

# Umweltbewusstes Fahren mit dem Fahrerassistenzsystem smartrains.das

Optimierter Betrieb und energiesparende Fahrweise im Bahnverkehr durch Einsatz von smartrains.das als integrierte Lösung im Leitsystem InLineWeb

ANDREAS LANGENHAN | GUNTER THIELE

**Der verstärkte Einsatz von Fahrerassistenzsystemen (FAS) zum energiesparenden Fahren bei den Verkehrsunternehmen ergibt sich aus Gründen der Betriebsoptimierung, Energie- und Kostenminimierung sowie aus den gesamtgesellschaftlichen Zielstellungen zur Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Vermeidung im Zusammenhang mit der Klimapolitik. Im nachfolgenden Beitrag werden zunächst die theoretischen Grundlagen, die Möglichkeiten und Ziele eines integrierten Einsatzes des FAS smartrains.das dargestellt und abschließend die neuesten Entwicklungen aufgezeigt.**

## Einführung

Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) im SPNV<sup>1</sup> in Deutschland erbringen Verkehrsleistungen in der Regel auf Basis von Verkehrsverträgen, die mit den jeweiligen Aufgabenträgern der Regionen zu den Verkehrsnetzen abgeschlossen wurden. Die jeweilige Vergabe erfolgt über Ausschreibungen der Netze durch die beteiligten Aufgabenträger. Ziel der Aufgabenträger ist es dabei, basierend auf definierten Anforderungen sowohl kostengünstige wie auch qualitativ hochwertige Leistungserbringung im SPNV sicherzustellen.

Der verstärkte Einsatz von FAS zum energiesparenden Fahren bei den Verkehrsunternehmen ergibt sich sowohl aus Gründen der Betriebsoptimierung, Energie- und Kostenminimierung wie auch teilweise direkt aus den Anforderungen der Verkehrsverträge. Zunehmend wird im Rahmen der SPNV-Ausschreibungen von den Aufgabenträgern der Einsatz von FAS als vertraglicher Bestandteil der Leistungserbringung gefordert, um den gesamtgesellschaftlichen Zielstellungen der Energieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Vermeidung im Zusammenhang mit der Klimapolitik Rechnung zu tragen. Für den zunehmenden Einsatz alternativer Antriebe, insbesondere bei BEMU (Battery Electric Multiple Unit), bietet der Einsatz von FAS weiteres Potenzial durch

Unterstützungsfunktionen für einen effizienten und verschleißoptimierten Einsatz der Fahrzeuge und deren Komponenten wie z.B. Batterien. Die Potenziale des FAS smartrains.das ergeben sich generell zum einen durch die Nutzung von Fahrplanreserven unter strikter Beachtung der Pünktlichkeitsvorgaben, zum anderen durch die Einbeziehung weiterer Daten aus dem aktuellen Betriebsgeschehen im jeweiligen Verkehrsnetz. Dabei ist die Zielstellung, jederzeit basierend auf der aktuellen Betriebslage und Pünktlichkeitssituation eine optimale Fahrempfehlung auszugeben, die sicherstellt, dass die für diese Situation effizienteste Fahrweise angewendet werden kann.

## Ausgangslage und Zielstellungen zum Einsatz von FAS

Schon in den 1970er Jahren wurden die theoretischen Grundlagen für Fahrerassistenzsysteme und ihre Wirksamkeit für die Fahrt zwischen zwei Halten erarbeitet [1]. Eine erste praktische Umsetzung erfolgte in den 1980er Jahren bei der Berliner S-Bahn. Mittlerweile wurden in verschiedensten Projekten FAS erfolgreich eingesetzt und deren Nutzen wurde nachgewiesen. Der aktuelle Stand zu FAS wurde in dem von der Allianz pro Schiene gemeinsam mit Partnern bearbeiteten Projekt „Fahr umweltbewusst“ [2] untersucht. Im Ergebnis dieses Projektes konnte der aktuelle Sachstand und die steigende Bedeutung von FAS zum energiesparenden Fahren im Schienenverkehr ausführlich dargestellt werden.

Mit dem Einsatz eines FAS verbinden die nutzenden Unternehmen die folgenden Hauptziele:

- Einsparung von Traktionsenergie(-kosten) unter strikter Beachtung von Pünktlichkeit und Fahrplantreue,
- Erhöhung der Zuverlässigkeit im Fahrbetrieb,
- Verringerung des Fahrzeugverschleißes z.B. durch geringere Bremsensatzgeschwindigkeiten, bei alternativen Antrieben (BEMU) auch Optimierung der Batterienutzung und des Lademanagements,
- Unterstützung und Entlastung der Triebfahrzeugführer (Tf) beim Führen der Fahrzeuge sowie
- Vertragserfüllung z.B. gegenüber dem Aufgabenträger.

