

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



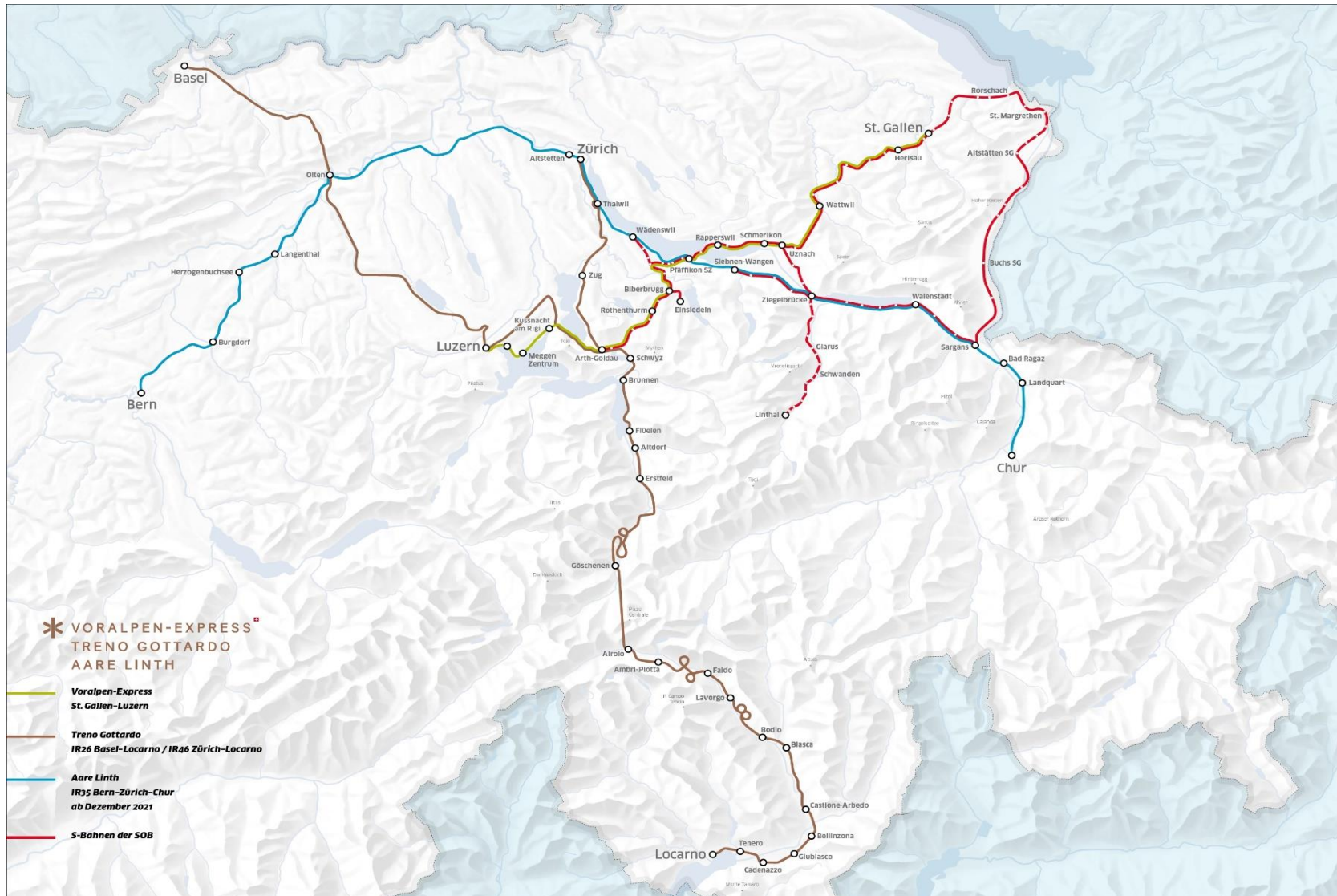
SOB SÜDOSTBAHN
gerade unterwegs

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

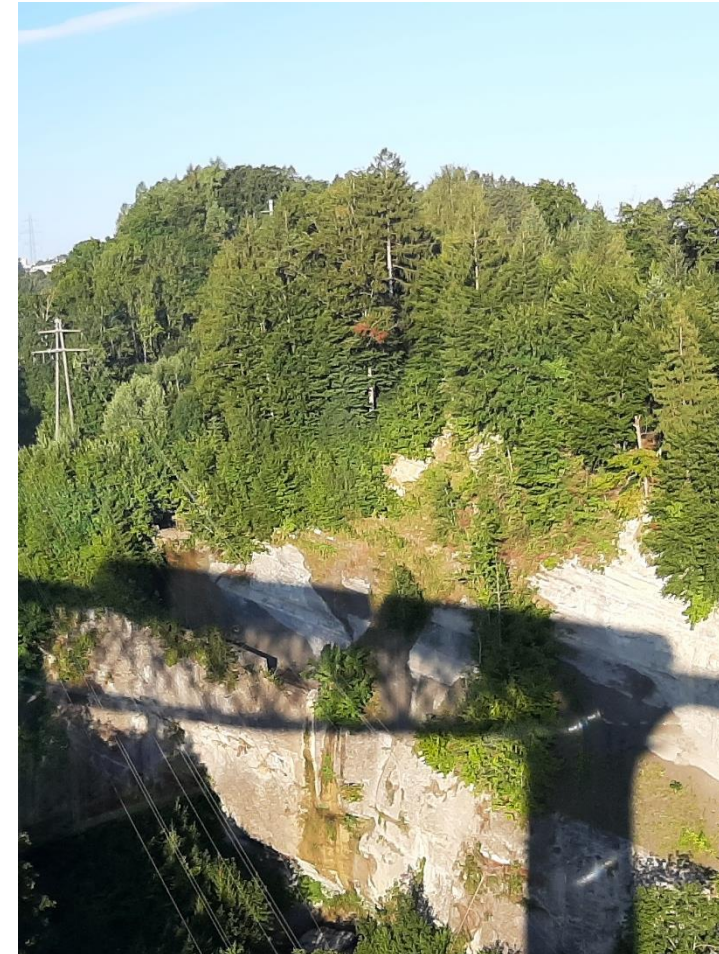
- 62 Triebzüge/-wagen, 4 BauD-Traktoren

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**

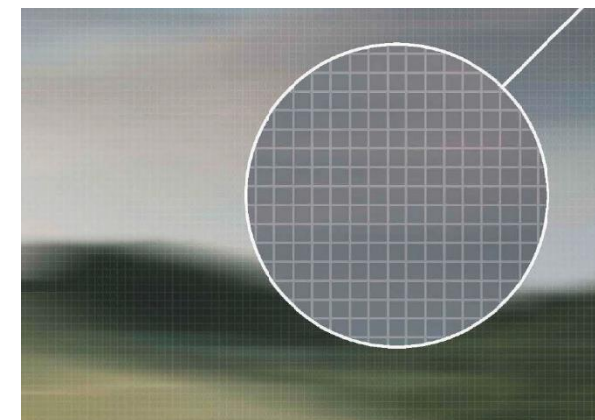
Komponentenoptimierungen – Beispiel Trockentransformator

