100 T€)
- **Prozentuale Förderung - Mehrkosten alternativer Antrieb** (bis zu 75 %)
- **Prozentuale Förderung - Kosten Infrastruktur** (bis zu 80 %)

Recherche

- Messen & Fachpresse
- Besuche bei Herstellern & Nutzern
- Probefahrten
- Machbarkeitsprüfung
- Eruierung von Fördermöglichkeiten
- Partnersuche (z.B. Stromlieferant)
- Festlegung von Projektgrundsätzen

Planung

- Testbetriebe mit Vorführfahrzeugen
- Konzepterstellung mit Investitionsplan
- Projektvorstellung Politik, Stadt, Kreis
- Verhandlung mit Energielieferanten
- Beantragung Fördermittel

Umsetzung

- Erstellung Lastenheft
- Herstellung Infrastruktur am Depot
- Ausschreibung & Vergabe

September 2014
IAA Nfz Hannover

Januar 2015
neue Thür. ÖPNV Investitionsrichtlinie

März 2015
Projektvorstellung

Juni 2015
Antrag Fördermittel

Juli 2015
EU Ausschreibung

Oktober 2015
genehm. vorzeitiger Maßnahmenbeginn

November 2015
Auftragsvergabe

7. Juni 2016
Inbetriebnahme

2015 **2016**

Projekt-Grundsätze

Übernachtladung

- geringe Infrastrukturkosten
- flexibles System; nicht Trassenabhängig
- kein Eingriff in Umläufe & Betriebsablauf notwendig

Energieverbrauch / Batteriekapazität

- möglichst geringer Energieverbrauch
- ausreichend Batteriekapazität
- effektives Rekuperationssystem

Herstellernähe & Service

- optimale Herstellerbetreuung; ein Ansprechpartner
- Kommunikation ohne Sprachbarrieren
- Bereitstellung von mobilen Serviceteams
- Schneller & sicherer Ersatzteilservice
- Erreichbarkeit des Herstellers - mit E-Bus per Achse

Überzeugendes Fahrzeugkonzept

- schlüssiges Gesamtkonzept
- namenhafte & bewährte Komponenten
- Fahrzeug aus einer Hand

4 Unsere Fahrzeuge

SILEO S10

Fahrzeugmaße (L/B/H)

10.700 mm / 2.550 mm / 3.350 mm

Fahrgastkapazität (2-Türer)

