



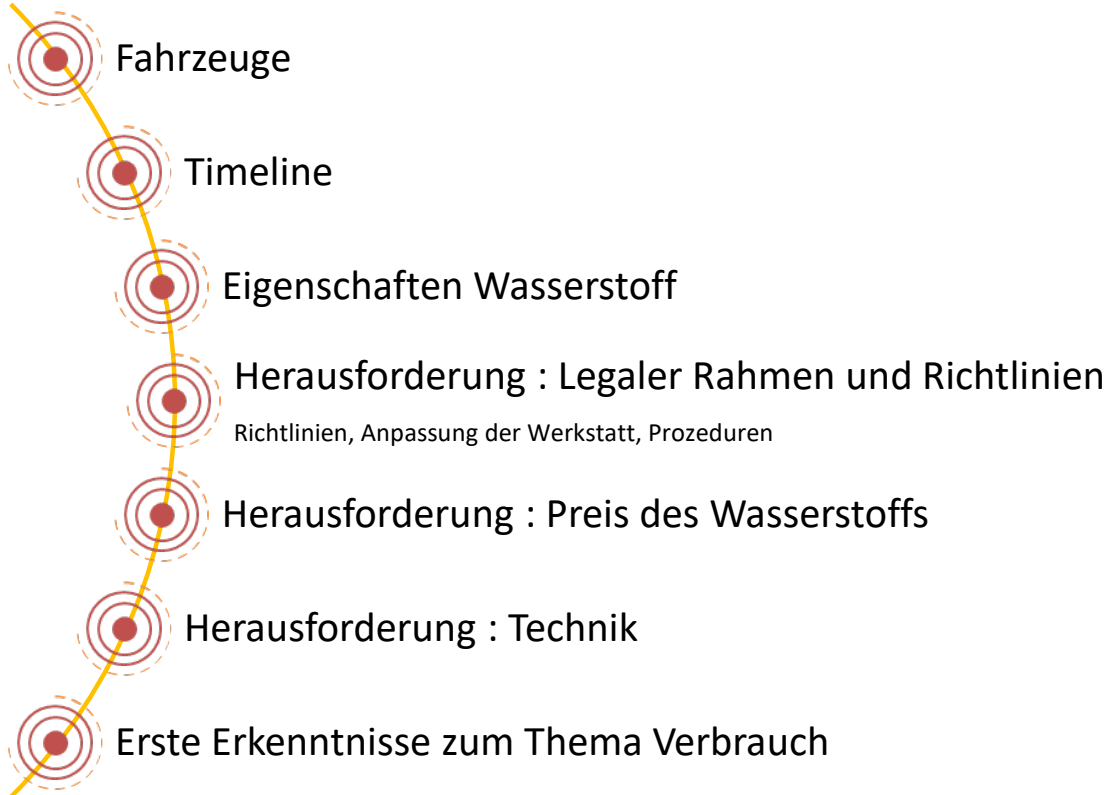
Erfahrungsbericht über den Einsatz von Wasserstoffbussen

Wasserstoffbusse im öffentlichen Verkehr

Thomas HANS | Transports publics fribourgeois Trafic (TPF TRAFIC) SA

10.06.2026

Inhalt



Fahrzeuge

Wasserstoffbehälter
6x 5kg (nutzbar)