- 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

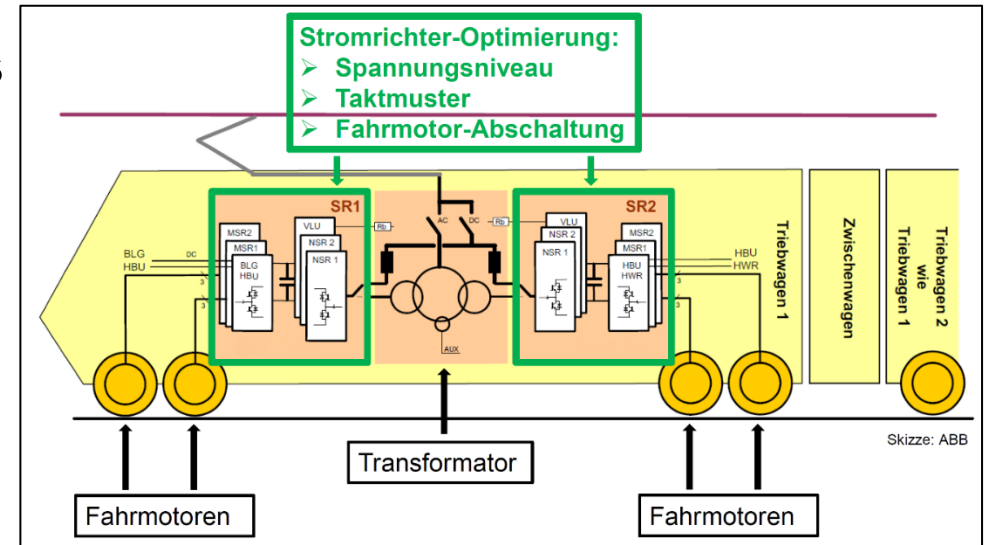
- SOB-Fahrzeugfenster sind als Zweischeiben-Isolierverglasung ausgeführt
- Innenseite des äusseren Glases ist mit metallischer Isolierschicht bedampft
- In diese ist gegen Mobilfunkempfang-Behinderung in den Fahrzeugen eine feine Gitterstruktur in der Dicke eines menschlichen Haars gelasert
- Gitter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



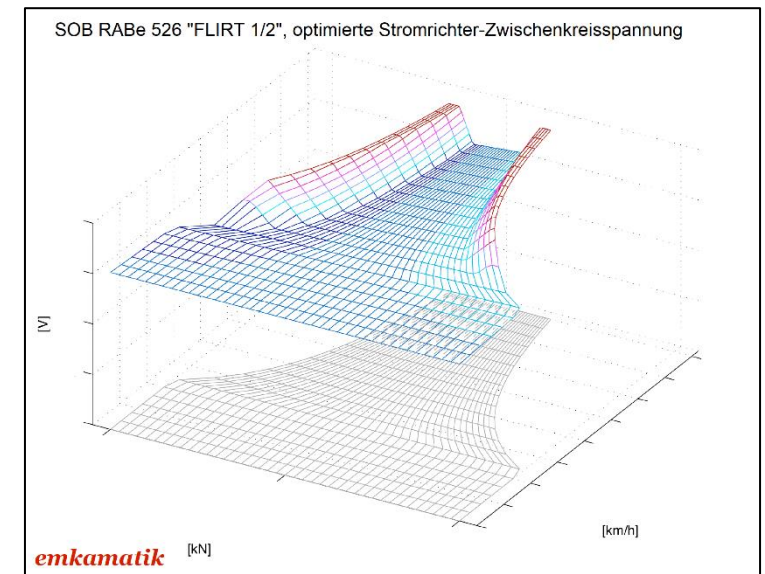
Systemoptimierungen

– 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 Aussenlufrate

- **Früher:** konstante, Aussentemperatur abhängige, fest eingestellte, überdimensionierte Aussenlufraten
- **Heute:** Raumluft-Qualitätsmerkmale definiert, z.B. CO₂-Konzentration, gemessen mit CO₂-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 +20 °C und 50 % Luftfeuchte,
Tem < 15 °C	10 m ³ /h je Fahrgast
-15 °C ≤ Tem ≤ -5 °C	15 m ³ /h je Fahrgast
-5 °C < Tem ≤ +26 °C	20 m ³ /h je Fahrgast
Tem > +26 °C	15 m ³ /h je Fahrgast

