



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

**Bundesamt für Verkehr BAV**  
Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050  
im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)

# 131\_ENERGIEDATENBEREITSTELLUNG FÜR DAS LOKPERSONAL ALS FEEDBACKINSTRUMENT FÜR ENERGIESPARENDE FAHRWEISE (ENERGIEVERBRAUCHS-APP EVA)

Schlussbericht

**Autorin/Autor:**

**Delia Harder**

**Firma/Institution (Logo):**



**Adresse, Mail, Homepage:**

**Schweizerische Bundesbahnen SBB**  
Infrastruktur Energie, Energieeffizienz  
Industriestrasse1, 3052 Zollikofen  
[delia.harder@sbb.ch](mailto:delia.harder@sbb.ch); [www.sbb.ch](http://www.sbb.ch)

**Ort und Datum**

**Zollikofen, 10.09.2020**

## **Impressum**

Herausgeberin:  
Bundesamt für Verkehr BAV  
Programm Umsetzung der Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr (ESöV 2050)  
CH-3003 Bern

Programmleiter  
Tristan Chevroulet, BAV

Projektnummer: 131  
Bezugsquelle  
Kostenlos zu beziehen über das Internet  
[www.bav.admin.ch/energie2050](http://www.bav.admin.ch/energie2050)

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor –in oder sind ausschliesslich die Autoren –  
innen dieses Berichts verantwortlich.

Bern, den [29.01.2021]

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	1
Executive Summary in Deutsch .....	2
Executive Summary en français .....	3
Executive Summary in English .....	4
Zusammenfassung in Deutsch .....	5
Zusammenfassung in einer zweiten Landessprache .....	9
1. Ausgangslage .....	13
2. Ziel der Arbeit .....	14
3. Umsetzung .....	15
3.1 Konzept .....	15
3.2 Hinweise .....	16
3.2 Umsetzung der Oberflächenanforderungen .....	17
4. Ergebnisse .....	20
4.1 Datenvalidierung .....	22
4.2 Zufriedenheit der Teilnehmer .....	22
4.3 Lessons Learned aus dem Projekt .....	23
4.4 Wirkungsnachweis .....	23
5. Schlussfolgerungen und Empfehlungen .....	24
5.1 Anwendbarkeit der EVA-App bei anderen EVUs oder TUs .....	24
5.2 Fazit .....	24
Symbol- und Abkürzungsverzeichnis .....	25

## Executive Summary in Deutsch

In Übereinstimmung mit der Energiestrategie des Bundes hat sich die SBB das Ziel gesetzt bis ins Jahr 2030 850 GWh Energie pro Jahr einzusparen.

In diesem Bericht geht es um ein Feedbackinstrument, das es dem Lokpersonal ermöglicht, die eigene Fahrweise energetisch weiter zu verbessern. Dieses Instrument haben wir Energieverbrauchs-App (EVA) getauft.

Mit dem Feedback wird der Wirkungskreis von Fahrplan, Disposition und Fahrweise geschlossen. Es ist ein wichtiger Baustein für eine energieeffiziente Bahnproduktion und hilft pro Jahr 1.2 Mio. Franken bzw. 11 GWh Energie einzusparen (durch Verhaltensänderungen). Das sind ca. 1% des Traktions-Energieverbrauchs der SBB ohne Heizung, Lüftung und Klima.

Der Fahrplan enthält Fahrzeitreserven, die bisher dem Lokpersonal nicht angezeigt wurden. Für das Gesamtsystem Bahn und die Disposition ist ein pünktlicher Verkehr (weder vorzeitige noch verspätete Ankünfte) sehr wichtig, da so am wenigsten Konflikte im Netz entstehen und am energieeffizientesten gefahren werden kann. Um dem Lokpersonal eine Hilfe zu bieten, wurden im Rahmen des Projekts eco2.0 (ESöV Projekt Nr. 132) die Geschwindigkeitsempfehlungen vPRO entwickelt. Diese sind während der Fahrt auf den iPads der Lokführer/innen sichtbar, so dass diese den Empfehlungen folgen und sich darauf verlassen können, pünktlich und energiesparend ans Ziel zu kommen.

Werden die Geschwindigkeitsempfehlungen befolgt, so sind diese in der Detailansicht der App genau nachvollziehbar.

Die Energieverbrauchs-App bietet zudem Vergleiche an. Entweder der Mitarbeitende mit sich selbst oder dem Pool des ganzen Lokpersonals. Hier werden Energiewerte auf gleichen Strecken mit gleichem Rollmaterial verglichen, so dass erkennbar wird, ob der/die Einzelne bereits besser fährt, als die Mehrzahl der Kollegen/innen. Und über die Detailansicht kann noch weiter analysiert werden, wie er/sie sich weiter verbessern kann.

Die Energieverbrauchs-App wird bereits bei SBB Personenverkehr und Cargo von insgesamt 500 Lokführer/innen genutzt. Sie wird bis Ende 2020 ausgerollt und steht dann dem gesamten Lokpersonal (3000 Lokführer/innen) zur Verfügung.

## Executive Summary en français

Conformément à la stratégie énergétique de la Confédération, les CFF visent une économie d'énergie de 850 GWh par an d'ici à 2030.

Le présent rapport porte sur un instrument de feed-back qui permet au personnel des locs d'améliorer en continu sa manière de conduire sur le plan énergétique. Nous avons baptisé cette appli sur la consommation d'énergie EVA.

Le feed-back ainsi obtenu complète le champ d'influence de l'horaire, de la disposition et de la manière de conduire. Il constitue un élément important en vue d'une production ferroviaire éco-énergétique et permet d'économiser 1,2 million de francs par an, soit 11 GWh (grâce à des changements de comportement). Cela représente environ 1% de la consommation d'énergie de traction des CFF sans chauffage, ventilation et climatisation.

L'horaire contient des réserves sur temps de parcours qui, jusqu'alors, n'étaient pas affichées au personnel des locs. La ponctualité du trafic (arrivées ni précoces ni tardives) est déterminante pour l'ensemble du système ferroviaire et la disposition car elle réduit la survenue de conflits sur le réseau et permet de conduire selon le principe de l'efficacité énergétique. Dans le cadre du projet eco2.0 (projet SETP n°132), les recommandations de vitesse vPRO ont été développées afin d'aider le personnel des locs. Celles-ci sont affichées sur les iPads des mécaniciennes et mécaniciens tout au long de la marche afin de garantir une conduite économe en énergie et une arrivée ponctuelle.

Le respect éventuel des recommandations de vitesse apparaît directement dans la vue détaillée EVA.

L'appli sur la consommation d'énergie permet également au collaborateur de réaliser des comparaisons avec ses propres performances ou celles de l'ensemble du personnel des locs. Les valeurs énergétiques étant comparées sur une même ligne et avec un matériel roulant identique, il peut ainsi évaluer sa conduite par rapport à celle de la majorité de ses collègues. La vue détaillée offre une analyse supplémentaire pour s'améliorer en continu.

L'appli sur la consommation d'énergie est d'ores et déjà utilisée chez CFF Voyageurs et CFF Cargo par 500 mécaniciennes et mécaniciens. Elle sera déployée et disponible pour l'ensemble du personnel des locs (3000 mécaniciennes et mécaniciens) d'ici à fin 2020.

## Executive Summary in English

In line with the federal government's energy strategy, SBB has set itself the goal of saving 850 GWh of electricity per year by 2030.

This report relates to a feedback instrument enabling locomotive crews to further improve the energy-efficiency of their driving style. We have 'christened' this energy consumption app EVA (short for 'Energieverbrauchs-App').

Feedback will be incorporated into the 'timetabling/rostering/driving style' cycle. The app is a major component of our efforts to make rail services more energy-efficient: changes in driving style will help save 1.2 million Swiss francs and some 11 GWh of electricity per year. That is approx. 1% of the traction energy consumption of the SBB without heating, ventilation and air conditioning.

The timetable contains journey-time 'slack' that was not previously displayed to the locomotive crew. Punctual (i.e. neither early nor late) arrivals are very important for the overall rail system and for rostering purposes, as this minimises possible conflicts in the network and thereby makes for maximum energy-efficiency. To provide assistance to locomotive crews, vPRO speed recommendations were developed as part of the eco2.0 project (project no. 132 of the ESöV public transport energy strategy). These are visible on the train drivers' iPads during the journey, so that they can follow the recommendations and rely on reaching their destination on time while also conserving energy.

If the speed recommendations are adopted, they can be precisely tracked in the app's detail view.

The energy consumption app can also be used to make comparisons – either against the employee's own figures or against those for all locomotive personnel. Here, energy figures for the same routes are compared with others recorded with the same rolling stock; it can then be seen whether an individual driver is already driving more sparingly than the majority of his or colleagues. The detail view also offers in-depth analysis for achieving further improvements.

The energy consumption app is already being used by a total of 500 train drivers in SBB's Passenger and Cargo divisions. It will be rolled out by the end of 2020 and will then be available to all locomotive crews (some 3000 train drivers).

## Zusammenfassung in Deutsch

### Ausgangslage:

Mit 75% hat der Bahnstrom bei der SBB den grössten Anteil am Energieverbrauch. Somit gibt es in diesem Bereich auch ein grosses Einsparpotenzial. Durch die Umsetzung des Projekts «Verursachergerechte Verrechnung Bahnstrom» ergab sich auch das Potenzial diese Energiewerte zu nutzen und sie dem Lokpersonal zugänglich zu machen. Bereits im Jahr 2014/2015 konnte erfolgreich ein Proof of Concept der Energieverbrauchs-App (EVA) mit Energiewerten der ICN Fahrzeuge durchgeführt werden. Das Echo bei den Lokpersonalbereichen war positiv und daraufhin wurde die App von SBB Personenverkehr und von SBB Cargo bestellt. Danach folgten Abklärungen zur Datenspeicherung auf einer neuen Big Data Plattform, sowie der Ausrüstung der Fahrzeuge mit Energiezählern. Die eigentliche Realisierung konnte dann letztlich erst im Sommer 2018 starten, da sich die Ausrüstung der Fahrzeuge mit Energiemesssystemen jahrelang verzögerte.

### Zielsetzung:

Anhand von Vergleichen des Energiebedarfs auf identischer Strecke und mit gleichem Rollmaterial kann das Lokpersonal Rückschlüsse auf die Anwendung der energiesparenden Fahrweise bzw. der Anwendung der Geschwindigkeitsempfehlungen vPRO (s. ESöV Projekt Nr. 132) ziehen. Das Lokpersonal leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz.

Die aus der EVA-App resultierenden Verhaltensänderungen wurde mit einer Energieeinsparung von mindestens 11 GWh pro Jahr für SBB Personenverkehr und SBB Cargo abgeschätzt, dies entspricht umgerechnet einer Ersparnis von ca. 1.2 Mio. Franken pro Jahr.

Mit dem Feedback wird der Wirkungskreis von Fahrplan, Disposition und Fahrweise geschlossen, es ist ein wichtiger Baustein für eine energieeffiziente Bahnproduktion.

### Konzept:

Die technischen Herausforderungen im Projekt lagen in der schnellen Datenverarbeitung bzw. in der vorgelagerten Aufbereitung und Speicherung von verschiedensten Datentypen und Formaten aus den SBB-Umsystemen. Die schematische Architektur und die verschiedenen Daten, die EVA über Schnittstellen aus anderen Systemen benötigt, sind in Abbildung 7 auf Seite 16 dargestellt.

Die nachfolgenden Daten werden benötigt, um den Energieverbrauch eines bestimmten Zuges auf einer bestimmten Strecke aus den von den Energiezählern fortlaufend gelieferten Energiedaten auszuschneiden und letztlich der Person zuweisen zu können, die gefahren ist.