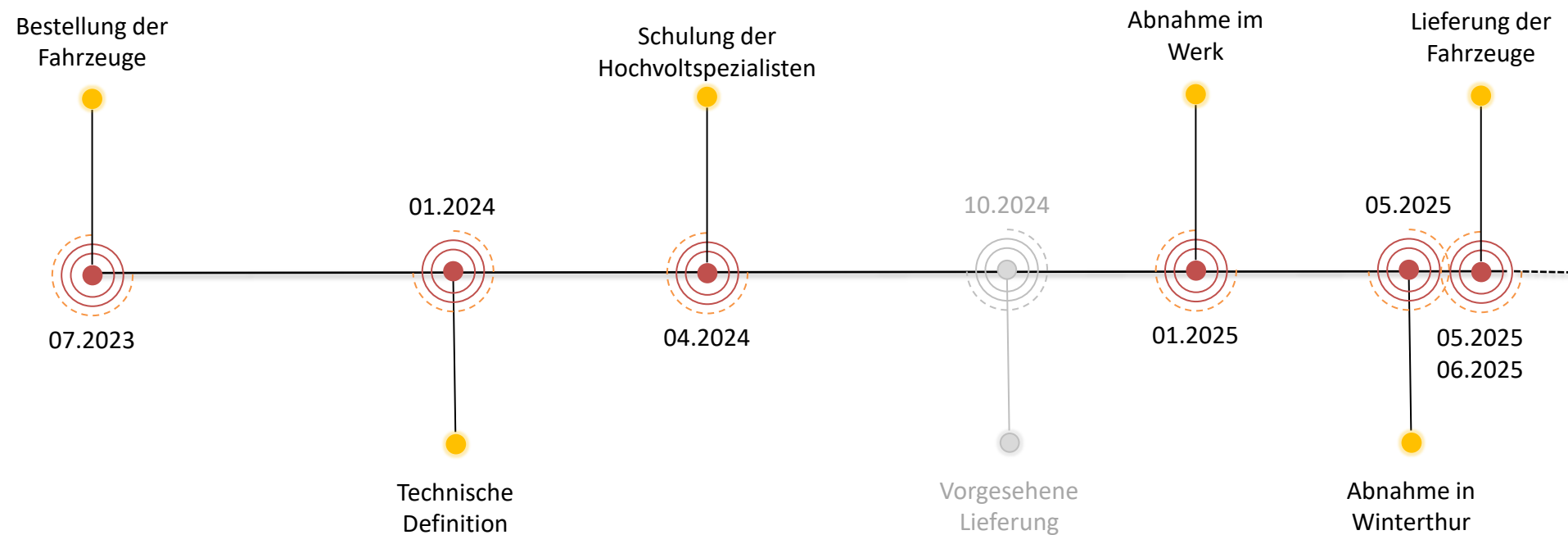
Hochvoltbatterien
NMC 3
4x 98 kWh



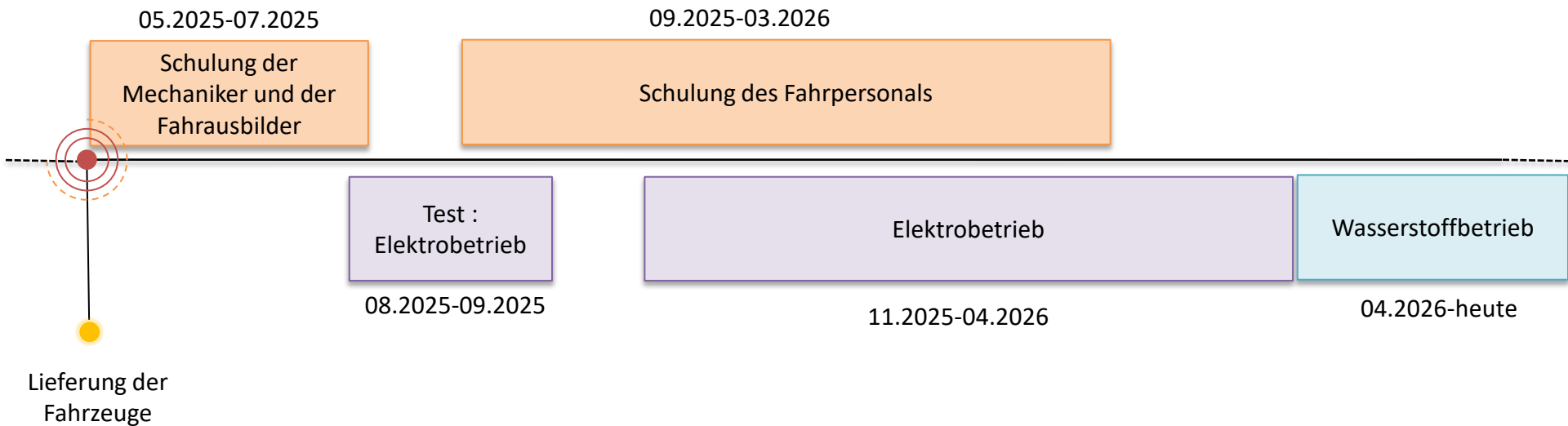
@ Jo Bersier

Brennstoffzelle von Toyota
60 kW, auf 40 kW gedrosselt

Timeline



Timeline



Timeline - Vorgesehen

2026 : Verschiedene Tests, letzte Fehlerbehebungen

2027 : Erstes Test-Jahr im regulären Betrieb

2028 : Zweites Test-Jahr im regulären Betrieb

2029
Finaler Rapport

