

Wirtschaftlichkeit: Erkenntnisse und Takeaways

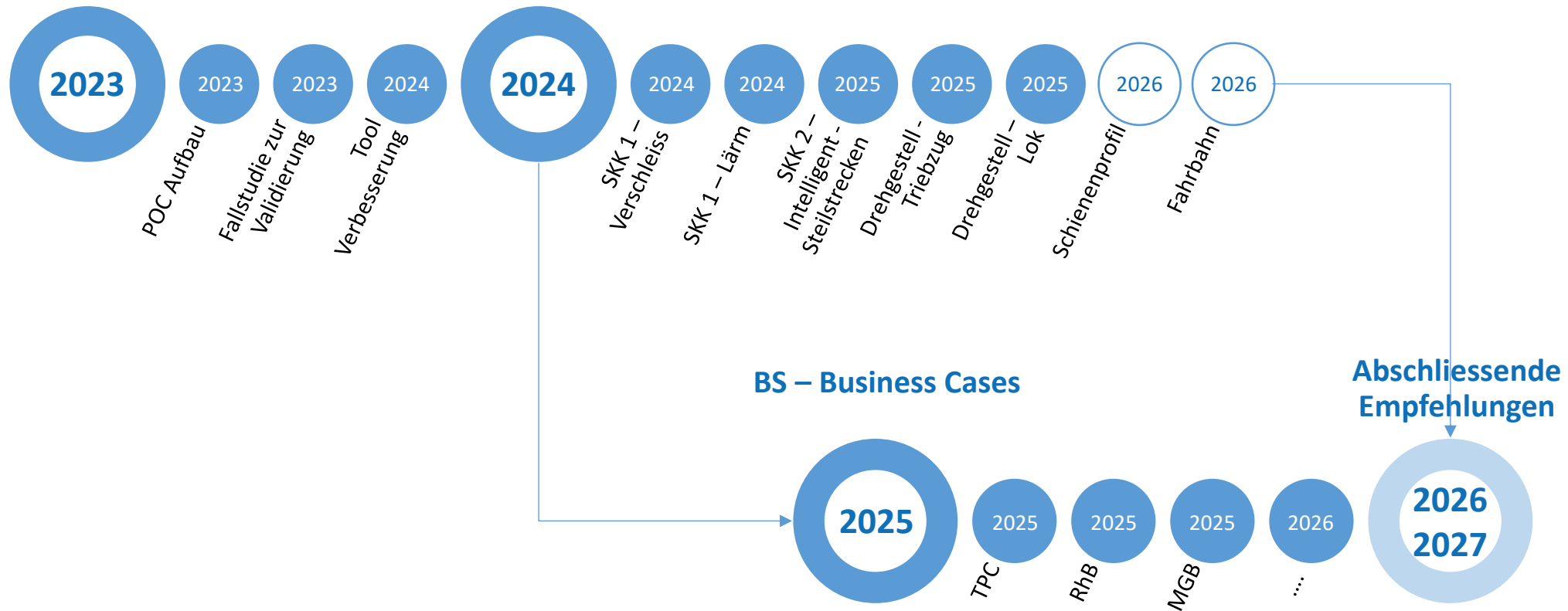
5. Interaktionstag, 30.10.2025
Yves Putallaz



