

En avant pour les économies d'énergie

Réduction de la consommation énergétique dans les FLIRT de la SOB

Arguments – possibilités – potentiels – mesures concrètes

Forum «Énergie durable» de l'UTP, Soleure, 30.11.2023



SOB SÜDOSTBAHN
gerade unterwegs

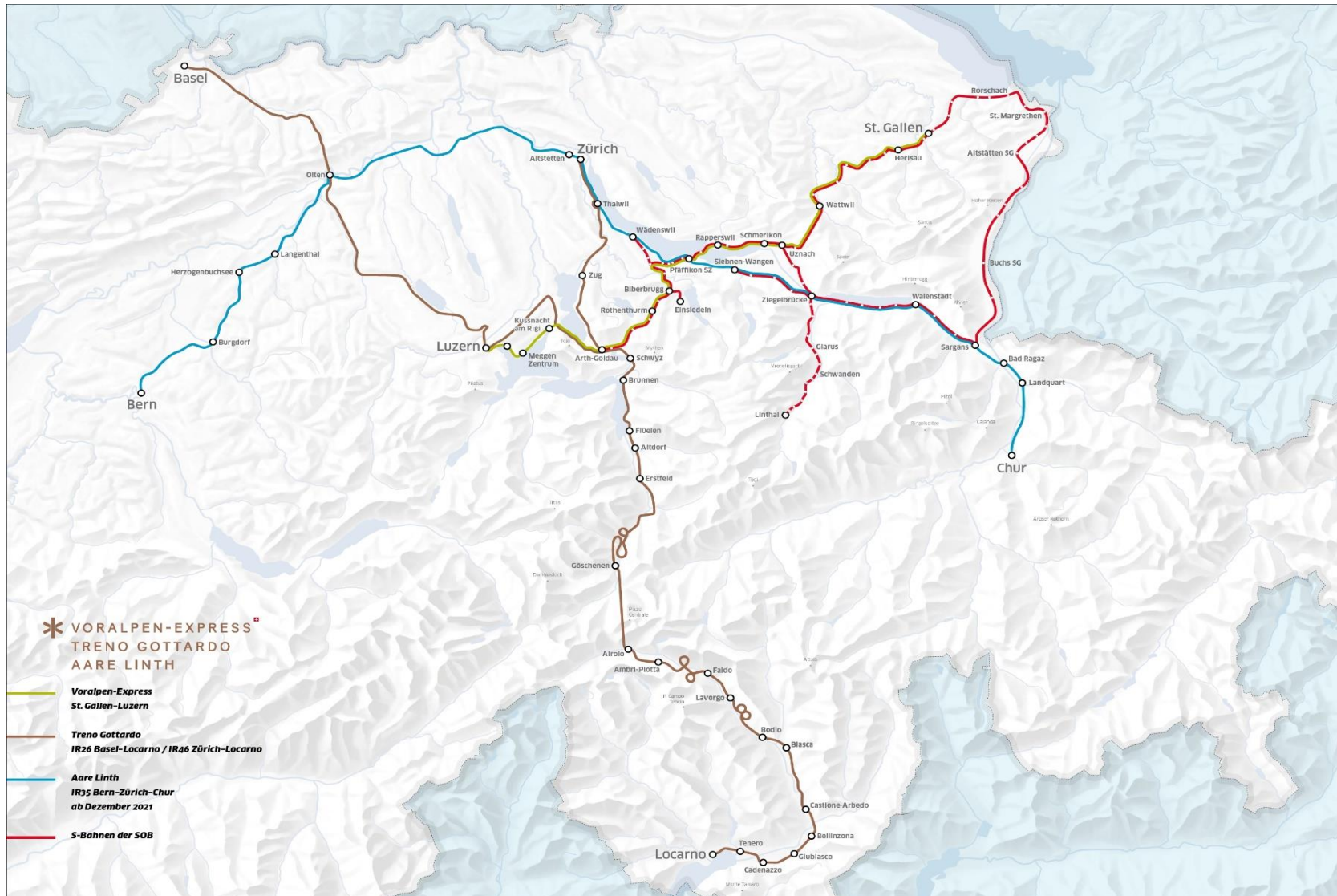
En avant pour les économies d'énergie

– Plan

- Introduction / contexte – bref portrait de l'entreprise et de ses véhicules
- Arguments en faveur de trains économes
- Mesures d'économies et possibilités – qu'est-ce qui en vaut la peine?
- Mesures d'économies les plus utiles
 - Optimisations des composants
 - Optimisations du système
 - Optimisations de l'exploitation
 - Optimisations des processus opérationnels
- Taux d'économie à l'exemple du Flirt3/Traverso
- Synthèse
- Conclusion et perspectives