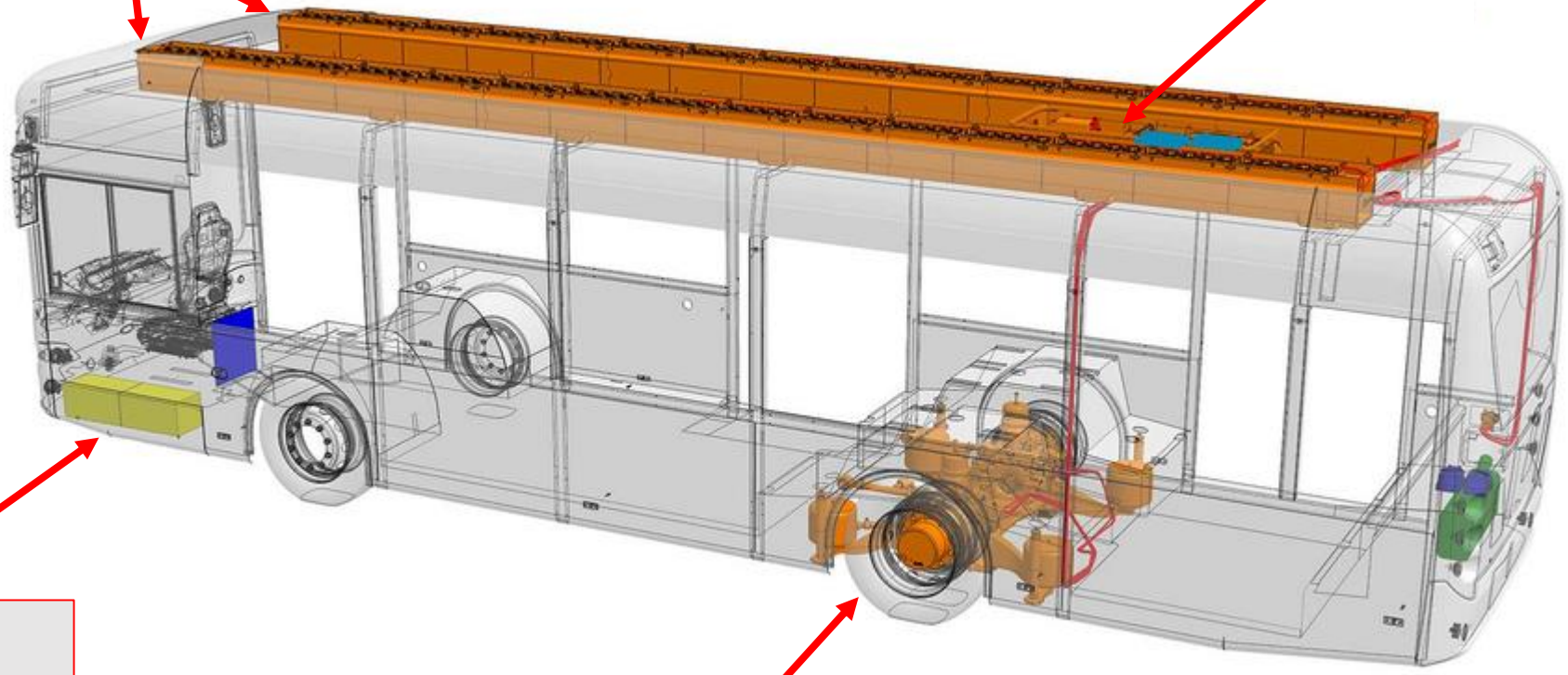
max. 32 Sitzplätze / 46 Stehplätze

Technische Daten: SILEO S 10

Antriebsbatterie	200 kWh Lithium-Eisenphosphat
Batteriespannung	450 bis 560 V
Elektrische Reichweite	200 km garantiert
Maximale Leistung	2 x 120 kW Motoren / 240 kW
Max. Drehmoment	21.000 Nm
Vorderachse	ZF RL 82 EC Rigid Portal
Hinterachse	ZF AVE 130
Bremssystem	Rekuperationssystem & WABCO EBS 3

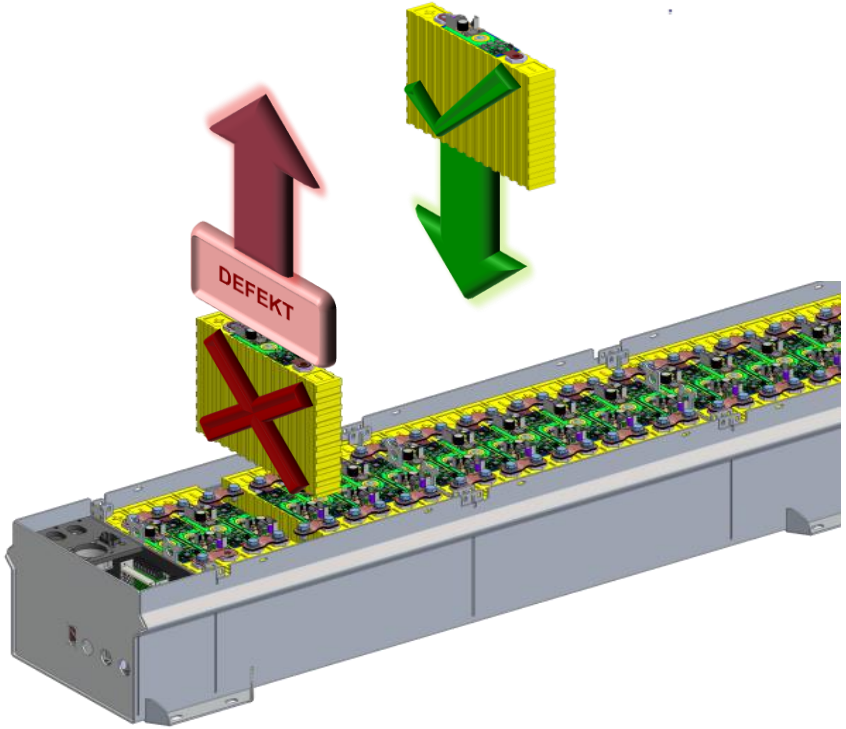
Traktionsbatterien
2 Batteriebänke mit jeweils 150 Zellen

