

# Anforderungen an Technik und Wartung für die Verfügbarkeit eines ebus-Systems

Erfahrungsrückblick von tpg

Olivier Augé / 5. Juni 2024

BUS24 

GED #724695





# transport publics genevois



## Zahlen – Jahresbericht 2023

- 32.5 Moi. Fahrzeug-kilometer  
(~ 89'000 km pro Tag)
- 555 Mio. Passagierkilometer  
(~1'520'000 Passagier-kilometer/Tag )
- 593'000 Fahrgäste pro Tag
- 2'279 Mitarbeiter
  - Betrieb: 1'601
  - Technik : 365
  - Administration: 313
- 476 Fahrzeuge  
(tramways, trolleybus, bus ohne Unterauftragsvergabe)
- 77 Linien





# Flotte 2023

## Tramways, trolleybus und buses

126 Trams



104 Trolleybusse



232 Dieselbusse (189 Gelenk)



12 eBusse

1

# Elektrifizierung des Busnetzes der TPG

Von der Innovation zum Netzwerkansatz  
inklusive einer Linie im Betrieb seit 2018

# Elektrifizierung 1/4: Innovation 2010-2016 $\sigma$ tpg

## Private öffentliche Partnerschaft



- Weltweit erster elektrischer Gelenkbusses (132 Fahrgäste)
- Eine Batterie von nur **38 kWh**
- Flash-Ladung in 20 Sekunden

- Passagiere statt Batterien transportieren
- Einweihung während des UITP-Weltkongresses 2013 in Genf.





# Elektrifizierung 2/4: Einsatz auf L23

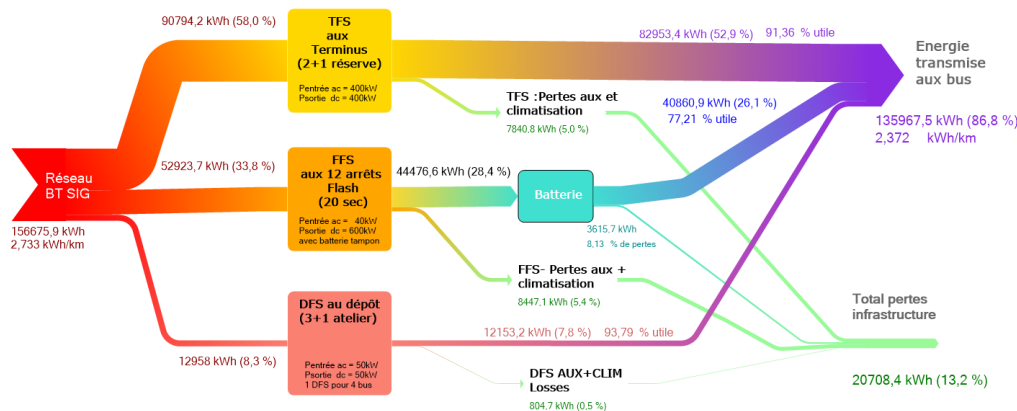
L23 - Ein einzigartiges Erlebnis im Service seit 2018

- Vom Bund unterstütztes Leuchtturmprojekt
- 12 bus Gelenkbusse, 2 Terminus et 12 Flash
- 3.6 Mkm zurückgelegt, Verfügbarkeit >98.7%
- ~70'000'000 Fahrgäste.km geleistet
- Feedback mit kommunizierenden Fahrzeugen und Infrastrukturen



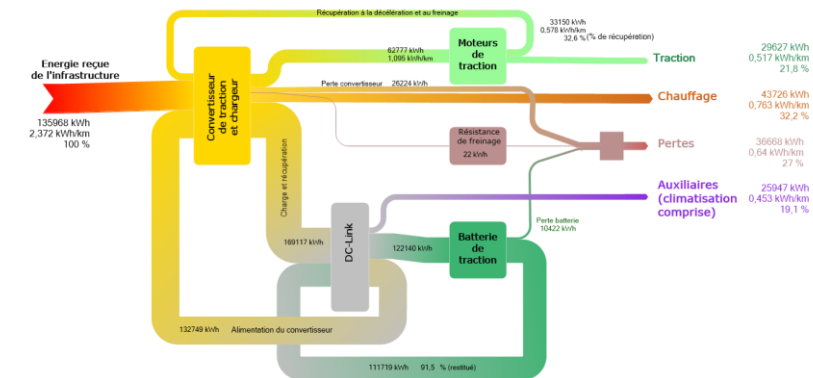
TOSA Ligne 23 Infrastructure - Flux d'énergie

km parcourus par la flotte de 12 bus dans le mois: 57327,84 km  
Période du 1-1-2021 au 1-2-2021