Quelle: EN 13129

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

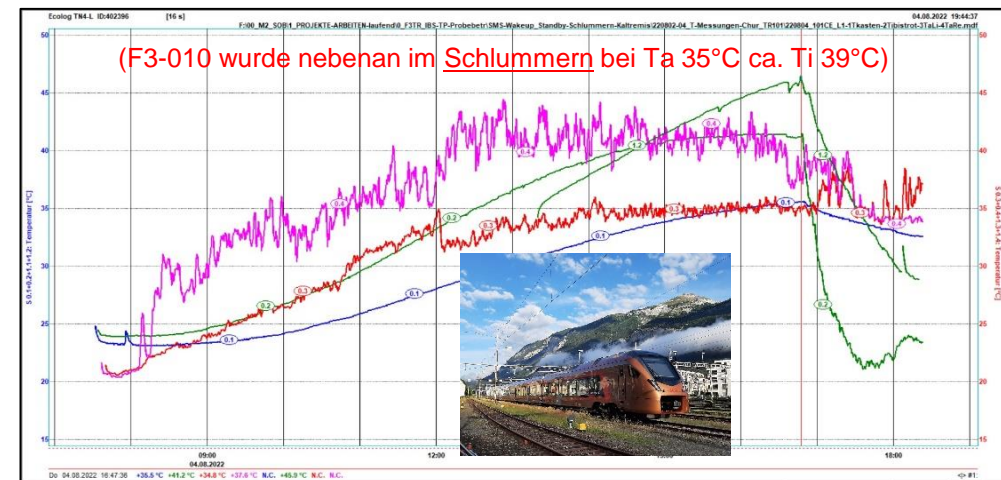
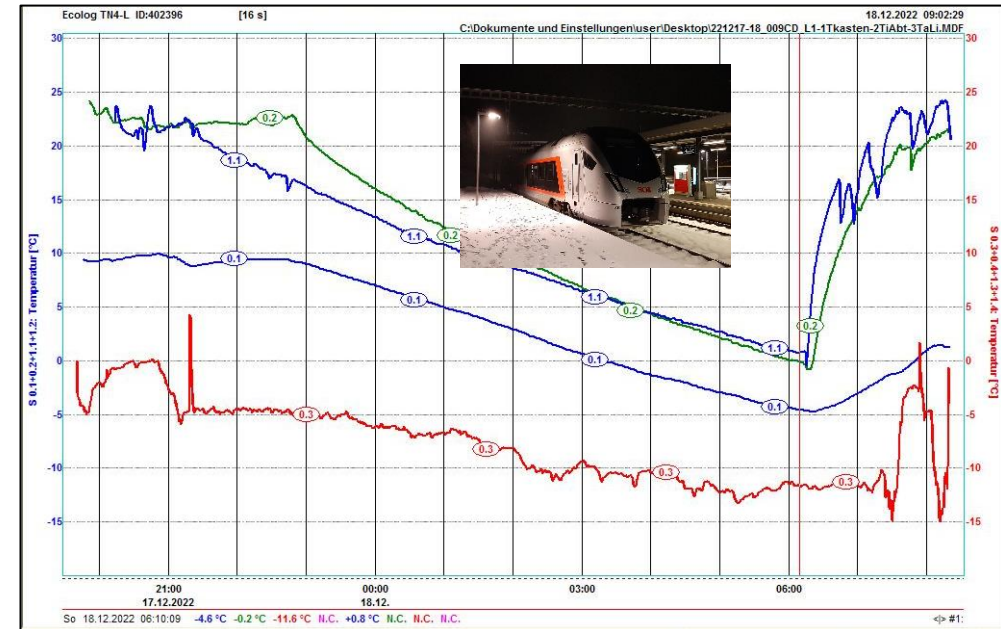
Aktivierung nach