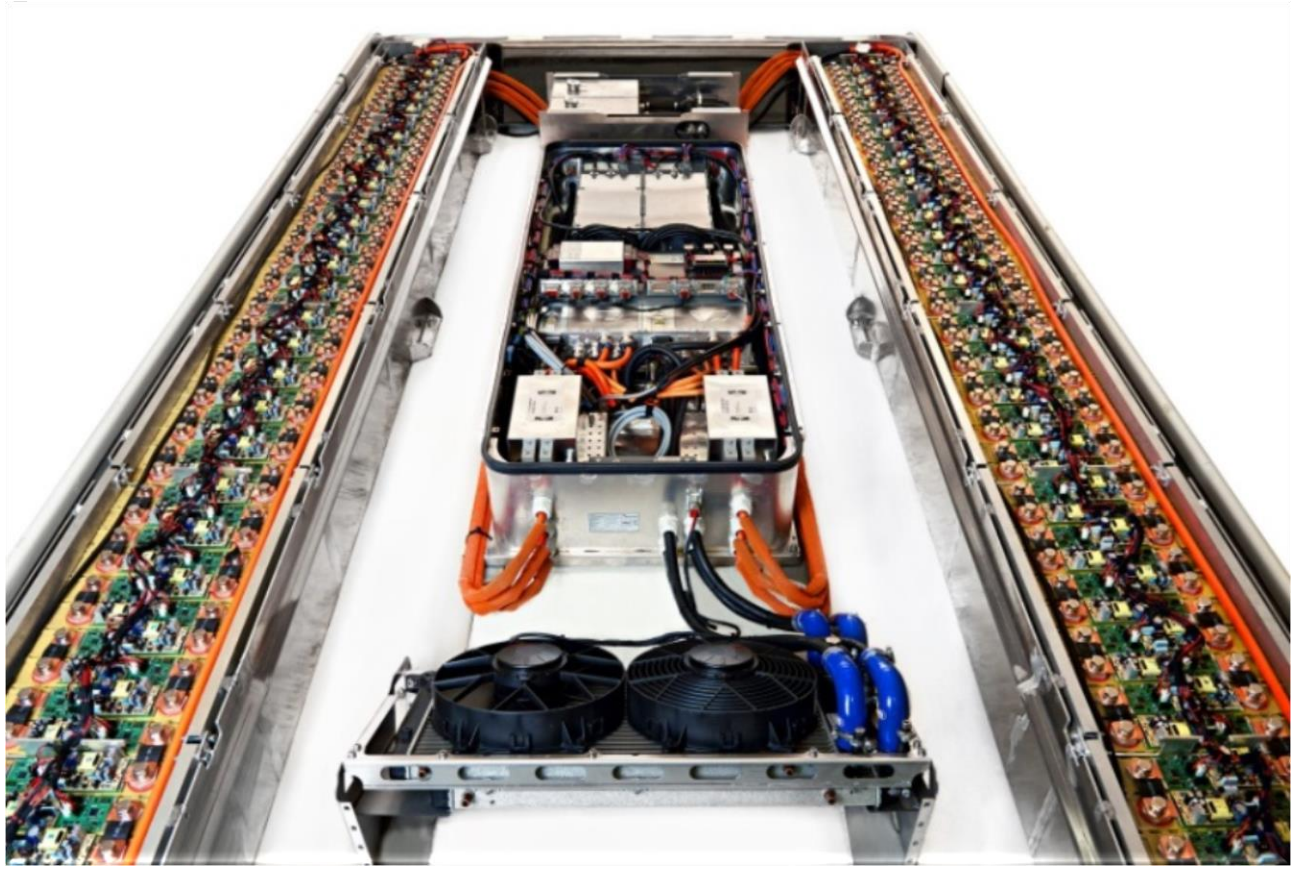
Hochvoltkomponenten
Antriebsinverter, Bordnetzwandler