Eigenschaften Wasserstoff

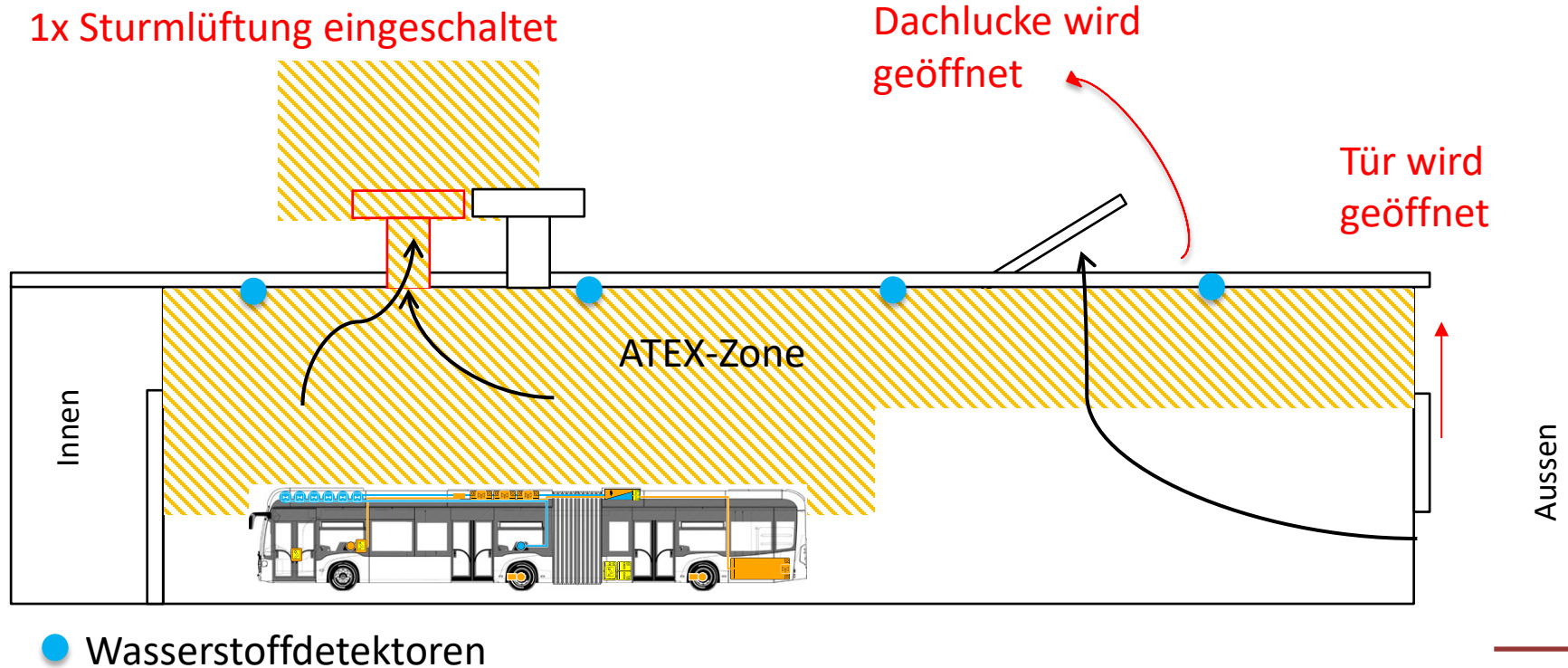
- Farb- und geruchlos (Leck ohne geeignete Systeme nicht erkennbar)
- 14x leichter als Luft (entweicht schnell im Freien, kann jedoch Akkumulierungen in Innenräumen bilden)
- Grosser Entzündungsbereich von 4–75 % Konzentration in der Luft
- Geringe Zündenergie erforderlich (z.B. reicht statische Elektrizität aus)
- Unsichtbare Flamme ohne Wärmestrahlung



