

# Mit Zug zum Energiesparen

Reduktion des Energieverbrauchs bei den SOB-FLIRT-Triebzügen  
Motivatoren – Möglichkeiten – Potentiale – Massnahmen konkret

---

VöV-Forum «Nachhaltige Energie», Solothurn, 30.11.23



**SOB SÜDOSTBAHN**  
*gerade unterwegs*

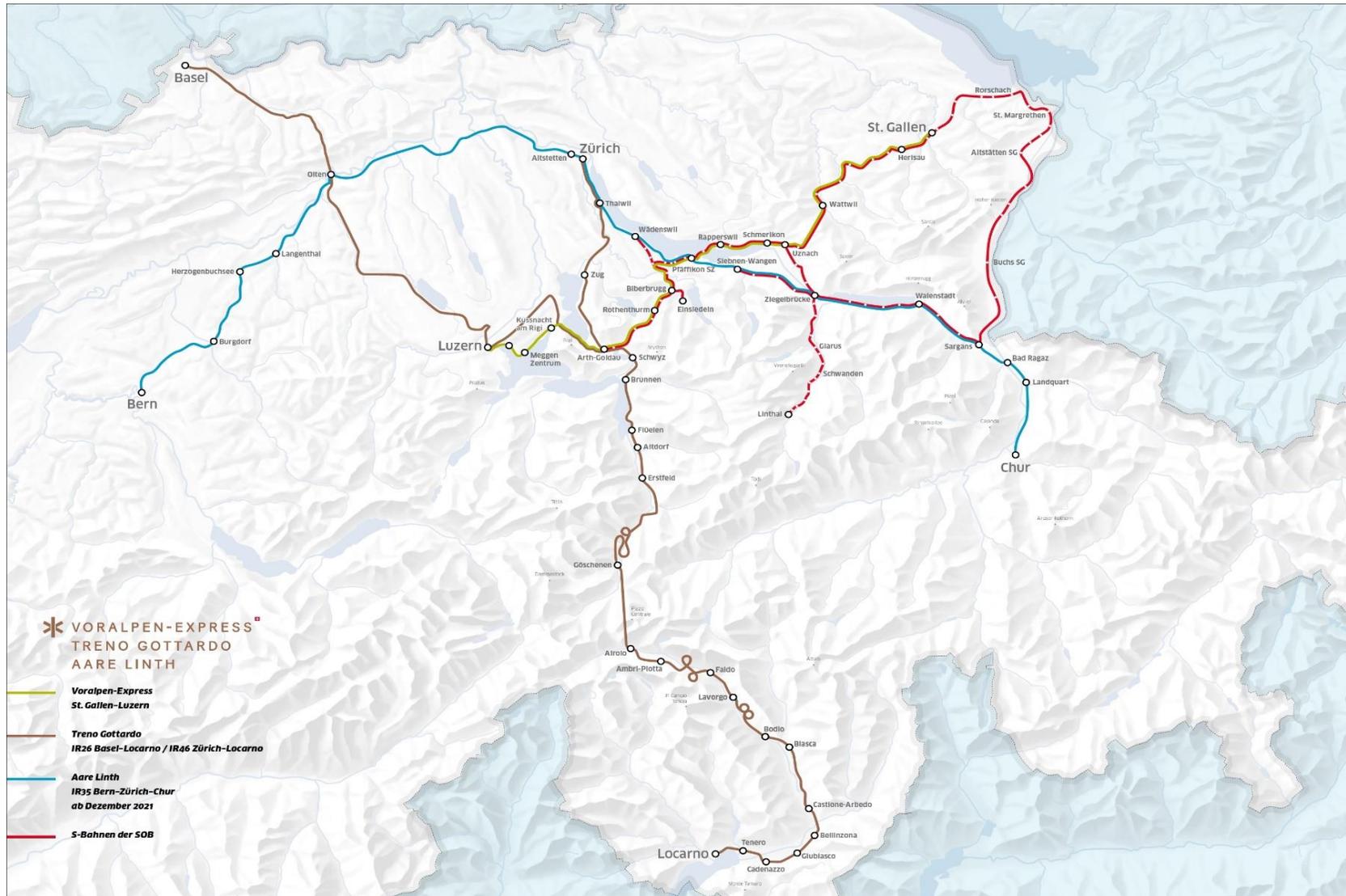
## Mit Zug zum Energiesparen – Themen

---

- Einleitung / Energiespar-Umfeld – kurzes Firmen-/Fahrzeugportrait
- Motivatoren für energiesparende Züge
- Sparmassnahmen / Möglichkeiten – Was lohnt sich?
- Lohnende Sparmassnahmen
  - Komponentenoptimierungen
  - Systemoptimierungen
  - Betriebsoptimierungen
  - Betriebsablauf- & Bedienoptimierungen
- Sparquote Beispiel Flirt3/Traverso
- Zusammenfassung
- Fazit & Ausblick/Ziel