Bordnetzbatterie
2 Batterien

Hinterachse ZF AVE 130
2 Radnarbennahen Asynchronmotoren zu je 120 kW


DEFEKT



Heizen & Kühlen

Dieselbrennstoffheizung Spheros 23 kW

- keine Reduzierung der Reichweite
- umweltverträglich weil geringer Brennstoffverbrauch
- höchster Wirkungsgrad

Kompaktklimaanlage Spheros Citysphere

- kompakter Kreislauf dadurch sehr geringe Wartungskosten
- geringer Energiebedarf – dadurch niedrige Betriebskosten
- hoher Wirkungsgrad
- effektive Ausnutzung des sogenannten Windchill-Effektes

Änderung/Erweiterung Strom - Hausanschluss

- neue zusätzliche 125 kW – Anschlussleitung für E-Busladung
- Verteileranlage, elektronische Zähler

Ladegerät SL 64 von SILEO

- ermöglicht „langsames“ Laden mit 32 kW oder
- auch “schnelles“ Laden mit 64 kW

5 Fahrzeugbetrieb – Erfahrungen & Daten

Inbetriebnahme

7. Juni 2016

- **20 Monate Regelbetrieb**
- **keine nennenswerte Probleme**
- **Verfügbarkeit min. vergleichbar mit Dieselbussen**
- **große Akzeptanz bei unseren Fahrgästen**
- **E-Busse sind bei Fahrern beliebt**

Fahrzeugladung
6 - 7 h Hauptladung
0,5 - 1 h Balancierladung
nächtliche Zuladung 140-170 kW

Dienstbeginn
Abklemmen Ladegerät
Dokumentation Ladedaten

Fahrbetrieb
ab 5 – 19 Uhr
ca. 190 – 220 km
Restbatteriekapazität 20-30 %

Dienstende
Anschließen Ladegerät
Dokumentation Fahrtdaten

Start Ladevorgang
ab 20 Uhr Start Ladevorgang

App- gesteuerter Ladevorgang

- Überwachung Batteriekapazität & Restreichweite im Fahrbetrieb
- Fernsteuerung Ladegerät; Ein- & Ausschalten des Ladevorganges
- Überwachung des Ladevorganges

Die Steuerung und Überwachung des Ladevorganges ist auch direkt am Ladegerät möglich.

o2-de 18:22 89 %
sfm.sileo-ebus.eu

Bus

Vorheriges Fahrzeug | Nächstes Fahrzeug

Status

Letzte Aktivität:	**07.02.2018 18:16:23**
SOC:	**22** %
Restreichweite:	**41.1** km
Gefahrene Strecke:	**195.9** km
Zustand Ladegerät:	**inaktiv**
Ladeleistung:	**0.0** kW
Geschätzte Ladedauer:	**---**
Betriebsmodus:	**Lokal**

o2-de 18:23 89 %
sfm.sileo-ebus.eu

SOC:	**21** %
Restreichweite:	**41.0** km
Gefahrene Strecke:	**195.9** km
Zustand Ladegerät:	**inaktiv**
Ladeleistung:	**0.0** kW
Geschätzte Ladedauer:	**---**
Betriebsmodus:	**Lokal**

Steuerung Ladegerät

Fernstart	Fernstopp	Lokal

Fernstart:	das Ladegerät wird gestartet, sobald es mit dem Bus verbunden ist. Ein Abbruch des Ladevorgangs ist am Gerät zu jeder Zeit möglich.
Fernstopp:	der Ladevorgang wird gestoppt. Ein erneutes Starten am Ladegerät ist in diesem Modus nicht möglich.
Lokal:	der Ladevorgang lässt sich zu jeder Zeit am Gerät Ein- und Ausschalten.