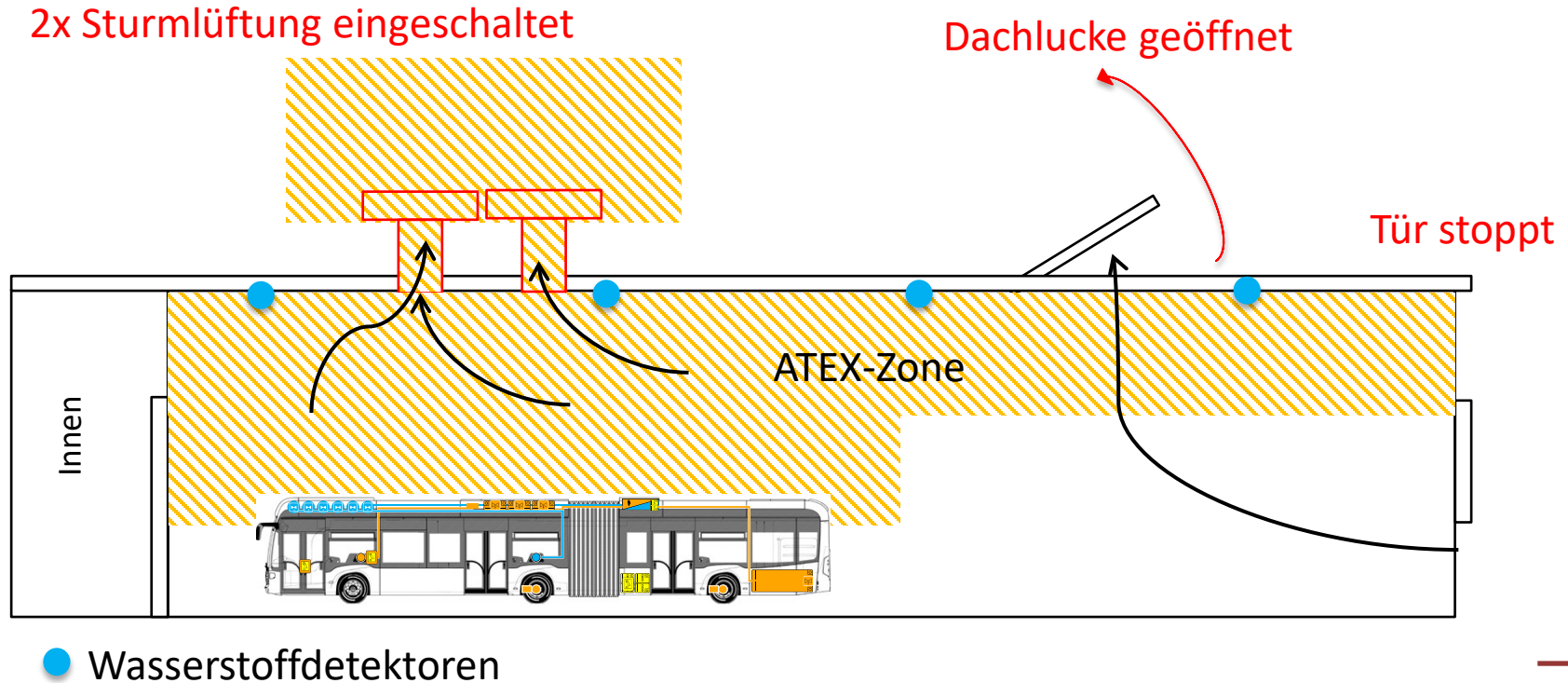
Herausforderung : Legaler Rahmen und Richtlinien

