

Fahrempfehlungen im S-Bahn-Betrieb: Pünktlich und energiesparend am Ziel

Die BLS hat in Zusammenarbeit mit SBB Infrastruktur (SBB-I) drei Fahrempfehlungssysteme im S-Bahn-Betrieb getestet. Die Testfahrten zeigen, dass der Energieverbrauch mit Hilfe von in die Fahrplanplanung eingebetteten, optimierten Fahrprofilen um bis zu 10–15 % gesenkt werden kann. Die Wirkung der Fahrempfehlungen hängt wesentlich davon ab, wie sie konkret ausgestaltet sind und durch das Lokpersonal akzeptiert und umgesetzt werden.

1. AUSGANGSLAGE

Der Lokführer hat den Zug sicher, pünktlich und für den Reisenden komfortabel zu führen. Nach Möglichkeit ist wirtschaftlich zu fahren.¹⁾

Diese Anweisung stand im Fokus des Startworkshops zum Pilotprojekt. Es zeigte sich, dass es keine klare Vorgabe gibt, ab wann und in welchem Umfang Fahrzeitreserven für energiesparendes Fahren zu nützen sind. Dies führt dazu, dass jeder Lokführer²⁾ eine eigene Fahrstrategie entwickelt und die Fahrweisen zwischen den Lokführern und je nach Gegebenheit relativ weit streuen. Zudem kennen die Lokführer nur den Kundenfahrplan, nicht aber den betrieblichen Fahrplan (vgl. Kasten). Es fehlen ihnen damit Informationen, um – eingebettet ins Fahrplangefüge – möglichst energieeffizient fahren zu können.

ADL zudem reduzierte Geschwindigkeiten für energiesparendes Fahren (Funktion ADL Eco). ADL und vor allem ADL Eco kommen im S-Bahn-Verkehr aber nur selten zum Einsatz.

2. ZIELE DES PILOTPROJEKTS

Das Pilotprojekt soll für den S-Bahn-Betrieb zeigen, inwiefern folgende Ziele über optimierte Fahrprofile und Fahrempfehlungen an das Lokpersonal erreicht werden können:

- Einsparung Bahnstromverbrauch (um mindestens 5%)
- Reduktion der Streuung der Fahrweise
- Mindestens gleich hohe Pünktlichkeit und Betriebsstabilität



Thomas Studer
Business Analyst, BLS AG,
Bahnproduktion
thomas.studer@bbs.ch



Thomas Graffagnino
Spezialist Forschung und Entwicklung, SBB AG, Infrastruktur,
Fahrplan und Netzdesign
thomas.graffagnino@sbb.ch



Roland Schäfer
Fachspezialist Energieeffizienz,
SBB AG, Infrastruktur,
Dimensionierung Energie
roland.schaefer@sbb.ch

Betrieblicher Fahrplan versus Kundenfahrplan

Der betriebliche Fahrplan basiert auf mittels Zuglaufrechnung berechneten, exakten Fahrzeiten, ergänzt um Reserven (Baureserven, Haltezeitreserven, allgemeine Fahrzeitreserven). Er wird ins Rail Control System (RCS) übergeben und bildet die Basis für die Überwachung des Betriebs durch die Betriebsleitzentralen.

Der Kundenfahrplan wird vom betrieblichen Fahrplan abgeleitet. Er wird auf Minuten gerundet und bezüglich Abfahrtszeiten so gelegt, dass er nie hinter dem betrieblichen Fahrplan liegt. Der Kundenfahrplan weicht deshalb vom betrieblichen Fahrplan ab und ist in der Praxis nicht immer eins zu eins fahrbar.

Das seit Ende 2015 auch bei der BLS eingesetzte System adaptive Lenkung (ADL)³⁾ dient dazu, unnötige Stopps vor Haltesignalen zu vermeiden. Bei Vorzeitigkeit empfiehlt

Das Projekt soll zudem Erkenntnisse liefern, wie Fahrempfehlungen ausgestaltet sein müssen, um vom Lokpersonal genutzt zu werden und die Sicherheit nicht zu beeinträchtigen.

Es wurde Wert darauf gelegt, das Thema gesamtheitlich im Dreieck zwischen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU), Infrastrukturbetreiberin und Fahrplanplanung zu

betrachten. Das Projekt erfolgte in enger Zusammenarbeit zwischen BLS und SBB-I, unterstützt durch das Bundesamt für Verkehr.

3. AUSGESTALTUNG DES PILOTVERSUCHS

3.1. AUSGEWÄHLTE STRECKE UND FAHRZEUGE

Die Testfahrten wurden auf der S44 zwischen Burgdorf (BDF)-Bern (BN)-Belp (BP)-Thun (TH) in beiden Richtungen durchgeführt. Die Strecke ist ca. 56 km lang, weist sowohl ein- wie doppelspurige Abschnitte auf, hat einzelne Abschnitte mit Gefälle (z.B. Seftigen-Uetendorf) sowie einen 6.3 km lan- »

1) Schweizerische Fahrdienstvorschriften FDV, Abschnitt R 300.13 Lokführer, Kapitel 3.3.1.

2) Im vorliegenden Text wird zur Vereinfachung ausschliesslich die männliche Form verwendet. Lokführerinnen sind stets mitgemeint.

3) <https://www.sbbrcs.ch/systemfamilie/rcs-adl/>

System	Modelliertes Fahrprofil	Charakter der Empfehlung	Ausgabe der Fahrempfehlung
Papier-Fahrordnung (Fahrprofil durch SBB-I berechnet)	Reduzierte konstante Geschwindigkeiten, ohne Ausrollen	statisch (gemäss Fahrplan, bei pünktlichem Betrieb)	Papier
Energymiser (TTG)	Reduzierte Geschwindigkeiten, mit Ausrollen	dynamisch, GPS-basiert, mit real-time Berechnungen	Tablet
GreenSpeed (Cubris)	Reduzierte Geschwindigkeiten, mit Ausrollen	dynamisch, GPS-basiert mit real-time Berechnungen	Tablet

TABELLE 1: Übersicht über die getesteten Fahrempfehlungssysteme

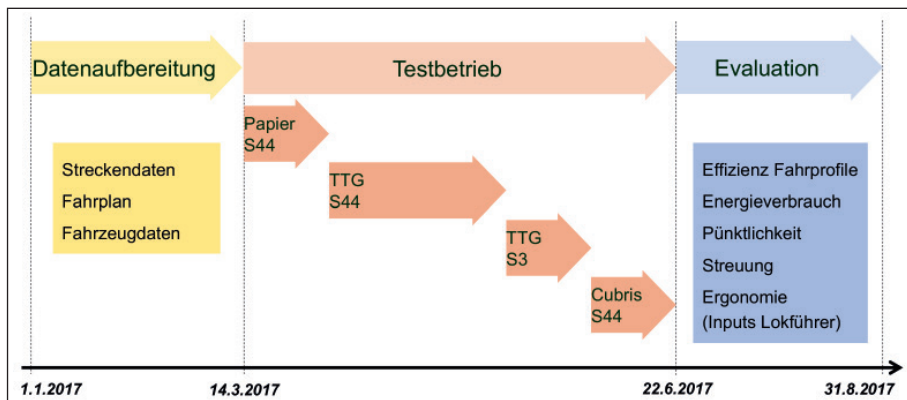


BILD 1: Phasen des Pilotprojekts

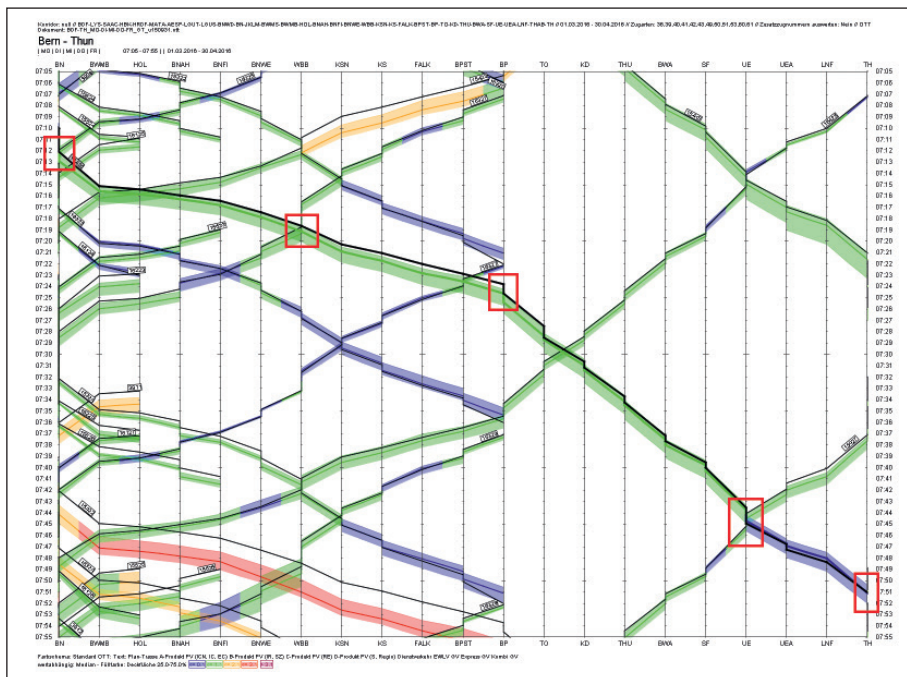


BILD 2: Identifikation von Fixpunkten in der Fahrplanstruktur S44 Bern – Thun

gen Tunnel-Abschnitt (Grauholz). Während der Testphase gab es keine Bauarbeiten mit Einfluss auf den Bahnbetrieb. Auf der S44 werden 4-teilige RABe 525 NINA Triebzüge in Doppeltraktion eingesetzt, die mit maximal 140 km/h verkehren.

Zusätzlich wurden im kleineren Rahmen Testfahrten auf der S3 zwischen Belp-Bern-Biel mit RABe 515 MUTZ Triebzügen durchgeführt.

3.2. GETESTETE FAHREMPFEHLUNGSSYSTEME UND FAHRPROFILE

Es wurden sowohl ein durch SBB-I berechnetes Fahrprofil mit einer Fahrempfehlung auf Papier, als auch externe Fahrempfehlungssysteme getestet (vgl. Tabelle 1). Für letztere wurde ein Einladungsverfahren durchgeführt und zwei Systeme – Energymiser der

australischen Firma TTG⁴⁾ und GreenSpeed der dänischen Firma Cubris⁵⁾ – für das Pilotprojekt ausgewählt.

3.3. PHASEN DES PILOTPROJEKTS

Das Pilotprojekt gliederte sich in drei Projektphasen, wobei der Testbetrieb vier aufeinanderfolgende Testphasen umfasste (vgl. Bild 1).

Die Datenaufbereitung betraf Streckendaten (Topologiedaten, Kilometrierungen und Geschwindigkeitsbegrenzungen), Fahrplandaten (Identifikation betriebliche Fixpunkte, vgl. Abschnitt 3.4) sowie Fahrzeugdaten (allgemeine Fahrzeugparameter, Traktions-/Bremsleistungen sowie Rollwiderstand).

Bei der Evaluation wurden quantitative Auswertungen durch SBB-I (Energie und Pünktlichkeit) und qualitative Auswertungen durch BLS (Interviews Testloführer) durchgeführt.

3.4. FAHRPLANAUFBEREITUNG

Ausgangspunkt für die Fahrprofilberechnungen ist der betriebliche Fahrplan, für den in einem ersten Schritt die aus Betriebssicht zulässigen Spielräume identifiziert wurden. Dafür ist eine vertiefte Kenntnis der Fahrplanstruktur und der daraus resultierenden Fixpunkte für jeden Zug erforderlich. Die Analyse wurde von SBB-I mittels Ist-Verkehrsdaten mit dem Tool Open Timetable gemacht.

Die Zeit-Weg-Liniengrafik in Bild 2 zeigt farblich, welche Züge Verspätungen aufweisen (gelb, rot) und welche Züge pünktlich verkehren (blau, grün), wobei die Dicke der Einfärbung die Variation zwischen den täglichen Fahrten abbildet. Basierend darauf wurden für die S44 von Burgdorf nach Thun die Betriebspunkte Bern (wichtiger Umsteigeknoten), Wabern (Kreuzung), Belp (Kreuzung und wichtiger Halt), Uetendorf

4) <http://www.ttgtransportationtechnology.com/energymiser>
 5) <http://www.cubris.dk/what-is-greenspeed/>

(Kreuzungsstation) sowie Thun (Endstation) als Fixpunkte definiert.

Während diese Fixpunkte zwingend einzuhalten sind, dürfen die Fahrplanzeiten in den übrigen Betriebspunkten leicht angepasst werden (+/- 30 Sekunden), um ein energieeffizientes Fahrprofil zu ermöglichen.

Dabei muss das Fahrprofil die tag-aktuellen Langsamfahrstellen berücksichtigen. Zusätzlich wurde für alle Haltepunkte geprüft, ob die angepassten Ankunftszeiten die Busanschlüsse nicht gefährden.

Für die Testfahrten auf der S3 wurde analog vorgegangen, um die Fixpunkte aus der Fahrplanstruktur zu bestimmen.

3.5. ORGANISATION DES TESTBETRIEBS

Die Testfahrten wurden mit acht Testlokführern durchgeführt, bei deren Auswahl auf eine gute Mischung bezüglich Erfahrung geachtet wurde. Die Testlokführer erhielten eine Schulung und wurden auf ihren ersten Testfahrten jeweils begleitet. Sie wurden aufgefordert, die Fahrempfehlungen möglichst genau umzusetzen, wobei Sicherheit und Pünktlichkeit stets die oberste Priorität behielten.

An festgelegten Tagen wurden spezifische Testfahrten-Dienste auf der S44 bzw. S3 geplant, ohne die ordentliche Diensterteilung anzupassen. Die Testlokführer waren als Zweitlokführer im Führerstand und konnten entweder den Zug selbst führen oder den eingeteilten Lokführer mit den Fahrempfehlungen anleiten. Jede Testfahrt wurde protokolliert und spezielle Vorkommnisse (z. B. Verspätung durch Signalhalt) festgehalten.

4. RESULTATE

Da die Ergebnisse aufgrund der unterschiedlich langen Testphasen und teilweise kleinen Stichproben keinen statistisch fundierten Vergleich zwischen den getesteten Systemen zulassen, wurden die hier dargestellten Ergebnisse anonymisiert.⁶⁾

⁶⁾ Die Anordnungen und Nummerierungen der Fahrprofile bzw. Fahrempfehlungssysteme sind zufällig und differieren zwischen den einzelnen Tabellen und Bildern (doppelte Anonymisierung).

4.1. METHODIK ZUR AUSWERTUNG DER TESTFAHRTEN

Bei der Auswertung wurde darauf geachtet, dass die Testfahrten und die unbeeinflussten Fahrten der Kontrollgruppen unter möglichst gleichen Bedingungen gemessen

wurden. Die pro Testphase festgelegten Test- und Kontrollgruppen beziehen sich deshalb auf dieselben Zugnummern (gleiche

Uhrzeiten) und für die Energieauswertung auf dieselbe Zeitperiode (vergleichbare Witterungsverhältnisse). Für die Pünktlichkeitsauswertung wurde nur eine Kontrollgruppe gebildet, basierend auf unbeeinflussten Fahrten vor Start der ersten Testfahrten.

Es wurden nur Fahrten ausgewertet, bei denen mindestens eines der in Doppeltraktion fahrenden Fahrzeuge mit einem Energiemesssystem ausgerüstet war. Einzelne Testfahrten, bei denen ein Traktionsausfall oder eine Umleitung auftrat, wurden ausgeschlossen. Weitere Einflussgrößen wie z. B. Abgangsverspätungen wurden nicht berücksichtigt, da dies die bereits kleinen Stichprobenmengen reduziert hätte.

Die Stichprobenzahlen für die drei Testphasen auf der S44 bewegen sich für die Testfahrten zwischen 17 und 39 und für die Kontrollfahrten zwischen 39 und 207 je Fahrtrichtung. Für die Pünktlichkeitsauswertung wurden ca. 60 Kontrollfahrten je Fahrtrichtung berücksichtigt.

Die Energieauswertungen der Testfahrten auf der S3 erfolgten mit derselben Methodik. Hier wurden je Richtung 30 Testfahrten und 98 bzw. 99 Kontrollfahrten ausgewertet.

4.2. VERGLEICH DER FAHRPROFILE MITTELS SIMULATION

SBB-I bestimmte mit Hilfe eines Simulationstools den Traktionsenergieverbrauch der theoretisch errechneten idealen Fahrprofile der drei getesteten Systeme (vgl. Tabelle 2). Mittels einer solchen Simulation können äussere Einflüsse ausgeschlossen und die theoretischen Fahrprofile besser verglichen werden.

Der Vergleich der Simulationsergebnisse zeigt Unterschiede von bis zu 12% zwischen

den theoretischen Profilen. Das ist im Wesentlichen auf die unterschiedlichen Fahrstrategien (z. B. mit oder ohne Ausrollen) und auf unterschiedliche Fahrzeugmodellierungen (z. B. Luftwiderstand im Grauholztunnel) zurückzuführen.

4.3. ENERGIEVERBRAUCH

Die folgende Energieauswertung basiert auf Messwerten zu den Gesamt-Nettoverbräuchen, d. h. Gesamtenergiebezug (Traktion, Heizung Lüftung Klima und Hilfsbetriebe) minus rekuperierte Energie. Sie werden jeweils als Boxplots (vgl. Kasten) dargestellt.

Wie in den Bildern ersichtlich, bewegen sich die Einsparungen gegenüber der Kontrollgruppe (Differenz der Medianwerte) bei allen getesteten Systemen auf einem ähnlichen Niveau:

- Zwischen 10.2 und 16.2% in Fahrtrichtung Burgdorf-Thun
- Zwischen 8.8 und 13.3% in Fahrtrichtung Thun-Burgdorf

Bei den zusätzlichen Testfahrten auf der S3 wurden Einsparungen von 13.6% (Belp-Biel) bzw. 10.8% (Biel-Belp) registriert.

4.4. PÜNKTLICHKEIT UND STREUUNG

Die Fahrprofile hatten die Vorgabe, die Ankunfts- und Abfahrtszeiten in den Fixpunkten einzuhalten. Die Analyse der Einhaltung dieser Zeiten wurde für beide Fahrtrichtungen an allen Fixpunkten gemacht. Die Betriebszentrale hat während der Testfahrten keine Abweichungen gegenüber dem Normalbetrieb registriert. Und mit den beschränkten Testdatensmengen konnten auch in Bezug auf die Pünktlichkeitsschwelle von 3 Minuten keine besonderen Auswirkungen festgestellt werden. Deshalb wurden die Verspätungen in Form von Boxplots analysiert. Die Bilder 5 und 6 zeigen die Ergebnisse für die Betriebspunkte Bern, Belp, Thun (Fahrtrichtung Burgdorf-Thun) und Belp, Bern, Burgdorf (Fahrtrichtung Thun-Burgdorf). Die Kontrollgruppe ist mit Baseline bezeichnet, die Testgruppen mit P1, P2 und P3.

Am Endbahnhof Thun ermöglichten alle drei Systeme einen ähnlich guten Median wie die Kontrollgruppe (Bild 5). Am Endbahnhof Burgdorf führten zwei Systeme zu »

Fahrtrichtung	Fahrprofil 1 (kWh)	Fahrprofil 2 (kWh)	Fahrprofil 3 (kWh)
Burgdorf – Thun	184.5	170.5	164.2
Thun – Burgdorf	178.7	157.7	160.7

TABELLE 2: Simulierte Traktionsenergieverbräuche für die S44 je Fahrprofil (anonymisiert)

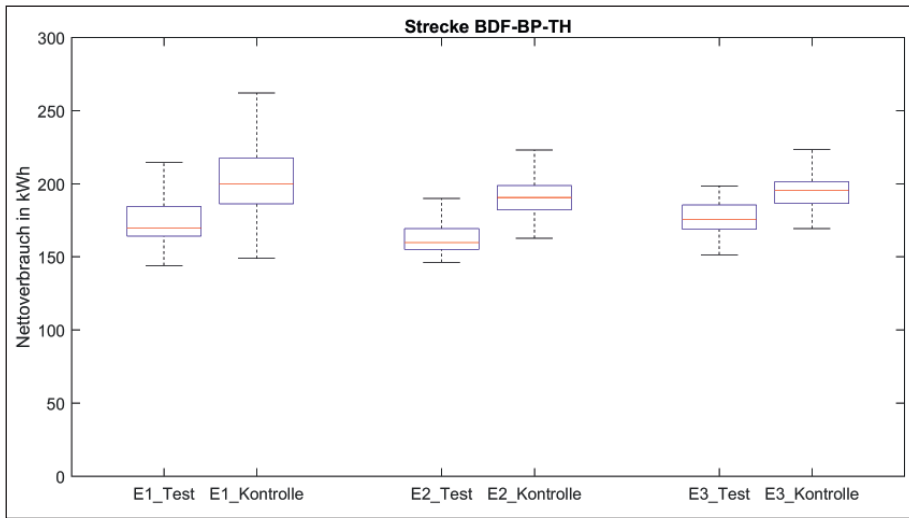


BILD 3: Gesamt-Nettoenergieverbräuche für Test- und Kontrollgruppen, S44, Fahrtrichtung Burgdorf–Thun (anonymisiert)

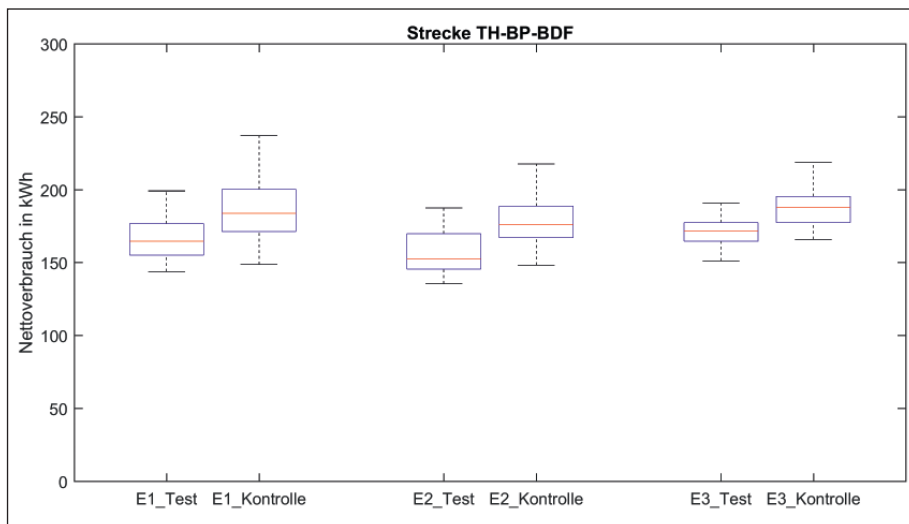


BILD 4: Gesamt-Nettoenergieverbräuche für Test- und Kontrollgruppen, S44, Fahrtrichtung Thun–Burgdorf (anonymisiert)

Boxplot-Darstellung

Die Box bildet das 25%-Perzentil (untere Beschränkung der Box), das 75%-Perzentil (obere Beschränkung) sowie den Median (Linie dazwischen) ab. Die Antennen (whiskers) bezeichnen maximal den 1,5-fachen Interquartil-Abstand.

früh ausgerollt werden konnte, ohne am Endbahnhof verspätet zu sein. Selbst in den Hauptverkehrszeiten konnte teilweise energiesparend gefahren werden.

Ergonomie

Die Lokführer schätzen die Informationen zum betrieblichen Fahrplan. Sie schaffen Transparenz und werden insbesondere für die Ausbildung als hilfreich eingestuft. Die Kenntnis des betrieblichen Fahrplans und die reduzierten Geschwindigkeiten führten für mehrere Lokführer zu einer positiv erlebten Entschleunigung beim Fahren. Andererseits machte die langsame Fahrweise einzelne Lokführer auch etwas nervös. Insgesamt sind die Testlokführer der Ansicht, dass sie mit zusätzlichen Informationen umgehen können, ohne dass die Sicherheit darunter leidet.

Die statische Fahrempfehlung wurde als sehr nützlich und gut anwendbar empfunden, selbst im Verspätungsfall. In der Praxis holten die Testlokführer eine Verspätung nach eigenem Ermessen auf und wechselten dann auf die Fahrempfehlung.

Die dynamischen Fahrempfehlungen konnten grundsätzlich jederzeit gut angewendet werden, wobei folgende Punkte betont wurden:

→ Wichtig ist eine vorausschauende Fahrempfehlung – d.h. der Lokführer möchte frühzeitig auf die nächsten Schritte vorbereitet werden.

→ Fahrempfehlungen dürfen Signalen oder Vorsignalen nicht direkt widersprechen, da dies zu Unsicherheiten beim Lokführer führen würde. Ebenfalls werden Bremsempfehlungen als heikel eingestuft.

→ Fahrempfehlungen sollten nicht zu oft ausgegeben und korrigiert werden.

→ Akustische Empfehlungen werden sehr unterschiedlich beurteilt.

→ Dynamische Empfehlungen haben eine etwas höhere Ablenkungsgefahr, da mehr Zusatzinformationen zu verarbeiten sind.

einem verschlechterten Median (Bild 6). Wie erwartet ist die Zahl der vorzeitigen Ankünfte stark gesunken.

Die Streuung konnte durch alle getesteten Systeme reduziert werden, wobei ein System (P1) hervorsticht, während ein anderes (P2) für einzelne Fixpunkte auch schlechter abschneidet.

Auf Bild 5 können – insbesondere für P3 – Verspätungen bei der Ankunft in Bern festgestellt werden, da die realisierten Fahrzeiten im letzten Streckenabschnitt vor Bern über den berechneten Fahrzeiten lagen. Dies liegt einerseits an der mangelnden Verfügbarkeit von fahrweggenauen Topologiedaten. Andererseits zeigte sich, dass auf diesem vielbefahrenen Abschnitt häufig betriebliche Verzögerungen auftreten, für die in den Fahrprofilen zu wenig Fahrzeitreserven eingeplant wurden.

4.5. ERGONOMIE UND AKZEPTANZ BEIM LOKPERSONAL

Mit den Testlokführern wurden detaillierte Interviews geführt, in denen ihre persönlichen Eindrücke sowie die Reaktionen der anderen Lokführer abgefragt wurden.

Modellierung und Fahrbarkeit der Fahrprofile

Alle drei getesteten Fahrprofile wurden von den Testlokführern als gut modelliert eingeschätzt und konnten im effektiven Betrieb gut umgesetzt werden. Für die Lokführer war überraschend, wie stark die Geschwindigkeiten reduziert bzw. wie

Die Wirkung von Fahrempfehlungen steht und fällt mit der Akzeptanz und Umsetzung durch das Lokpersonal. Die Umsetzbarkeit und Ergonomie sind zentrale Faktoren.

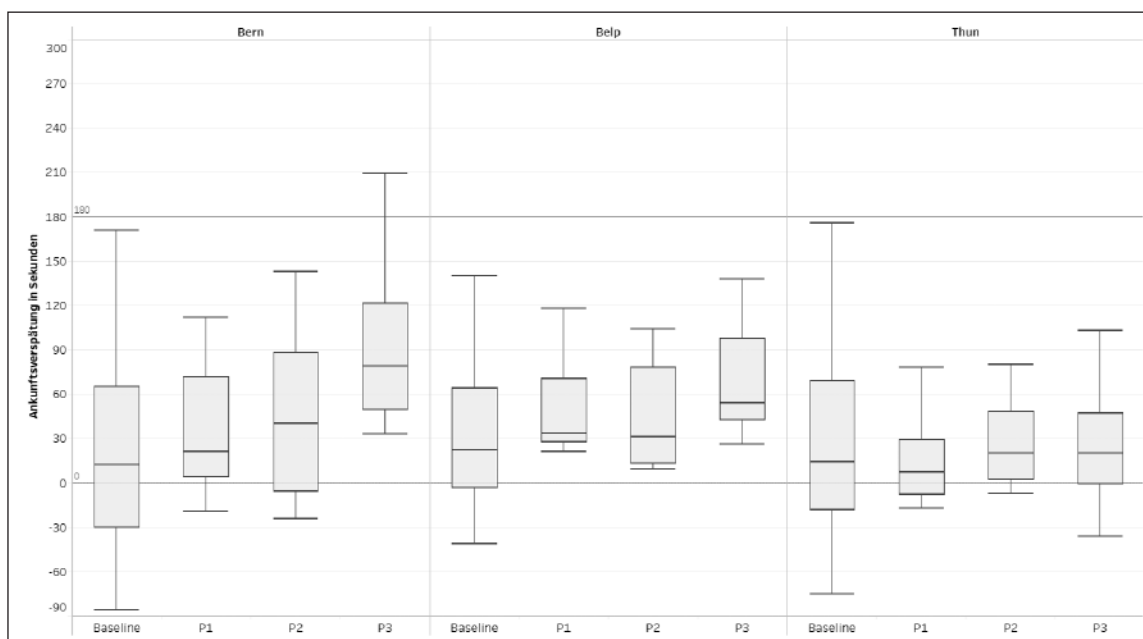


BILD 5: Ankunftsverspätungen je Fixpunkt, S44, Fahrtrichtung Burgdorf–Thun (anonymisiert)

Akzeptanz

Die Testlokfürer sind nach Durchführung der Testfahrten positiv gegenüber Fahrempfehlungen eingestellt. Bei den übrigen Lokführern wurde teilweise grosse Skepsis gespürt, die auch mit Erläuterungen und

Praxiserfahrungen nicht immer überwunden werden konnte. Verschiedentlich wurde die Angst vor einer Überwachung und längerfristig auch einer Automatisierung des Fahrens geäussert.

Für die Lokführer ist es wichtig, eigene

Spielräume zu behalten. Die Akzeptanz variierte beträchtlich zwischen den drei Systemen und hängt wesentlich davon ab, welche Informationen auf welche Art angezeigt werden.



Lesen Sie die ETR – Eisenbahntechnische Rundschau digital!

Jetzt in Ihrem Abonnement freischalten – ohne zusätzliche Kosten

FÜR ABONNENTEN BEREITS IM PREIS ENTHALTEN! DAS **KOMPLETTE MEDIENPAKET** ONLINE & APP – **ALLES INKLUSIVE!**

WWW.EURAILPRESS.DE/ETR-DIGITAL



E-Paper

Das E-Paper erhalten Sie per E-Mail. Sie können es dann sofort lesen, herunterladen, drucken oder dauerhaft speichern.



ETR-Online mit Archivzugang

Online jederzeit Zugriff auf die aktuellsten Nachrichten und komfortable Stichwort-Suche sowie den Archivzugang.



App für Tablet und Smartphone

Per Eurailpress Kiosk-App alle Ausgaben von ETR griffbereit: Mobil und unabhängig von Ihrem Aufenthaltsort.

Als Abonnent haben Sie die Möglichkeit unsere Fachinformationen auch in digitaler Form zu nutzen – ohne zusätzliche Kosten. Sie nutzen bereits alle digitalen Bestandteile Ihres Abonnements und möchten, dass weitere Kollegen ETR digital lesen können?

Dann schreiben Sie uns: lizenzen@dvvmedia.com und Sie erhalten Ihr individuelles Angebot.

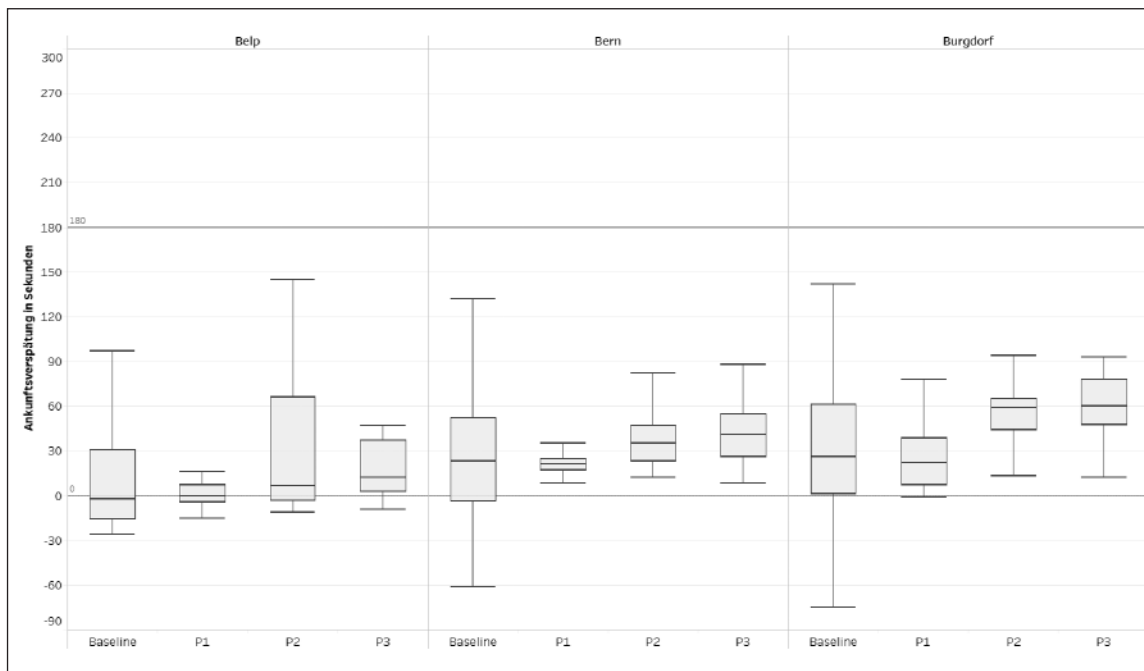


BILD 6: Ankunftsverspätungen je Fixpunkt, S44, Fahrtrichtung Thun – Burgdorf (anonymisiert)

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

5.1. WIRKUNG VON FAHREMPFEHLUNGEN

- Im S-Bahn-Verkehr können durch Fahrempfehlungen – bei konsequenter Umsetzung durch das Lokpersonal – Einsparungen beim Gesamt-Nettoenergieverbrauch von rund 10–15% erwartet werden. Die Höhe des Einsparpotenzials hängt dabei wesentlich von den Streckeneigenschaften und vom Fahrplan ab.
- Unterschiede zwischen den theoretischen Fahrprofilen ergeben sich hauptsächlich aus der verwendeten Fahrstrategie (z. B. mit oder ohne Ausrollen) und Fahrzeugmodellierung (z. B. Tunnelwiderstand).
- Fahrempfehlungen helfen, die Streuung der Fahrweisen zu reduzieren.
- Die dynamischen Systeme schneiden bezüglich Pünktlichkeit und Streuung der Fahrweise etwas besser ab, da die Lokführer bei statischen Fahrempfehlungen nur bei Fixpunkten und Haltestellen einen exakten Zeitvergleich machen können.
- Die Wirkung der Fahrempfehlungen hängt wesentlich davon ab, welche Informationen angezeigt und wie sie durch die Lokführer umgesetzt werden. Wichtig ist, dass die Empfehlungen vorausschauend sind. Zudem erscheint es

Die Lokführer erhalten präzisere Angaben, die sie beim energiesparenden Fahren unterstützen und sie in der Arbeitsbelastung und Verantwortung entlasten.

sinnvoll, nicht zu oft und nicht zu viele Empfehlungen auszugeben. Dadurch wird die Akzeptanz und Umsetzbarkeit und damit auch die Wirkung in der Praxis erhöht.

5.2. WICHTIGKEIT DER EINBETTUNG IN FAHRPLANPLANUNG UND BETRIEB

Signifikante Energieeinsparungen sind nur erreichbar, wenn Flexibilität im betrieblichen Fahrplan zugelassen ist und auch genutzt wird, d. h. wenn nicht jeder Betriebspunkt einen Fixpunkt darstellt. Die Zeiten der Fixpunkte sollten zudem so gelegt sein, dass Spielräume für energiesparendes Fahren möglich sind. Dieses Kriterium stellt den Fahrplan und seine Modellierung vor eine

neue Herausforderung.

Es sollte also sichergestellt sein, dass die Fahrprofile in die Fahrplanplanung eingebettet sind und

ihre Konfliktfreiheit mit den Fahrprofilen der anderen Züge garantiert werden kann. Eine wünschenswerte Erweiterung – im Vergleich zum Pilotbetrieb – besteht zudem darin, dass ein Fahrempfehlungssystem auch auf Abweichungen im Betrieb reagieren kann, indem es laufend die relevanten Leitplanken (aktualisierte betriebliche Fahrplanzeiten oder -zeitfenster für kritische Betriebspunkte) vom Betriebsleitsystem erhält, in deren Rahmen die Fahroptimierung stattfinden darf.

5.3. WICHTIGKEIT DER DATENQUALITÄT

Durch das Pilotprojekt ist allen Beteiligten bewusst geworden, dass die Verfügbarkeit und Qualität der Daten eine Schlüsselrolle spielt. Dies betrifft sowohl Fahrplandaten, Streckendaten (Topologie und Fahrstrassen-spezifische Geschwindigkeiten) wie auch Rollmaterial-Daten (z. B. Rollwiderstand).

5.4. AUSBLICK

Die Einführung eines Fahrempfehlungssystems muss mit einem integralen Ansatz erfolgen. Die weiteren Schritte sind deshalb eng zwischen BLS und SBB, sowie auch anderen EVU abzustimmen und werden im Rahmen des Branchenprojekts SmartRail 4.0 weiter vorangetrieben. ◀

► SUMMARY

Driver Advisory System in city trains: energy-efficient and on time to the destination

In a pilot project, the Swiss railway company BLS together with the Swiss Bundesbahn SBB Infrastructure has tested three Driver Advisory Systems. Test drives and analysis have demonstrated that energy consumption of city trains can be reduced by up to 10–15 per cent, if the schedules will be energy-optimized and the display for the locomotive staff will be ergonomically designed. The Driver Advisory System guarantees high punctuality and contribute to an optimized driving style.