Verbunden damit sind weitere Effekte, wie z. B.:

- Erhöhung des Fahrgastkomforts durch weniger Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge,

- geringerer Schadstoffausstoß, bei Dieselfahrzeugen geringere lokale Schadstoffemissionen,
- generell Reduzierung der Emissionen (z. B. auch Lärm) durch optimiertes Fahren,
- Imagepflege und Imageverbesserung gegenüber Kunden und Mitarbeitern durch Orientierung an gesellschaftlichen Zielen wie z. B. Eindämmung des Klimawandels und
- Verbesserung der Wettbewerbssituation bei SPNV-Ausschreibungen, da u. U. mit geringerem Energiebedarf geplant werden kann.

## Grundlagen des FAS

FAS lassen sich hinsichtlich der Optimierung des Energiebedarfs in drei Stufen einordnen (Abb. 1).

In Stufe 1 wird nur ein Fahrzeug betrachtet. Die zugehörige Fahrstrategie zwischen zwei Halten gliedert sich wie folgt:

1. Antrieb mit maximaler Beschleunigung
2. Beharrungsfahrt mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit
3. Ausrollen
4. Bremsen

In der Stufe 2 erfolgt darüber hinaus eine Optimierung innerhalb einer Flotte eines EVU. Dazu ist eine erweiterte Datenbasis erforderlich. Beispielsweise kann für den Fall von Zugkreuzungen auf einer eingleisigen Strecke bei Verspätung des Gegenzuges der pünktliche Zug etwas verspätet und damit energetisch günstiger an den Kreuzungsbahnhof herangeführt werden. Gleiches gilt auch bei verspäteten Anschlüssen.

Die Stufe 3 beinhaltet eine Gesamtoptimierung. Das heißt, dass mit FAS ausgerüstete Züge verschiedener EVU in einem Netzbereich optimiert werden können.

Grundsätzlich sind FAS als zentrale (Intelligenz auf der Landseite) und dezentrale (Intelligenz auf dem Fahrzeug) Systeme möglich. Bei zentralen Systemen werden Informationen in einem bestimmten Zeittakt (z. B. alle 30 Sekunden) an die Tf übermittelt. Dabei ist es nachteilig, dass Anpassungen an reale Fahrkurven nur in Intervallen vorgenommen werden können. Außerdem liegt in der Zentrale nur eine ungefähre Kenntnis der aktuellen Position und der aktuell gefahrenen Geschwindigkeit vor. Somit ist die Genauigkeit des FAS eingeschränkt und es können die sich ergebenden Potenziale (z. B. durch sekunden-genaue Betrachtung der Geschwindigkeiten,

<sup>1</sup>Der Schienen-Personen-Nahverkehr liegt in Deutschland in der Hoheit der jeweiligen Länder, Leistungen werden in der Regel an EVU nach Ausschreibung der Leistung für eine befristete Dauer (z. B. zwölf Jahre) vergeben.

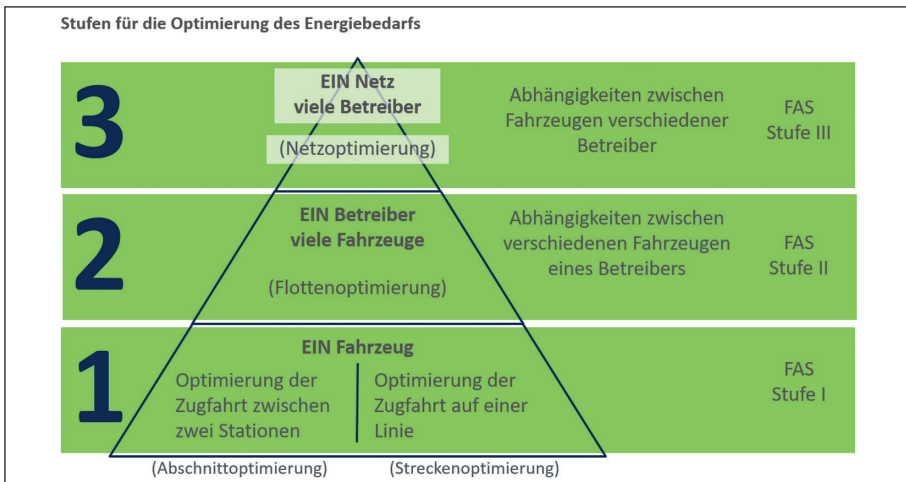


Abb. 1: Stufen des FAS

Quelle: Inavet GmbH

Fahrzeugumlauf- bzw. der Zugnummer für ITCS und gleichzeitig FAS bereitgestellt.