Portrait de l'entreprise

– Réseau de lignes «VAE», «TRG», «ALI», «ARX», RER



Portrait de l'entreprise

– VORALPEN-EXPRESS (St-Gall–Lucerne: 125 km)



Portrait de l'entreprise – TRENO GOTTARDO (Zurich/Bâle–Locarno: 208/291 km)



Portrait de l'entreprise

– AARE LINTH (Coire–Zurich–Berne: 236 km)



Portrait de l'entreprise

– **ALPENRHEIN-EXPRESS** (Coire–St-Gall: 106 km) / fin 2024



Portrait de l'entreprise

– RER (tour du Säntis, March, Linthal, Einsiedeln, Arth-Goldau)



Portrait de l'entreprise

– Faits et chiffres / (début 2020 > fin 2022)

Réseau de lignes, propre (*tiers*)

- 111 km (**870 km**)
- 192 ponts/viaducs/passages supérieurs/inférieurs
> + haut/+ long: viaduc de la Sitter: 99/365 m
- 19 tunnels (longueur: 7054 m)
- 33 gares et arrêts
- 50‰ de déclivité maximale
- de 399 à 933 mètres d'altitude, de Romanshorn à Biberegg
(**de 274 à 1142 m, de Bâle à Airolo**)

Véhicules moteurs

- **62** trains/rames, 4 véhicules de chantier

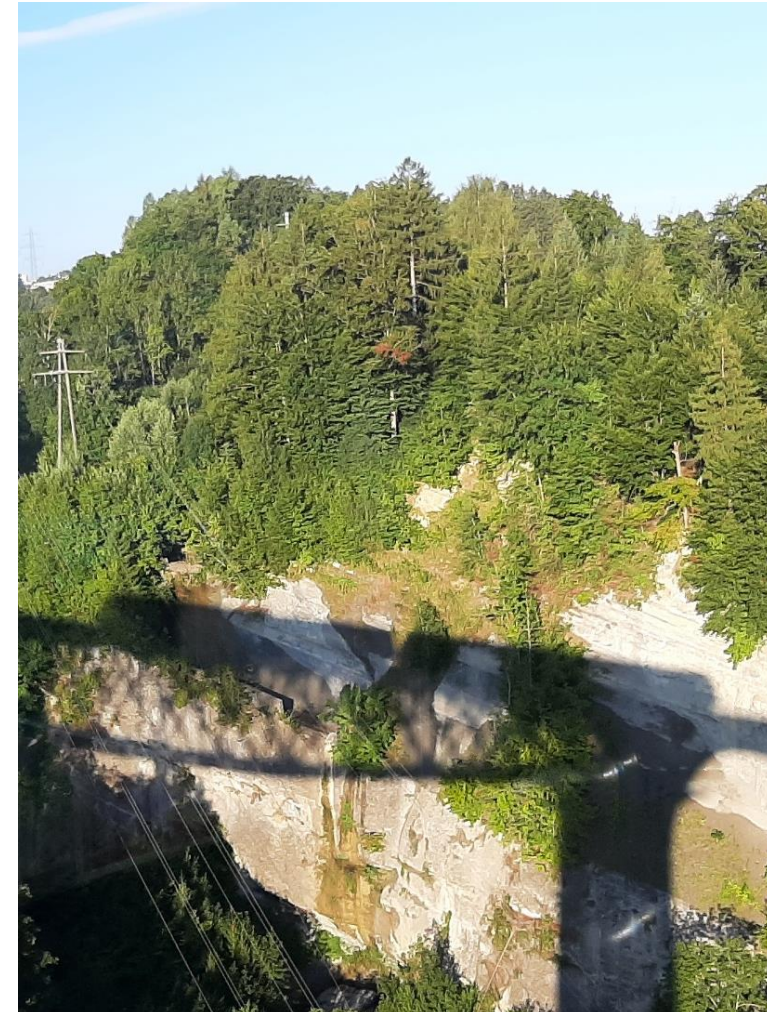
Collaborateurs

- Environ 600 > **960**

Voyageurs

9,9 mio. > **27 mio.**

Kilomètres de train/bus env. 5,3 > **11,5 mio.**



Portrait de l'entreprise

– Flotte de véhicules / fin 2022 (fin 2026)