TOSA Bus S505 sur L23- Flux d'énergie

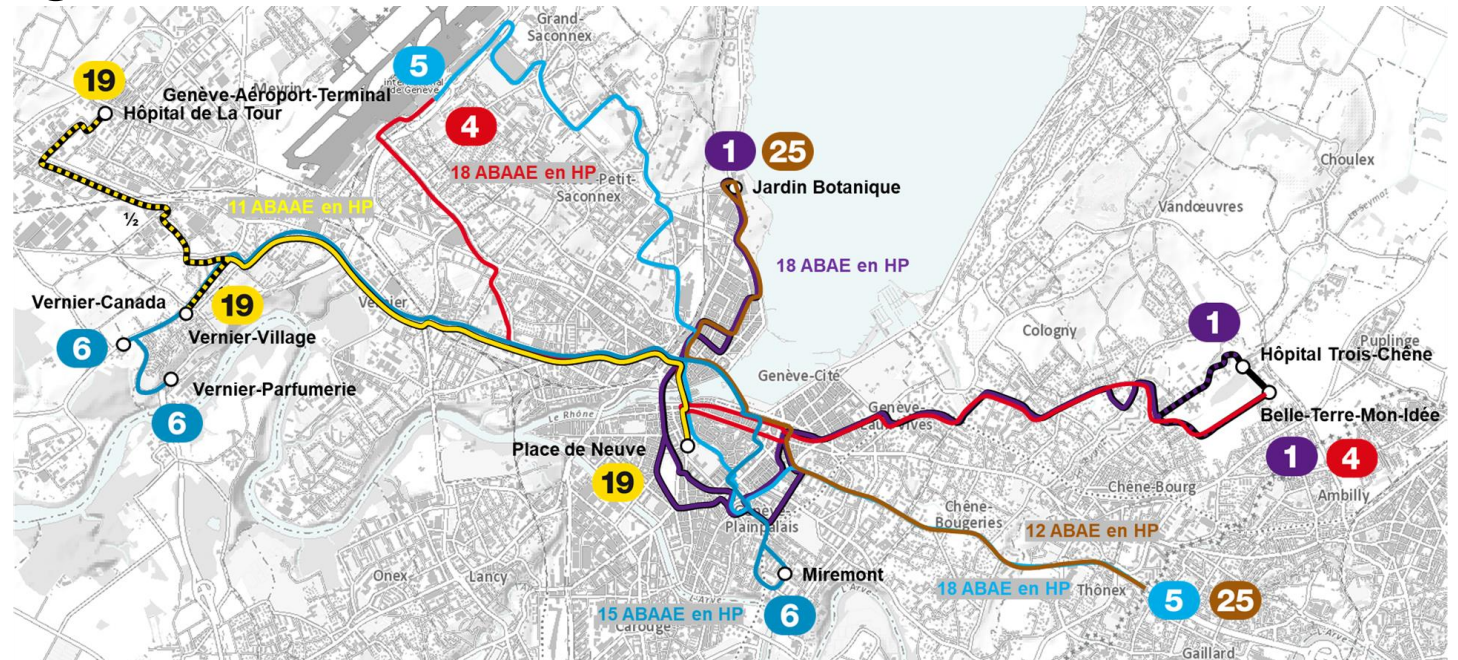
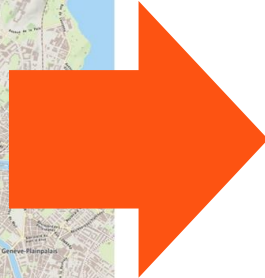
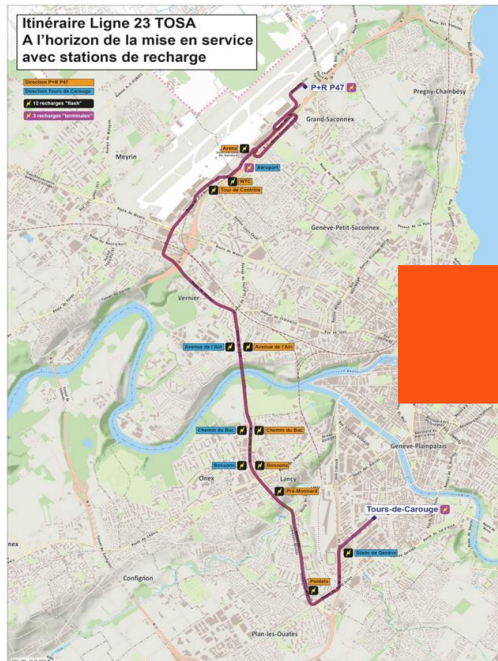
km parcourus par la flotte de 12 bus dans la période: 57327,84 km  
Période du 1-1-2021 au 1-2-2021