- Daten zu dispositiven Änderungen, aktuelle Prognosen und Übersteuerungen sowie Anweisungen aus der Leitstelle (z. B. „Anschluss abwarten“, „Reisegruppe am Folgehalt“ usw.) stehen dem Assistenzsystem direkt zur Verarbeitung in den Berechnungsalgorithmen zur Verfügung.
- Betriebliche Daten, z. B. historische Haltezeitenanalysen in Kombination mit Online-Besetzung und ggf. Fahrgastverteilung im Zug, die einen Einfluss auf die zu erwartenden Haltezeiten haben, können direkt vom ITCS auf das Mobilgerät gesendet und damit für das FAS bereitgestellt werden.

**Umsetzung erweiterter Funktionen im Rahmen von anstehenden Projekten**

Derzeit nutzt smarttrains.das die Funktionalitäten der oben beschriebenen Stufe 1 – Streckenoptimierung. Im Rahmen avisierter Projekte ist es vorgesehen, die Funktionalitäten des Systems so zu erweitern, dass bei der Optimierung der Fahrkurven weitere Parameter berücksichtigt werden, um das Potenzial der Anwendung zu steigern. Dazu gehören u. a.:

- Berücksichtigung der Online-Besetzung für eine aktuelle Prognose von Fahrgastwechselzeiten
- Flottenweite Berücksichtigung der Betriebsituation, z. B. bei betrieblichen Situationen auf eingleisigen Strecken
- Berücksichtigung aktueller La<sup>2</sup>-Stellen durch automatisierten Import und Verarbeitung dieser Information von Eisenbahninfrastrukturunternehmen
- Einbindung der Daten weiterer Flotten durch übergreifenden Datenaustausch zwischen ITCS und Einbindung der Daten aus der „Grünen Funktion“ der DB Netz AG (DB Netz), um damit netzweite, flottenübergreifende Einflussfaktoren berücksichtigen zu können.

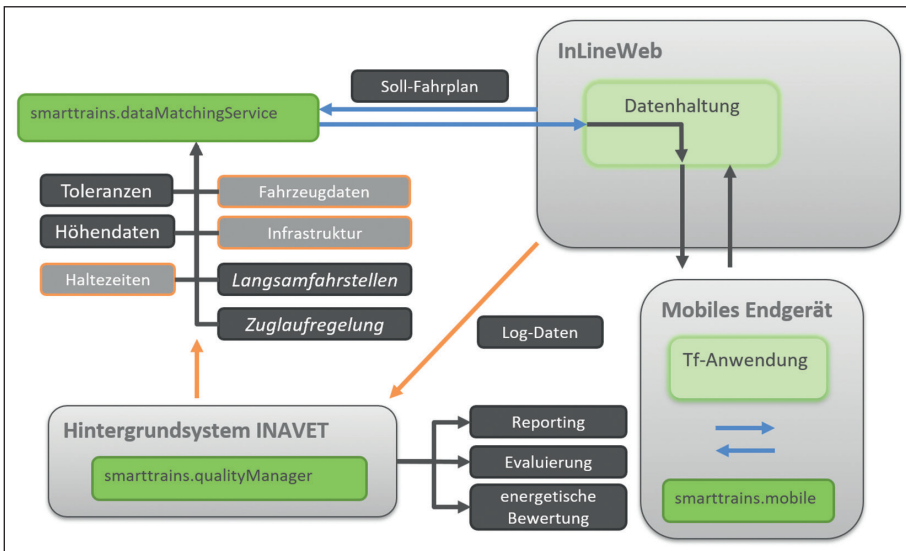


Abb. 2: Schematische Darstellung der smarttrains.das-Integration ins ITCS

Quelle: Inavet GmbH

Fahrzeugpositionen und Fahrkurven) nicht genutzt werden. Aus diesem Grund ist das im weiteren Verlauf beschriebene System smarttrains.das als dezentrales System ausgelegt. Das System befindet sich direkt auf dem Fahrzeug. Somit können Optimierungen und Korrekturen der gewünschten Fahrkurve sekundengenau unter Kenntnis der genauen aktuell gefahrenen Geschwindigkeit und der exakten Position erfolgen.