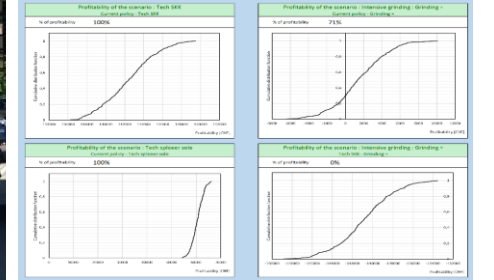
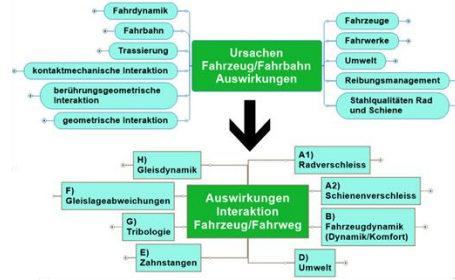
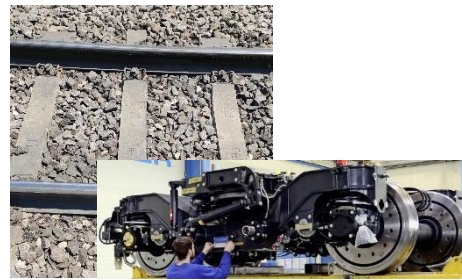
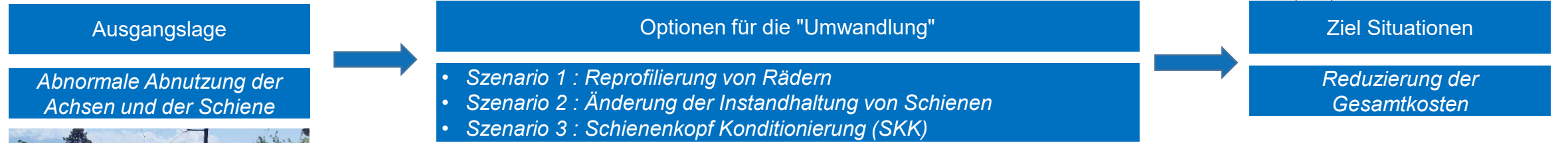
Der Weg...

Modelaufbau

Technischen Business Cases



Das Modellkonzept



Linien & Umwelt Parameter	Anlagen / Rollmaterial Bibliothek	Interaktionen Matrizen	Der Anlagenbestand / der Fahrzeugbestand	Szenarien
<ul style="list-style-type: none"> Länge der Strecke Art und Umfang des Verkehrs Art des Betriebs Streckenführung Gefälle Art der Umgebung (städtisch, bergig...) Umwelt Parameter 	<ul style="list-style-type: none"> Nominale Nutzungsdauer (die die Lebenszykluskosten optimiert), Wiederbeschaffungswert. Volumen der (präventiven und korrektiven) Wartung, das während des (optimierten) Lebenszyklus erforderlich ist Die damit verbundenen Kosten (Kosten pro Einheit, pro Wartung). Usw. <p>Eine Innovation wird als ein neues Standardelement gesehen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Technische Beziehungen zwischen Standardelementen (die Einführung eines neuen Standardelements (einer neuen Technologie) verringert den Wartungsbedarf eines anderen Standardelements, zum Beispiel. Technische Beziehungen zwischen einem Standardelement und der Umwelt (z. B. Auswirkungen einer neuen Technik auf den Lärm). 	<ul style="list-style-type: none"> Das Inventar der Assets, die von der wirtschaftlichen Analyse betroffen sind. Die Assets können mit dem Fahrweg, dem Fahrzeug, usw. verbunden sein. Jedem Asset wird je nach Szenario ein Standardelement zugeordnet. 	<ul style="list-style-type: none"> Ein Szenario stellt eine technische Lösung dar. Szenarien definieren die Standardelemente jedes Asset (so kann man technische Entwicklungen modellieren). Es gibt immer das aktuelle Szenario, mit dem die technischen Lösungen verglichen werden. <p>Simulator (Monte Carlo)</p> <ul style="list-style-type: none"> Excel®, ohne zusätzliche Library Monte-Carlo Verfahren Äquivalente Annuität

B. Investitionsentscheidung: Wie sinnvoll ist es, eine neue Technologie in eine bestehende Anlage zu integrieren (zu investieren)?