- 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



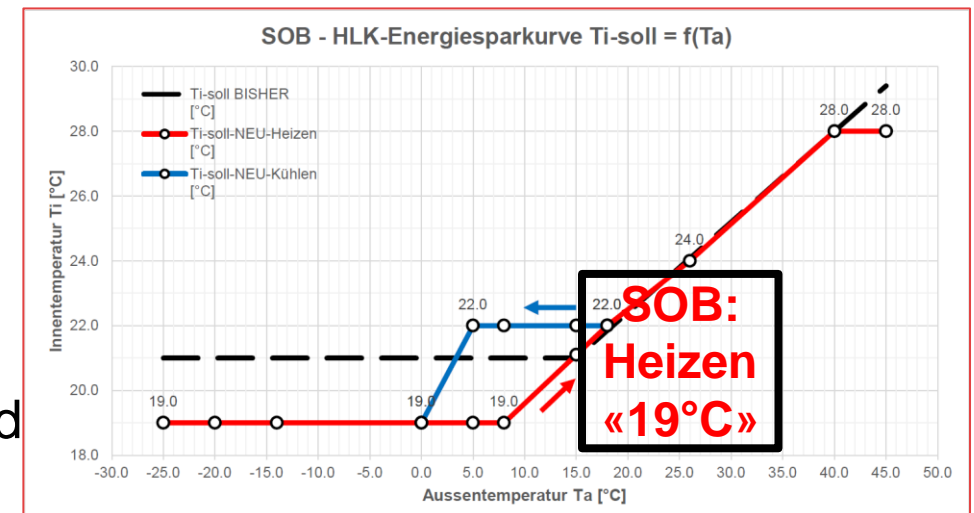
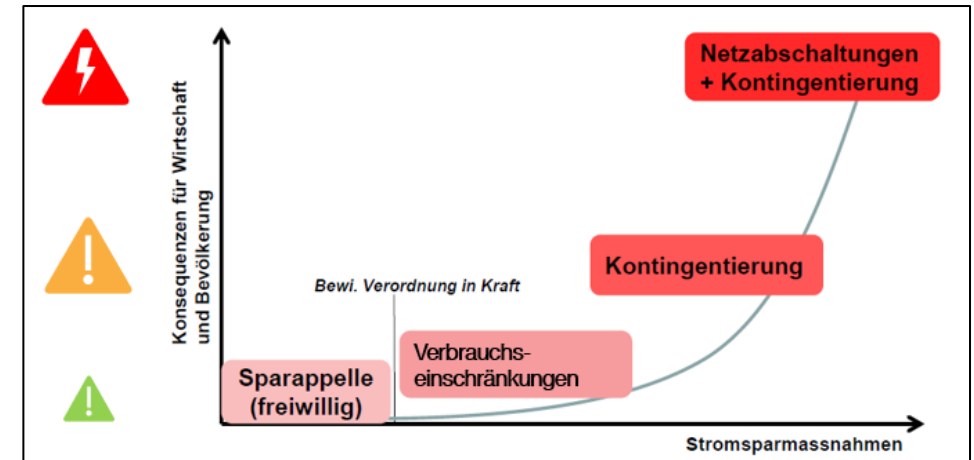
Betriebsoptimierungen

– Beispiel Abteilterperatur-Absenkung

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



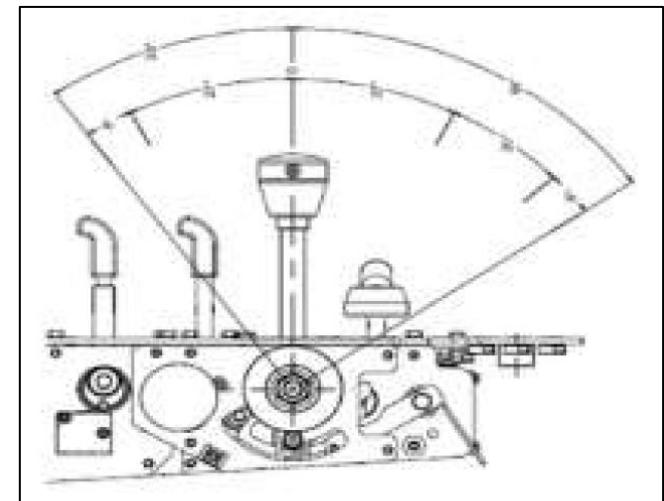
- Mess-/Funktionskontroll-Fahrten mit Flirt1, Flirt2, Flirt3 / Traverso 2022-23
 - Optimierung Ti-Sollkurve «-2K»
 - Optimierung Funktionen
- Versuche / Probetrieb ab Nov22, Flächendeckend aktiv ab Nov23



Betriebsablauf-/Bedienoptimierung

– Beispiel Fz.bedienung / Fahrschalter-Rastrierungen

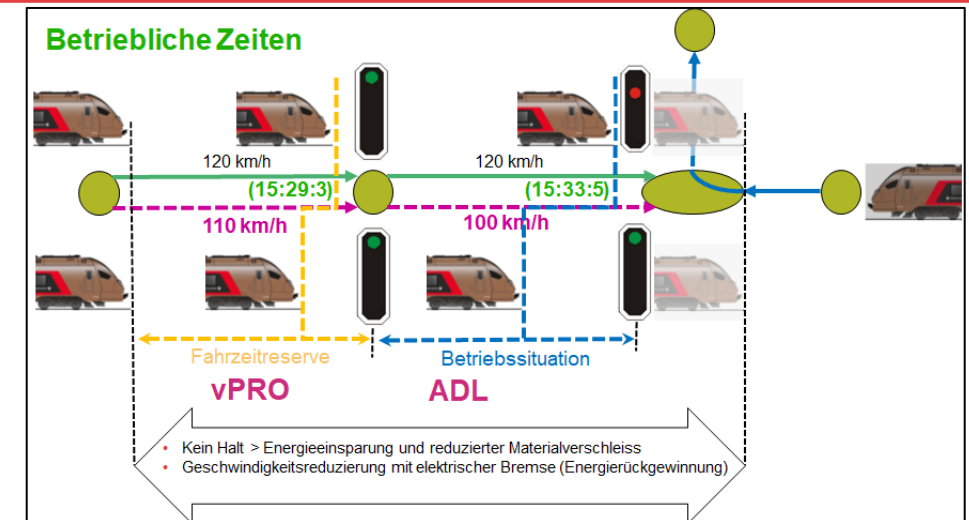
- Beim Beschleunigen werden unnötig häufig Arbeitspunkte hoher Leistung mit entsprechend überproportional hoher Antriebs-Verlustleistung gefahren, ohne dass dies im oberen Geschwindigkeitsbereich zu entsprechenden Fahrzeiteinsparungen führt.
- Energie kann (vor allem) beim Beschleunigen, aber auch beim 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

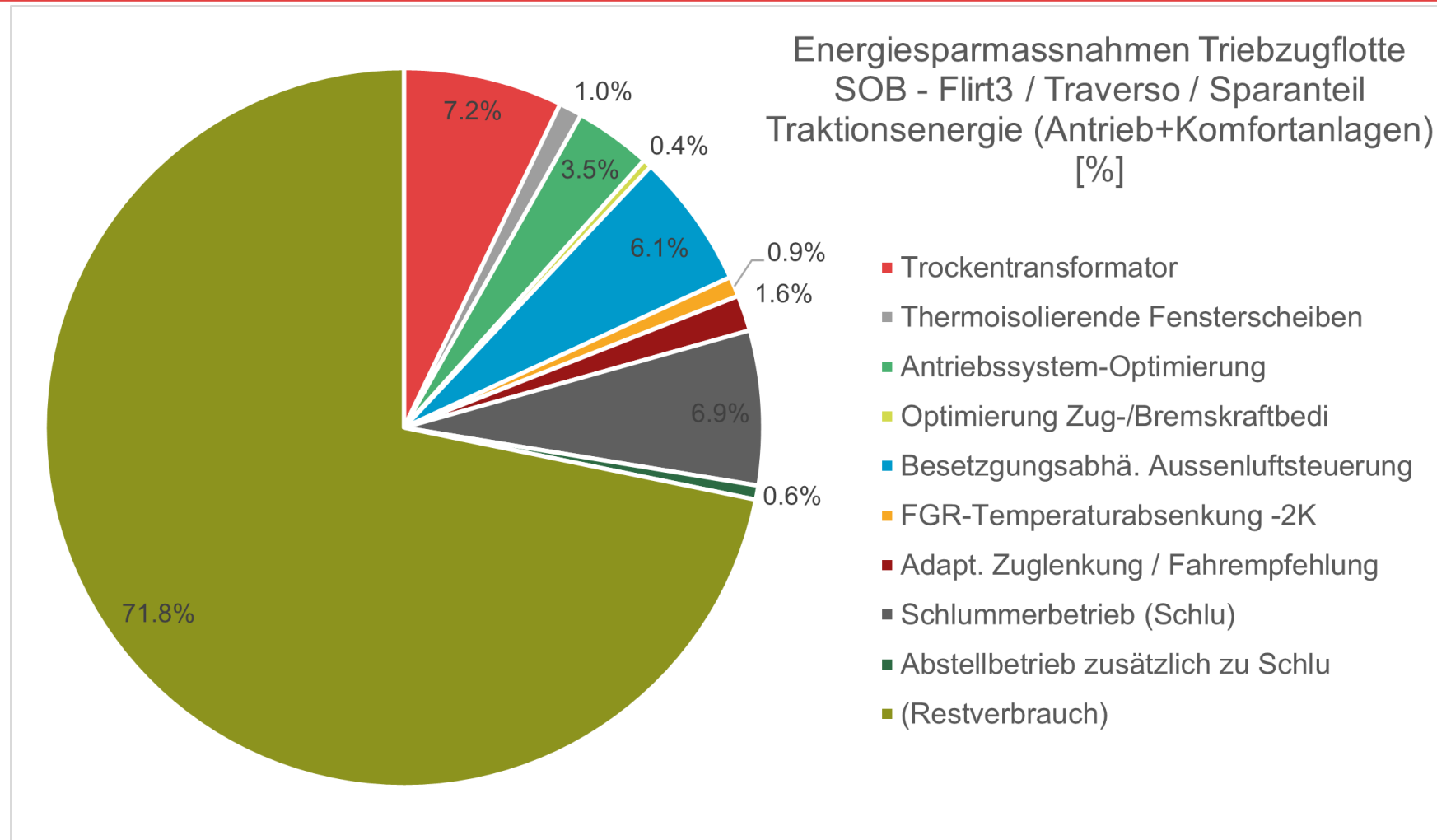
– Beispiel Adaptive Lenkung «vPRO / ADL»