- Kein klar definierter rechtlicher Rahmen für Wasserstoff, lediglich Richtlinien
- Keine Vorgaben vom Fahrzeughersteller für die Werkstatt
- Die Verantwortung liegt beim Betreiber der Fahrzeuge
- Keine existierenden Prozeduren bei Störungen im Zusammenhang mit Wasserstoff
- Keine klaren Regeln für Anpassungen der Werkstatt ; diese müssen jedoch von der SUVA abgenommen werden

Werkstattanpassung – Voralarm bei 10 % UEG

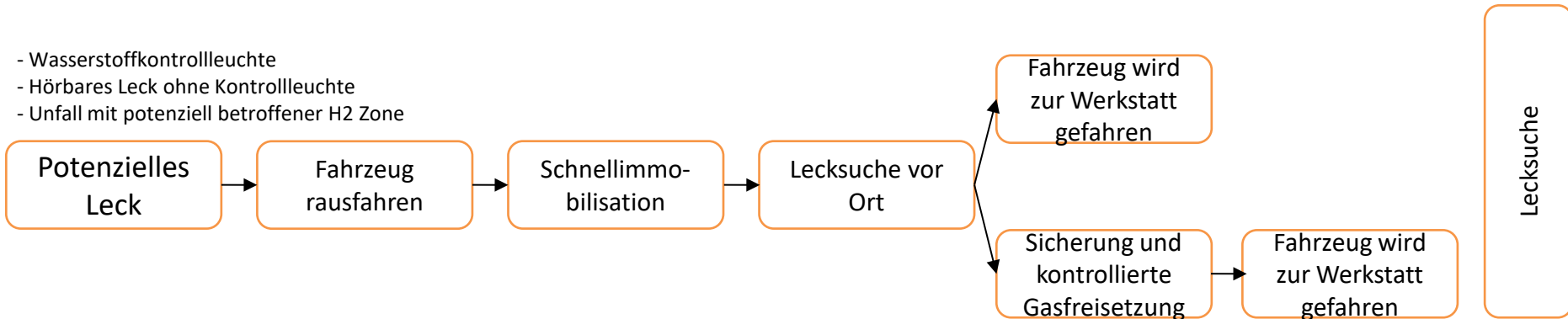


Werkstattanpassung – Gefahrenalarm bei 20 % UEG

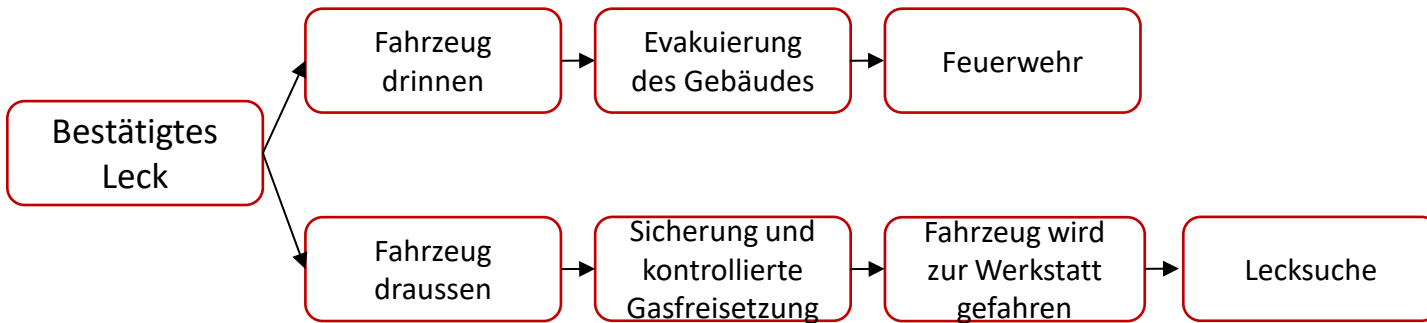


Vereinfachte Prozedur

- Wasserstoffkontrollleuchte
- Hörbares Leck ohne Kontrollleuchte
- Unfall mit potenziell betroffener H2 Zone