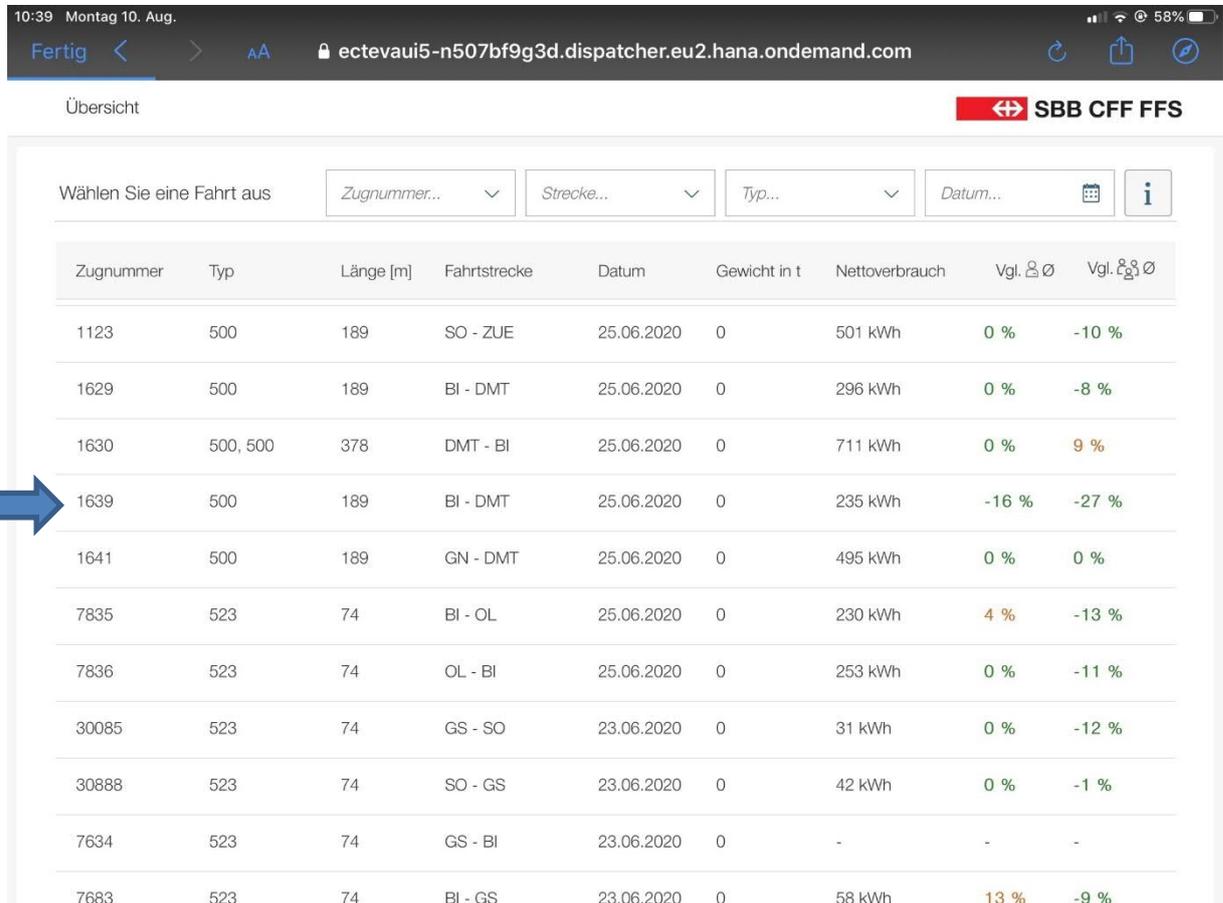
- Tourendaten des Lokpersonals (wer fährt wann auf welcher Strecke bzw. mit welchem Zug)
- Sekundenwerte für Energiebezug und Rekuperation
- Fahrplandaten: Abfahrts- und Ankunftszeiten (Plan, Prognose und Ist-Werte)
- Streckendaten (inkl. Höheninformationen)
- Zugformation (Zugtyp)
- European Vehicle Number (EVN = Identifikationsnummer des Zuges, über die der entsprechende Energiezähler identifiziert wird)
- Gewicht in Tonnen (nur für SBB Cargo, da dort mit sehr unterschiedlichen Tonnagen gefahren wird, die einen grossen Einfluss auf den Energieverbrauch haben)

Die Daten sind über eine persönliche Identifikationsnummer nur für die Person abrufbar, die für diese Tour eingeteilt wurde.

Beim Endgerät handelt es sich um das iPad des Lokpersonals, das auch zum Fahren genutzt wird.

## Ergebnisse:

EVA ist nach der Fahrt abrufbar, durch Antippen des EVA-Icons auf dem iPad. In der Web-App sind die eigenen Fahrten in chronologischer Reihenfolge auf der Startseite, s. Abbildung 1 zu sehen. Für weitere Erklärungen wird exemplarisch die Zugnummer 1639 betrachtet.



10:39 Montag 10. Aug. 58%

Fertig AA ectevau5-n507bf9g3d.dispatcher.eu2.hana.ondemand.com

Übersicht 

Wählen Sie eine Fahrt aus      

Zugnummer	Typ	Länge [m]	Fahrtstrecke	Datum	Gewicht in t	Nettoverbrauch	Vgl.  $\emptyset$	Vgl.  $\emptyset$
1123	500	189	SO - ZUE	25.06.2020	0	501 kWh	0 %	-10 %
1629	500	189	BI - DMT	25.06.2020	0	296 kWh	0 %	-8 %
1630	500, 500	378	DMT - BI	25.06.2020	0	711 kWh	0 %	9 %
1639	500	189	BI - DMT	25.06.2020	0	235 kWh	-16 %	-27 %
1641	500	189	GN - DMT	25.06.2020	0	495 kWh	0 %	0 %
7835	523	74	BI - OL	25.06.2020	0	230 kWh	4 %	-13 %
7836	523	74	OL - BI	25.06.2020	0	253 kWh	0 %	-11 %
30085	523	74	GS - SO	23.06.2020	0	31 kWh	0 %	-12 %
30888	523	74	SO - GS	23.06.2020	0	42 kWh	0 %	-1 %
7634	523	74	GS - BI	23.06.2020	0	-	-	-
7683	523	74	BI - GS	23.06.2020	0	58 kWh	13 %	-9 %

Abbildung 1: Die Übersicht der eigenen Fahrten ist die Startseite der EVA-App

Die wichtigste Information für den Mitarbeitenden ist sein Netto-Energieverbrauch (s. Spalte Nettoverbrauch), im Beispiel 235 kWh für die Strecke Biel-Delémont. Direkt ablesbar ist auch die Abweichung des Netto-Verbrauchs in Prozent zu den eigenen bisherigen Fahrten (vorletzte Spalte).

Im Beispiel liegt der Verbrauch dieser Fahrt 16% unter dem Medianwert (ähnlich dem Durchschnitt, jedoch bereinigt der Median die Ausreisser) seiner bisherigen Fahrten.

Der Netto-Verbrauch der aktuellen Fahrt liegt sogar 27% unter dem Median des gesamten Lokpersonals. Die Vergleiche in den letzten beiden Spalten werden in der Vergleichsansicht graphisch dargestellt, s. Abbildung 2. Der Median ist mit einer gepunkteten Linie und der aktuelle Verbrauch in diesem Beispiel mit dem grünen Balken dargestellt (der Balken wechselt zu orange, wenn der Wert der aktuellen Fahrt über dem Median liegt). Links oben kann der Energiebezug von 394 kWh und die rekuperierte Energie von 159 kWh abgelesen werden. Bezug minus rekuperierte Energie ergibt den Netto-Verbrauch.

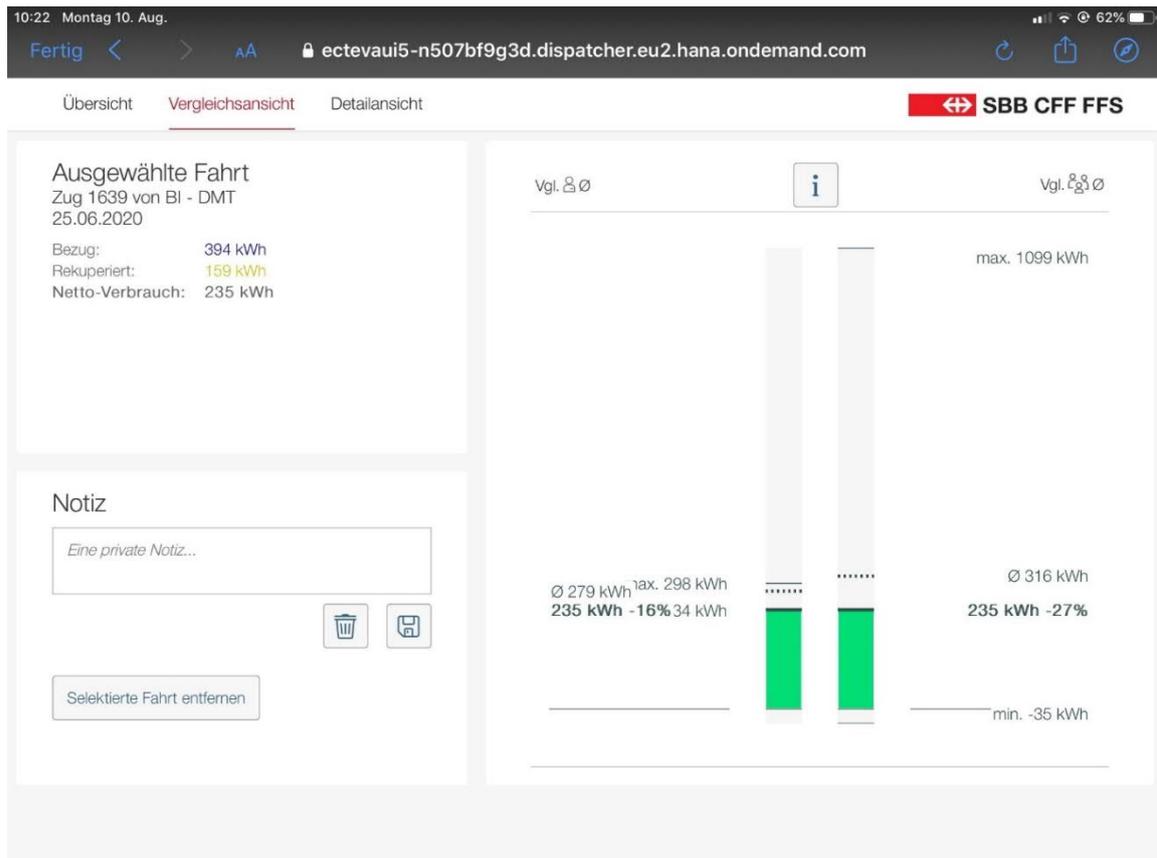


Abbildung 2: Die EVA Vergleichsansicht zeigt den Energiewert der aktuellen Fahrt im Vergleich zu den eigenen (linker Balken) respektive den Fahrten aller (rechter Balken)

Abbildung 3 visualisiert die Energiewerte entlang der gefahrenen Strecke bzw. der Zeitachse und ermöglicht dadurch eine genaue Analyse der Fahrweise. Der Mitarbeitende kann hinein zoomen (s. Abbildung 4), um wie im Beispiel für die Strecke Grenchen-Moutier abzulesen wo Energie bezogen (blau) bzw. wo Energie rekuperiert wurde (gelb-grün). Die Geschwindigkeitskurve ist in Rot dargestellt (rechte y-Achse zeigt die Geschwindigkeitsskala). Der Streckenabschnitt Grenchen-Moutier wurde mit etwas mehr als 100 km/h befahren.

Die Energieverbrauchs-App befindet sich bereits im Rollout und kann bisher von ca. 500 Personen genutzt werden. Ende 2020 wird sie etappenweise auf weitere Standorte ausgerollt, so dass schliesslich das gesamten Lokpersonal (ca. 3000 Mitarbeitende bei SBB Personenverkehr und Cargo) Zugang hat.

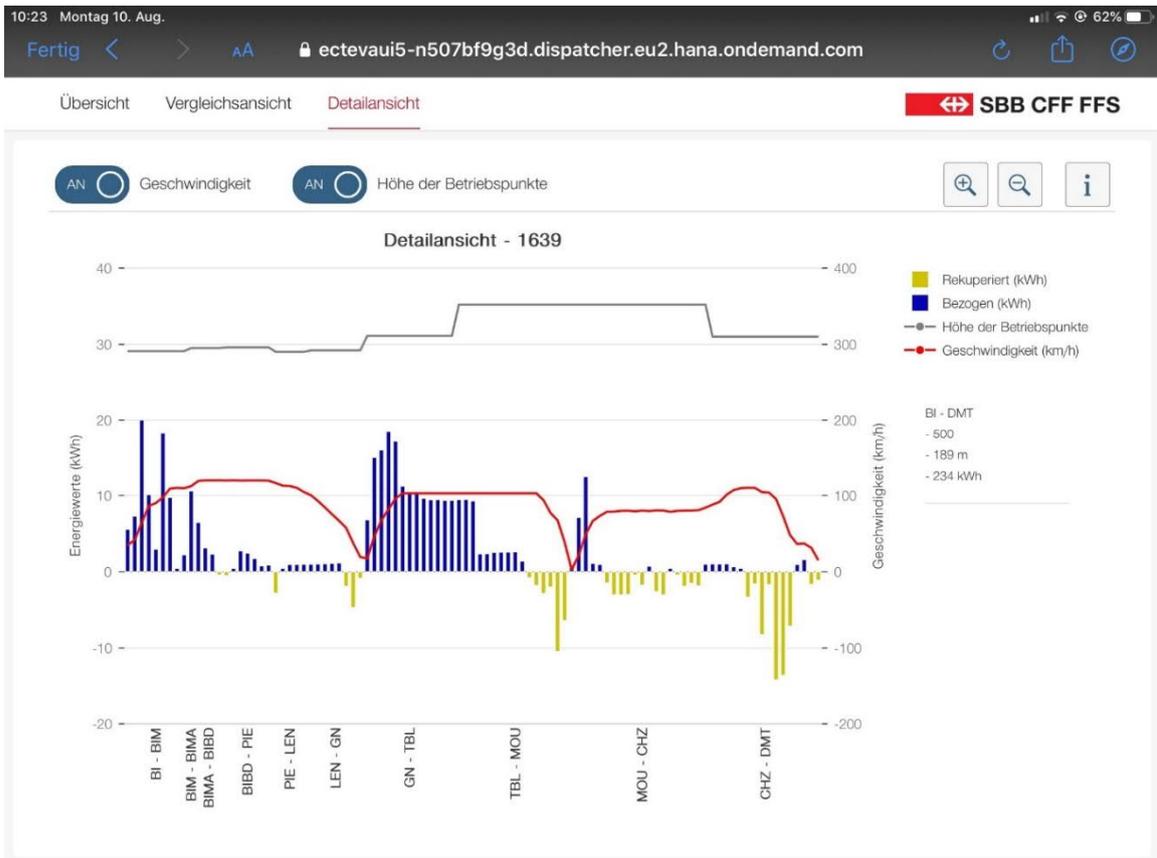


Abbildung 3: Detailansicht EVA ermöglicht die Analyse der Energiewerte entlang der Strecke