**Integration smarttrains.das in das ITCS**

In enger Kooperation haben die Firma INAVET als Hersteller des FAS smarttrains.das und die Firma INTERAUTOMATION als Lieferant des Intermodal Transport Control System (ITCS) InLineWeb beide Systeme in einer Gesamtlösung integriert, um die Vorteile zu vereinen und erweiterte Funktionalitäten anzubieten. Dazu verfügt das FAS über eine offene Schnittstelle und kann somit in die Systemarchitektur des ITCS integriert werden (Abb. 2).

Die Abb. 3-5 zeigen Darstellungen von smarttrains.das auf den mobilen Geräten und eine

mögliche Installation auf einem Führerstand. Das FAS wird als Ergänzung der Tf-Applikation auf einem mobilen Endgerät (Smartphone oder Tablet) installiert und benötigt keine Schnittstellen zur Fahrzeugtechnik. Über diese Applikation werden die Fahrempfehlungen ausgegeben, die dann durch die Tf beim Führen des Fahrzeuges angewendet werden. Der Einsatz des FAS als in das ITCS des EVU integrierte Lösung bietet gegenüber einem nicht integrierten Einsatz folgende zusätzliche Vorteile:

- Aktuelle Fahrplandaten aus einer einheitlichen Quelle stehen stets ohne zusätzlichen Aufwand für die Datenbereitstellung und Sicherstellung der Datenkonsistenz zur Verfügung.
- Die für ITCS Funktionen genutzte mobile App wird auch für die FAS-Funktionalitäten verwendet.
- Es erfolgt die Nutzung der auch für ITCS-Funktionen genutzten mobilen App für die FAS-Funktionalitäten. Diese sind in die Oberfläche und den Ablauf integriert. Es wird eine einheitliche und gewohnte Oberfläche für den Tf mit integrierter Anmeldung auf den

**Fahrgastwechselzeiten**

Das FAS berücksichtigt im Rahmen verfügbarer und nutzbarer Daten bereits historische Fahrgastwechselzeiten. Diese werden aus den historischen Haltezeiten abgeleitet. Auf dieser Basis erfolgt ihre Clusterung in Tagesganglinien bzw. im SPNV üblicherweise zugnummernfein für die einzelnen Wochentage unter Beachtung von Schul- und Ferienkalendern. Damit sind klassische Verläufe wie Morgen- und Abendspitzen, verkehrsschwächere Zeiten, unterschiedliche Wochentagesverläufe auf statistischer Basis abbildbar. Die daraus resultierenden verschiedenen Fahrgastwechselzeiten werden im Algorithmus berücksichtigt und finden bei der Optimierung der Fahrkurve Anwendung. Durch die Haltezeitenprognose werden verfrühte Ankünfte vermieden, was die mittlere Haltezeit vermindert. Die zusätzlich gewonne-

<sup>2</sup>Zusammenstellung der vorübergehenden Langsamfahrstellen und anderer Besonderheiten (La)

ne (nicht benötigte) Haltezeit kann in Fahrzeiten umgewandelt werden, was wiederum zu einer Reduktion des Energieverbrauches führt. Für Bedarfshalte ist neben der prognostizierten Haltezeit eine Haltewahrscheinlichkeit hinterlegt. Diese beschriebene Funktionalität ist bereits verfügbar und bei den Anwendern von smarttrains.das im Einsatz.

In einer geplanten Ausbaustufe wird die Funktionalität so erweitert, dass durch die direkte Anbindung an das ITCS InLineWeb neben den historisch und statistisch aufbereiteten Daten auch Onlinedaten ergänzend berücksichtigt werden. Ziel ist es, aus den aktuellen Fahrgastzahl- und Belegungswerten der Zugfahrt und dem Abgleich mit historischen Daten, wie sie von AFZ-Systemen (Automatische Fahrgastzählung) der Firma INTERAUTOMATION geliefert werden, eine tagesaktuelle Haltezeitenprognose an das FAS zu übermitteln, um so erwartete Abweichungen von den historischen Werten in die Fahrkurvenberechnung einfließen zu lassen. Insbesondere in der aktuellen, pandemiebedingten Situation mit Rückgang der Fahrgastzahlen und entsprechend der jeweiligen Lage kurzfristig variierender oder auch wieder wachsender Fahrgastzahlen kann so besser auf die jeweilige Situation reagiert werden. Daher wird angestrebt, die Ganglinien der Fahrgastwechselzeiten selbstlernend zu gestalten.