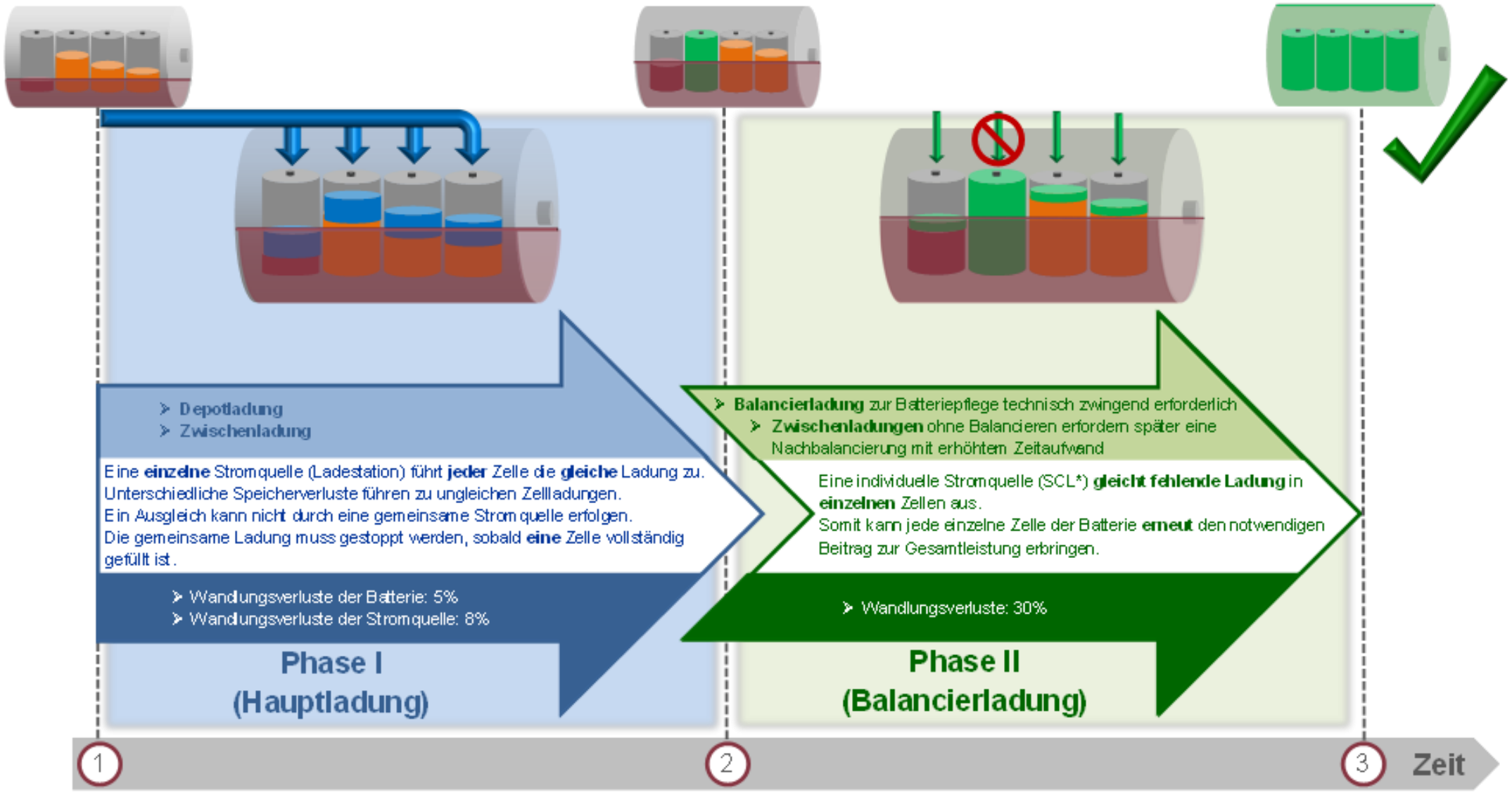
o2-de 20:36 88 %
sfm.sileo-ebus.eu

Bus

Vorheriges Fahrzeug | Nächstes Fahrzeug

Status

Letzte Aktivität:	**07.02.2018 20:18:25**
SOC:	**43** %
Restreichweite:	**39.9** km
Gefahrene Strecke:	**195.9** km
Zustand Ladegerät:	**aktiv**
Ladeleistung:	**25.7** kW
Geschätzte Ladedauer:	**9h 50min**
Betriebsmodus:	**Fernstart**



* SCL = *Single Cell Loading* (Einzelzellladung)