- **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	Ziegelbrücke 1)	70	125 125	14:58:0	14:59:5
33.6				5-10		100			
30.7	3	2			Weesen		160 125	(15:01:4)	
28.2					Block	S228/128			
26.7					Block	S227/127			
24.6	4	4			Mühlehorn	80	105 100	(15:05:2)	
24.0					K Ausf.	80			
23.2					km 23.20-22.94	80			
22.9									
22.9									
23.3					Tiefenw.	S123			
21.4					Block	S222/122			
70 / 57.1 km / ZB / 1) Ziegelbrücke Seite Biliten, 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



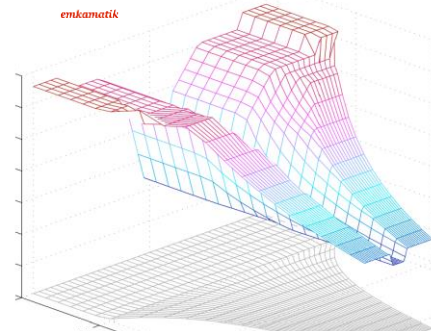
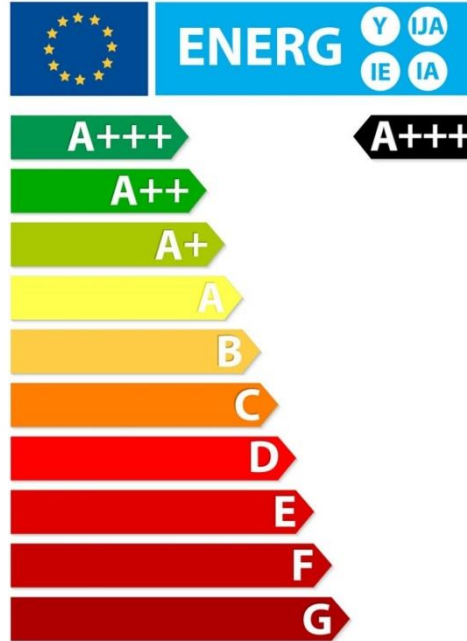
Mit Zug zum Energiesparen – **Ersparnisse** / Flirt1/2 + Flirt3 / Traverso

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-Züge beim Schlummern

SOB SÜDOSTBAHN
gerade unterwegs