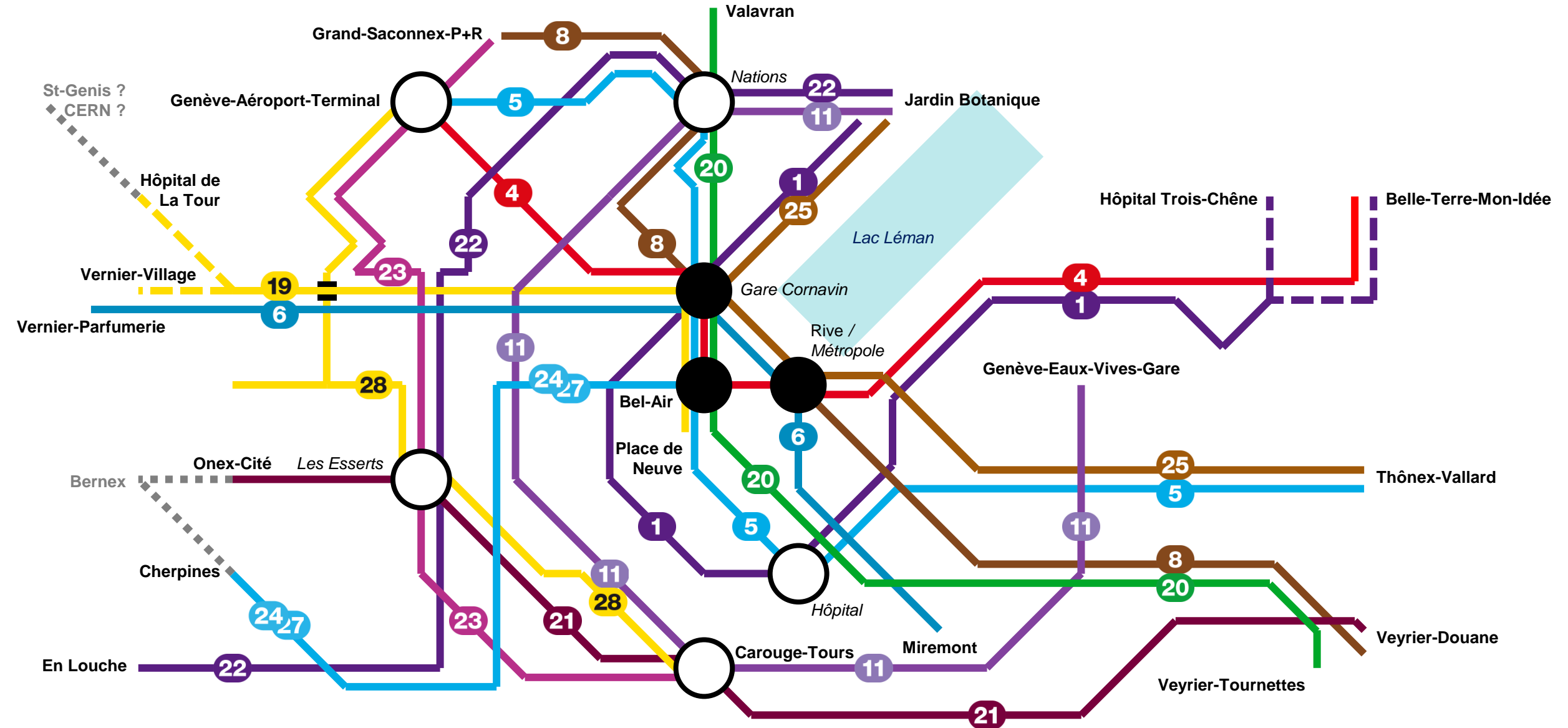
# Elektrifizierung 3/4: CAP2030 1. Etappe

Nach der Linie 23 kommt das Streckennetz

- Netzwerkansatz: 1. Phase mit 6 Hauptlinien
- Flotte mit großer Kapazität: 65 Gelenkbusse + 56 Doppelgelenkbusse
- Ein optimiertes Konzept, welches auf unserer Erfahrung und den technologischen Entwicklungen beruht.



# Elektrifizierung 4/4 : CAP2030 Des urban Netzes





2

## Verfügbarkeit sicherzustellen.

Verändert die Energiewende Ziele, Berufe,  
Abläufe und Werkzeuge?