# Firmenportrait

## – Streckennetz «VAE», «TRG», «ALI», «ARX», S-Bahnen



# Firmenportrait

## – VORALPEN-EXPRESS (St.Gallen - Luzern: 125 km)

---



## Firmenportrait

### – TRENO GOTTARDO (Zürich/Basel - Locarno: 208/291 km)

---



# Firmenportrait

## – AARE LINTH (Chur – Zürich - Bern: 236 km)

---



## Firmenportrait

# – ALPENRHEIN - EXPRESS (Chur - St.Gallen: 106 km) / E2024

---



## Firmenportrait

### – S-Bahnen (Säntis-Ring, March, Linthal, Einsiedeln, Arth-Goldau)

---



## Firmenportrait

### – Zahlen & Fakten / (A2020 > E2022)

#### Streckennetz, eigenes (*fremdes*)

- 111 km eigene (**870 km Fremdstrecken**)
- 192 Brücken/ Viadukte/ Unter-/Überführungen  
> höchste/ längste: Sitterviadukt: 99/365m
- 19 Tunnels (Länge 7'054m)
- 33 Bahnhöfe und Haltestellen
- 50‰ max. Steigung/Gefälle
- 399...933 m.ü.M., Romanshorn...Biberegg  
(**274...1'142 m.ü.M., Basel...Airolo**)

#### Triebfahrzeuge

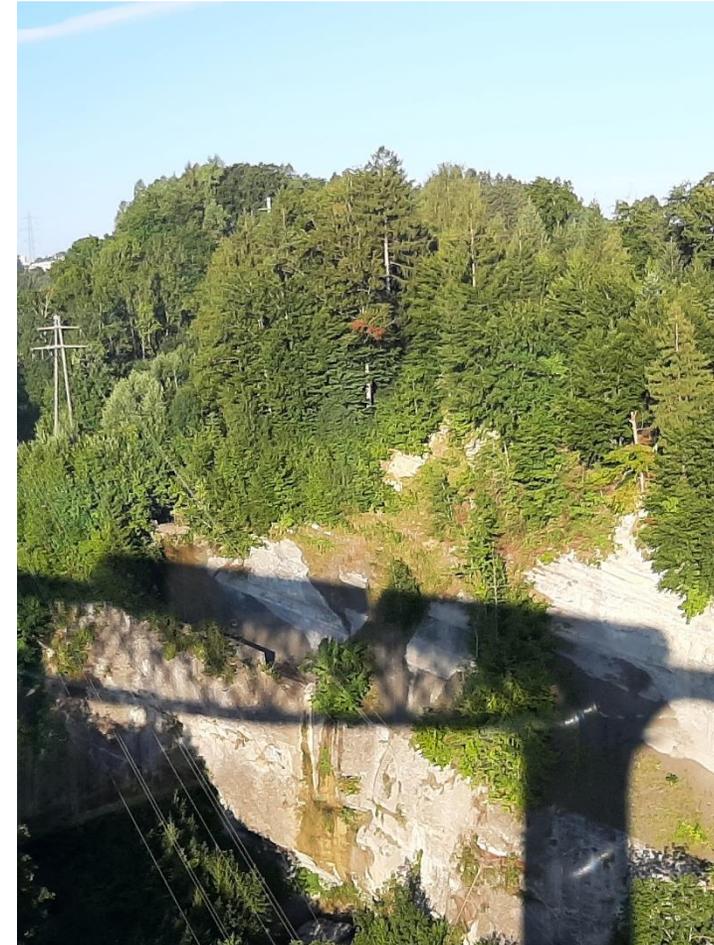
- **62** Triebzüge/-wagen, 4 BauD-Traktoren

#### Mitarbeitende

#### Reisende

- Total ca. 600 > **960**      9.9 Mio > **27 Mio**

**Zug-/Buskilometer** ca 5.3 > **11.5 Mio**



# Firmenportrait

## – Fahrzeugflotte / E2022 (E2026)



24 (+6) RABe 526 Traverso



10 (+3) RABe 526 Flirt 3



23 RABe 526 Flirt 1/2



4 (-1) RBDe 4/4 / Bt NPZ



1 BDe 4/4



4 Tm 234 Robel

## Mit Zug zum Energiesparen – 7 Motivatoren für energiesparende Züge

---

- Lastenheft-Forderungen – vieles sollte heute Standard sein...
- Zug-Trassengebühren – mindestens als Verhandlungsargument
- Gelegenheiten / günstige Umstände – z.B. anlässlich Refit
- Förderbeiträge – EnergieZukunftSchweiz / ProKilowatt usw.
- Steigende Energiepreise
- Energiemangel
- ...und nicht zuletzt – Freude, Züge auch «**technisch schön**» zu machen

## Mit Zug zum Energiesparen – Sparmassnahmen: Möglichkeiten

---

- Es gibt «100 Möglichkeiten» – was lohnt sich? (**fett = lohnendste**)
  - Mechanische Massnahmen (z.B. *HydrAchsLenkerLager*)
  - **Rekuperationsbremse** (*ist «selbstverständlicher» Standard*)
  - **Energiesparende Komponenten**
  - **Min. Antriebssystem-Verluste**
  - **Besetzungsabhängige Aussenluftsteuerung**
  - Fahrgastraum-Temperaturabsenkung
  - Fahr-Unterstützung / adaptive Lenkung und E-spar-Bedienhilfen
  - **Schlumberbetrieb**
- Der Fokus ist im Folgenden auf elektrische Massnahmen gerichtet