- Die Bewertung besteht aus der Berechnung des äquivalenten Annuität (*equivalent annuity* - EA), was einen Vergleich von Szenarien mit unterschiedlichen Zeithorizonten ermöglicht.
- Bei der äquivalenten Annuität wird die Summe der Ausgaben für ein Szenario, die auf den Gegenwartswert abgezinst werden, durch den Zeitraum, den man betrachtet, gebildet.
- Die Formel sind :

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{R_t - I_t - O_t - Rk_t}{(1+i)^t}$$

$$EA = \frac{NPV \cdot i}{1 - (1+i)^{-n}}$$

- Mit
 - NPV : *Net Present Value*;
 - EA : äquivalente Annuität;
 - n : das Erneuerungsdatum (die Lebensdauer);
 - t : die Jahre t;
 - I_t : die Investition zum Zeitpunkt t;
 - R_t : das im Jahr t eingenommene Einkommen;
 - O_t : die Wartungs- und Betriebskosten im Jahr t; diese Kosten sind altersabhängig ($O_t = f(t)$);
 - Rk_t : Risikokosten im Jahr t (Kosten für die Nichtverfügbarkeit von Material, externe Effekte usw.);
 - i : der Abzinsungssatz.

Die Erkenntnisse: der SKK ist eine interessante Lösung

- Das SKK-System wurde 2023 und Anfang 2024 in zwei Fallstudien einer Wirtschaftlichkeitsanalyse unterzogen.
- Reduzierung des Verschleißes auf dem MGB-Abschnitt Täsch - Zermatt und Ausweitung der Analyse auf das Netz.
 - Auf Täsch - Zermatt ist die Gesamtwirtschaftlichkeit sehr gut, selbst wenn man sie nur auf der Ebene des Rollmaterials betrachtet (ohne Berücksichtigung der Wartungsgewinne auf der Infrastruktur). Das System amortisiert sich innerhalb weniger Monate.
 - Die Ausweitung auf das gesamte Netz ist auch wirtschaftlich interessant.
- Lärminderung auf dem Meterspurnetz der TPF
 - In Bezug auf Lärm ist SKK auf dem ISB-Perimeter kosteneffizient, wenn die Verwaltungskosten, die durch die Verwaltung der Anwohner entstehen, hoch sind.
 - Aus sozioökonomischer Sicht (Auswirkungen des Lärms auf die Anwohner) ist der SKK rentabel.