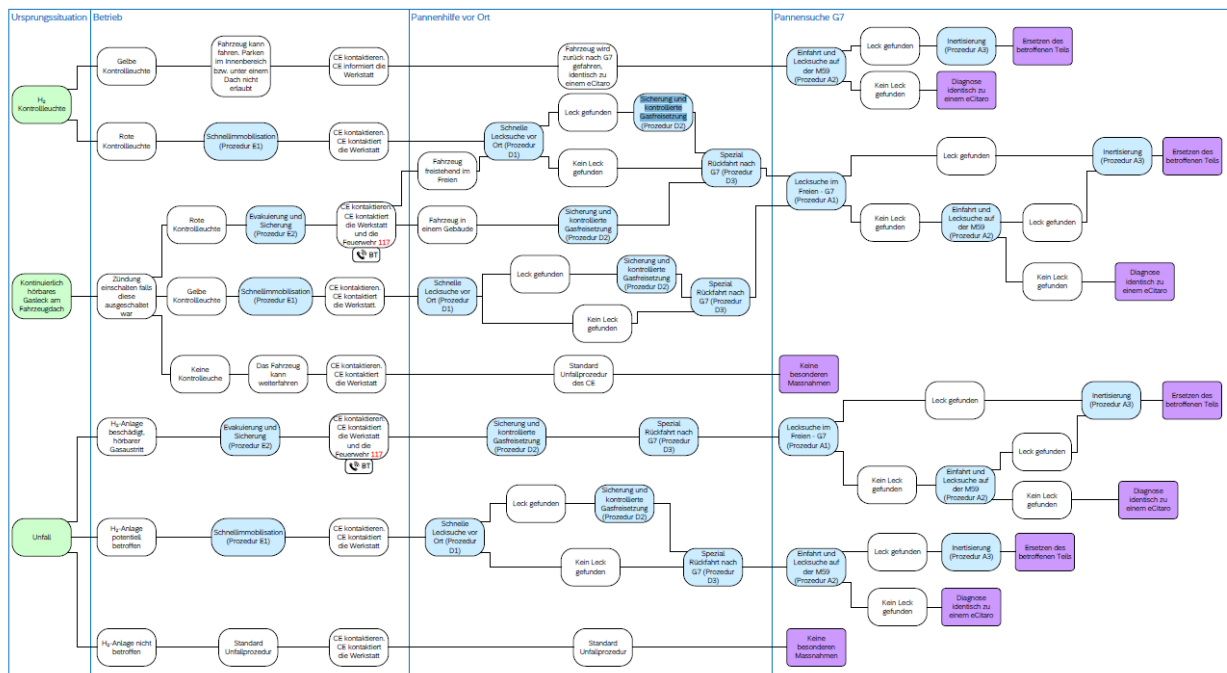
- Hörbares Leck mit roter Kontrollleuchte
- Unfall mit betroffener H2 Zone



Komplette Prozedur

V1.01
31.03.2026

Prozedur Mercedes REX Für den Betrieb und die Werkstatt



Die blauen abgerundeten Kästen verweisen auf weitere Prozeduren.

Die grünen abgerundeten Kästen stellen die Initialsituation dar.

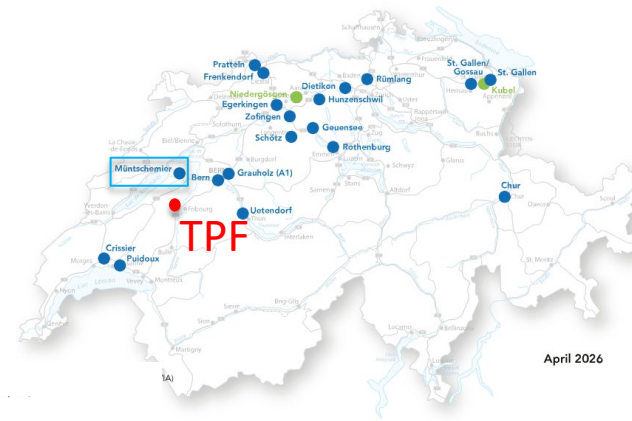
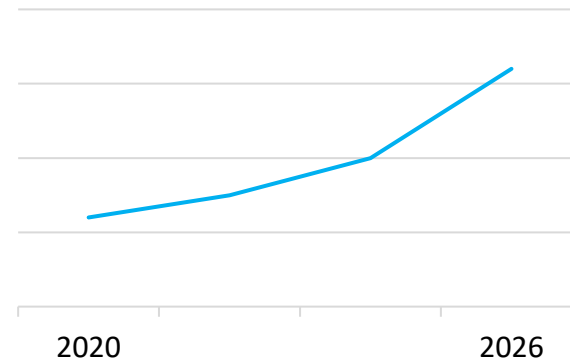
Die grünen abgerundeten Kästen stellen das jeweilige Prozedur dar.