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

En avant pour les économies d'énergie – 7 arguments en faveur de trains économes

- Exigences du cahier des charges – beaucoup devrait être un standard aujourd'hui...
- Taxes des sillons – au moins comme argument de négociation
- Occasions / circonstances favorables – p. ex. lors d'un refit
- Subventions – EnergieZukunftSchweiz, ProKilowatt, etc.
- Hausse des prix de l'énergie
- Pénurie d'électricité
- ... et enfin – la joie de rendre les trains «**techniquement beaux**»

En avant pour les économies d'énergie – Mesures d'économie: possibilités

- Il y a «100 possibilités» – lesquelles en valent la peine? (**gras = les plus utiles**)
 - Mesures mécaniques (*p. ex. palier guide d'essieu hydraulique*)
 - **Récupération d'énergie au freinage** (*standard «évident»*)
 - **Composants économes en énergie**
 - **Pertes minimales du système d'entraînement**
 - **Paramétrage de l'apport d'air extérieur selon l'occupation**
 - Baisse de la température dans les compartiments voyageurs
 - Aide à la conduite / régulation adaptative et conseils d'économies
 - **Mode veille**
- L'accent est à présent mis sur l'économie d'électricité.

En avant pour les économies d'énergie

– Mesures d'économies: lesquelles en valent la peine? Raisonnnement

- On vise 35 ans de durée de vie pour les véhicules (Flirt3 / Traverso); elle sera probablement plus élevée (CFF Re 4/4 II: **env. 60 ans!**)
- Quelle durée de vie ont encore mes véhicules approximativement?
- Aujourd'hui, on compte environ 15 ans entre deux refits
- **Examen de la rentabilité! Principe: «La mesure en vaut la peine si elle est amortie après une demi-période de refit.»**

Décision de mise en œuvre: oui ou non? «Règle d'or»:

- **Si amorti en 1 à 8 ans => à réaliser tout de suite**
- **Si amorti en 9 à 15 ans => à réfléchir**
- **Si amorti en > 15 ans => pas de mise en œuvre**

Optimisations des composants

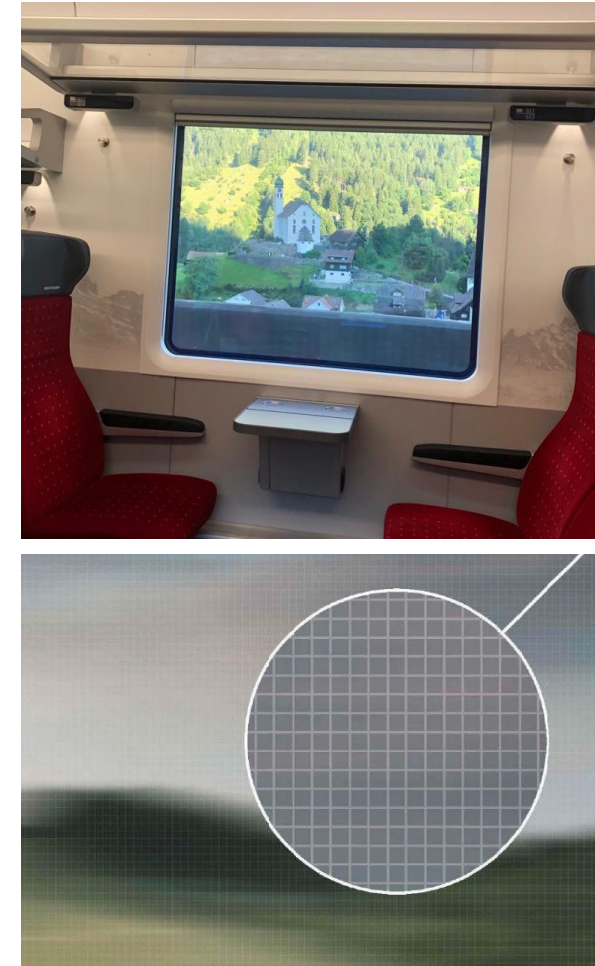
– Exemple du transformateur à sec

- Les anciens transformateurs ont beaucoup de pertes, nécessitent beaucoup de place et sont lourds du fait du refroidissement à huile et des pompes.
- Les nouveaux transformateurs secs sans huile ont un refroidissement à air léger. Ils sont plus lourds mais leur place est optimisée et la part active a moins de déperdition.
- Baisse des coûts de maintenance (car sans huile) et du risque environnemental
- Le premier transformateur sec de tous les Flirt du monde a été installé sur le Flirt 063 de la SOB.
- À lui seul, ce changement a permis de réduire la consommation énergétique du Flirt de plus de 7 %!



Optimisations des composants – Exemple des vitres

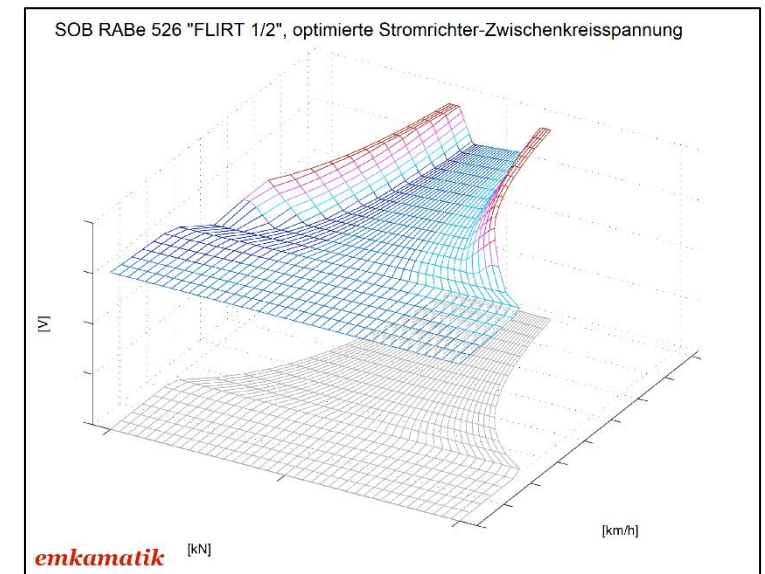
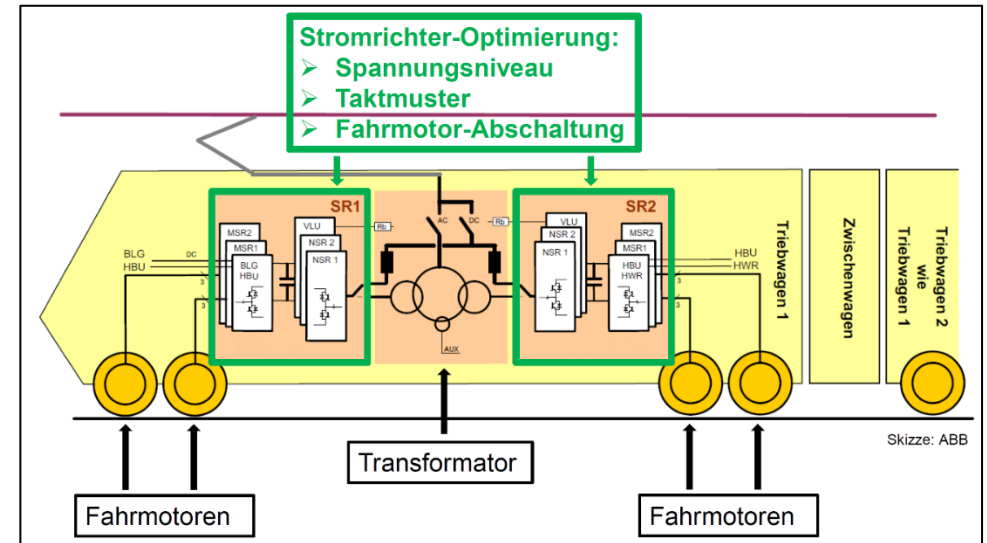
- Les fenêtres des véhicules de la SOB sont pourvues de double vitrage.
- Le côté intérieur du verre extérieur est recouvert d'une couche d'isolation métallique.
- Dans celle-ci, une structure de l'épaisseur d'un cheveu humain améliore la réception du réseau mobile.
- Cette grille n'est visible à l'œil nu qu'en n'y regardant de très près.
- Mise en place à la SOB déjà en 2017



Optimisations du système

– Exemple de l'entraînement / Minimisation des pertes d'entraînement

- Sur les véhicules électriques, les pertes du système d'entraînement peuvent être largement réduites par une optimisation globale. Cela passe notamment par un paramétrage ciblé des rapports de tension dans le convertisseur de traction et de ses modèles rythmiques. Lors d'une puissance/force de traction faible, les moteurs de traction sont éteints (fonctionnement en charge partielle).
- Optimisations réalisées:
 - Tension de circuit intermédiaire du convertisseur
 - Flux magnétique du moteur de traction
 - Fonctionnement en charge partielle (extinction des moteurs de traction)
 - Modèle de pulsation du convertisseur d'entraînement («flattop»)
 - Blocage de l'heure du convertisseur de réseau



Optimisations du système

– Exemple du système de ventilation / Apport d'air extérieur selon l'occupation

- **Avant:** taux d'air extérieur constants et fixes, dépendant de la température extérieure et surdimensionnés
- **Aujourd'hui:** critères de qualité de l'air ambiant, p. ex. concentration de CO₂, mesurée grâce à des capteurs de CO₂.
En cas de faible occupation, moins d'air extérieur doit être mélangé à l'air ambiant > moins d'air doit être chauffé ou refroidi > économie d'énergie
- **Flirt1:** principe optimisé
 - **taux d'air extérieur minimisé**
 - **fonctionnement simple**
 - **baisse des charges de mise en service**
 - **presque indépendant de la température > logique selon l'occupation**

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

Optimisations de l'exploitation

– Exemple du mode veille, véhicules en économie d'énergie

Lorsque les véhicules sont parqués, la **température des compartiments peut fortement diminuer** en cas de températures extérieures froides et **fortement augmenter** en cas de températures extérieures chaudes et/ou de rayonnement solaire, et ce **sans chauffage ou refroidissement durable**. De plus, certains systèmes sont désactivés.

Avant l'engagement du train, les compartiments sont ramenés à une température agréable.

Fonctions d'économie

- **Chauffage/climatisation:** la température des compartiments est maintenue **entre 10 et 40°C**; les WC restent à la normale (min. 20°C / protection antigel)
- **Ventilation, chauffage, climatisation:** la climatisation fonctionne sans apport d'air extérieur
- **Désactivation des systèmes:** 3/4 transfo-convertisseur, information à la clientèle, éclairage intérieur

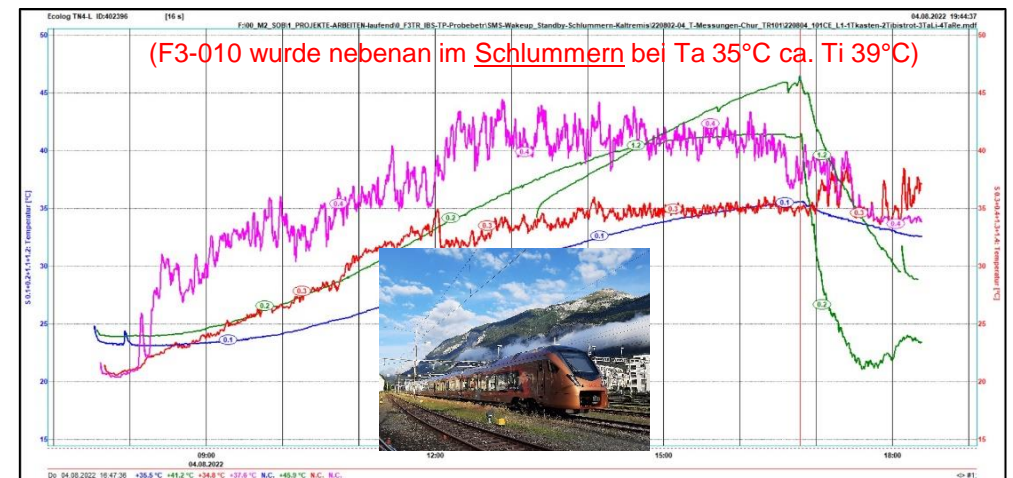
Activation après

- 60 minutes en position parc ou 2 minutes parc + extinction de l'éclairage dans les compartiments voyageurs, portes verrouillées, verrouillage central activé

Optimisations de l'exploitation

– Exemple du «stand-by», véhicules éteints

- Motifs: réduction du bruit et économie d'énergie
- Fonction de réveil par une surveillance de la température et des critères temporels pour recharger les batteries
- La centrale réveille le véhicule avant son engagement par un enclenchement à distance
- Problématique: évaluation de la température en été / hiver par capteurs
- Problématique: exploitation de la zone bistrot du Traverso en cas de températures élevées
- Problématique: étanchéité du train (réserve d'air pour l'enclenchement), soit durée de mise à niveau



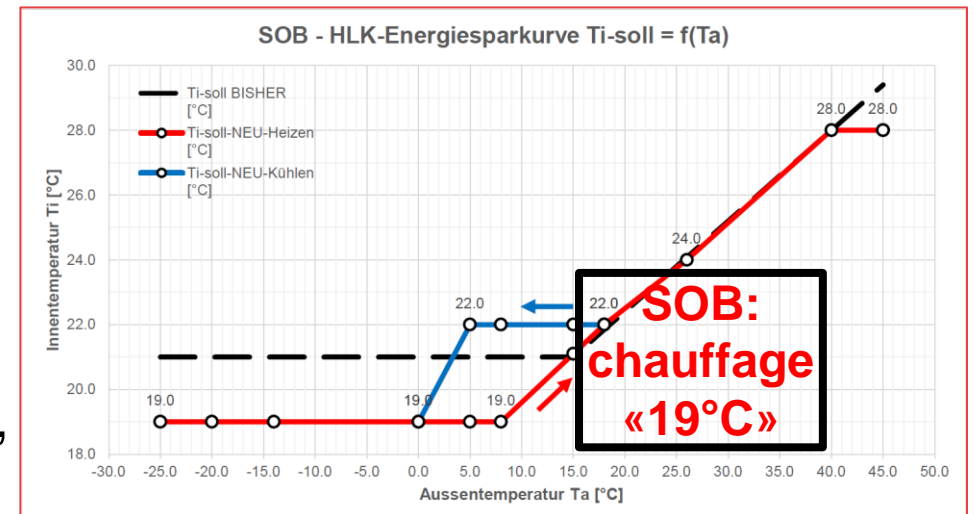
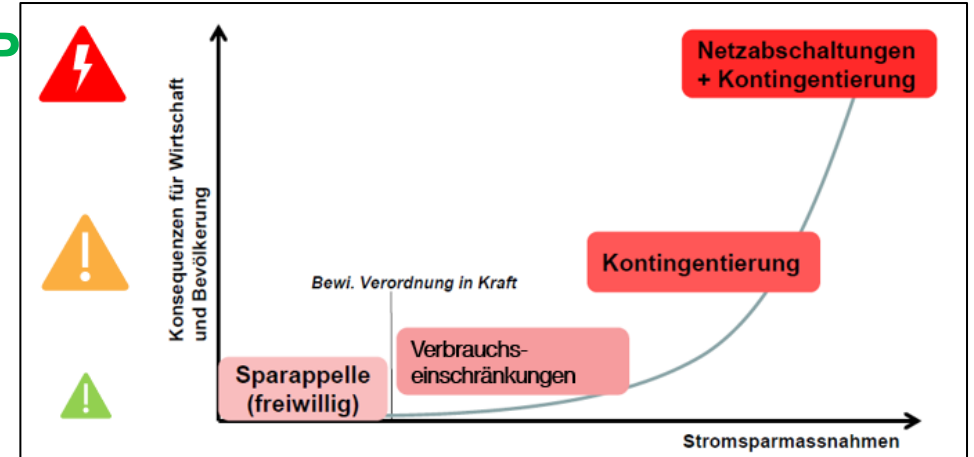
Optimisations de l'exploitation

– Exemple de la réduction de la température des compartiments

- Pénurie d'énergie > contribution officielle des TP aux économies d'énergie



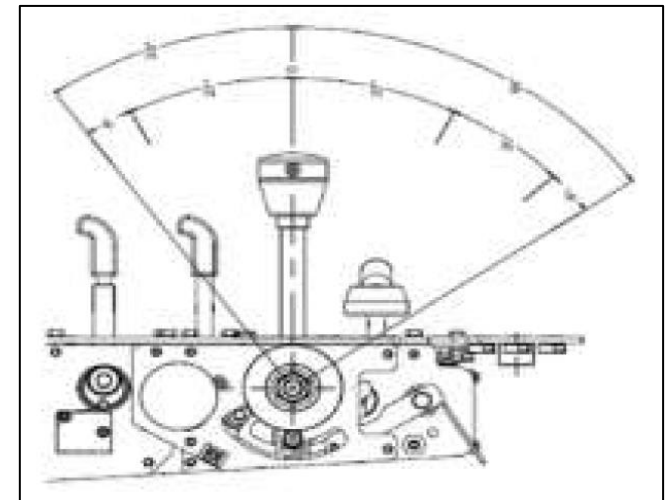
- Courses de mesure/contrôle du fonctionnement avec Flirt1, Flirt2, Flirt3 / Traverso 2022-23
 - Optimisation de la courbe théorique T_i «-2K»
 - Optimisation des fonctions
- Essais / exploitation test à partir de novembre 2022, actif sur tout le territoire à partir de novembre 2023



Optimisation des processus opérationnels

– Exemple du fonctionnement du véhicule / cadran des gaz

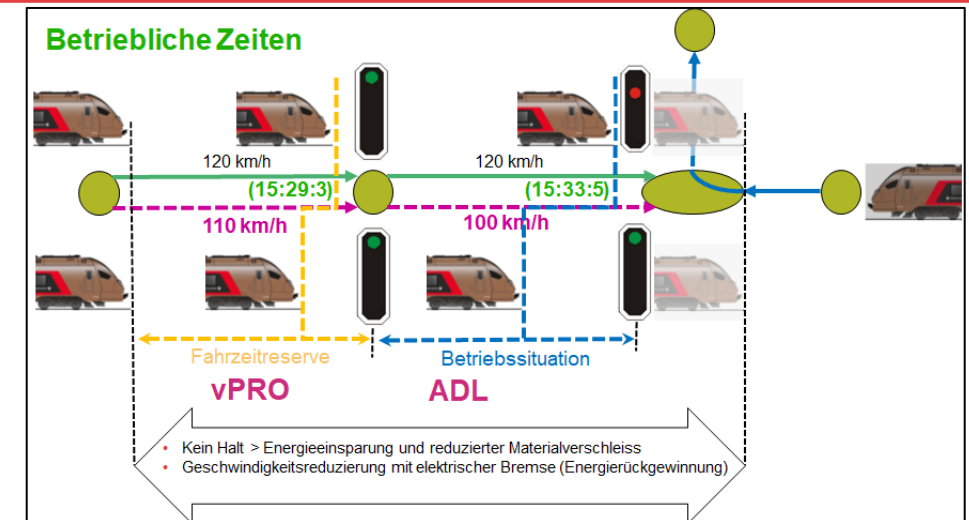
- Lors de l'accélération, les mécaniciens poussent inutilement souvent trop les trains (demandent des performances trop élevées), ce qui implique des pertes d'entraînement disproportionnées, sans pour autant économiser du temps de trajet en circulant à des vitesses élevées.
- Il est possible d'économiser de l'énergie (surtout) à l'accélération, mais aussi avec le freinage électrique, lorsque la poignée de gaz n'est pas poussée à fond (si inutile).
- On ajoute donc des cadrans indiquant le 75 % de la puissance de traction et le 50 % de la puissance de freinage.



Optimisation des processus opérationnels

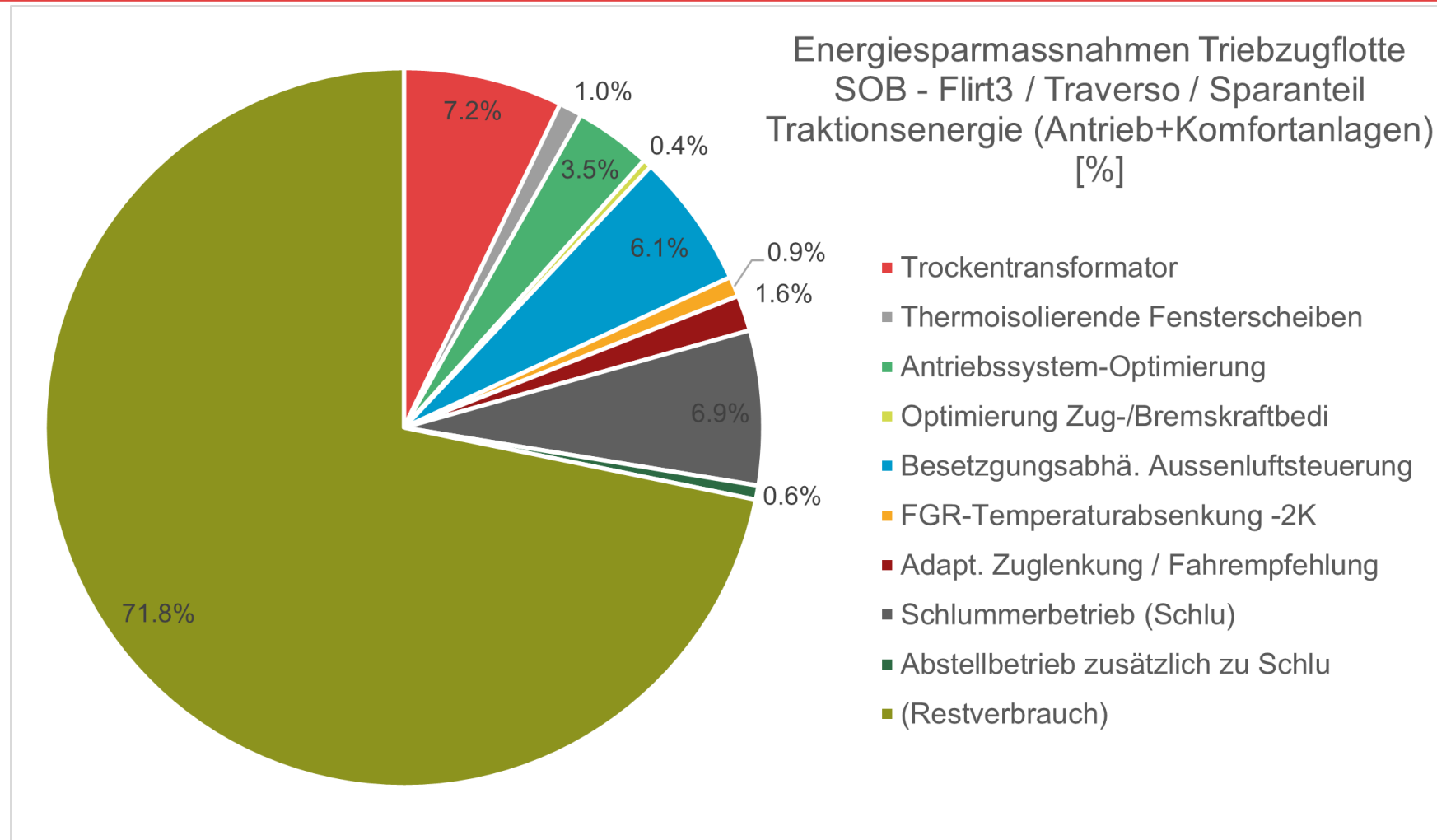
– Exemple de la régulation adaptative «vPRO / ADL»

- **Niveau I: «vPRO»** calcule à l'avance les réserves de temps de trajet par rapport à l'horaire; pilotage possible du train à une **vitesse plus faible** > **économie d'énergie**
- **Niveau II: «ADL»** calcule la vitesse optimale **vOpt** selon la situation d'exploitation du moment et l'affiche dans la marche du train > **éviter les arrêts** imprévus et fluidifier l'exploitation
- Objectifs de la combinaison «vPRO / ADL»
 - Améliorer la stabilité de l'horaire
 - Optimiser les capacités du réseau d'infrastructure
 - Réduire les arrêts dus aux signaux
 - Réduire l'usure des matériaux
 - **Économiser l'énergie**



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
33.6				5-10		100			14:59:5
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					Gleis 21-11				
22.9					21-12				
23.3					Tiefenw.	S123			
21.4					Block	S222/122			
70 / 57.1 km / ZB / 1) Ziegelbrücke Seite Bitten, 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									

En avant pour les économies d'énergie – Taux d'économie à l'exemple du Flirt3 / Traverso



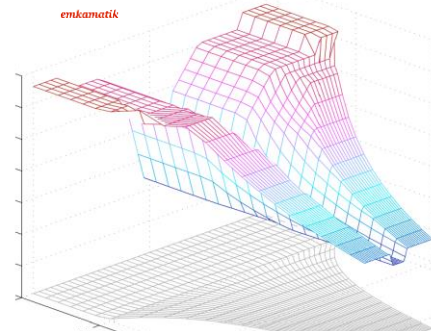
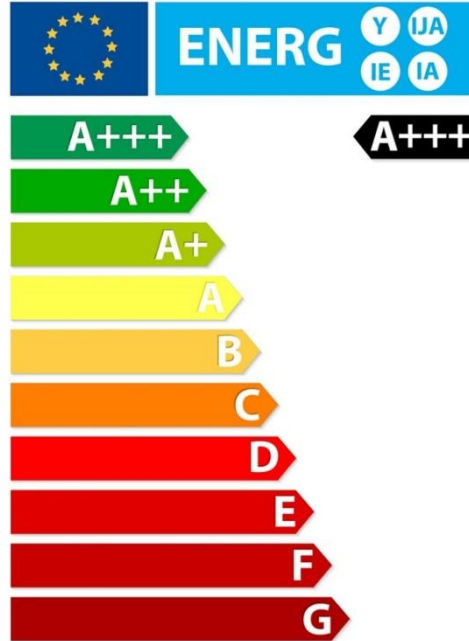
En avant pour les économies d'énergie – **Économies** / Flirt1/2 + Flirt3 / Traverso

Économies totales grâce aux mesures réalisées:

- **Énergie:** **17,9 GWh/an**
(= env. 1/500 de la centrale nucléaire de Leibstadt: 9700 GWh/an)
- **Équivalents-ménages:** **4800 ménages/an** (3800 kWh/an)
6100 ménages/an (3000 kWh/an)
- **Finances:** **2,2 mio. de francs/an** (12,5 centimes/kWh)
2,7 mio. de francs/an (15,5 centimes/kWh)

En avant pour les économies d'énergie

– **Conclusion/objectif** ➤ des trains «techniquement beaux» /
mise en œuvre jusqu'en 2024



Merci pour votre attention!

– Questions et réponses



• Trains SOB en mode veille

SOB SÜDOSTBAHN
gerade unterwegs