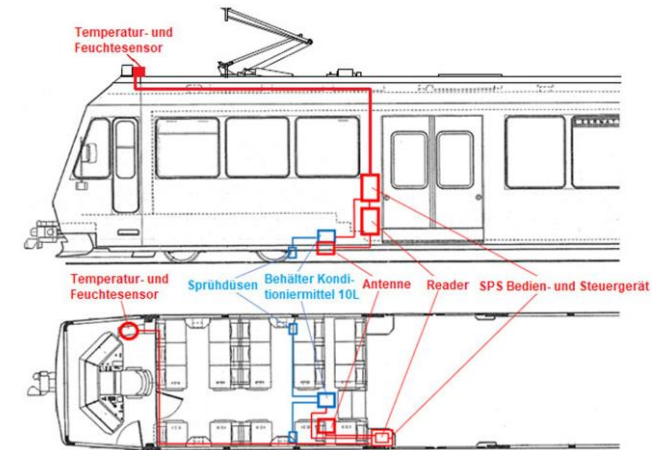


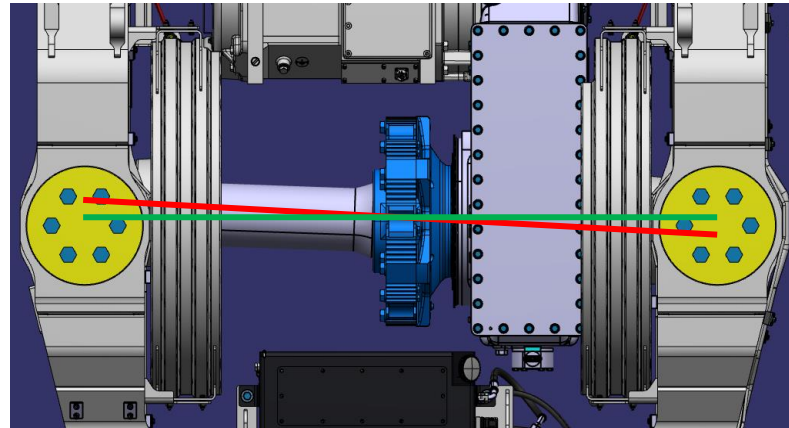
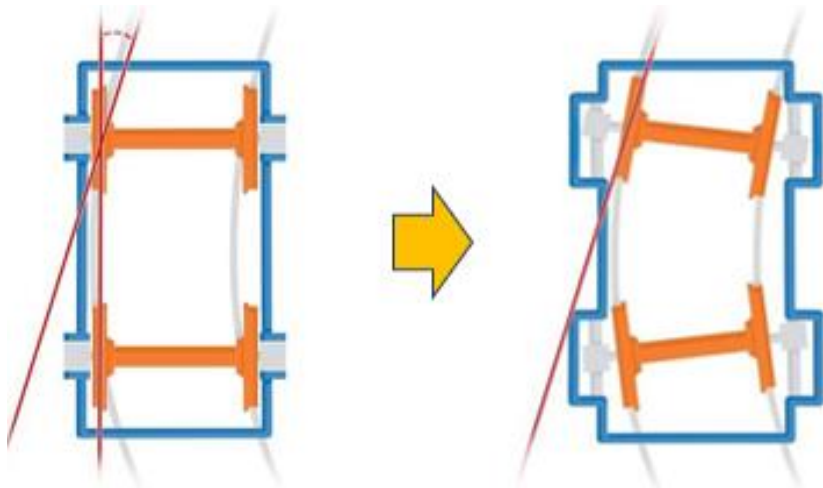
Abbildung 1: Anordnung der Systemkomponenten des Konditioniersystems

Die Erkenntnisse: der SKK könnte smarter werden...

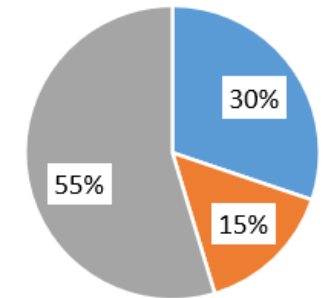


- Umfang der Analyse
 - Vergleich des Smart SKK mit dem herkömmlichen SKK, ohne Berücksichtigung der Auswirkungen auf den Lärm.
 - 3 Fälle: (1) Teststrecke Täsch - Zermatt (MGB), (2) Ausweitung auf das MGB-Netz und (3) Verallgemeinerung auf die Schweiz.
- Die erwarteten und monetarisierten Vorteile, im Vergleich zum herkömmlichen SKK
 - Verwendung der Konditionierung auf Abschnitten mit einem Gefälle von mehr als 45 ‰ (aber weniger als 70 ‰).
 - Verbessertes Schmierstoffmanagement (SKS): Reduzierung des Fettvolumens im Netz um ca. 20%, Wegfall der Reinigungskosten, die durch Überschmierung des Spurkranzes entstehen.
 - Eliminierung des Risikos von Schmierfehlern (SKS) und deren Folgen (ausgeprägter Schienen- oder Radverschleiß).
- Erwartete und nicht monetarisierte Vorteile, im Vergleich zu konventionellem SKK
 - Flexibler Einsatz des SKK auf Kurven von mehr als 200 Metern je nach Bedarf.
 - Messdaten können auch für andere Zwecke verwendet werden.
 - Vereinfachung der Logistik durch den Wegfall von RFID-Tags auf der Strecke.
 - Geringere Umweltbelastung durch die SKS.
- Nachteile, im Vergleich zum konventionellen SKK
 - Installation und Wartung eines digitalen Systems an Bord der Züge und damit verbundene Kosten.

Die Erkenntnisse: Drehgestell „New Generation“



Alle Bahnen



■ 0-250 ■ >250-500 ■ >500-Gerade

- Die Fahrzeuge sind mit DGs mit starrer Achsführung ausgestattet.
- Keine radiale Ausrichtung möglich, die Achsen passen sich nicht dem Bogen an.
- Ein grosser Achsabstand des DG und eine steife Anbindung DG/Wagenkasten sind ungünstig
- Strecken mit kleinen Kurvenradien und eine hohe Achslast des Rollmaterials verstärken den Verschleiss.

Die Erkenntnisse: Drehgestell „New Generation“

Resultaten :

- Die Linienkategorien spielen natürlich eine wichtige Rolle.
- Der Business Case hängt stark davon ab, ob die Entwicklungskosten berücksichtigt werden und wie sich die Entwicklungskosten auf die neuen Fahrzeuge verteilen, die in den nächsten 20 bis 30 Jahren angeschafft werden.

Ohne Entwicklungskosten :

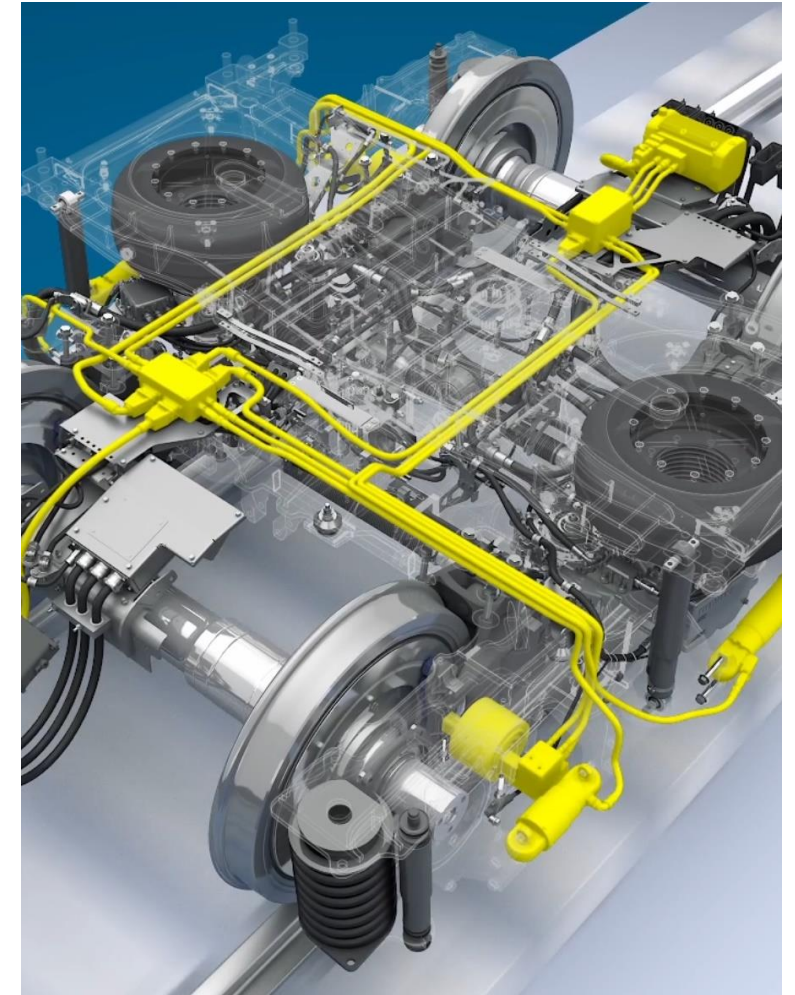
- Der Business Case ist für Strecken der Kategorien 1 und 2 positiv (Kategorie 2 ist grenzwertig).
- In Kategorie 1 ist die DG+ mehr oder weniger gleichwertig mit der SKK (Standard).
- In der Kategorie 2 ist die DG+ „schlechter“ als der SKK (Standard).

Mit Entwicklungskosten :

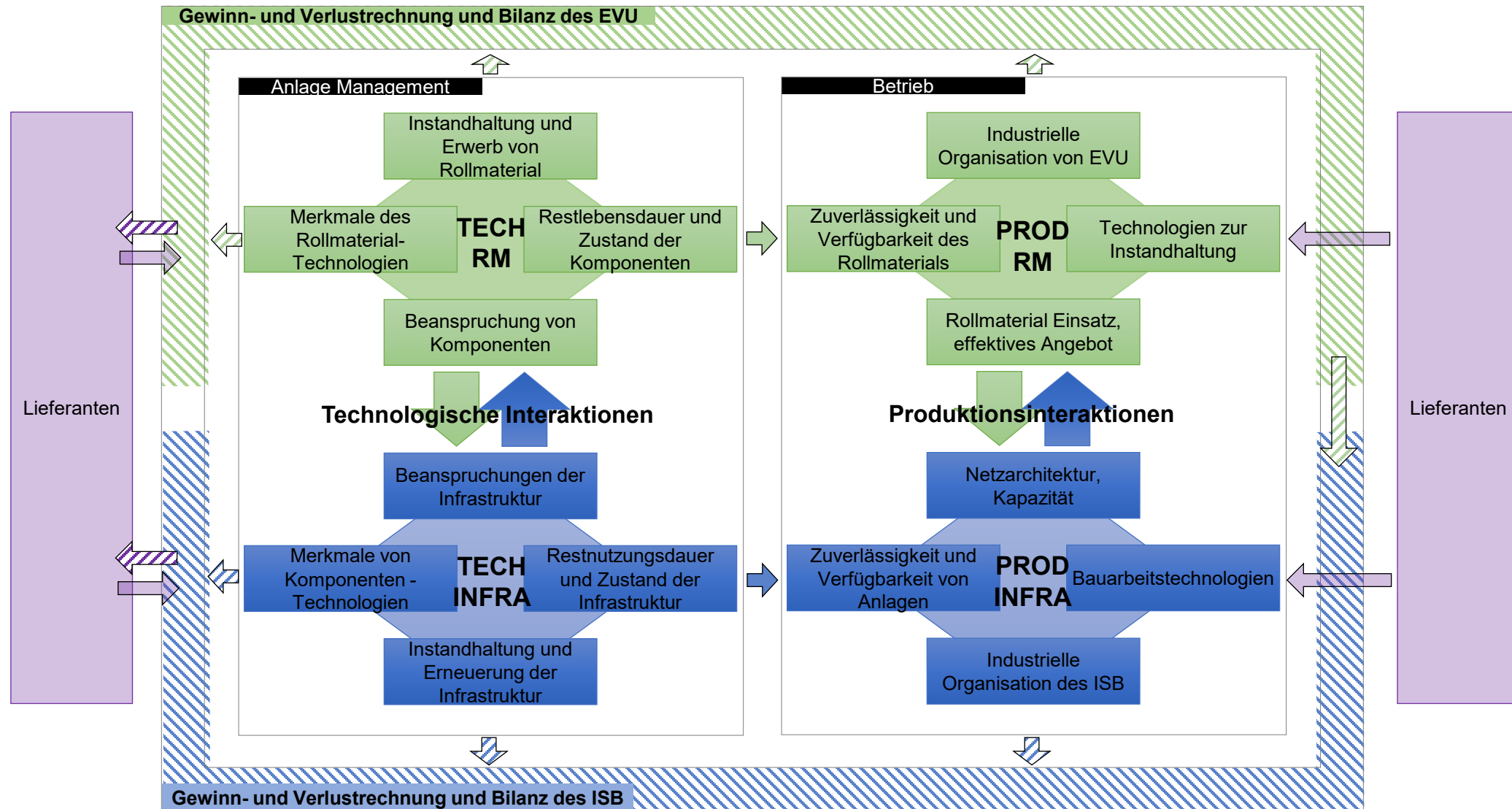
- Auf den Strecken der Kategorien 1 bleibt die DG+ rentabel, aber die SKK ist besser (aber die Entwicklungskosten werden immer noch auf die Flotte der Fahrzeuge der Kategorien 1 und 2 aufgeteilt!). Wenn man nur die neuen Fahrzeuge der Flotten auf den Strecken der Kategorie 1 berücksichtigen würde, wäre der Geschäftsfall nicht rentabel.
- Auf Strecken der Kategorie 2 ist die DG+ nicht rentabel.

Business Case „Lok“:

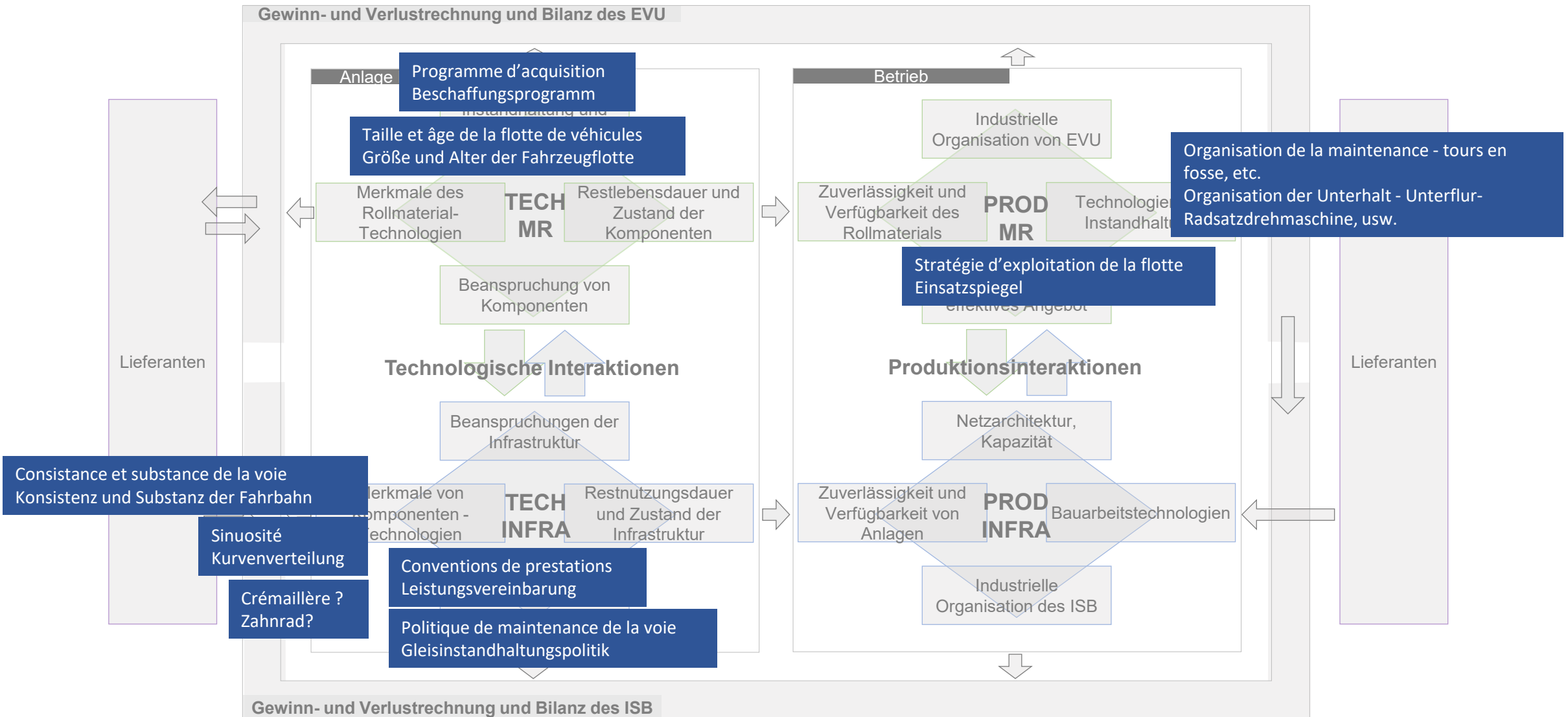
- Die wirtschaftliche Analyse der Einführung von DG+ in den bestellten Lokomotiven der MOB zeigt ein positives Ergebnis.



Die technischen Lösungen sind interessant, dürfen jedoch nicht dazu dienen, die eigenen Kosten auszulagern.



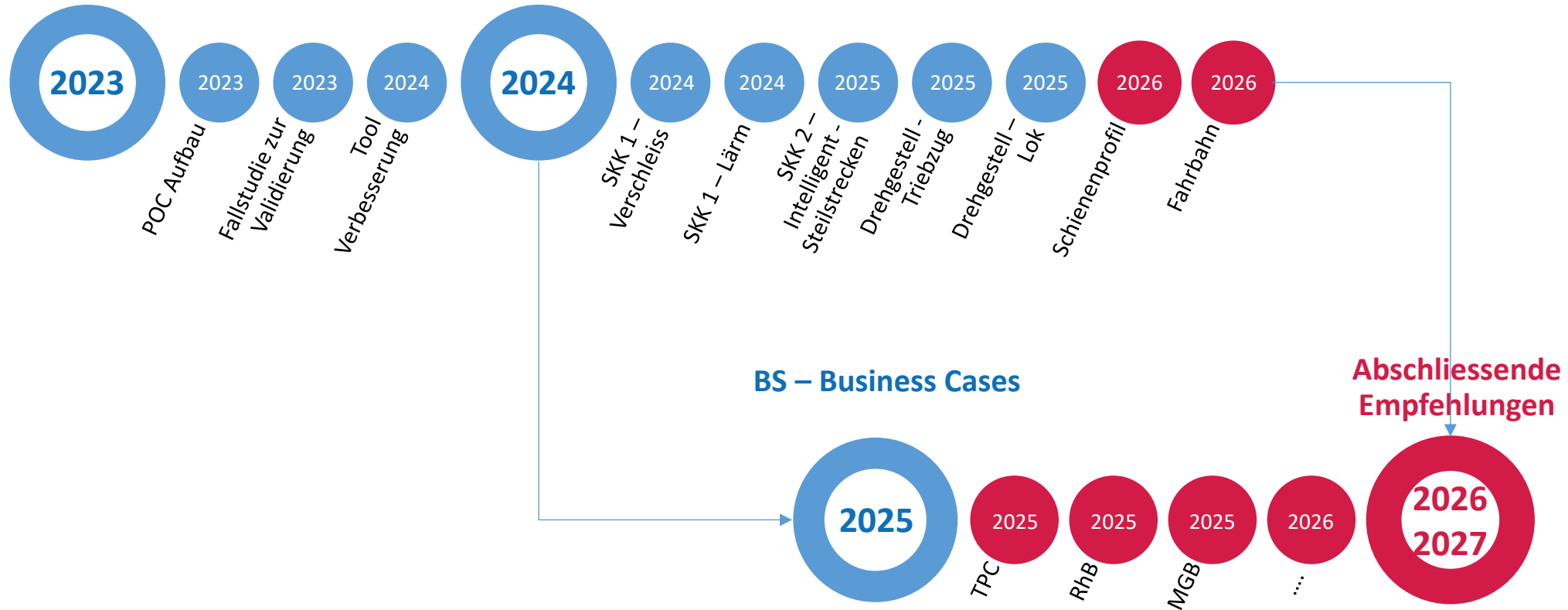
Welchen Nutzen haben spezifische Business Cases?



Der Weg...

Modelaufbau

Technischen Business Cases





RAILplus

Die Meterspurigen
La voie métrique
A scartamento metrico