Disclaimer: Diese Prozeduren ergänzen die von Mercedes (Busdoc / Xentry). Diese sind weiterhin zu beachten und einzuhalten.
Disclaimer: Bei einem brennenden Gasaustritt müssen die Anweisungen der Einsatzkräfte (Feuerwehr / Polizei) beachtet und umgesetzt werden.
Technisches Bureau kontaktieren

Herausforderung : Preis des Wasserstoffs

- Der Preis für jedes gelieferte kg Wasserstoff hat sich stark verändert in den letzten Jahren, weshalb die Installation einer Wasserstoff-Tankstelle nicht mehr rentabel ist. Ausserdem muss ein Trailer noch dazu gemietet werden, um den gelieferten Wasserstoff zu speichern.
- Die Installation eines Elektrolyseurs ist nicht rentabel für 2 Fahrzeuge
- Keine der Nachbarfirmen ist an einer gemeinsamen Wasserstoff- Tankstelle interessiert
- Es ist wirtschaftlicher, an einer öffentlichen Tankstelle zu tanken (mit Berücksichtigung von Fahrzeit und Distanz zur Station)

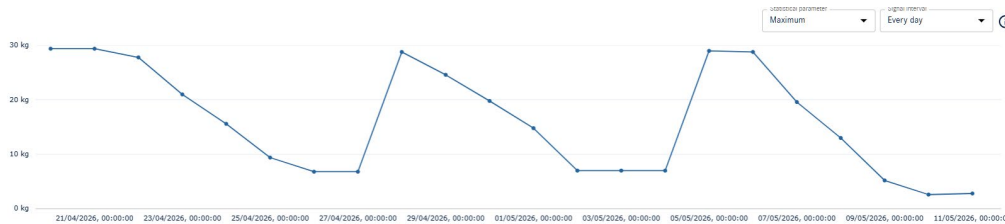
Preis des gelieferten Wasserstoffs



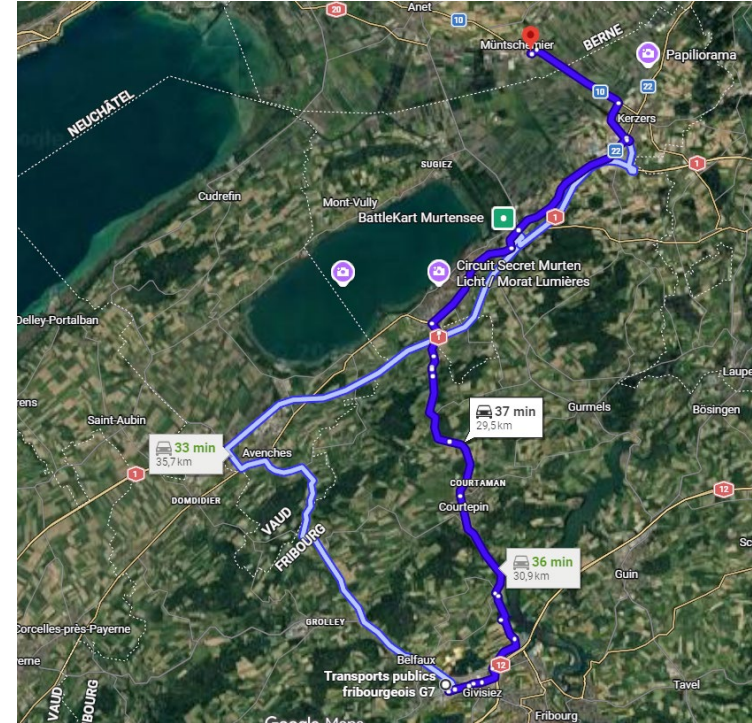
April 2026

Herausforderung : Preis des Wasserstoffs

- 1-2 Betankungen pro Woche

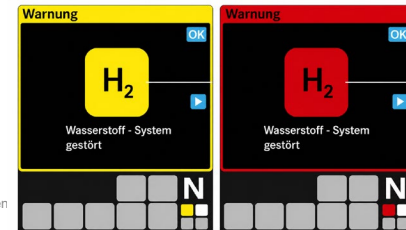


- Derzeit führen die Fahrzeuge im Hybridmodus bis zu drei Verstärkungsfahrten pro Tag durch. Im laufe der Versuche werden diese dann verlängert