## Mit Zug zum Energiesparen

### – Sparmassnahmen: Was lohnt sich? / Gedankengang

---

- Als Fahrzeug-Lebensdauer (Flirt3 / Traverso) sind 35 Jahre gefordert; sie wird voraussichtlich höher sein (SBB Re 4/4 II: **ca. 60 Jahre!**)
- Wie lange leben meine Fahrzeuge voraussichtlich noch?
- Eine Periode zwischen zwei Fahrzeug-Refits ist heute um 15 Jahre
- **Wirtschaftlichkeitsprüfung! Ansatz: «Die Massnahme ist dann lohnend, wenn nach einer halben Refitperiode amortisiert.»**

#### Umsetzungsentscheid ja – nein? «Daumenregel»:

- **Wenn innerhalb von 1...8 Jahren amortisiert => sofort umsetzen**
- **Wenn nach 9...15 Jahren amortisiert => Umsetzung überdenken**
- **Wenn erst nach >15 Jahren amortisiert => keine Umsetzung**

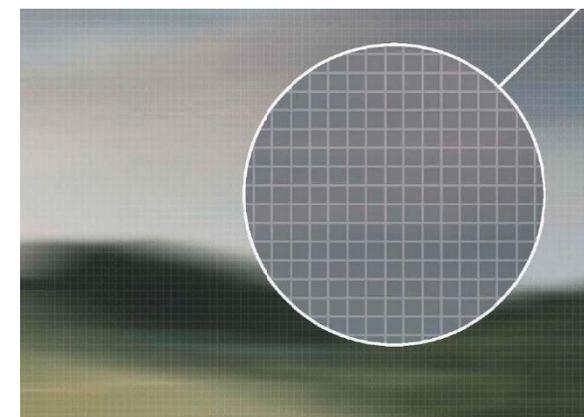
## Komponentenoptimierungen – Beispiel Trockentransformator

- Bisherige Trafos haben hohe Umwandlungsverluste, mit Ölkühlung/Kühler/Pumpen mit grossem Platzbedarf und hohem Gewicht
- Neu ölfreier Trockentrafo mit leichter Luftkühlung, dafür optimierte, schwerere, aber verlustarme Auslegung des Aktivteils
- Senkung Instandhaltungskosten (da ölfrei), Verringerung Umweltgefährdungspotenzial
- Auf dem SOB-Flirt 063 verkehrte der erste Trockentrafo der weltweiten Flirt-Flotte
- Allein dank dieser Komponente Senkung des Flirt-Energieverbrauchs um über 7% !



## Komponentenoptimierungen – Beispiel Fensterscheiben

- SOB-Fahrzeugfenster sind als Zweischeiben-Isolierverglasung ausgeführt
- Innenseite des äusseren Glases ist mit metallischer Isolierschicht bedampft
- In diese ist gegen Mobilfunkempfang-Behinderung in den Fahrzeugen eine feine Gitterstruktur in der Dicke eines menschlichen Haars gelasert
- Gitter ist für das menschliche Auge nur bei genauem Hinsehen erkennbar
- Prototyp-Tests hatten auf der SOB bereits im Jahr 2017 stattgefunden

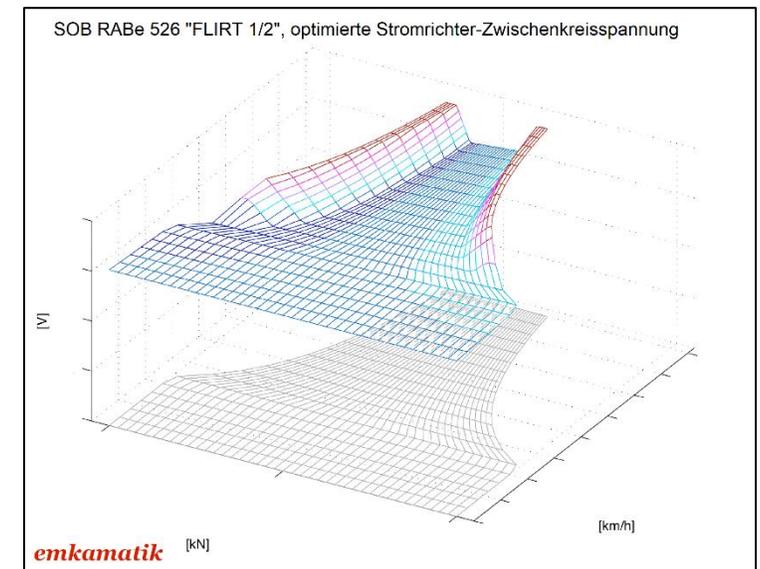
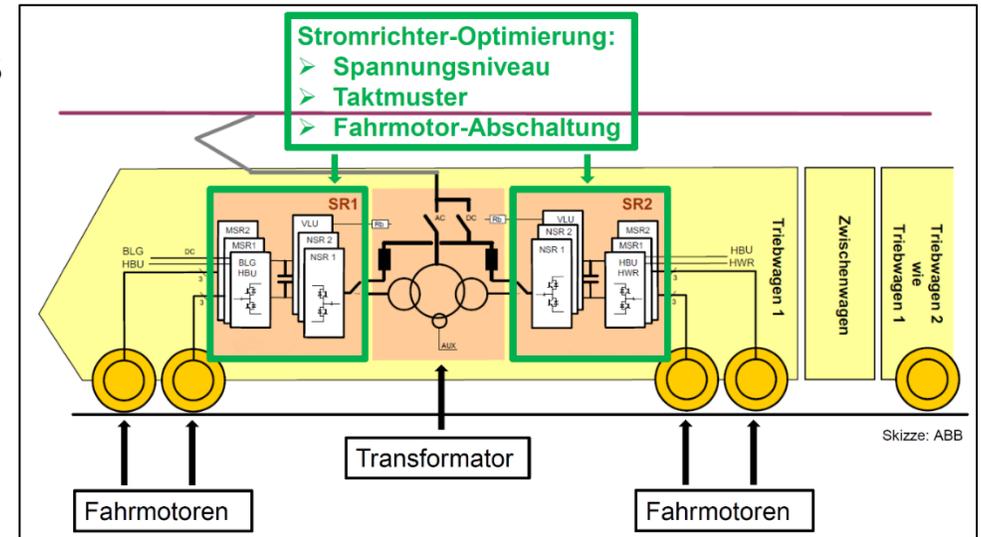


## Systemoptimierungen

### – Beispiel Antrieb / Minimierung Antriebsverluste

- Bei el. Triebfahrzeugen lassen sich die Verluste des Antriebssystems durch eine Gesamtoptimierung massiv senken. Dies geschieht u.a. durch gezielte Beeinflussung der Spannungsverhältnisse im Traktionsstromrichter und dessen Taktmustern («Verlustoptimums-Mix»). Bei kleiner Zugkraft/Leistung werden Fahrmotoren abgeschaltet (Teillastbetrieb).

- Umgesetzte Optimierungspunkte:
  - Stromrichter-Zwischenkreisspannung
  - Fahrmotor-Magnetfluss
  - Teillastbetrieb (Fahrmotor-Abschaltungen)
  - Antriebsstromrichter-Pulsmuster («Flattop»)
  - Netzstromrichter-Taktsperre



## Systemoptimierungen

### – Beispiel HLK-System / Besetzungsabhängige Aussenluftrate

- **Früher:** konstante, Aussentemperatur abhängige, fest eingestellte, überdimensionierte Aussenluftraten
- **Heute:** Raumluft-Qualitätsmerkmale definiert, z.B. CO<sub>2</sub>-Konzentration, gemessen mit CO<sub>2</sub>-Sensoren. Bei wenigen Fahrgästen muss der Umluft auch weniger Aussenluft beigemischt werden > weniger Luft muss geheizt bzw. gekühlt werden > spart Energie
- **Flirt1:** optimiertes Prinzip
  - **minimierte Aussenluft-Raten**
  - einfache Funktionalität
  - minimierter IBS-Aufwand
  - quasi aussentemperaturunabhängig > logisch bez. Zielgrösse Besetzung

| mittlere Außentemperatur (Tem) | Mindestfrischluftmenge<br>+20 °C und 50 % Luftfeuchte, |
|--------------------------------|--|
| Tem < 15 °C                    | 10 m <sup>3</sup> /h je Fahrgast                       |
| -15 °C ≤ Tem ≤ -5 °C           | 15 m <sup>3</sup> /h je Fahrgast                       |
| -5 °C < Tem ≤ +26 °C           | 20 m <sup>3</sup> /h je Fahrgast                       |
| Tem > +26 °C                   | 15 m <sup>3</sup> /h je Fahrgast                       |

Quelle: EN 13129

| Aussentemp<br>[°C]                  | CO <sub>2</sub> -Schwellen [ppm] |                                  |                                  |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                     | <1600                            | >1600/<1300                      | >2150/<1850                      |
| < -20                               | <b>5</b><br>m <sup>3</sup> /P/h  | <b>5</b><br>m <sup>3</sup> /P/h  | <b>10</b><br>m <sup>3</sup> /P/h |
| -20...-5<br>/-5...+26<br>/+26...+35 | <b>5</b><br>m <sup>3</sup> /P/h  | <b>10</b><br>m <sup>3</sup> /P/h | <b>15</b><br>m <sup>3</sup> /P/h |
| > +35                               | <b>5</b><br>m <sup>3</sup> /P/h  | <b>10</b><br>m <sup>3</sup> /P/h | <b>10</b><br>m <sup>3</sup> /P/h |

Flirt1: SOB/Faiveley

## Betriebsoptimierungen

### – Beispiel Schlumberbetrieb, Fz im Sparbetrieb

---

Bei kalten Aussentemperaturen darf die **Abteitemperatur stark absinken** und bei warmen Aussentemperaturen bzw. **Sonneneinstrahlung stark steigen, ohne dauerndes Heizen bzw. Kühlen**. Zudem werden Systeme deaktiviert.

Vor Dienstbeginn werden die Abteile auf eine angenehme Temperatur gebracht.

### Spar-Funktionen

- **Heiz-/Kühlsparbetrieb:** Abteitemperatur wird **zwischen min. 10°C / max. 40°C** gehalten; WCs bleiben im Normalbetrieb (min. 20°C / Einfrierschutz)
- **HLK-Umluftbetrieb:** Klimaanlage funktionieren ohne Aussenluftanteil
- **Systeme deaktiviert/aus:** 3/4 Trafo-Stromrichter, KIS, Innenbeleuchtung

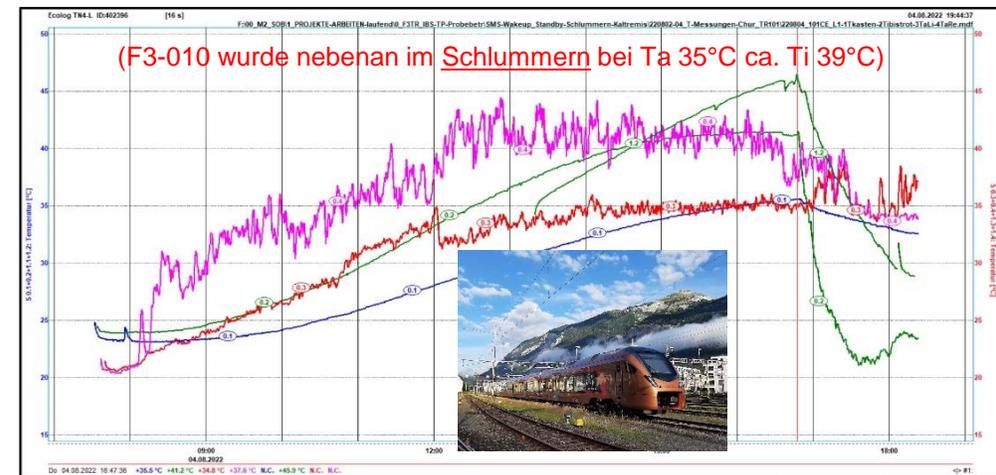
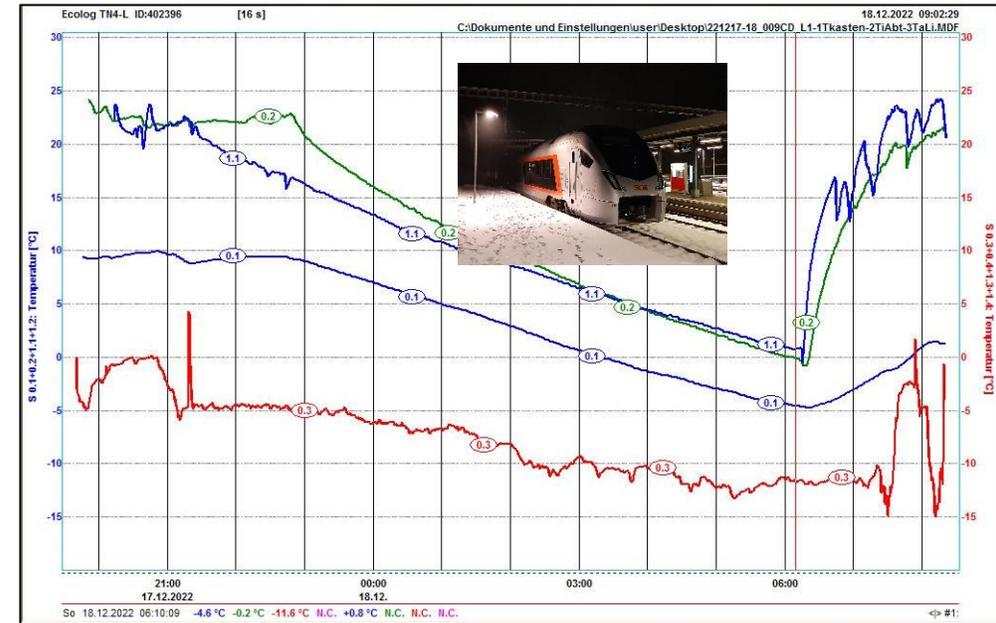
### Aktivierung nach

- 60 Min. in Parkstellung oder 2 Min. Park + Fahrgastraumbeleuchtung AUS / Einstiegtüren verriegelt / Zentralverriegelung aktiviert

# Betriebsoptimierungen

## – Beispiel Abstellbetrieb («Standby»), Fz ausgeschaltet

- Grund: Lärmreduktion & E-Sparen
- Weckfunktion durch Temperaturüberwachung und Zeitkriterien zum Nachladen der Batterien
- Leitstelle weckt das Fahrzeug vor Einsatz mittels Ferneinschaltung
- Problematik: Auswertung Kastenfühler-temperatur Winter / Sommer
- Problematik: Betrieb des Traverso - Bistrot bei heissen Temperaturen
- Problematik: Dichtheit des Zuges (Luftvorrat zum Einschalten), d.h. Aufrüstdauer des Zuges



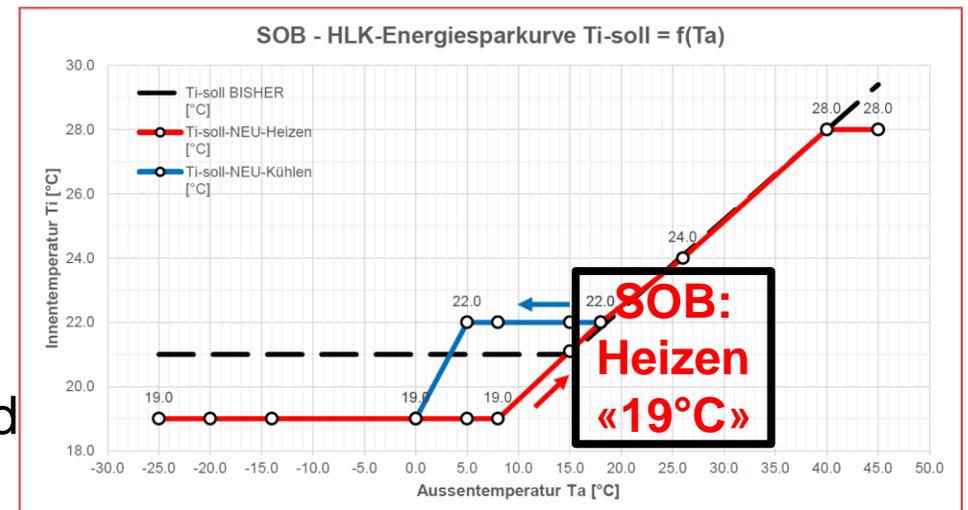
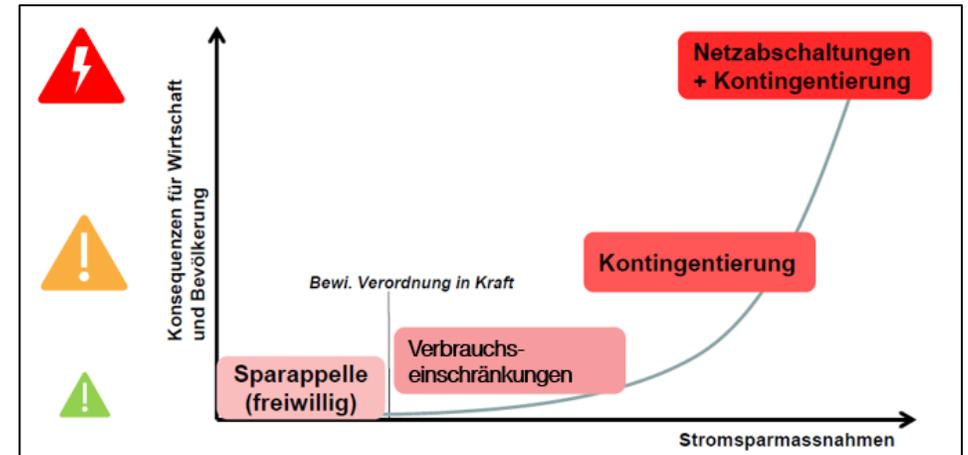
# Betriebsoptimierungen

## – Beispiel Abteilstemperatur-Absenkung

- **Energiemangellage > Offizieller Beitrag ÖV ans Energiesparen**

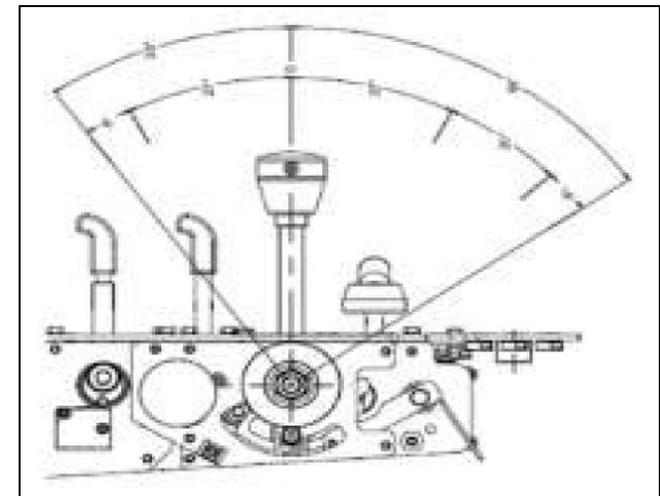


- Mess-/Funktionskontroll-Fahrten mit Flirt1, Flirt2, Flirt3 / Traverso 2022-23
  - Optimierung Ti-Sollkurve «-2K»
  - Optimierung Funktionen
- Versuche / Probetrieb ab Nov22, Flächendeckend aktiv ab Nov23



## Betriebsablauf-/Bedienoptimierung – Beispiel Fz.bedienung / Fahrschalter-Rastrierungen

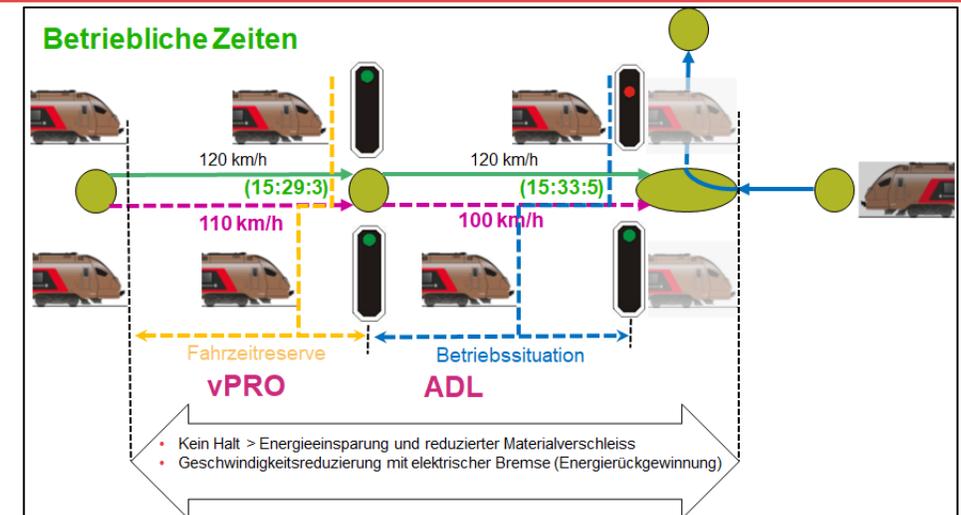
- Beim Beschleunigen werden unnötig häufig Arbeitspunkte hoher Leistung mit entsprechend überproportional hoher Antriebs-Verlustleistung gefahren, ohne dass dies im oberen Geschwindigkeitsbereich zu entsprechenden Fahrzeiteinsparungen führt.
- Energie kann (vor allem) beim Beschleunigen, aber auch beim el. Bremsen eingespart werden, wenn der Fahrschalter nicht voll angesteuert wird (falls nicht notwendig).
- Nachgerüstet werden deshalb Rastrierungen bei «75% Auslenkung Zugkraft» und bei «50% Auslenkung Bremskraft».



# Betriebsablauf-/Bedienoptimierung

## – Beispiel Adaptive Lenkung «vPRO / ADL»

- **Stufe I: «vPRO»** berechnet voraus die Fahrplan-Fahrzeitreserve; Zugführung mit **tieferer Geschwindigkeit** möglich > **Energiesparen**
- **Stufe II: «ADL»** berechnet auf Basis aktuelle Betriebssituation optimale Zugsgeschwindigkeit **vOpt** – Anzeige in LP-Fahrordnung > **Vermeidung ungeplanter Halte**, flüssiger Betrieb
- Ziele der Kombi «vPRO / ADL»
  - Verbesserung Fahrplan-Stabilität
  - Kapazitätsoptimierung Infra-Netz
  - Reduktion Signalhalte
  - Reduktion Materialverschleiss
  - **Energiesparen**



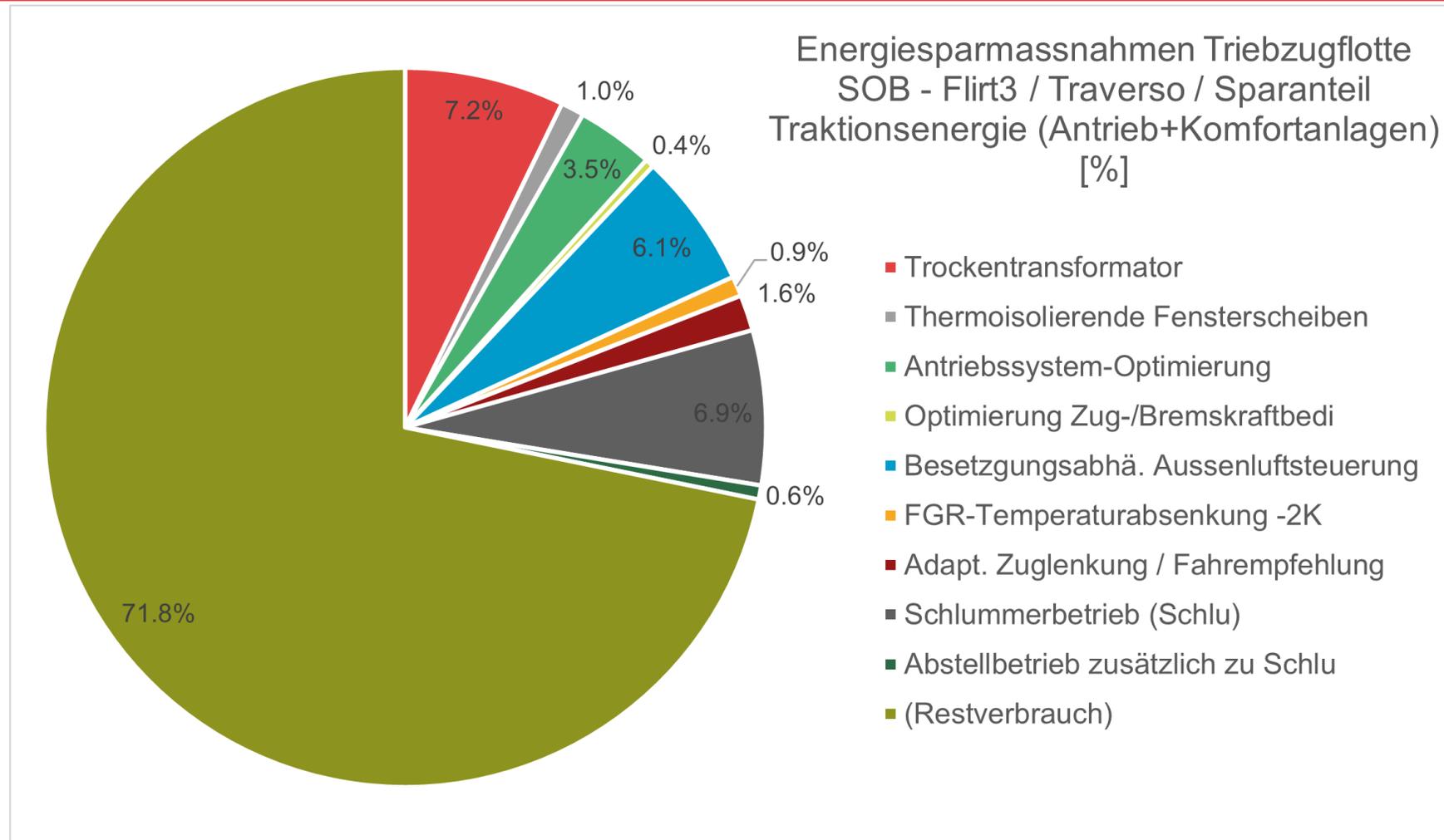
| Zug 2371 (SOB) 23.03.2022 |   |          |          | Walenstadt            |  | ADL R150 |         | 14:59:13  |         |
|---------------------------|---|----------|----------|-----------------------|--|----------|---------|-----------|---------|
| km                        | - | + Funk   | AE       | Streckeninformationen |  | MAXPRO   | An      | Ab        |         |
| 57.1                      | 3 | 2 (1312) | sms 5-10 | Ziegelbrücke 1)       |  | 70       | 125 125 | 14:58:0   | 14:59:5 |
| 33.6                      |   |          |          | Weesen                |  | 100      | 160 125 | (15:01:4) |         |
| 30.7                      | 3 | 2        |          | Block                 |  |          |         |           |         |
| 28.2                      |   |          |          | Block                 |  |          |         |           |         |
| 26.7                      |   |          |          | Mühlehorn             |  |          |         |           |         |
| 24.6                      | 4 | 4        |          | K Ausf.               |  | 80       | 105 100 | (15:05:2) |         |
| 24.0                      |   |          |          | km 23.20-22.94        |  | 80       |         |           |         |
| 23.2                      |   |          |          | Gleis 21-11           |  | 80       |         |           |         |
| 22.9                      |   |          |          | 21-12                 |  |          |         |           |         |
| 22.9                      |   |          |          | Tiefenw.              |  |          |         |           |         |
| 23.3                      |   |          |          | Block                 |  |          |         |           |         |
| 21.4                      |   |          |          | S123                  |  | 105      |         |           |         |
|                           |   |          |          | S222/122              |  |          |         |           |         |

70 / 57.1 km / ZB / 1) Ziegelbrücke Seite Biltlen, Beginn Bahnhofsgeschwindigkeit auf Höhe der ersten Weiche (km 56.6)

80 (km 23.20-22.94) / Fahrrichtung Murg - Mühlehorn ist mit V-Überwachung 80 km/h

**vOpt 120 km/h**

## Mit Zug zum Energiesparen – Sparquote / Beispiel Flirt3 / Traverso



## Mit Zug zum Energiesparen – Ersparnisse / Flirt1/2 + Flirt3 / Traverso

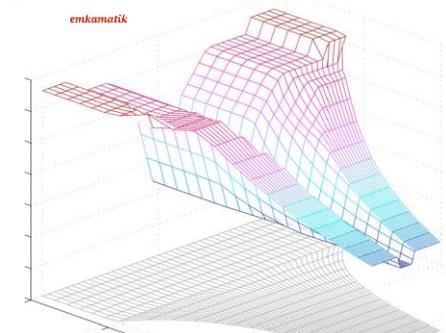
---

### Gesamtersparnisse durch umgesetzte Massnahmen:

- **Energie:** **17.9 GWh/Jahr** (= ca. 1/500 des  
AKW Leibstadt: 9'700 GWh/Jahr)
- **Haushalt-Äquivalente:** **4'800 HH/Jahr** (3'800 kWh/Jahr)  
**6'100 HH/Jahr** (3'000 kWh/Jahr)
- **Finanzen:** **2.2 MCHF/Jahr** (12.5 Rp/kWh)  
**2.7 MCHF/Jahr** (15.5 Rp/kWh)

# Mit Zug zum Energiesparen

## – Fazit/Ziel ➤ «technisch schöne» Züge / Umsetzung bis 2024



# Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

## – Fragen & Antworten

---



---

**SOB** SÜDOSTBAHN  
*gerade unterwegs*