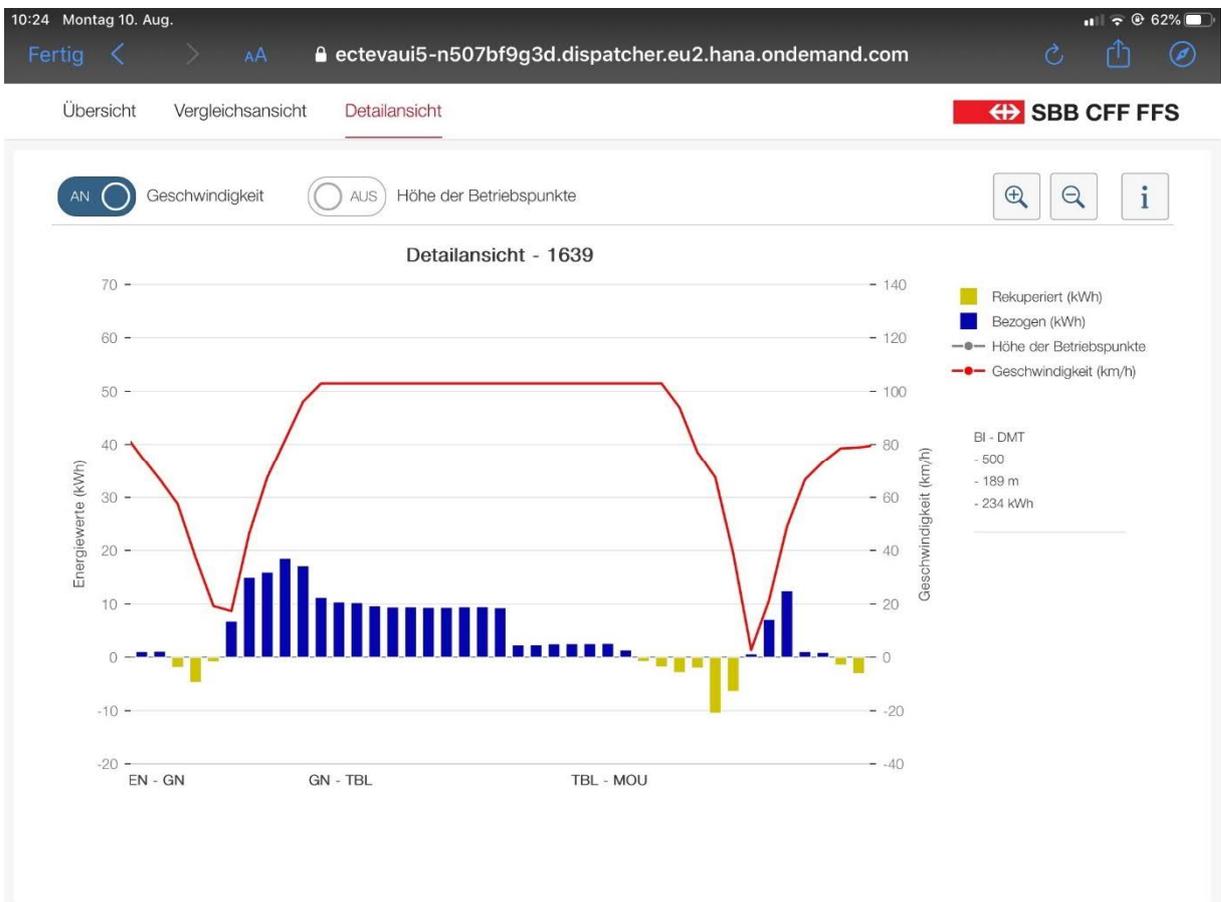


Abbildung 4: Detailansicht mit Zoomfunktion, es kann in Streckenabschnitte hineingezoomt werden

## Zusammenfassung in einer zweiten Landessprache

### Situation initiale

Avec 75%, le courant ferroviaire participe pour la plus grande part à la consommation d'énergie des CFF. Il recèle donc un vaste potentiel d'économies. La mise en œuvre du projet « Facturation du courant de traction selon le principe du responsable-payeur » a permis d'utiliser ces valeurs énergétiques et de les rendre accessibles au personnel des locs. Dès 2014/2015, la faisabilité de l'appli sur la consommation d'énergie (EVA) a été démontrée avec des valeurs énergétiques des véhicules ICN. Suite aux réactions positives du personnel des locs, CFF Voyageurs et CFF Cargo ont commandé l'appli puis clarifié la sauvegarde des données sur une nouvelle plate-forme big data, ainsi que l'équipement des véhicules avec des compteurs énergétiques. L'équipement des véhicules en systèmes de mesure de l'énergie ayant été retardé de plusieurs années, la mise en œuvre concrète a finalement débuté à l'été 2018.

### Objectifs

Sur la base de comparaisons de la consommation énergétique sur des lignes identiques et avec un matériel roulant identique, les conducteurs de locomotives peuvent évaluer l'impact de l'application de l'éco-conduite ou l'application des recommandations de vitesse vPRO (voir projet ESöV n° 132). Les conducteurs de locomotives contribuent ainsi de manière importante à l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Les changements de comportement résultant de l'application EVA ont été estimés à une économie d'énergie d'au moins 11 GWh par an pour CFF Trafic voyageurs et CFF Cargo, ce qui équivaut à une économie d'environ 1,2 million de francs par an.

Le feed-back ainsi obtenu complète le champ d'influence de l'horaire, de la disposition et de la manière de conduire. Il constitue un élément important en vue d'une production ferroviaire éco-énergétique.

### Concept

Les défis techniques rencontrés dans le cadre du projet portaient sur le traitement rapide des données, ainsi que la préparation en amont et l'enregistrement des différents types de données et formats issus des systèmes périphériques des CFF. L'architecture schématique et les différentes données requises par EVA via les interfaces d'autres systèmes sont représentées Abbildung 7 p. 16

Les données ci-après sont utilisées pour pouvoir extraire la consommation d'énergie d'un train défini sur une ligne donnée des valeurs livrées en continu par les compteurs d'énergie et ainsi, l'affecter à la personne qui a conduit.

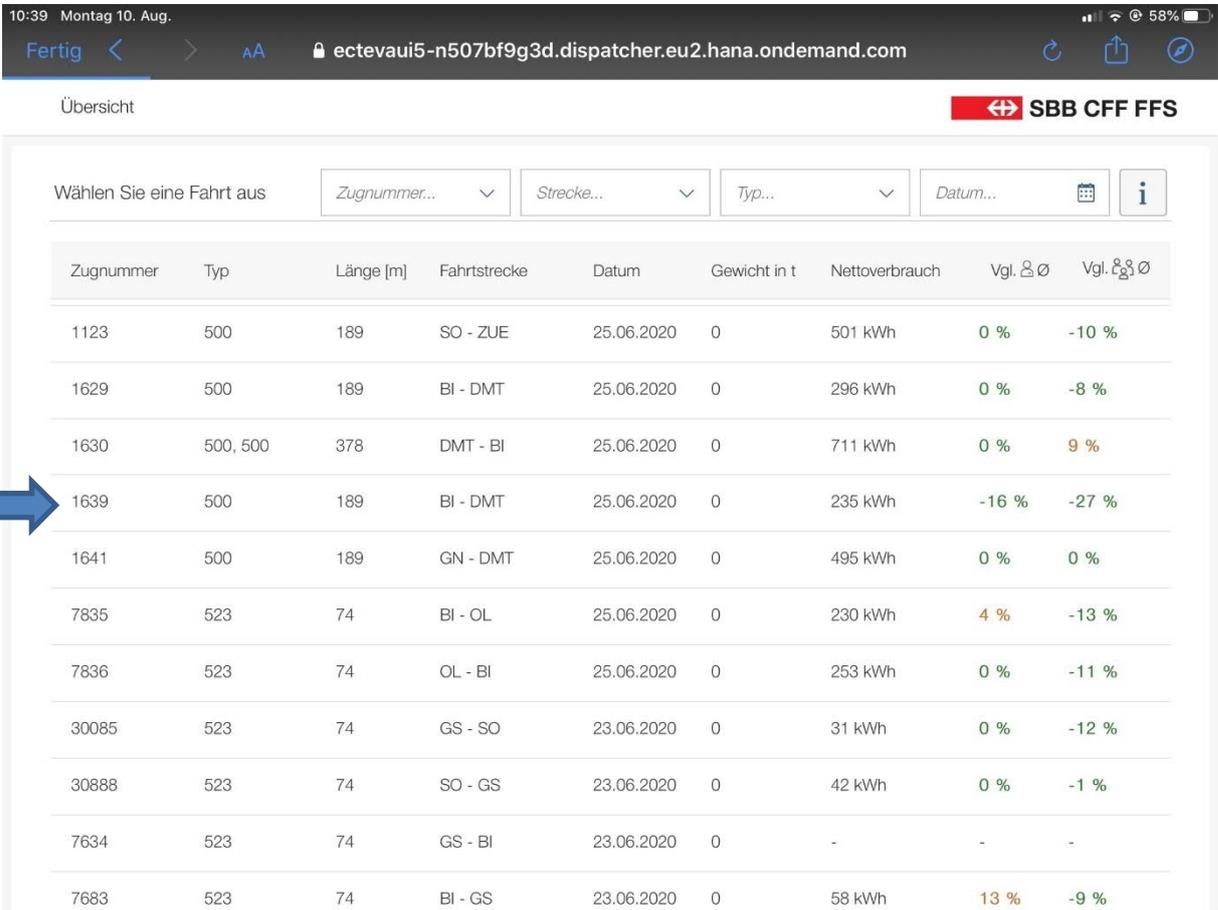
- Données des tours du personnel des locs (qui, quand, sur quelle ligne et avec quel train)
- Durée en secondes sur la consommation et la récupération d'énergie
- Données d'horaire : heures de départ et d'arrivée (planification, prévisions et valeurs réelles)
- Données des parcours (y c. informations altimétriques)
- Formation des trains (type de train)
- European Vehicle Number (EVN = le numéro d'identification du train et du compteur d'énergie correspondant)
- Poids en tonnes (uniquement pour CFF Cargo en raison des fortes variations de tonnages qui exercent une grande influence sur la consommation d'énergie)

Seul le collaborateur affecté au tour peut consulter les données correspondantes à l'aide de son numéro d'identification personnel.

Le terminal est l'iPad du personnel des locomotives également utilisé pour la conduite.

## Résultats

EVA est consultable à l'issue de la marche en appuyant sur l'icône EVA sur l'iPad. L'appli web affiche sur la page d'accueil les propres courses effectuées dans l'ordre chronologique, cf. illustration 1. L'illustration ci-après présente un exemple avec le numéro de train 1639.



10:39 Montag 10. Aug. Fertig < > AA ectevau5-n507bf9g3d.dispatcher.eu2.hana.ondemand.com 58%

Übersicht 

Wählen Sie eine Fahrt aus Zugnummer... Strecke... Typ... Datum...

Zugnummer	Typ	Länge [m]	Fahrtstrecke	Datum	Gewicht in t	Nettoverbrauch	Vgl. 	Vgl. 
1123	500	189	SO - ZUE	25.06.2020	0	501 kWh	0 %	-10 %
1629	500	189	BI - DMT	25.06.2020	0	296 kWh	0 %	-8 %
1630	500, 500	378	DMT - BI	25.06.2020	0	711 kWh	0 %	9 %
1639	500	189	BI - DMT	25.06.2020	0	235 kWh	-16 %	-27 %
1641	500	189	GN - DMT	25.06.2020	0	495 kWh	0 %	0 %
7835	523	74	BI - OL	25.06.2020	0	230 kWh	4 %	-13 %
7836	523	74	OL - BI	25.06.2020	0	253 kWh	0 %	-11 %
30085	523	74	GS - SO	23.06.2020	0	31 kWh	0 %	-12 %
30888	523	74	SO - GS	23.06.2020	0	42 kWh	0 %	-1 %
7634	523	74	GS - BI	23.06.2020	0	-	-	-
7683	523	74	BI - GS	23.06.2020	0	58 kWh	13 %	-9 %

Illustration 1: la vue d'ensemble des propres courses effectuées est affichée sur la page d'accueil de l'appli EVA

Pour le collaborateur, la principale information est sa consommation d'énergie nette (cf. colonne de la consommation nette). Dans le présent exemple : 235 kWh pour la ligne Bienne–Delémont. Il peut également voir l'écart en pourcentage entre la consommation nette et les courses réalisées jusqu'à présent (avant-dernière colonne).

Dans le présent exemple, la consommation de cette course est inférieure de 16% à la valeur médiane (similaire à la moyenne, mais corrigée des valeurs extrêmes) des courses réalisées jusqu'ici.

La consommation nette de la course actuelle est même inférieure de 27% à la valeur médiane de l'ensemble du personnel des locs.

Les comparaisons dans les deux dernières colonnes sont représentées dans la vue comparative sous forme graphique, cf. illustration 2. La valeur médiane est ici représentée par une ligne en pointillés et la consommation actuelle par une barre verte (la barre passe à l'orange lorsque la valeur de la course actuelle dépasse la valeur médiane). L'énergie consommée et l'énergie récupérée, affichées en haut à gauche, sont ici respectivement de 394 kWh et 159 kWh. Si l'on soustrait l'énergie récupérée, on obtient la consommation nette.

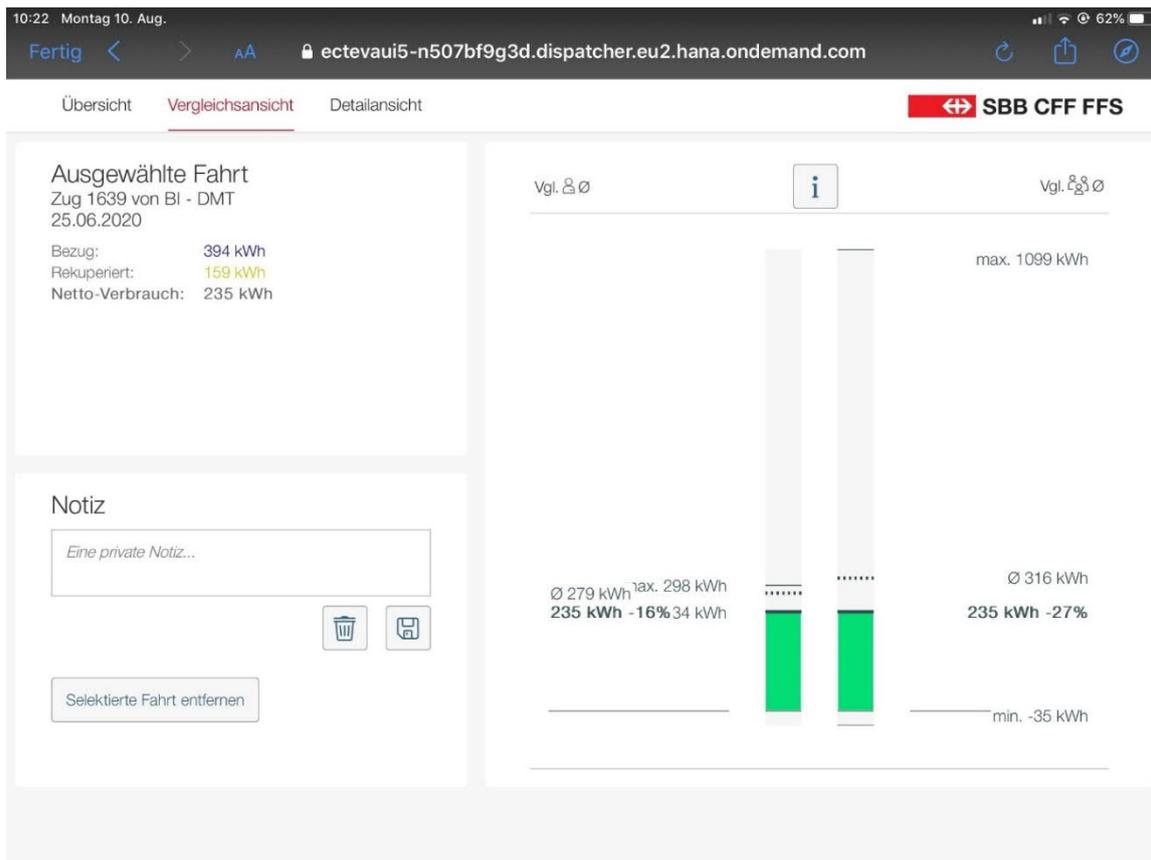


Illustration 2 : la vue comparative EVA indique la valeur énergétique de la course actuelle par rapport à ses propres courses (barre à gauche) et à l'ensemble des courses (barre à droite)

La vue détaillée (cf. illustration3) affiche les valeurs énergétiques tout au long du parcours et de l'axe temporel. Elle permet ainsi d'analyser précisément la manière de conduire. Le collaborateur dispose d'une fonction de zoom (cf. illustration4) qui lui permet de visualiser, p. ex. ici pour la ligne Grenchen–Moutier, la consommation d'énergie (en bleu) et la récupération d'énergie (en jaune-vert). La courbe de vitesse est représentée en rouge (l'axe des ordonnées à droite indique l'échelle de vitesse). Le tronçon Grenchen–Moutier a été parcouru à un peu plus de 100 km/h.

L'appli sur la consommation d'énergie est d'ores et déjà en cours de déploiement et utilisable par près de 500 personnes. D'ici à la fin de l'année 2020, d'autres sites suivront en plusieurs étapes, jusqu'à ce que l'ensemble du personnel des locs (env. 3000 collaboratrices et collaborateurs de CFF Voyageurs et CFF Cargo) y ait accès

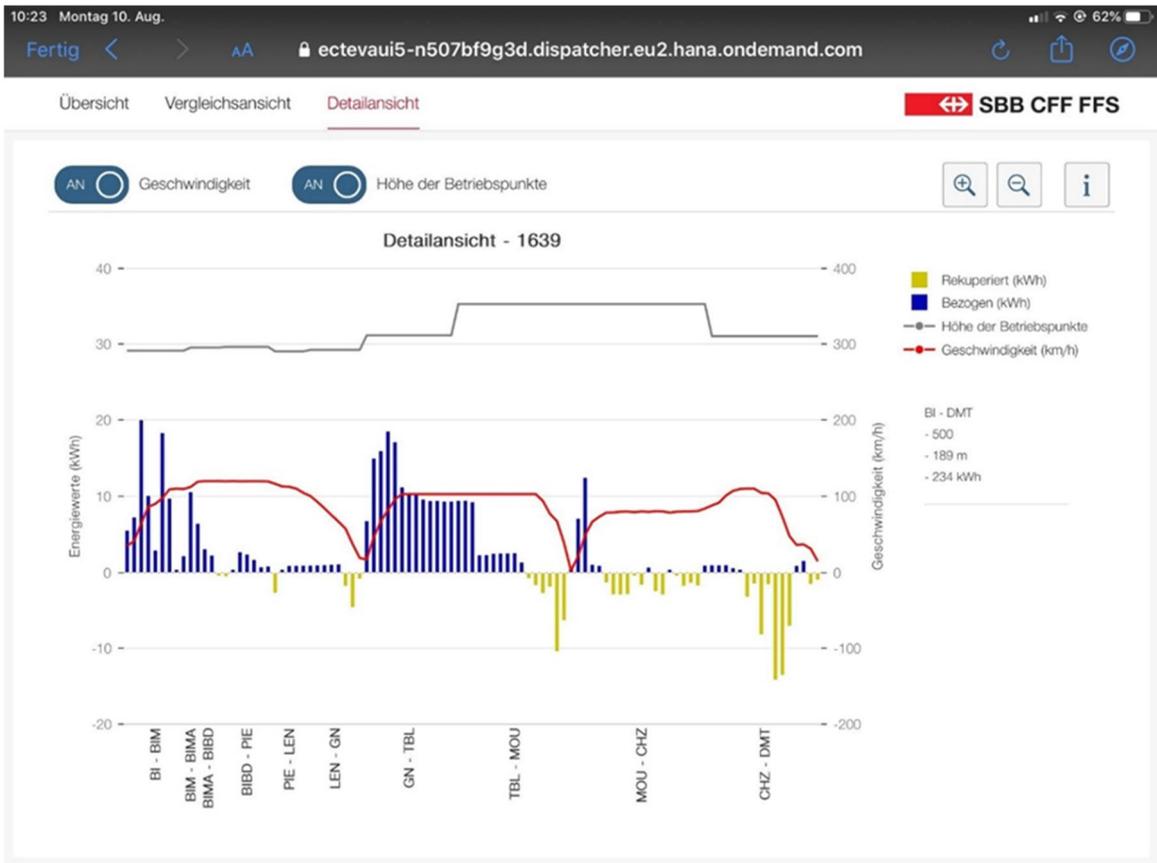


Illustration 3 : la vue détaillée EVA permet d'analyser les valeurs énergétiques tout au long du parcours

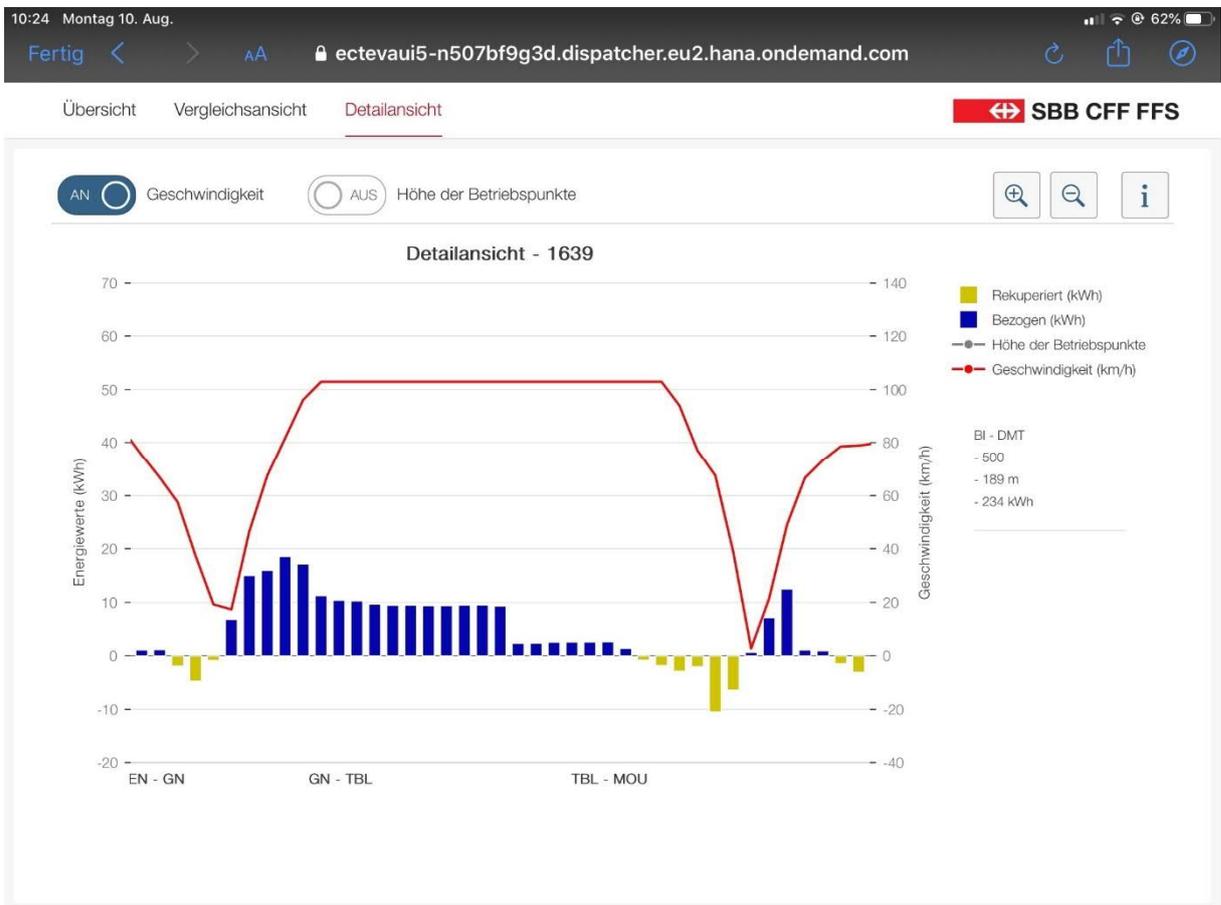


Illustration 4: vue détaillée avec fonction de zoom sur des tronçons

## 1. Ausgangslage

In Übereinstimmung mit der Energiestrategie des Bundes hat sich die SBB das Ziel gesetzt, bis 2030 pro Jahr 850 GWh Energie einzusparen. Ende 2019 konnten bereits jährliche Einsparungen von 400 GWh erreicht werden. Dies mit verschiedenen Massnahmen aus den Bereichen Rollmaterial, Bahnproduktion und stationären Anlagen (Details siehe unter [SBB Energieeffizienzmassnahmen](#)).

Den grössten Anteil am Energieverbrauch der SBB hat der Bahnstrom (75%). Aus diesem Grund werden bis 2020 fast alle elektrischen Triebfahrzeuge der SBB mit Energiezählern ausgerüstet. In erster Linie werden die damit erhobenen Verbrauchswerte für die „Verursachergerechte Verrechnung des Bahnstroms“ verwendet. Damit bezahlen die Eisenbahnverkehrsunternehmen zukünftig nur den effektiv verbrauchten Bahnstrom (die rekuperierte Energiemenge wird abgezogen). Das System ersetzt die bisher pauschale Abrechnung des Bahnstroms. Auch andere EVUs können von dieser neuen Abrechnungsart profitieren, müssen dazu aber ihre Fahrzeuge ebenfalls ausrüsten.

Nachdem der Entscheid bei SBB Personenverkehr und SBB Cargo gefällt wurde, ihre Fahrzeuge mit Energiezählern auszurüsten, lag es nahe, diese Daten auch den Lokführer/innen zugänglich zu machen und damit den Energieverbrauch ihrer Fahrten sichtbar zu machen. Bisher gab es zwar Schulungen zur energiesparenden Fahrweise ESF (s. Kapitel 2 bzgl. der ESF--Regeln), jedoch konnte das Lokpersonal höchstens am Simulator etwas über den eigenen Energieverbrauch während einer Fahrt erfahren.

Abbildung 5 zeigt wie sehr die Energieverbräuche voneinander abweichen können. Dabei spielt die Fahrweise eine grosse Rolle. Weitere Einflussfaktoren sind betriebliche Situationen (z.B. Signalhalt), Witterung (z.B. schlechte Adhäsion) und Temperatur (z.B. Heizleistung im Winter, Klimatisierung im Sommer). Technisch ist es nicht möglich diese Einflussfaktoren zu separieren.

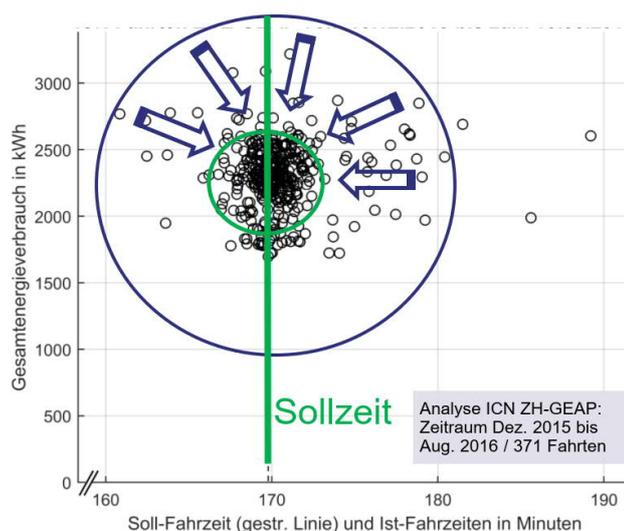


Abbildung 5: Divergierende Energieverbräuche abhängig von der Fahrweise, gefahren mit ICNs von Zürich nach Genf-Flughafen.

Ein erster Proof of Concept einer Visualisierung der Energiedaten fand bereits im Jahr 2014/ 2015 statt. Die Rückmeldungen waren positiv, die Lokpersonalbereiche von SBB Personenverkehr und SBB Cargo bestellten die Energieverbrauchs-App EVA. Danach folgten Abklärungen zur Datenspeicherung auf einer neuen Big Data Plattform.

Das Projekt musste jedoch mehrmals verschoben bzw. on hold gesetzt werden, wegen jahrelanger Verzögerungen beim Rollout der Energiemessgeräte auf den Fahrzeugen. Schliesslich startete die Realisierungsphase der EVA-App im Sommer 2018.

Zum besseren Verständnis hier noch einige Erläuterungen zum Zusammenspiel der Abteilungen bei der energieeffizienten Bahnproduktion.

Heute verkehrt die Mehrzahl aller Züge im Regelbetrieb, d.h. die Züge erhalten keine ADL-Lenkungen aufgrund vorhersehbarer Konflikte (ADL steht für Adaptive Lenkung, eine weitere SBB Energieeffizienzmassnahme, s. Abbildung 6 rechtes Bild, es werden punktuell im Konfliktfall vom Betrieb Geschwindigkeitsempfehlungen an das Lokpersonal gesendet). In diesen Fällen kennt das Lokpersonal zwar mit dem Fahrplan die gewünschte Ankunftszeit und die maximal zulässige Geschwindigkeit aufgrund der

Bremsreihe, die effektiv notwendige Geschwindigkeit im Regelbetrieb ist jedoch nicht bekannt. Dies führt zu folgenden Effekten:

- Durch die unterschiedlichen Fahrstrategien entsteht Varianz in der Präzision des Bahnbetriebes, welche die Kapazität im laufenden Bahnbetrieb stark einschränkt.
- Der Zug erreicht relativ häufig das Ziel vor der eigentlichen Sollzeit (häufige Vorzeitigkeit), was ebenso unerwünscht ist wie Verspätungen, da es den Bahnbetrieb unnötig einschränkt.
- Der Energiebedarf unterscheidet sich bei gleicher Fahrzeit, gleichen Strecken und gleichen Fahrzeugen um bis zu 40%.

Sehr erfahrene Lokführer/innen konnten diese Fahrzeitreserven auch in der Vergangenheit so verteilen, dass sie nicht vorzeitig ankamen und durch energiesparende Fahrweise Energie eingespart haben. Vor dem Energiesparen stehen jedoch Sicherheit und Pünktlichkeit mit einer höheren Priorität. So muss das Lokpersonal also auf jeden Fall sicher und pünktlich ankommen. Das heisst in der Vergangenheit konnte nicht immer das volle Energiesparpotenzial ausgeschöpft werden, da nicht riskiert werden konnte unpünktlich zu sein. Das ist auch vollkommen richtig, denn es ist am energiesparendsten, wenn alle Züge pünktlich unterwegs sind, d.h. auch nicht vorzeitig ankommen. Um dem Lokpersonal hier Hilfestellung, durch Geschwindigkeitsempfehlungen während der Fahrt, bieten zu können, wurde im Projekt eco2.0 (ESöV Projekt Nr. 132) die sogenannte Funktion vPRO entwickelt.

## 2. Ziel der Arbeit

Anhand von Vergleichen des Energiebedarfs auf identischer Strecke und mit gleichem Rollmaterial kann das Lokpersonal Rückschlüsse auf die Anwendung der energiesparenden Fahrweise bzw. der Anwendung der Geschwindigkeitsempfehlungen vPRO (s. dazu ESöV Projekt Nr. 132 bzw. nachfolgende Erläuterungen zur energieeffizienten Bahnproduktion) ziehen. Das Lokpersonal leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Energieeffizienz.

Die aus der EVA-App resultierenden Verhaltensänderungen wurde mit einer Energieeinsparung von mindestens 11 GWh pro Jahr für SBB Personenverkehr und SBB Cargo abgeschätzt, dies entspricht umgerechnet einer Ersparnis von ca. 1.2 Mio. Franken pro Jahr.

Mit dem Feedback wird der Wirkungskreis von Fahrplan, Disposition und Fahrweise geschlossen, es ist ein wichtiger Baustein für eine energieeffiziente Bahnproduktion. Abbildung 6 zeigt diesen Wirkungskreis. Konkrete Beispiele werden im Kapitel Ergebnisse gezeigt.

### Gemeinsam für eine energieeffiziente Bahnproduktion.



IT unterstützt Fahrplan, Disposition & Zugführung für eine sichere, pünktliche und energieeffiziente Bahnproduktion.

Abbildung 6: Energieeffiziente Bahnproduktion bei der SBB

Mit vPRO werden die im Fahrplan vorgesehenen Reserven für das Lokpersonal sichtbar. Abbildung 6 zeigt im mittleren Bild unten das iPad des Lokpersonal, das sowohl die vorgegebene maximale Geschwindigkeit, also auch die von vPRO vorgeschlagene reduzierte Geschwindigkeit anzeigt. Durch Fahren mit vPRO kann sich das Lokpersonal sicher sein pünktlich und energiesparend am Ziel anzukommen. Weiterhin sollen selbstverständlich die ESF-Regeln bei pünktlichen Verkehren angewendet werden. Die ESF-Regeln lauten: Ausschliessliche Verwendung der elektrischen Bremse aus hoher Geschwindigkeit bis in den Bereich von 60 bis 40 km/h, kurze Geschwindigkeitserhöhungen nicht ausführen, adaptive Lenkung beachten, ausrollen lassen.

Die EVA-App steht am Ende dieser Kette und zeigt den effektiven Energieverbrauch als Feedback. Das Lokpersonal sieht jeweils bei den eigenen Fahrten, mit welcher Geschwindigkeit in welchem Abschnitt gefahren wurde und wieviel rekuperiert werden konnte. EVA erlaubt somit Rückschlüsse auf die Fahrweise und kann helfen die eigene Fahrweise noch energiesparender zu gestalten.

### 3. Umsetzung

#### 3.1 Konzept

Bereits im Jahr 2013 startete eine Diskussion mit den Lokpersonalbereichen wie man die Energieverbräuche für eine Fahrt sichtbar machen könnte. Als Beispiele fungierten damals der ICE der deutschen Bahn und der Railjet der ÖBB, die von SBB Lokpersonal innerhalb der Schweiz geführt werden. Diese Zugtypen verfügten damals bereits über eine Energieverbrauchsanzeige im Führerstand. Woraufhin bei einigen Lokführern/innen ein kleiner Wettbewerb entstand. Die Verbräuche wurden nach Fahrtende aufgeschrieben und mit Kollegen/innen verglichen. Im weiteren Verlauf wurde mit der Flottentechnik untersucht, ob die SBB die Führerstände ihrer Fahrzeuge mit einer solchen Anzeige nachrüsten könnte, basierend auf dem Entscheid die Fahrzeuge mit Energiemessgeräten auszurüsten.

Eine direkte (hardwaretechnische) Anbindung im Fahrzeug vom Messgerät im Schaltschrank zu einer Anzeige im Führerstand wurde jedoch als zu teuer verworfen, sie hätte in jedem der SBB Fahrzeuge verbaut werden müssen. Es wurde eine softwarebasierte Lösung vorgeschlagen. Um dem Lokpersonal möglichst realistisch eine Realisierung vorzustellen wurde ein proof of concept in wenigen Wochen umgesetzt.

Dafür wurde die ICN-Flotte ausgewählt, die bereits über Energiemesssysteme verfügte. Diese Daten wurden graphisch aufbereitet und in mehreren Ansichten auf einem Smartphone angezeigt. Die fünf verfügbaren Smartphones wurden rotierend einer freiwilligen Lokpersonalgruppe zur Verfügung gestellt. Der Schwerpunkt lag dabei die Anforderungen des Lokpersonals zu verstehen und aufzunehmen. So wurden die Wünsche bezüglich der graphischen Darstellung in genauen Anforderungen festgehalten ausserdem wurde ein Fachkonzept (Studienbericht) erstellt. Für das Lokpersonal war wichtig, sofort auf einen Blick zu sehen, wie gut sie bzgl. Energieverbrauch gefahren sind (Streckeninformationen, Energieverbrauch, Benchmark). Weniger wichtig war ihnen die Anzeige des Streckenverlaufs auf einer Karte. Dass sie selbst über die App Rückmeldung geben, ob die Fahrt durch schlechte Witterungsbedingungen oder die Betriebssituationen negativ, im Sinne eines höheren Energieverbrauchs, beeinflusst war, wurde abgelehnt. Die App sollte ausserdem für das Lokpersonal-Tablet statt für das Smartphone realisiert werden.

Basierend auf diesen schriftlich festgehaltenen Anforderungen wurden im Herbst 2018 die Oberflächendesigns der App in zwei Workshops mit den Nutzervertretern aus den Lokpersonalbereichen Personenverkehr und Cargo genau festgelegt. Dabei wurde nochmals deutlich, dass nur eine zeitnahe Anzeige nach Fahrtende für das Lokpersonal Sinn macht, da im Regionalverkehr 10 oder mehr Touren pro Tag anfallen können. Das Feedback für das Lokpersonal führt nur dann zu einem Lerneffekt, wenn sich die Person noch an die Fahrt und die herrschenden Betriebs- bzw. Wetterbedingungen (pünktlich/verspätet, Signalbeeinflussung, ADL-Lenkung, gute/ schlechte Adhäsion) erinnern kann. Es wurde festgehalten, dass die Energiedaten der Fahrt spätestens 1h nach Fahrtende in der App sichtbar sein müssen.

Eine Stunde ist in der Datenverarbeitung eigentlich eine grosse Zeitspanne. Es müssen jedoch Daten aus vier verschiedenen SBB-Systemen korreliert werden. Eines der vier Systeme «Info Hub Produktion Trasse» ist eine Datenablage und liefert unterschiedlichste Datentypen.

Als Datenplattform wurde SAP Hana gewählt, da diese für die schnelle Verarbeitung von grossen Datenmengen konzipiert ist und sie bereits für ein anderes Projekt in der Organisation von SBB Energie

verwendet wurde. Alternativ wurde die Datenplattform Hadoop evaluiert, die auch bei der SBB Verwendung findet. Auf Grund nutzbarer Synergieeffekte wurde jedoch SAP Hana favorisiert.

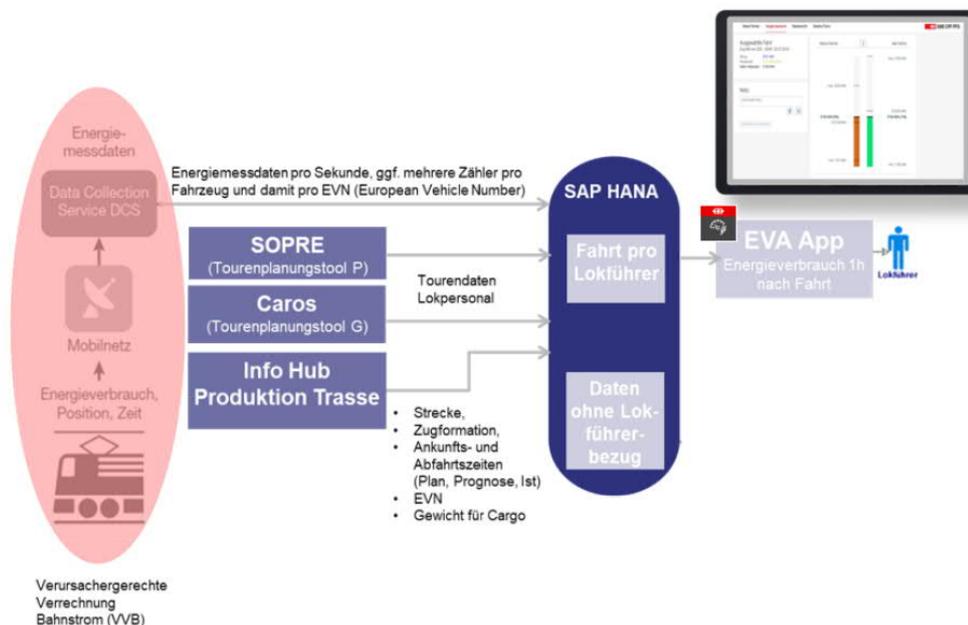


Abbildung 7: Architektur EVA-App

Das Architekturbild zeigt aus welchen SBB-Systemen Daten an die SAP Hana Plattform geliefert werden. Nachfolgend werden die einzelnen Daten aufgeführt:

- Tourendaten des Lokpersonals (wer fährt wann auf welcher Strecke bzw. mit welchem Zug) bei SBB Personenverkehr aus dem Tool SOPRE und bei Cargo aus CAROS.
- Sekundenwerte für Energiebezug und Rekuperation
- Fahrplandaten: Abfahrts- und Ankunftszeiten (Plan, Prognose und Ist-Werte)
- Streckendaten (inkl. Höheninformationen)
- Zugformation (Zugtyp)
- European Vehicle Number (EVN = Identifikationsnummer des Zuges, über die der entsprechende Energiezähler identifiziert wird)
- Gewicht in Tonnen (nur für SBB Cargo, da dort mit sehr unterschiedlichen Tonnagen gefahren wird, die einen grossen Einfluss auf den Energieverbrauch haben)

### 3.2 Hinweise

All diese Daten werden auf der SAP Hana-Plattform fortlaufend verarbeitet und schliesslich in verschiedenen Ansichten in der App visualisiert, s. auch Kapitel Ergebnisse.

Neben den verschiedenen Datentypen ist die Menge eine weitere Herausforderung. Bei bis zu 10'000 Zugfahrten pro Tag auf dem SBB-Netz und der Nutzung von Energie-Sekundendaten ergeben sich sehr grosse Datenmengen. Aus Kostengründen (Kosten für Datenspeicherung) wurde entschieden die Daten jeweils nur für 3 Monate zu sichern. Dies geschieht rollierend.

Die EVA-App ist direkt abhängig von der Qualität der Datenlieferung aus den anderen Systemen. Werden Daten nicht oder nur teilweise geliefert, so kann die App nur einen Teil oder ggf. gar nichts darstellen.

Am häufigsten fehlen Energiedaten, bis zu 5% der Energiezähler sind zeitweise defekt (daran wird seitens SBB Energieverrechnung gearbeitet). In diesem Fall kann die App die Fahrt finden und zuordnen, es fehlt jedoch der Energiewert. Diese Darstellungsweise wurde bewusst gewählt, um dem Lokpersonal zu zeigen, dass die App an sich funktioniert, jedoch in diesem Fall keine Energiedaten geliefert wurden. Das Vertrauen in die App soll erhalten bleiben. In der Kommunikation an das Lokpersonal werden die

Fälle beschrieben, in denen es möglich ist, dass Energiedaten fehlen (z.B. Fahrzeug noch nicht ausgerüstet oder Zähler defekt).

Die anderen im Architekturbild gezeigten Systeme können auch ausfallen, da diese jedoch für die SBB betriebsrelevant sind, werden Fehler in diesen Systemen rasch behoben. Die EVA-App wird seitens des IT-Betriebsverantwortlichen überwacht, jedoch aus Kostengründen und da diese Anwendung nicht betriebskritisch ist, lediglich zu Bürozeiten.

### 3.2 Umsetzung der Oberflächenanforderungen

Mit den Nutzervertretern des Lokpersonals wurden in den Anforderungsworkshops drei Ansichten definiert und in Graphiken festgehalten.

- **Übersicht**
- **Vergleichsansicht**
- **Detailansicht**

Die Oberflächen wurden zu Beginn des Projekts rasch umgesetzt und den Vertretern zur Abnahme zur Verfügung gestellt. Nachfolgend werden die realisierten Ansichten erläutert.

**Die Übersicht** zeigt wie gefordert eine chronologische Liste von eigenen Fahrten mit den entsprechenden Energiewerten. Das Menü bietet verschiedene Suchmasken, so dass nach Zugnummer, Strecke, Fahrzeugtyp oder Datum gesucht werden kann.

Wählen Sie eine Fahrt aus

Zugnummer... ▾ Strecke... ▾ Typ... ▾ Datum... 📅 ⓘ

Zugnummer	Typ	Länge [m]	Fahrtstrecke	Datum	Gewicht in t	Nettoverbrauch	Vgl. ⚡ ⌀	Vgl. ⚡ ⌀
50234	420, 421	536	RBLA - RF	09.06.2020	900	395 kWh	0 %	0 %
7837	523	74	BI - OL	09.06.2020	0	290 kWh	31 %	8 %
7838	523	74	OL - BI	09.06.2020	0	248 kWh	-1 %	-14 %
24965	560, 560	149	LS - KZ	08.06.2020	0	255 kWh	0 %	-49 %
53621	420, 420	668	OLH - RBLE	08.06.2020	1.330	952 kWh	3 %	6 %
19643	514	100	ZUE - HERL	07.06.2020	0	101 kWh	0 %	-23 %
19646	514	100	HERL - ZUE	07.06.2020	0	70 kWh	0 %	-25 %
32151	511	150	BSGB - OWTP	06.06.2020	0	744 kWh	0 %	-6 %

Abbildung 8: Übersicht EVA (Einstiegsseite der App)

**1 zeigt den Fahrzeugtyp und Anzahl Fahrzeuge total** die auf der ganzen Strecke, mindestens jedoch auf einer Teilstrecke, im Einsatz waren. Wird unterwegs gestärkt oder geschwächt (d.h. Rollmaterial an- bzw. abgehängt), werden die Energie-Daten in der Detailansicht aufgeschlüsselt.

**2 zeigt das Gewicht in Tonnen**, nur für SBB-Cargo relevant.

**3 zeigt den Netto-Energieverbrauch**, d.h. bezogene Energie abzüglich rekuperierter Energie.

**4 zeigt den Vergleich mit eigenen früheren Fahrten**, gleiche Strecke, gleiche Traktion (d.h. gleicher Fahrzeugtyp, gleiche Anzahl, gleiche Länge). Ist der Prozentwert orange, dann liegt der Mitarbeitende über seinem bisherigen Energie-Medianwert, bei grün liege er unter seinem Benchmark. Es wird der Median statt des Durchschnittswertes verwendet, damit energetische Ausreisser weniger Einfluss haben.

**5 zeigt den Vergleich mit Fahrten, des gesamten Lokpersonals**, jedoch wiederum bei gleicher Strecke und gleicher Traktion (d.h. gleicher Fahrzeugtyp, gleiche Anzahl, gleiche Länge). Hier dient der Median der Energiewerte des gesamten Lokpersonals als Benchmark.

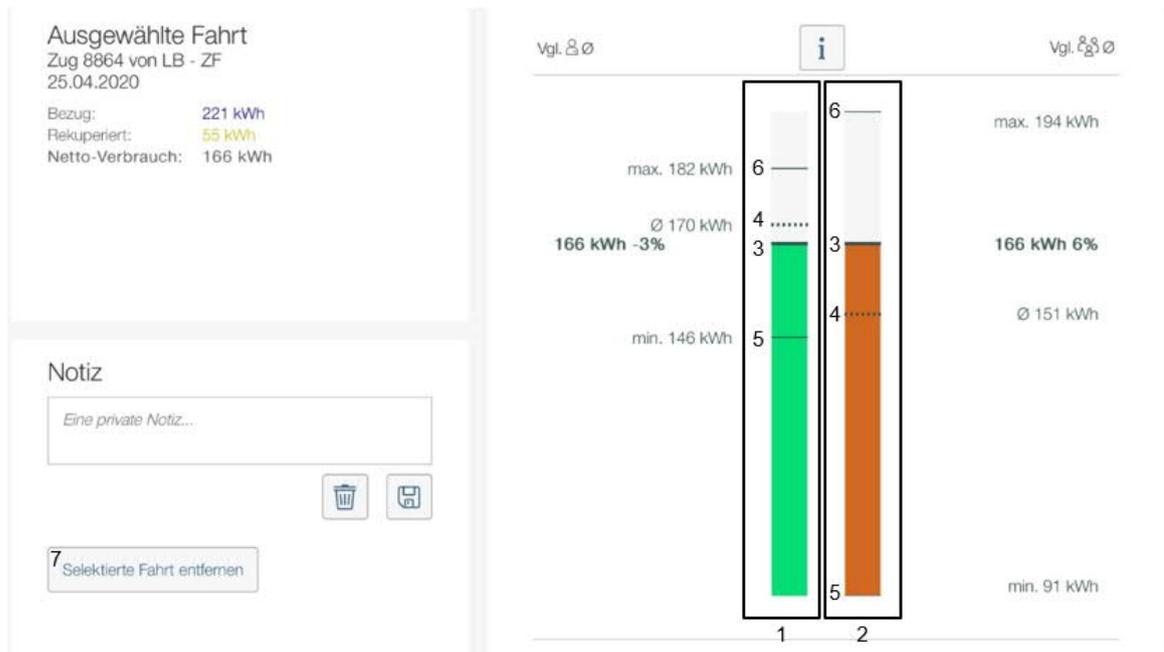


Abbildung 9: Vergleichsansicht EVA

**Die Vergleichsansicht** bietet eine graphische Darstellung der Vergleichswerte aus der Übersicht (Spalte 4 und 5 in Abbildung 8). Der Median ist mit einer gepunkteten Linie und der aktuelle Verbrauch in diesem Beispiel mit dem grünen Balken dargestellt (der Balken wechselt zu orange, wenn der Wert der aktuellen Fahrt über dem Median liegt). Links oben kann der Energiebezug von 394 kWh und die rekuperierte Energie von 159 kWh abgelesen werden. Bezug minus rekuperierte Energie ergibt den Netto-Verbrauch.

Die Vergleichsansicht bietet auch die Möglichkeit für eine private Notiz, um z.B. die Betriebsbedingungen dieser Fahrt zu kommentieren.

**1 zeigt den Vergleich graphisch mit eigenen früheren Fahrten**, gleiche Strecke, gleiche Traktion (Fahrzeugtyp, Anzahl, Länge).

**2 zeigt den Vergleich graphisch mit Fahrten gesamtes Lokpersonal**, gleiche Strecke, gleiche Traktion (Fahrzeugtyp, Anzahl, Länge).

**3 zeigt den Netto-Energieverbrauch** der aktuellen Fahrt (grün: Verbrauch kleiner/gleich dem Median, orange grösser als der Median).

**4 zeigt den Median** entweder der eigenen Fahrten oder der Fahrten aller.

**5 zeigt den minimalen Netto-Verbrauch**, der niedrigste Energieverbrauch, der auf dieser Strecke gemessen wurde.

**6 zeigt den maximalen Netto-Verbrauch**, der auf dieser Strecke gemessen wurde.

**7 ermöglicht die selektierte Fahrt zu löschen**, falls diese zum Beispiel wegen eines Signalhalts und dem nachfolgenden Anfahren energetisch ein Ausreisser war. Die Fahrt und der Energieverbrauch werden dabei nur aus der persönlichen und nicht aus der allgemeinen Statistik entfernt.

Es kann also vorkommen, dass der Energieverbrauch der Fahrt eines Lokführers im Vergleich zum Median von allen Kollegen höher liegt, s. Abbildung 9 (rechter Balken orange). Im eigenen Vergleich (linker Balken grün) hat sich der Mitarbeitende mit der aktuellen Fahrt jedoch verbessert (aktueller Wert liegt unter dem eigenen Median). Das Fazit für dieses Beispiel ist, es gibt noch Verbesserungspotenzial. Natürlich ist dies auch andersrum möglich, dass der Einzelne bereits energiesparender fährt als die Kollegen/innen.

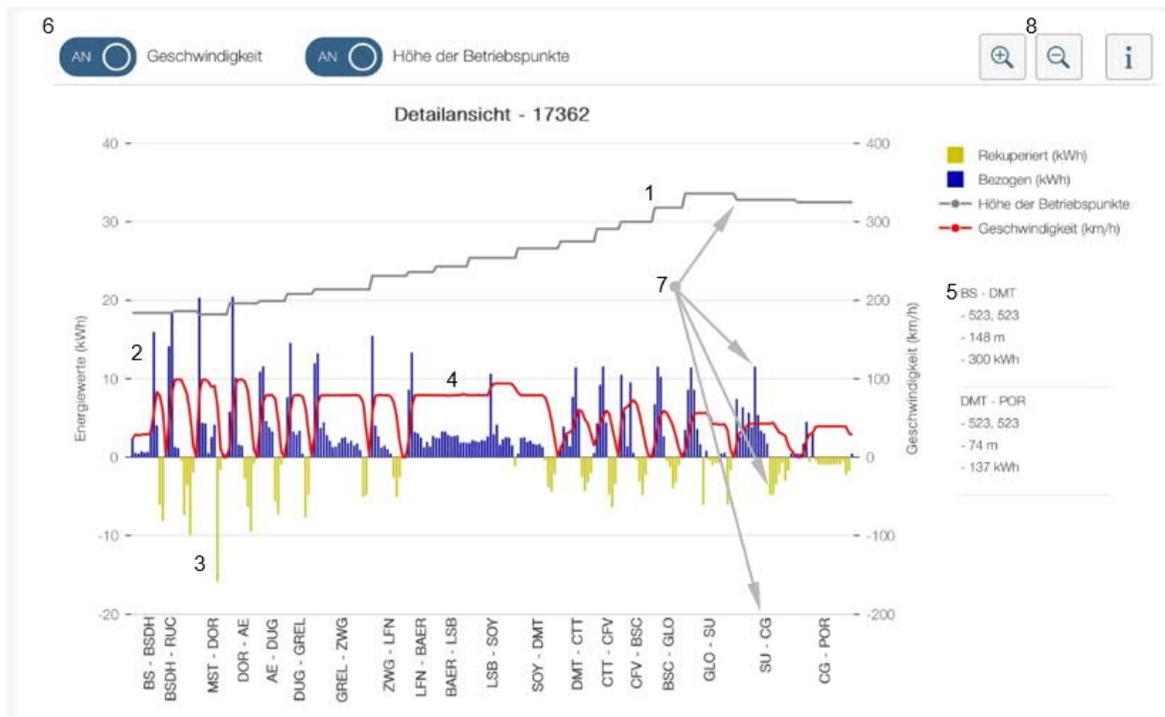


Abbildung 10: Detailansicht EVA

**Die Detailansicht** stellt die bezogene bzw. rekuperierte Energie graphisch im Balkendiagramm dar. Auf der x-Achse liegt die Zeit zu Grunde, ist aber für eine bessere Lesbarkeit mit sogenannten Betriebspunkten beschriftet worden.

**1 zeigt die Höhe skaliert an** (die y-Achse ist hierfür nicht massgeblich). Die Höhenangaben in den jeweiligen Betriebspunkten können jedoch durch Tippen auf die Linie abgerufen werden.

**2 zeigt die bezogene Energie in kWh.** Die Werte können durch Antippen des Balkens aufgerufen werden.

**3 zeigt die rekuperierte Energie in kWh.** Die Werte können durch Antippen des Balkens aufgerufen werden.

**4 zeigt die Geschwindigkeit in km/h.** Die Werte können durch Antippen des Balkens aufgerufen werden.

**5 zeigt die Energiewerte von Teilstrecken in kWh,** sofern sich die Fahrzeuglänge (angegeben in Meter) und damit das Gewicht des Zuges geändert haben (Stärken/Schwächen des Zuges bzw. bei Cargo anhängen bzw. abhängen von Wagen).

**6 ermöglicht das Ein- / Ausschalten** der Geschwindigkeits- bzw. der Höhenangaben.

**7 Betriebspunkte und Werte:** Die EVA-App misst den Energieverbrauch pro Sekunde. In der grafischen Darstellung werden die Werte jedoch in 15 Sekunden-Abständen visualisiert. Diese Werte können auf den Kurven und Säulen durch Antippen abgelesen werden.

**8 Mit der Zoom-Funktion** kann in die Graphik entweder über die Schaltflächen +/- oder mit zwei Fingern hinein- bzw. hinausgezoomt werden.

Die Detailansicht erlaubt eine genaue Analyse wo beschleunigt und wo rekuperiert wurden. Für SBB Cargo mit ihren schweren Güterzügen erlaubt sie dem Lokpersonal ein Feedback wie gut die Fahrweise auf das Gelände (z.B. bei Gefälle teilweise rollen lassen) angepasst wurde.

## 4. Ergebnisse

Das Projekt konnte Ende Juni 2020 beendet werden. Zuvor wurden umfangreiche Feldtests mit einem Teil des Lokpersonals durchgeführt. Aktuell läuft der Rollout der EVA-App, dieser wird bewusst gestaffelt in einzelnen Lokpersonaldepots durchgeführt. Die Staffelung hat den Vorteil, dass besser auf etwaige Rückmeldungen reagiert werden kann.

Technisch geschieht der Rollout einfach durch das Freischalten der App anhand der persönlichen SBB Identifikationsnummer. Das App-Icon wird dann gepusht auf das Arbeits-iPad des Mitarbeitenden.



Abbildung 11: Icon EVA-App

Fachlich wird dem Lokpersonal in den Depots per Email kommuniziert, dass Ihnen die EVA-App nun aufgeschaltet wird und auf welchen Intranet-Seiten sie FAQs und Antworten finden. In der App sind auf jeder Ansicht Infotexte abrufbar (deutsch/ französisch und italienisch).

Die im Förderantrag ESöV im Mai 2018 angestrebten technischen Resultate konnten alle erreicht werden.

Nachfolgend werden diese nochmals aufgelistet (in blauer Schrift) und kommentiert:

- «Die Energiedaten ihrer Fahrten sind für das Lokpersonal SBB Personen- und Güterverkehr ca. 1h nach Fahrtende abrufbar.»

In den umfangreichen Tests und auch im Betrieb wurde bisher keine Zeitüberschreitungen festgestellt.

- «Das Feedback ist einfach (d.h. mit wenigen Klicks abrufbar) und gibt auf der Übersichtsseite Auskunft über die letzten Fahrten und den entsprechenden Energieverbrauch.»

Durch Tippen auf das Icon öffnet sich die Webansicht und zeigt direkt die Einstiegsseite der App (Übersicht mit den eigenen Fahrten und Energieverbräuchen), s. Abbildung 8.

- «Auf der Detailansicht (im Antrag Detailansicht mittlerweile Vergleichsansicht genannt) wird der Energieverbrauch der aktuellen Fahrt angezeigt in Relation zum Benchmark (Medianwert). Beim Benchmark kann unterschieden werden zwischen „meine Fahrten“ (alle eigenen Fahrten auf der gleichen Strecke mit gleichem Rollmaterial) oder „alle Fahrten“ (alle vorhandenen vergleichbaren Fahrten).»

Dieser Benchmark ist sowohl auf der Übersicht zu sehen (Prozentwerte), als auch graphisch dargestellt in der Vergleichsansicht s. Abbildung 9.

Zusätzlich zeigt die Detailansicht die Energiewerte entlang der gefahrenen Strecke bzw. der Zeitachse, s. Abbildung 10 und erlaubt eine genaue Analyse der Fahrweise.

Hier ein Praxisbeispiel, das verdeutlicht wie bei Anwendung der Geschwindigkeitsempfehlung vPRO Energie gespart werden kann:

Gefahren wurde mit dem Zugtyp ICN auf der Strecke von Biel nach Delémont (Zugnummer 1639, Abfahrt Biel um 21:49, Ankunft Delémont um 22:18).



Abbildung 12: vPRO Anzeige beim Fahren

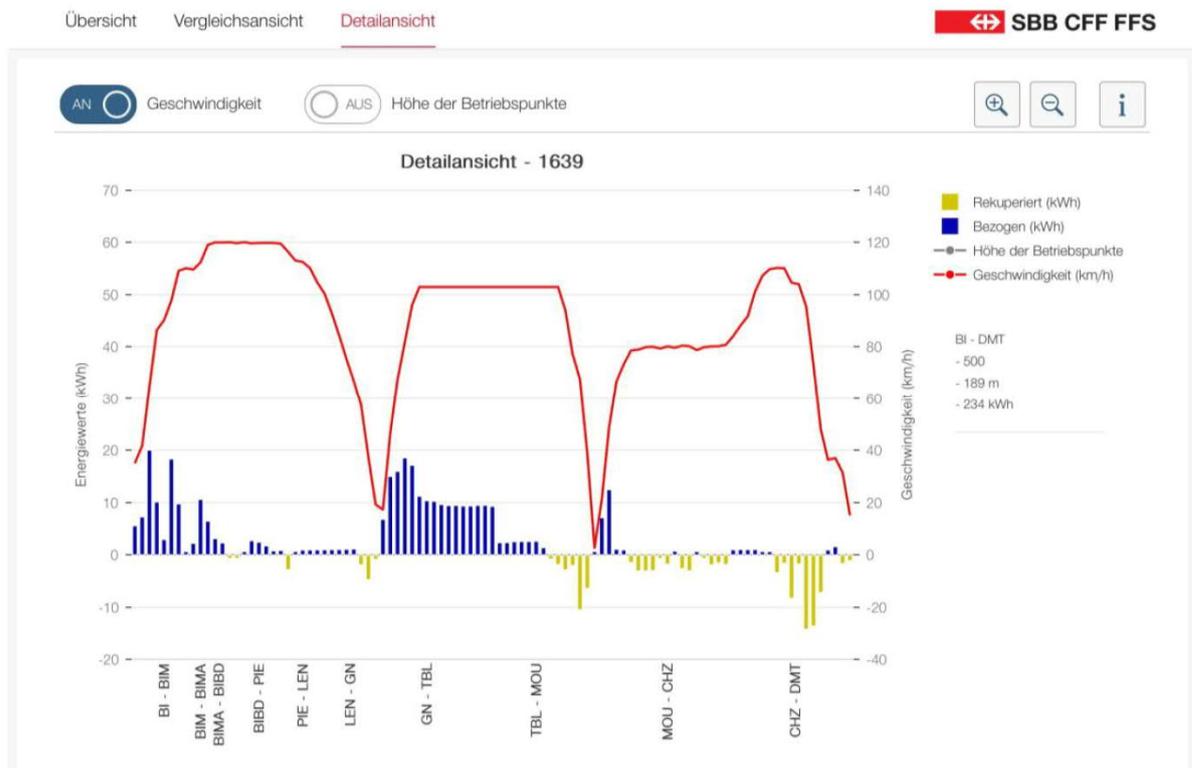


Abbildung 13: EVA Detailansicht für Fahrt 1639

Auf dem iPad sieht der Lokführer die Geschwindigkeiten, die er zwischen bestimmten Wegmarken einhalten muss, hier ab Lengnau 125 km/h und ab Grenchen Nord 140 km/h (angegeben in Spalte N180). Neu ist die Spalte mit den Geschwindigkeitsempfehlungen, die er umsetzen kann, aber nicht muss (in Spalte PRO, Werte in lila). Lengnau 80 km/h und Grenchen Nord 100 km/h.

Dieser Lokführer hat die vPRO Empfehlungen umgesetzt, siehe Abbildung 13, ab Biel 115 bzw. 120 km/h (vorderer Abschnitt der roten Kurve), dann zwischen Grenchen Nord und Moutier 100 km/h (mittlerer Abschnitt der roten Kurve) und zuletzt 80 und 110 km/h auf dem letzten Abschnitt.

Der Netto-Energieverbrauch beträgt 234 kWh, im Vergleich zu einer anderen Fahrt konnten hier 61 kWh eingespart werden.

#### 4.1 Datenvalidierung

Um die Daten der EVA-App zu validieren wurden diese mit den Energiedaten aus dem SBB Infrastruktur Energieverrechnungssystem abgeglichen. In diesem System sind die Energiedaten von Zügen mit Energiemessgeräten auf SBB Infrastruktur Strecken vorhanden. Der Unterschied zu EVA besteht darin, dass diese Daten erst 4 Tage nach der Fahrt im System vorliegen, da den EVUs drei Tage Zeit gegeben wird, ihre Streckendaten zu melden. Eine Nacht benötigt das System dann zusätzlich für die Verarbeitung. Ein weiterer Unterschied ist, dass im Energieverrechnungssystem nur Minuten-Energiewerte verwendet werden. Durch Rundungen sind hier also schon leichte Unterschiede zu EVA zu erwarten.

Für die Vergleichbarkeit müssen die Strecken aus dem Energieverrechnungssystem dann noch entsprechend ausgeschnitten werden, damit diese mit den Lokpersonaltouren von EVA übereinstimmen.

Die Netto-Energiewerte der EVA-App liegen im Durchschnitt 2.2% tiefer als die aus dem Energieverrechnungssystem. Dies liegt daran, dass EVA den Energieverbrauch während der Haltepunkte ausschneidet, da nur die Energie beim Fahren berücksichtigt wird. Im Energieverrechnungssystem dagegen wird dem EVU, die komplette Energie in Rechnung gestellt.

#### 4.2 Zufriedenheit der Teilnehmer

Der durchgeführte Feldtest hat ergeben, dass bei SBB Personenverkehr die 10 Teilnehmer, die an der Umfrage teilgenommen haben, zufrieden bis sehr zufrieden mit der Benutzerfreundlichkeit bzw. der Aussagekraft der EVA-App waren.

Von den momentan freigeschalteten ca. 500 Personen, die aktiv fahren, kamen in den letzten Wochen keine Rückmeldungen über die angegebenen Kanäle. Kein Feedback wird momentan von den Verantwortlichen aus den Lokpersonalbereichen als positives Zeichen interpretiert, da die Bereiche unter Personalknappheit leiden. Daher werden derzeit auch keine Nachfragen oder Umfragen (nichts was das Personal weiter belasten könnte) gewünscht. Auch der Rollout soll daher etappiert und nicht beschleunigt weitergehen.

Um genauere Aussagen machen zu können ist eine Nutzerbefragung für nächstes Jahr geplant – nach dem Fahrplanwechsel, während dem Fahrplanwechsel sollen keine zusätzlichen Informationen bzw. Umfragen das Personal belasten.

Bei SBB Cargo gibt es bei den im Projekt involvierten Personen eine gewisse Enttäuschung darüber, dass die EVA-App nicht für alle von Cargo genutzten Fahrzeuge zur Verfügung steht.

- SBB Cargo führt auch Loks von anderen EVUs (z.B. DB, ÖBB) durch die Schweiz. Diese sind mit anderen Energiemessgeräten ausgestattet, auf die EVA nicht zugreifen kann und die nicht über Energiesekundendaten verfügen.
- SBB Cargo plant Loks zu beschaffen, die ein anderes Energiemesssystem installiert haben auf das EVA nicht zugreifen kann. Wahrscheinlich verfügt das System nicht über Sekundendaten.

Die Ausrichtung des Projekts bezog sich zwar eindeutig nur auf SBB-Fahrzeuge, die mit Energiemesssystemen von Microelettrica ausgerüstet sind (Projektbeschreibung und Anforderungen), jedoch wurde in den Lessons Learned zurückgemeldet, dass dies den Teilnehmenden von SBB Cargo zu Beginn der Realisierung nicht so klar war (die Projektmitarbeitenden wurden mehrfach ausgewechselt).

### **4.3 Lessons Learned aus dem Projekt**

Diese und andere Lessons Learned Rückmeldungen wurden bereits einem Teilnehmerkreis von SBB Energie vorgestellt, diskutiert und Verbesserungen festgehalten, damit diese in Zukunft umgesetzt werden können. Die kritischen Rückmeldungen bezogen sich vor allem auf das interne Zusammenspiel zwischen IT und Business im Projekt. Obwohl aufgrund einer agilen Vorgehensweise schon vieles gut ablief (Besetzung der Rolle des Product Owners durch das Business, wöchentliche feste Abstimmungstermine im Projektteam), gibt es noch Verbesserungspotenzial.

Trotz gemeinsamer Workshops zu Beginn war offensichtlich das Zielbild und das zu entwickelnde Produkt noch nicht allen klar.

Die identifizierten Risiken waren zwar korrekt, jedoch sind mehrere der Risiken mit mittlerer bis hoher Eintrittswahrscheinlichkeit eingetreten. Zum Beispiel erfolgten die Schnittstellenanbindungen seitens der verantwortlichen Um-Systeme verspätet. Dies hat das Projekt zusätzlich Geld gekostet, da die Entwicklungs- und Projektressourcen länger vorgehalten werden mussten. Für diese Risikoeintritte kann im Voraus bei der SBB kein finanzieller Puffer eingeplant werden.

Technische Themen wie die Anbindung mit Single-Sign-On (Lokpersonal muss sich nur einmal alle 3 Monate beim Aufrufen der App authentifizieren) wurden unterschätzt. Hier lag es vor allem an verzögertem und technisch teils unzureichendem Support seitens des Herstellers der Plattform, der das Projekt zeitlich und finanziell belastet hat.

### **4.4 Wirkungsnachweis**

Gemeinsam mit eco2.0/ vPRO wird im Q1 2021 ein Energieverbrauchs-Wirkungsnachweises erstellt. Verglichen werden sollen die Energiewerte von Q1 2020 (vor Corona Lockdown) ohne Nutzung von vPRO und EVA mit den Energiewerten des Jahres 2021, in dem vPRO und EVA dem Lokpersonal zur Verfügung stehen. Dafür werden die Energiewerte aus der anonymisierten Datenablage ohne Lokpersonalbezug verwendet.

Ausgewertet werden gleiche Strecken mit gleichem Rollmaterial und ohne grösseren Fahrplanänderungen. Erwartet wird eine kumulierte Steigerung der Energieeffizienz um rund 4% vom Bahnstrombedarf SBB, davon stammt knapp 1% von der EVA-App.

Ein separierter Wirkungsnachweis ist nicht möglich, da vPRO und EVA quasi zeitgleich eingeführt wurden.

## 5. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

SBB Energie bedankt sich für die Förderung durch die Mittel im Rahmen des ESöV Programms. Durch diese Förderung konnten Kritiker davon überzeugt werden, diese Energiesparmassnahmen zu realisieren.

Die EVA-App ist mittlerweile im Rollout (500 aktiv fahrende Personen) und wird über die nächsten Monate auf das gesamte Lokpersonal ca. 3000 Personen ausgeweitet. Gemäss persönlichen Rückmeldungen sind viele Mitarbeitende interessiert die EVA-App nun endlich nutzen zu können.

Eine Empfehlung ist, dass besonders Wert gelegt werden sollte auf Kommunikation und Begleitung bei der Einführung. EVA orientiert sich hier an den Infoveranstaltungen von vPRO in den einzelnen Lokpersonaldepots. Dem Lokpersonal stehen im Intranet FAQs und Antworten zur Verfügung, falls sie detaillierte Informationen wünschen. Die App an sich ist bewusst so angelegt, dass sie selbsterklärend ist und alle nötigen Infotexte in jeder Ansicht zur Verfügung stehen. Dadurch müssen keine weiteren Nutzungsschulungen stattfinden. Die App richtet sich nach der Spracheinstellung des iPads.

### 5.1 Anwendbarkeit der EVA-App bei anderen EVUs oder TUs

Die Erfahrungen aus dem Projekt und der Aufbau der technischen Lösung werden gerne an andere EVUs und TUs weitergegeben. Der Projektzwischenstand und die Architektur EVA wurden bereits auf dem Energieforum des VöV in Luzern am 29.01.2019 präsentiert. Gerne bietet das Team Energieeffizienz weitere Präsentationen bzw. individuelle Beratungen an.

Die Art der Implementierung kann von anderen TUs übernommen werden. Eine Anbindung an das EVA Produkt bei der SBB ist im Prinzip technisch möglich, müsste jedoch im Einzelfall geprüft werden, da andere Unternehmen andere Tools für ihre Daten verwenden und damit weitere Schnittstellen angebunden werden müssten. Aus Kostengründen (Nutzung Synergien) lohnt sich das vermutlich nur, wenn zu einem Grossteil die gleichen Systeme wie bei der SBB verwendet werden und höchstens ein bis zwei neue Schnittstellen angebunden werden müssten.

Ein Beispiel hierfür wäre SBB Cargo international, die ein anderes Lokpersonalplanungstool nutzen. Hier müsste eine Schnittstelle entwickelt werden, die die Daten aus diesem Tool an EVA überträgt. Dort müssten ggf. weitere Anpassungen gemacht werden, falls die Daten in einem anderen Format, als bisher üblich, über die Schnittstelle übertragen werden.

Ob andere TUs ihre Daten überhaupt aus der Hand geben würden für eine Verarbeitung bei der SBB und ob die SBB der Betreiber einer Lösung für andere TUs, ausser den eigenen Töchtern, sein möchte, ist noch nicht geklärt. Dies müsste fallspezifisch geprüft werden.

Die grösste technische Einschränkung liegt bei den auf den Fahrzeugen vorhandenen Energiemesssystemen. Sollte das andere TU Energiemesssysteme eines anderen Herstellers als Microelettrica verwenden, stehen mit einer hohen Wahrscheinlichkeit keine Energiedaten in Sekundauflösung zur Verfügung. Ohne die Verfügbarkeit von Energie-Sekundendaten ist die Realisierung der Detailansicht nicht möglich. Die Übersicht und die Vergleichsansicht könnten jedoch realisiert werden. Fakt ist aber, dass in einer Minute noch deutliche Energieveränderungen stattfinden können (z.B. Stillstand versus volle Beschleunigung). Dadurch würden bei den Energiedaten pro Strecke schon durch die ungenaueren Messwerte Abweichungen entstehen.

Wie schon in Kapitel 3 gezeigt ist die Datensammlung und Korrelation bei EVA recht aufwändig. Bei kleineren TUs ist die Komplexität kaum geringer, jedoch haben sie aufgrund ihrer kleineren Flotte weniger Energieeinsparpotenzial. Hier würde das Energieeffizienzteam der SBB jedoch auch für die Suche nach Alternativlösungen zur Verfügung stehen. Günstigere Alternativen bieten sich immer dann an, wenn das Lokpersonal immer gleiche Strecken fährt von Anfangs- bis Endpunkt der Strecke z.B. Tram, Bus od. U-Bahnverkehr. Dann müssen lediglich die Energiedaten aus den Fahrzeugen von Anfangs- bis Endpunkt ausgelesen werden und könnten kostengünstig z.B. auf einem virtuellem Anschlagbrett veröffentlicht werden oder bei einer Anbindung des Personalplanungstools per Mail dem Fahrer/in gesendet werden.

### 5.2 Fazit

Die Erkenntnisse aus dem EVA-App Projekt können von anderen EVUs/TUs genutzt werden. Die technische Lösung muss jedoch an die jeweilige Situation vor Ort angepasst werden. Wie gross der Erfolg der App ist bleibt noch abzuwarten. Der Wirkungsnachweis und die Anwenderbefragung werden hier Aufschluss geben. Gerne stellen wir Interessierten auch diese Informationen gegen Ende Q1 2021 zur Verfügung.

## Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

ADL:	Adaptive Lenkung
CAROS:	Lokpersonalplanungstool SBB Cargo
DCS:	Data Collection Service
Eco2.0:	ESöV Projekt 132
ESF:	Energiesparende Fahrweise
ESöV 2050:	Energiestrategie 2050 im öffentlichen Verkehr
EVA:	Energieverbrauchs-App
EVN:	European Vehicle Number
EVU:	Eisenbahn Verkehrs Unternehmen
IHPT:	Info Hub Produktion Trasse (Datenplattform zur Verteilung von Trassendaten)
SOPRE:	Lokpersonalplanungstool SBB Personenverkehr
TU:	Transport Unternehmen
VöV:	Verband öffentlicher Verkehr
vPRO:	Funktion des Projekts eco2.0 für SBB Personenverkehr

vPRO steht für optimale Geschwindigkeit, um bei pünktlicher Abfahrt das Ziel pünktlich zu erreichen. Diese Informationen sieht das Lokpersonal während der Fahrt, im Gegensatz zu den Informationen der EVA-App, die erst nach der Fahrt zur Verfügung stehen.

\*\*\*