- In der Zukunft werden dann die Strecken je nach SoC und Wasserstoffniveau definiert



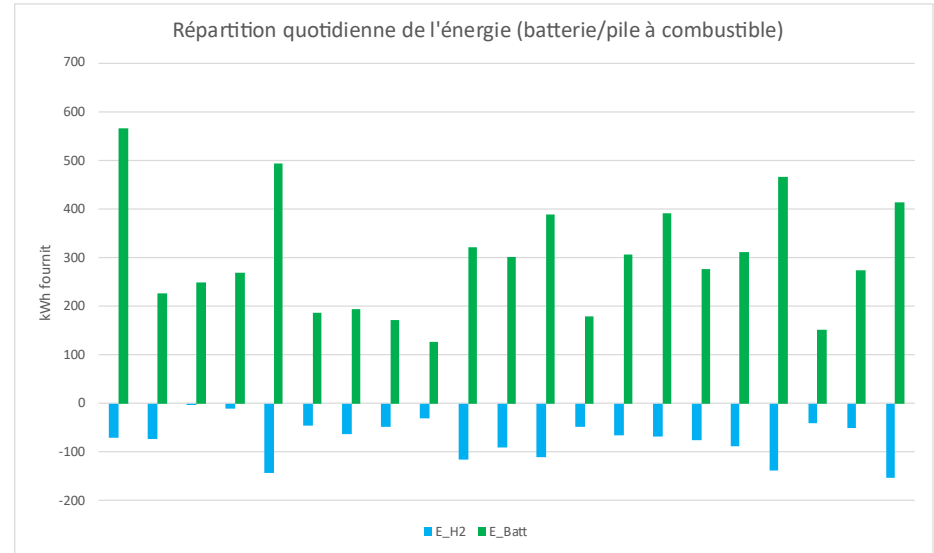
Herausforderungen : Technik

- Bis zum heutigen Tag ist es nicht möglich den Tank vollständig (auf 100%) zu füllen
- Die Brennstoffzelle ist für den Regionalbetrieb unterdimensioniert (die durchschnittliche Geschwindigkeit ist höher als im Stadtbetrieb)
- Im Winter wurde ein Mehrverbrauch bei rein elektrischen Fahrten festgestellt (die Wärme der Brennstoffzelle kann nicht rückgewonnen werden, sodass die elektrische Widerstandsheizung die gesamte Wärme bereitstellen muss).
- Wasserstoffkontrollleuchte immer identisch, unabhängig welche Störung vorliegt. (Kühlwasserniveau, Leck)
- Modus der Brennstoffzelle konnte noch nicht getestet werden. Ausserdem war eine Vorkonditionierung bis jetzt nicht möglich.
- Unterscheidet nicht zwischen einem internen oder externen Leck



Erste Erkenntnisse zum Thema Verbrauch

- Aktuell ist noch nicht ersichtlich, wie die Verteilung des Verbrauchs unter den verschiedenen Energiequellen definiert wird.
- Mehr Daten sind notwendig für eine detaillierte Analyse des Verbrauchs





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit