

Fahrerassistenzsysteme: Erkenntnisse durch vernetzte Prototypen an der Ostseeküste

Fahrerassistenzsysteme können Triebfahrzeugführende in einer pünktlichen, energieeffizienten Fahrweise unterstützen und Pünktlichkeit, Energiebedarf und Kapazität im Bahnbetrieb optimieren. Eine Vernetzung der Systeme kann dies verstärken. Dieser Beitrag beschreibt die Einführung eines prototypischen, vernetzten Fahrerassistenzsystems sowie die daraus gewonnenen Erkenntnisse.



Einleitung

Änderungen in der Fahrplanlage wirken sich auf den Zeitpuffer einer Zugfahrt aus. Erhöht sich der Puffer, so besteht die Möglichkeit, energiesparend zu fahren. Sinkt jedoch die zur Verfügung stehende Zeit, so steht das Wiederherstellen der geplanten Fahrplanlage im Fokus. Fahrerassistenzsysteme (FAS) berechnen diesen Zeitpuffer und optimieren das Geschwindigkeitsprofil einer Zugfahrt. Anschließend geben sie Fahrempfehlungen (FE) zum Anpassen der Geschwindigkeit an das optimale Profil aus. Bei vernetzten FAS (vFAS) werden die aktuellen Daten zur Fahrplanlage mehrerer Züge an ein Leitsystem übermittelt, wodurch eine Gesamtoptimierung ermöglicht wird.

Im mFUND Projekt „Fahrerassistenzsysteme adaptive Nachhaltigkeit im Bahnbetrieb“ (FASaN) wurde ein prototypisches vFAS im Realbetrieb umgesetzt und getestet. Im Fokus standen dabei die Validierung des Prototyps sowie dessen Optimierung anhand der folgenden Punkte:

- Vermeidung von Lastspitzen
- Prognose von Fahrgastwechselzeiten
- Verbesserung der Fahrgastinformation
- Erhöhung der Nutzerakzeptanz

Ein Konsortium, bestehend aus dem Institut für angewandte Verkehrstelematik GmbH (INAVET), dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), der Ostdeutschen Eisenbahn GmbH (ODEG) und der ETC Solutions GmbH, forschte dabei gemeinsam an Fragestellungen zur Umsetzung und Validierung. So wurden



Maïke Krips

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe Bahnbetrieb in der Abteilung Digitalisierter Schienenverkehr und -betrieb
maïke.krips@dlr.de



Dr. Christian Meirich

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, komm. Abteilungsleiter in der Abteilung Digitalisierter Schienenverkehr und -betrieb
christian.meirich@dlr.de



Dipl.-Ing. Patrick Reiher

INAVET – Institut für angewandte Verkehrstelematik GmbH, Projektleiter Vollbahn
patrick.reiher@inavet.de



Gina Nathalie Schnücker

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe Mensch-Technik-Organisation in der Abteilung Schienensysteme und -technologien
gina.schnuecker@dlr.de



Dr. Catharina Wasić

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, Wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Gruppe Informations- und Interaktionsdesign in der Abteilung Informationsysteme und Mobilitätsdienste
catharina.wasic@dlr.de

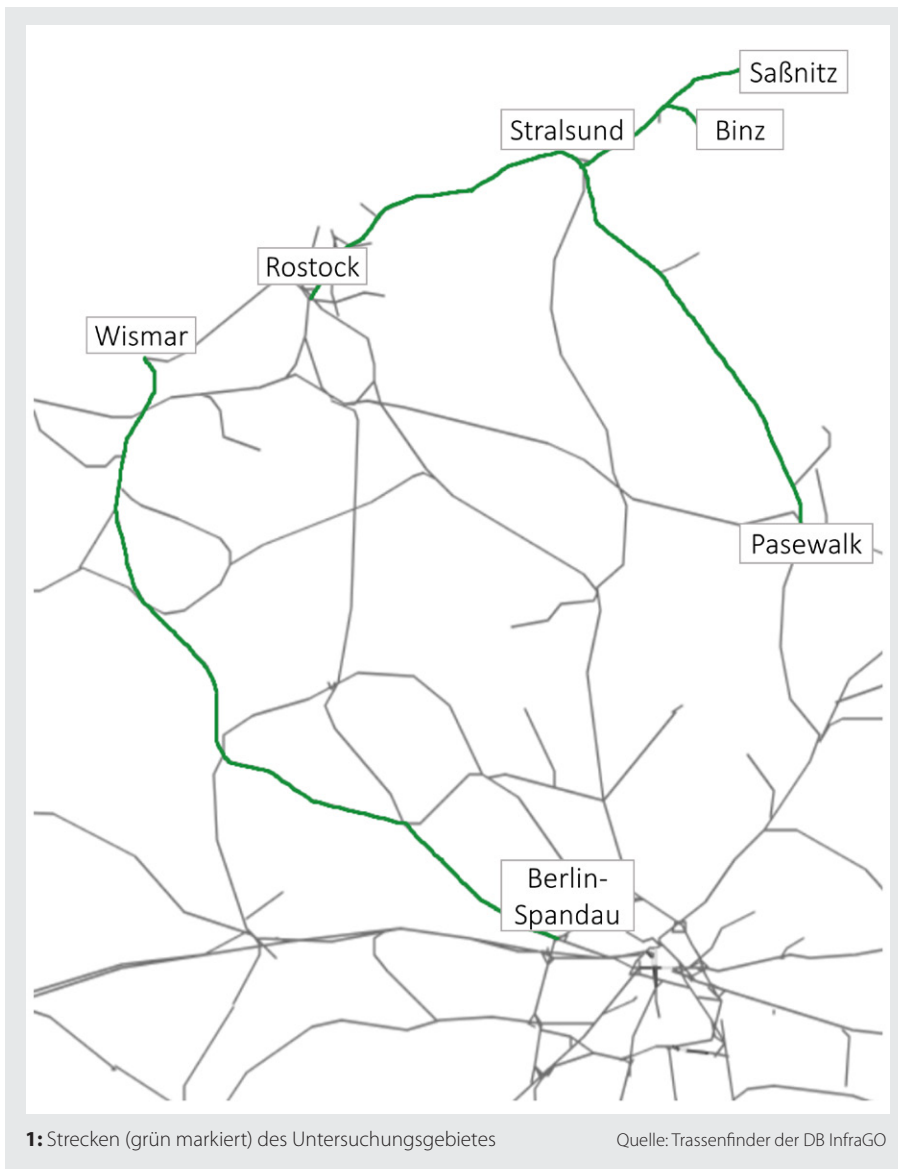


Malte Petersen

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Gruppe Mensch-Technik-Organisation in der Abteilung Schienensysteme und -technologien
malte.petersen@dlr.de

Realdaten aus dem Betrieb ausgewertet und basierend auf Simulationen und Datenanalysen Methoden zum Optimieren einer FE entwickelt. Kern dieser Analyse war die Identifikation von Möglichkeiten zur Lastspitzenreduktion und zur Fahrgastwechselzeitprognose. Lastspitzen entsprechen hohen Energiebezügen eines Eisenbahnverkehrsunternehmens (EVU) in einem Viertelstundenintervall. Da die Vor-

teile eines neuen Systems nur dann zum Tragen kommen, wenn es von Anwendern in der Praxis eingesetzt wird, wurde zeitgleich die Akzeptanz der Triebfahrzeugführenden (Tf) für das vFAS untersucht. Interviews und Fragebögen ermöglichten das Identifizieren ihrer Erwartungshaltung und das direkte Einbeziehen in die laufende Entwicklung. Zudem wurden Schulungs- und Motivationskonzepte erstellt,



um die Akzeptanz weiter zu fördern. Auch die Anforderungen von Fahrgästen wurden bei Bahnsteigbeobachtungen erfasst und verschiedene Strategien zur Verbesserung der Fahrgastinformation abgeleitet. Eine Virtual Reality Studie diente anschließend zum direkten Vergleich der entwickelten Varianten.

Erprobung im Realbetrieb

Als Untersuchungsgebiet (siehe Abbildung 1) diente das Netz Ostseeküste (OSK), bestehend aus den Linien RE9 (Rostock Hbf–Stralsund Hbf–Saßnitz/Binz) und RE10 (Rostock Hbf–Stralsund Hbf–Pasewalk), sowie die Linie RE8 Nord (Wismar–Berlin–Spandau). Die befahrenen Strecken sind teilweise mit Geschwindigkeiten bis 160 km/h befahrbar und partiell eingleisig, was die Abbildung der betrieblichen Sze-

narien „Fahren mit hohen Geschwindigkeiten“ und „Zugkreuzung“ ermöglicht.

Für die Umsetzung und die Erprobung wurde das FAS mittels Mobile Device Management in Form einer Applikation automatisiert auf den Endgeräten, welche die Tf in Form von personengebundenen Smartphones oder Tablets besitzen, installiert und mit den notwendigen Berechtigungen versehen. Die Benutzeroberfläche ist in Abbildung 2 dargestellt. Das Rollout bestand aus drei Stufen:

- Stufe 1: stummes FAS
- Stufe 2: „klassisches“ FAS, unverbunden
- Stufe 3: vFAS

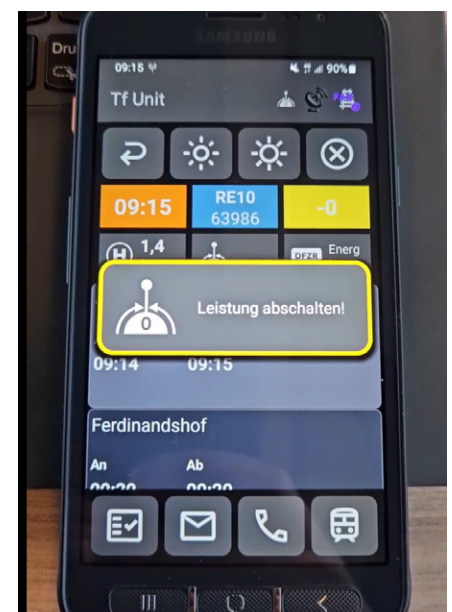
In der ersten Stufe wurden keine FE oder Hinweise ausgegeben, sondern lediglich Daten in Form von GPS-Position und -Geschwindigkeit aufgezeichnet, um eine Ver-

gleichsdatenbasis, insb. bzgl. der Fahrweise der Tf, zu erlangen.

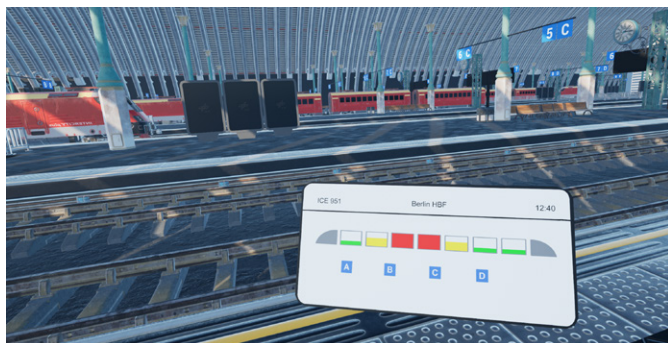
Die zweite Stufe beinhaltete die Umsetzung des unverbundenen FAS mit Ausgabe der FE auf Basis der aktuellen Fahrplanlage sowie der Infrastruktur und Fahrdynamik. Die Berechnungen waren dabei autark, d.h. ohne Mobilfunkverbindung durchführbar. Mögliche FE bzw. Informationen waren neben der Ausgabe der erreichten Abfahrtszeit (zur Unterstützung bei der pünktlichen Abfahrt), die FE „Auslauf“ (Zugkraft auf 0 setzen und bis zum nächsten Halt bzw. bis zur nächsten Geschwindigkeitsbegrenzung rollen) und „Tempomat“ (Verharren bei einer Geschwindigkeit, die nicht der maximal zulässigen Geschwindigkeit entspricht).

In der dritten Stufe wurden Positions- und Geschwindigkeitsdaten, betriebliche Daten (Abfahrt, Ankunft, Streckenhalt) und auf dem Endgerät berechnete Prognose-Ankunfts- und Durchfahrtszeiten an das Leitsystem übermittelt, auf deren Basis eine Gesamtoptimierung stattfand. Mögliche FE, welche die FAS im Zuge der Gesamtoptimierung ausgaben:

- Verzögerte Abfahrt (im Sekunden- oder geringen Minutenbereich, zur Vermeidung von Lastspitzen)
- Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit (insb. beim Nachfahren, ebenfalls zur Vermeidung von Lastspitzen)
- Auslaufempfehlungen mit Begründungen (Lastspitze, erhöhtes Fahrgastaufkommen, verspäteter Gegenzug etc.)



2: Benutzeroberfläche des vFAS und Ausgabe einer FE



3: Darstellung der Zugauslastung (links) und der Ein- und Ausstiegstüren (rechts) in der VR-Umgebung

Ermitteln der Nutzerakzeptanz

Da die Implementierung eines FAS im Führerstand nur dann zu Energieeinsparungen führt, wenn die Tf das System akzeptieren (siehe [1] und [2]) und die FE umsetzen, spielt der menschliche Faktor eine entscheidende Rolle. Im Projekt wurden die Anforderungen der Tf an ein FAS daher früh erfasst und umgesetzt sowie akzeptanzsteigernde und -hemmende Faktoren identifiziert. Der Akzeptanzbegriff wird in diesem Zusammenhang im psychologischen Sinne verstanden und beinhaltet die empfundene Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit des Systems (nach [3]) sowie die Integration des FAS in die eigene Fahrweise (nach [4]), d. h. die Umsetzung der FE.

Um dies zu erreichen, wurden im Projekt Führerstandsmittfahrten, Interviews mit Tf und zwei Fragebogenerhebungen durchgeführt. Letztere lagen zeitlich sowohl vor (Anzahl an teilnehmenden Tf: 34) als auch nach (Anzahl: 21) der Implementierung des FAS im Führerstand. Darüber hinaus erfolgte die Aufnahme und Analyse der Fahrdaten von 15 Tf. Die Teilnahme basierte dabei auf Freiwilligkeit. Die aus den Interviews und dem ersten Fragebogen abgeleiteten Anforderungen an das FAS finden sich in [5]. Bei der zweiten Fragebogenerhebung gaben 94 % der befragten Tf an, das FAS meistens oder immer aktiviert zu haben, 61 % gaben an, die FE meistens oder immer befolgt zu haben und 83 % gaben an, die Sprachausgabe des FAS meistens oder immer aktiviert zu haben. Auf einer siebenstufigen Likert-Skala schätzten die Tf die wahrgenommene Nützlichkeit (Mittelwert = 5.0), die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (Mittelwert = 5.9) und die Intention, die FE umzusetzen (Mittelwert = 5.5) als hoch ein.

Da die Tf in den durchgeführten Interviews häufig angaben, basierend auf ihrer

Fahrerfahrung auch ohne FAS energetisch optimal oder nahezu optimal fahren zu können, erfolgte ein Vergleich der erhobenen Fahrdaten vor und nach der Implementierung des FAS. Um die Befolgung einer FE zu identifizieren, wurde in einem ersten Schritt mithilfe eines artifiziellen neuronalen Netzes ermittelt, in welchen Zeitbereichen ein Zug beschleunigt, seine Geschwindigkeit hält, ausrollt und bremst. Im zweiten Schritt wurde untersucht, ob der zeitliche Abstand zwischen der Ausgabe einer FE und dem Beginn des Ausrollens in einem definierten Fenster von 20s liegt. Dieser Wert basierte auf Beobachtungen bei Führerstandsmittfahrten. Nur bei seiner Einhaltung galt die FE als befolgt. Auf diese Weise wurden 1049 Zugfahrten mit Fahrdaten zu insgesamt 1594 Stunden ausgewertet und für jeden Tf eine durchschnittliche Befolgungsrate ermittelt [9]. Bei Daten zum aktiven FAS (Rollout-Stufen 2 und 3) lagen Informationen zum Zeitpunkt und zum Inhalt der ausgegebenen FE vor, während beim stummen FAS (Rollout-Stufe 1) basierend auf den Positions- und Geschwindigkeitsdaten eine optimale, energiesparende Fahrweise simuliert und die zugehörigen FE nachträglich berechnet wurden. Beim stummen FAS bedeutete also eine „Umsetzung der FE“, dass der Tf auch ohne diese (nahezu) energetisch

Bei vernetzten FAS werden die aktuellen Daten zur Fahrplanlage mehrerer Züge an ein Leitsystem übermittelt, wodurch eine Gesamtoptimierung ermöglicht wird.

optimal fährt. Als Ergebnis zeigte sich, dass der Anteil der befolgten FE mit aktivem FAS (Mittelwert = 53.7%, Standardabweichung = 13.2%) signifikant höher war als der Anteil an befolgten FE von Tf ohne aktives FAS (Mittelwert = 11.4%, Standardabweichung = 8.3%).

Darüber hinaus stellte sich heraus, dass die Tf die Einbindung ihrer Erfahrung und Wünsche in den Entwicklungsprozess des FAS als positiv empfanden. Ihre Akzeptanz für das System sowie ihre Motivation, die FE umzusetzen, kann zudem durch ein individuelles Feedback zur eingesparten Energie weiter gesteigert werden.

Verbesserung der Fahrgastinformation

Zusätzliche Informationen zur Zugauslastung und zu Ein- und Ausstiegstüren können Fahrgäste lenken und die Zeit, die für den Ein- und Ausstieg benötigt wird, verkürzen. Diese verringerte Fahrgastwechselzeit erhöht wiederum den Zeitpuffer einer Zugfahrt und verbessert somit die Bedingungen, um pünktlich und energiesparend fahren zu können.

Um festzustellen, welche Art von Informationen für Fahrgäste unterstützend sein könnten, wurden im Oktober 2023 und Mai 2024 Beobachtungen an acht Bahnhöfen im Bediengebiet der ODEG durchgeführt: Bad Kleinen, Bad Wilsnack, Lietzow, Nauen, Ribnitz-Damgarten West, Schwerin, Stralsund und Velgast. Dabei dienten standardisierte Beobachtungsprotokolle zum Festhalten der Position von Fahrgästen am Bahnsteig sowie von ihrem Verhalten beim Ein- und Ausstieg. Insgesamt konnten 96 Züge und über 6000 Fahrgäste beobachtet werden.

Die Beobachtungen ergaben unter anderem, dass nach der Einfahrt des Zuges ca. 45 % der Fahrgäste direkt neben der Zugtür warteten, während 49 % einen größeren Abstand zur Tür hielten. Von letz-

teren entschied sich etwa die Hälfte, während des Halts nicht die nächstgelegene Tür, sondern stattdessen eine weiter entfernte Tür zum Einsteigen zu nutzen. Von den Aussteigenden verließen fast alle den Bahnsteig, wobei sich ca. 10% von ihnen zunächst orientieren mussten. Es lässt sich schließen, dass zusätzliche Informationen über Zu- und Ausgänge die Fahrgäste bei der Orientierung im Bahnhof unterstützen könnten und dass Informationen zur Wagenauslastung die Einsteigenden gezielter lenken könnten.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Fahrgastbeobachtungen erfolgte die Durchführung einer Virtual-Reality-Studie zu Fahrgastinformationen am Bahnsteig. Die Testpersonen (N = 32) durchliefen in der VR-Umgebung mehrmals das Szenario eines einfahrenden Zuges am Bahnsteig. In jedem Durchgang wurde entweder eine Auslastungsinformation für die einzelnen Waggon des Zuges oder eine Information darüber, dass bestimmte Türen nur für den Ein- oder Ausstieg verfügbar sind, dargestellt. Zusätzlich variierte die Darstellungsweise der Information, welche entweder am Zug, an der Bahnsteiganzeige oder in einer App angezeigt wurde. Im Anschluss an jeden Durchgang folgte eine Bewertung der Information anhand von Nützlichkeits- und Usability-Aspekten per Fragebogen. Weiterhin erstellten die Testpersonen für beide Informationsarten (Auslastungsinformation sowie Information über Ein- und Ausstieg) eine individuelle Priorisierung der Darstellungsweisen.

Es zeigte sich, dass für die Informationsarten unterschiedliche Darstellungsweisen bevorzugt werden. Während für die Auslastungsinformation 59,4% der Testpersonen eine Darstellung auf dem Smartphone wünschten, gaben 68,8% an, dass die Information zu den Ein- und Ausstiegstüren direkt am Zug dargestellt werden sollte (siehe Abbildung 3). Insgesamt lässt sich sagen, dass die Bewertung beider Informationsarten sehr positiv ausfiel, was auf einen hohen Informationsbedarf der Fahrgäste hindeutet.

Analyse von Realdaten

Neben den oben beschriebenen Vorgehensweisen zur Stärkung der Nutzerakzeptanz und verbesserten Fahrgastlenkung lag ein weiterer Fokus auf der Optimierung einzelner Algorithmen des vFAS, speziell der Lastspitzenvermeidung und Fahrgastwechselzeitprognose.

Handbuch Eisenbahnbrücken

Komplett überarbeitet und deutlich erweitert:
Das Standardwerk behandelt praxisorientiert **Bauformen, Brückensysteme, Tragwerksformen, Unterbauten, Ausrüstungselemente sowie Bauverfahren und Behelfsbrücken.**

**Jetzt
vorbestellen
und € 20,-
sparen!**



3. Auflage Juni 2025,

Autoren: Tristan M. Mölter, Michael Fiedler, Rolf H. Pfeifer, ca. 1.100 Seiten, Hardcover, ISBN 978-3-96245-270-4, Print mit E-Book Inside € 119,-* (statt € 139,-* nach Erscheinen) www.trackomedia.com/eisenbahnbruecken

MIT
E-BOOK
INSIDE

**Mehr Infos und Bestellung:
www.trackomedia.com**



ETCS in Deutschland

Print mit E-Book Inside € 89,-*
www.trackomedia.com/etcsdeutschland

MIT
E-BOOK
INSIDE



Handbuch Entwerfen von Bahnanlagen

Print mit E-Book Inside € 118,-*
www.trackomedia.com/bahnanlagen

NEU

MIT
E-BOOK
INSIDE

* Preise inkl. MwSt, zzgl. Versand

BESTELLUNGEN:

Tel.: +49 7953 718-9092
E-Mail: office@trackomedia.com
Online: www.trackomedia.com

PER POST:

GRT Global Rail Academy and Media GmbH / TrackoMedia Kundenservice
D-74590 Blafelden

Lastspitzen fließen in Form eines Leistungspreises in die Energiekosten ein. Im Projekt wurden Daten zu Energiebezügen aus dem Jahr 2021 analysiert und Zeitscheiben, in denen Maximalwerte auftraten, identifiziert. Anschließend wurden Maßnahmen zur Reduktion bzw. zum Verschieben der Lastspitzen simulativ untersucht [6]. Mithilfe von SUMO [7], einem Open-Source-Softwarepaket für Verkehrssimulationen, erfolgte die Umsetzung der Varianten „Verzögertes Anfahren beim Halt“ sowie „Fahren mit reduzierter Geschwindigkeit“. Da sich diese Maßnahmen auf die Pünktlichkeit eines Zuges auswirken können, wurde in der entwickelten Methodik neben dem Energiebezug zusätzlich die Summe der auftretenden Verspätungen berücksichtigt. Anhand von simulierten Zugfahrten der Linien RE9 und RE10 konnte gezeigt werden, dass Lastspitzen mithilfe der Maßnahmen – und ohne das Erzeugen von Verspätungen – um etwa 1,4 % reduziert werden konnten. Der Maximalwert für eine Reduktion lag bei 9,1 %, jedoch ging dieser mit einem Verspätungsaufbau einher. Weiterhin wurde deutlich, dass die Intensität der Maßnahmen eine entscheidende Rolle spielt. Während ein geringes Verzögern des Anfahrens beim Halt bzw. ein geringes Begrenzen der Fahrgeschwindigkeit sich zunächst positiv auf eine Lastspitze auswirken, führt eine Verstärkung der Maßnahmen zu einem gegenteiligen Effekt. Es resultieren Verspätungen und der Versuch, die gewünschte Fahrplanlage wieder zu erreichen, erhöht den Energiebedarf. Die Lastspitze verschiebt sich somit ins folgende Viertelstunden-Intervall. Zur Reduktion von Lastspitzen berechnet das vFAS eine Live-Prognose des Energiebedarfs im 2,5-Minuten-Raster und erzeugt basierend auf der Fahrplanlage aller Fahrzeuge individuell angepasste FE.

Zur Optimierung der Echtzeit-Prognose von Fahrgastwechselzeiten wurden zudem Datensätze der ODEG aus den Jahren 2018–2022 analysiert. Schwankungen in der Fahr-

gastwechselzeit wirken sich direkt auf den Zeitpuffer einer Zugfahrt aus. Ist diese Zeit länger als die geplante Haltezeit, so verringert sich der Puffer. Damit keine Verspätung entsteht, ist ein frühzeitiges Eintreffen des Zuges in der Station notwendig. Im Gegensatz dazu erhöhen kurze Fahrgastwechselzeiten den Zeitpuffer und ermöglichen somit ein späteres Eintreffen des Zuges beim nächsten Halt und folglich eine energiesparende Fahrweise. Neben Informationen zu Haltezeit und Türfreigabezeiten flossen im Projekt Daten zu Fahrgastzahlen, gemessen per Sensorsystem an den Türen beim Ein- und Ausstieg, in die Auswertung ein. Anschließend wurde eine Methodik zum Berechnen der Prognose mithilfe eines Regressionsmodells entwickelt und Einflüsse auf die Fahrgastwechselzeit untersucht [8]. Durch das Zuschneiden des Datensatzes auf spezifische Situationen konnte die Prognosegenauigkeit erhöht werden, wobei der Median der mittleren Abweichung bei ca. 6 s lag. Zudem wurde deutlich, dass kurzfristige Dispositionsentscheidungen, z. B. zur Zugfolgeregulation, einen großen Einfluss auf das Entstehen von Ausreißern (in Form von vergleichsweise hohen Fahrgastwechselzeiten) hatten.

Zusammenfassung und Ausblick

Insgesamt wurde im Projekt die prototypische Implementierung und Validierung des vFAS im Untersuchungsgebiet erfolgreich umgesetzt. Damit konnte die technische Machbarkeit nachgewiesen und darüber hinaus gezeigt werden, dass das System zu einer energieeffizienteren Fahrweise der Tf beiträgt. Maßgebend für die Wirksamkeit des Systems ist die Akzeptanz der Tf, weshalb das frühzeitige Einbinden in den Entwicklungsprozess und das Identifizieren spezifischer Anforderungen wesentlich waren.

Zudem wurden Methoden zur Vermeidung von Lastspitzen und zur Prognose von Fahrgastwechselzeiten entwickelt, für deren Evaluation derzeit im Realbetrieb Daten erhoben werden. Zukünftiges Optimierungspotenzial bietet hierbei das Erweitern der Datengrundlage um aktuelle Dispositionsmaßnahmen, sodass bspw. Änderungen in der Zugreihenfolge in den Algorithmen berücksichtigt werden können. Weiter wurde der Bedarf von Fahrgästen an verbesserten Fahrgastinformationen identifiziert und verschiedene Darstellungsvarianten in einer VR-Studie verglichen.

Zukünftig wird kurzfristig eine Erweiterung auf weitere elektrische Fahrzeuge und

entsprechende Linienbündel angestrebt. Auch ist die vFAS-Installation auf dieselbetriebenen Fahrzeugen vorgesehen, unter Berücksichtigung des geplanten Einsatzes von batterieelektrischen Triebfahrzeugen ab Dezember 2027 und mit entsprechend angepasster Fahrstrategie. ●

Literatur

- [1] U. Hunscha und A. Geißler, „Fahr Umweltbewusst: Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen reduzieren“, 2018. [Online]. Available: https://www.allianz-pro-schiene.de/wp-content/uploads/2019/03/Abschlussbericht_Fahrerassistenzsysteme.pdf.
- [2] L. Yang, T. Liden und P. Leander, „Achieving energy-efficiency and on-time performance with Driver Advisory Systems“, IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation Proceedings, pp. 13–18, 2013.
- [3] F. D. Davis, A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: theory and results [Doktorarbeit], Massachusetts: Institute of Technology, Massachusetts, 1985.
- [4] E. Adell, Driver Experience and Acceptance of Driver Support Systems - A case of Speed Adaptation [Doktorarbeit], Lund: University Lund, 2009.
- [5] A. Naumann, G. N. Schnücker, G. Ullrich und P. Reiher, „Anforderungen von Triebfahrzeugführern an ein vernetztes Fahrerassistenzsystem“, SIGNAL + DRAHT, pp. 66–73, 06 2024.
- [6] P. Ritzer und C. Meirich, „Potenziale der Lastspitzenvermeidung durch vernetzte Fahrerassistenzsysteme“, ETR - Eisenbahntechnische Rundschau, pp. 19–23, 12 2023.
- [7] P. Alvarez Lopez, M. Behrisch, L. Bieker-Walz, J. Erdmann, Y.-P. Flötteröd, R. Hilbrich, L. Lücken, J. Rummel, P. Wagner und E. Wießner, „Microscopic Traffic Simulation using SUMO“, in IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), Maui, 2018.
- [8] M. Krips, C. Meirich, P. Reiher und F. Zöllner, „Prognose von Fahrgastwechselzeiten mit Live-Daten aus dem Betrieb“, ETR - Eisenbahntechnische Rundschau, pp. 39–43, 06 2024.
- [9] G. N. Schnücker, A. Naumann und J. Salge: A neural network to measure train operator's compliance with driver assistance systems, HFES Europe Chapter: Annual Meeting, 2024, Lübeck.

Summary

Driver advisory systems: insights from connected prototypes at the Baltic coast

Driver advisory systems can support train drivers in driving in a punctual, energy-efficient manner and optimise punctuality, energy requirements and capacity in rail operations. Connecting the systems can reinforce this. This article describes the introduction of a prototype, connected driver advisory system and the insights gained from it.

Als Ergebnis zeigte sich, dass der Anteil der befolgten FE mit aktivem FAS [...] signifikant höher war als der Anteil an befolgten FE von Tf ohne aktives FAS [...].