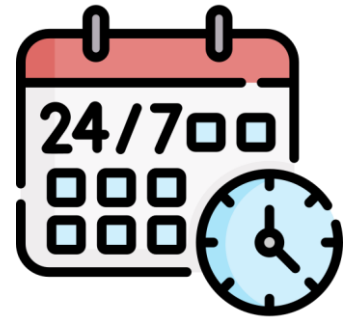
# E-Bus syst.: Verfügbarkeit sicherzustellen $\sigma tpg$

Was hat sich geändert ?

Die Energiewende geschieht nicht alleine.

*Über die neue Infrastruktur und die Auswirkungen auf den Betrieb der Lademethode hinaus stehen weitere Änderungen an.*

- Für Betreiber von Trolleybussen mit Batterie ist der Schritt etwas weniger wichtig.
- Neue Klima-/Heizsysteme (Wärmepumpe, CO2/R744, Verzicht auf R134, R407...)
- Die Ankunft der Batterien und ihre Spezialisierung
  - Technologien (LFP, LTO, NMC usw.) je nach Anwendung und deren Generation
  - Kein Standard für das Batteriemanagement (BMS: SoC, SoH sind je nach Anbieter unterschiedlich)
  - Obsoleszenz des Akkus, die vor dem ersten Batteriewechsel auftreten kann
- Gleichzeitig trifft ITxPT ein
  - Obsoleszenz alter Bordsysteme (Zählung, Videoüberwachung, Bildschirme, Zielanzeige usw.)
  - Starke Abhängigkeit vom FIS-Lieferanten (Treiber, IT-Architektur, Cybersicherheit etc.)
- Sogar die Reifen sind unterschiedlich



# E-Bus syst.: Verfügbarkeit sicherzustellen $\sigma$ tpg

# Technik- und Wartungsbedarf

- Engineering: Von Innovation zu Zuverlässigkeit
  - Innovation
  - Erwerb
  - Quittung und Garantie
  - Lebenszyklus
- Wartung: Entwicklung von Berufen und Verfahren
  - Ausbildung
  - Rezeption
  - Vorbeugende Wartung
  - Korrigierende Wartung
  - Vorausschauende Wartung

EVOLUTION  
REVOLUTION





# E-Bus syst.: Verfügbarkeit sicherzustellen $\sigma tpg$

## Technischer Bedarf

### – Engineering: Schlüsselemente

#### – In der Beschaffungsphase

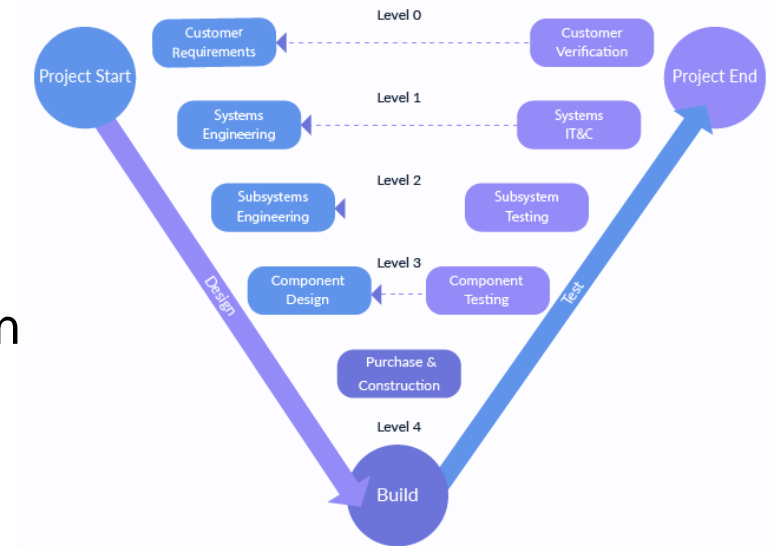
- Monitoring: Welche Daten werden benötigt?
- Datenzugriff und -verwaltung
  - Komplexität der Architekturen, Bereitstellung von Tools und Konsistenz der Daten
  - Vorhandensein von End-to-End-Engineering-Tools, um die ordnungsgemäße Durchführung von Entwicklungen sicherzustellen

#### – Réception et garantie

- Zuverlässigkeit – Umgang mit Nichtkonformitäten:
  - Zugriff auf Daten vom ersten Tag an
  - First-Time-Syndrom: 1. Fahrzeug, 1. Kunde...
  - Dokumentation und Nachverfolgung von Fällen
- Überwachung der Energieleistung: Verbrauch von Subsystemen

#### – Lebenszyklus

- Änderungsmanagement
- Obsoleszenzmanagement

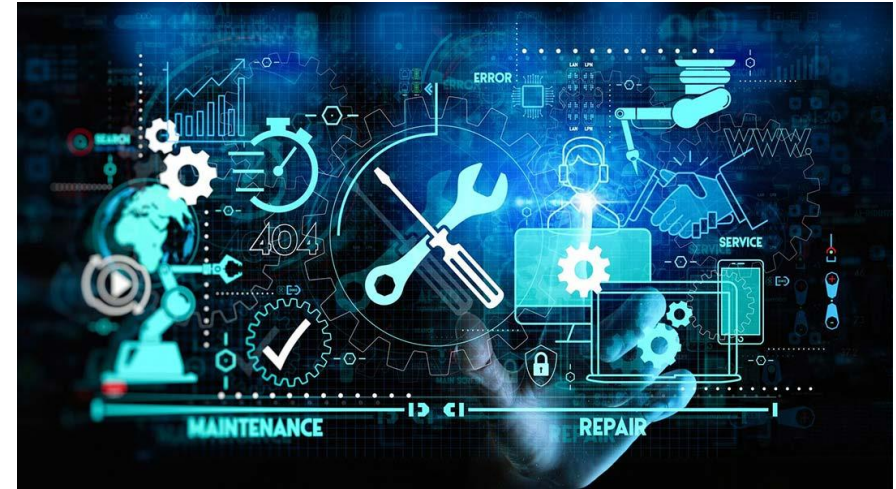


# E-Bus syst.: Verfügbarkeit sicherzustellen $\sigma tpg$

## Wartungsbedarf

### – Wartung: Schlüsselemente

- Ausbildung
  - Vertrauen schafften → Wichtiger Fokus auf Sicherheit
  - Black Boxes vermeiden → Zugriff und Beherrschung der Debugging-Tools des Herstellers
- Rezeption
  - Teilnahme an Werksbesichtigungen während der Bauphase
  - Teilnahme an Abnahmetests
- Vorbeugende Wartung
  - Identifizieren Sie kritische Elemente und passen Sie den Wartungsplan an
- Korrigierende Wartung
  - Gemeinsame Nutzung von Werkzeugen und Info (Datenlogger usw.) mit dem Hersteller
- Vorausschauende Wartung
  - Wie kann man Vorhersagen in das Wartungsmanagement integrieren?
  - Können wir die Nichtverfügbarkeit von Fahrzeugen und Infrastruktur wirklich reduzieren?



# Verfügbarkeit sicherzustellen

## Kann KI bzw. maschinelles Lernen helfen?

- Verhaltensregeln
  - Sagen Sie nicht, dass KI nicht nützlich ist. → Sie wirken veraltet
  - Sagen Sie nicht, dass KI sehr nützlich wäre. → Sie werden wie ein Träumer wirken
- In welchen Phasen kann AI eine Rolle spielen?
  - Beschaffung: Anforderungen des Pflichtenheftes prüfen?
  - Rezeption und Garantie: Checkliste erstellen?
  - Change Management: Hilfe bei der Bewältigung von Ängsten?
  - Lebenszyklus: Mögliche Grundursachen identifizieren?
- Weitere Fragen, die wir zum Thema KI stellen können?
  - Abhängig vom Auftreten von Störungen:
    - Repetitiv → Gut identifizierte und kontrollierte Verarbeitung → Beitrag der KI?
    - Selten → Geringes Vorkommen beim Lernen → Qualität der KI-Antworten?
  - Für vorausschauende Wartung:
    - Welche Vorteile haben Wartungsteams?
    - Wie lassen sich Vorhersagen in den Alltag integrieren?





# BUS 24 -Bustagung, 4.-5. Juni 24, Thun

## Frage-Antwort

Anforderungen an Technik und Wartung für die Verfügbarkeit eines ebus-Systems. Erfahrungsrückblick von tpg.  
Energieübergangsstrategie der TPG.



BUS24 



tpg: Auf dem Weg zum 100 % elektrischen öffentlichen Nahverkehr.

Heute ist die Hälfte der 476 TPG-Fahrzeuge elektrisch und wird vollständig mit erneuerbarer Energie betrieben.

tpg hat das Ziel, bis 2030 eine 100 % elektrische Fahrzeugflotte zu haben.

Olivier Augé / TPG Responsable Ingénierie [Auge.Olivier@tpg.ch](mailto:Auge.Olivier@tpg.ch)