Energieverbrauch

Durchschnittsverbrauch* 1,1 kWh / km

*(Durchschnitt über 1 Jahr, gemessen vor dem Ladegerät)

Abhängig von:

- klimatischen Verhältnissen (extrem kalt oder warm) → Betrieb der Klimaanlage oder der Heizung
- Tageslichtverhältnissen → Fahren mit Fahrlicht und Innenbeleuchtung
- Fahrweise des Fahrers → Ausnutzung des Rekuperationseffektes

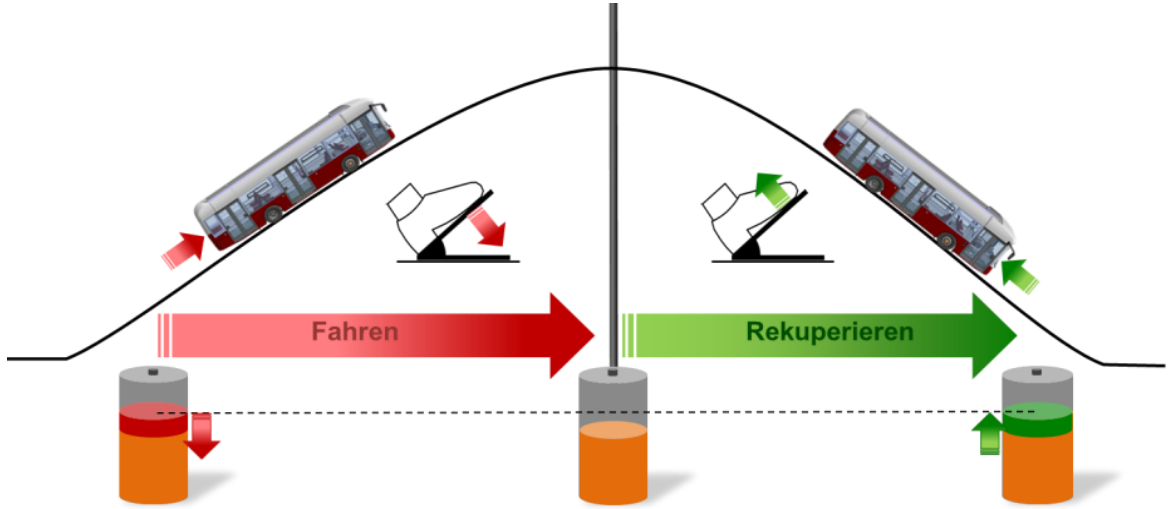
Rekuperationsrate 35 – 40 %

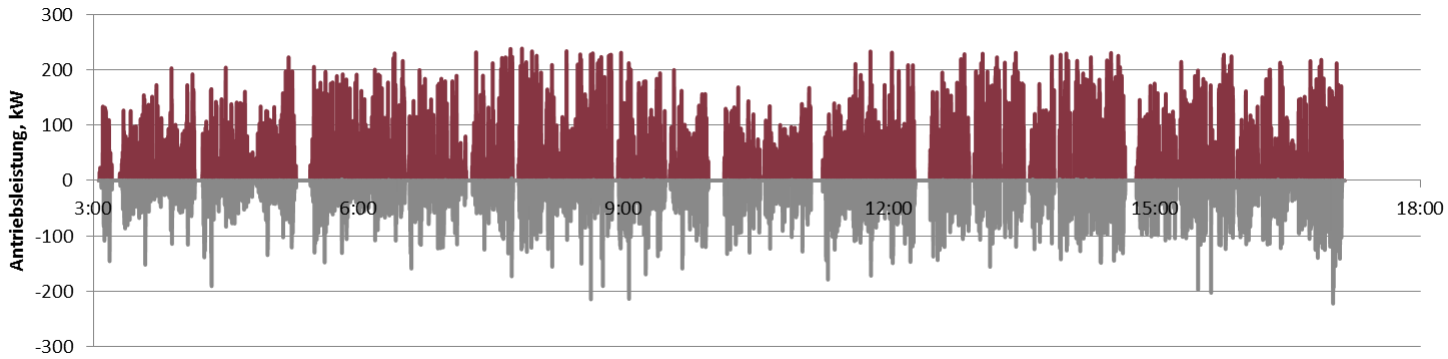
Abhängig von:

- Topographie des Linienweges → Verhältnis zwischen Gefällstrecken und Steigungen
- Voreingestellte Verzögerungsstufe → Einstellung der für die Topographie optimale Verzögerungsstufe
- Fahrweise des Fahrers → Ausnutzung des Rekuperationseffektes

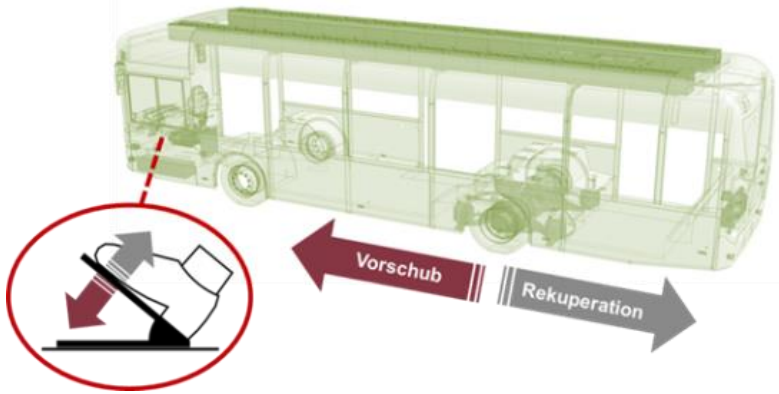
Prinzip der Rekuperation

- Rückgewinnung elektrischer Energie im Generatormodus der Antriebsmotoren
- ist die wesentliche Effizienzgrundlage





Realdaten zur Antriebsleistung im Linieneinsatz (rot: Antrieb, grau: Rekuperation)



Gesamtenergieverbrauch: 195 kWh
Rekuperationsrate: 41%

Inverter: 41 °C
L. Motor: 87 °C
R. Motor: 90 °C
Temperatures
Pedal: 0.0 %
Brake: 7.6 %
Air: 7.8 bar
Powertrain
Driven: 126.7 km
Remain: 71.8 km
Rec. rate: 56.2 %
Trip
Energy flow
0.0 kW
Actual power
km/h
Actual velocity
Power (kW)
200
150
100
50
0
-50
-100
-150
-200
40 %
State of charge
1.00 kWh/km
Specific consumption
http://www.sileo-ebus.com
17:34:57

6 Probleme, Fragen & Aufgaben

automatisierte Benachrichtigung bei Stromausfall

Strom selbst erzeugen und speichern

Verbesserung bei Federung & Dämpfung

Wie lang ist die Lebenszeit einer Batteriezelle?

Abdeckung Energiebedarf & Lademanagement bei E - Busflotten

Heizen & Kühlen mit niedrigem Energiebedarf

7 Fazit, Erwartungen & Forderungen

Fazit

- Unser Erwartungen an das Projekt wurden bisher erfüllt!
- Die Technik in unseren Elektrobussen ist für den Regelbetrieb geeignet!
- Kleine Stadtverkehre sind besonders für den Einsatz von Elektrobussen geeignet!
- Ohne finanzielle Förderung sind Investitionen in Elektrobusse noch nicht realisierbar!

Erwartungen & Forderungen

- Investitionen in alternative Antriebe müssen weiter finanziell gefördert werden!
- Fördermaßnahmen müssen kommunalen und privaten Unternehmen gewährt werden!
- Die Politik muss für verlässliche Rahmenbedingungen im ÖPNV sorgen!
- Es müssen mehr Fahrzeuge auf den Markt damit die Preise sinken!
- Ladegeräte und Anschlusstechnik müssen standardisiert werden!
- Wir brauchen Übergangsfristen beim Wechsel zu alternativen Antrieben!

Projekt für 2019

Elektrobusse im Überlandlinienverkehr

Herzlichen Dank

für Ihre Aufmerksamkeit!

Lutz König

Salza Tours König OHG
Omnibusbetrieb
Am Fliegerhorst 5
99947 Bad Langensalza / Thüringen
Tel.: +49 36 03 82 67 0 * e-Mail: lutz.koenig@salzatours.de