Moderne Online-AFZ-Systeme sind neben der Fahrgastzählung in der Lage, weitere Daten zu erfassen, dazu zählen beispielsweise Fahrräder und Kinderwagen. Diese Daten werden zukünftig bei der Prognose der Haltestellenaufenthaltszeit ebenfalls berücksichtigt. Speziell bei einer signifikanten Anzahl von Fahrrädern im Zug wird die Fahrgastwechselzeitprognose an das Halten entsprechend nach oben korrigiert.

### Flottenweite Berücksichtigung des Betriebsgeschehens

Unter Einbeziehung der Daten aus dem ITCS können die Daten anderer Fahrzeuge und deren Betriebslage berücksichtigt werden. Dies kann insbesondere bei eingleisigen Strecken mit Kreuzungssituationen zur Optimierung genutzt werden (Abb. 6).

Bei einer Zugkreuzung auf einer eingleisigen Strecke kann die Verspätung der Züge für die Fahrkurvenoptimierung berücksichtigt werden, wenn sie dem Assistenzsystem bereitgestellt wird.

Im Beispiel (Abb. 7) hält der Zug mit der gelben Fahrlinie planmäßig an, um den Gegenzug (grüne Fahrlinie) passieren zu lassen. Da dieser etwas zeitiger als der gelbe Zug ankommt, muss er ebenfalls anhalten. Im Diagramm rechts sind die entsprechenden Fahrlinien dargestellt, die gefahren werden, wenn der grüne Zug entsprechende Informationen über die Betriebslage durch das vernetzte System erhält. Die Fahrlinie des gelben Zuges bleibt unverändert. Der grüne Zug verzögert deut-

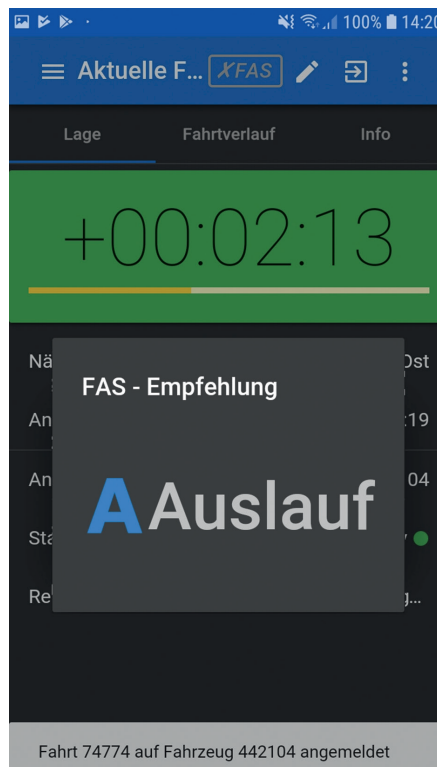


Abb. 3: Darstellung einer Auslaufempfehlung  
Quelle: Interautomation GmbH



Abb. 4: Darstellung Hinweis zur Abfertigung  
Quelle: Interautomation GmbH

lich vor dem Kreuzungspunkt und fährt dann ohne weiteres Bremsen durch. Durch den vermiedenen Halt ist dieser Zug nicht nur deutlich schneller, sondern er erzielt zudem eine Energieeinsparung von etwa 4 %.

Ähnliche Optimierungen lassen sich erreichen, wenn hintereinander folgende Züge betrachtet werden und den Folgezügen jeweils die (Verspätungs-)Lage der vorausfahrenden Züge bekannt ist. Da in der Regel in diesem Fall (ggf. aber auch bei der Thematik der eingleisigen Strecke) mehrere EVU beteiligt sind, erscheint es hierfür essenziell, die Daten der weiteren Flotten mit in die Betrachtung einzubinden.

### Daten weiterer Flotten, Zuglaufregelung und Einbindung „Grüne Funktionen“

Die derzeit bereits nutzbare betreibereigene Zuglaufregelung stellt grundsätzlich alle Funktionen bereit, die auch für die Berücksichtigung „fremder“ Züge benötigt werden. Dazu wird am ITCS eine zentrale Komponente bereitgestellt, welche Positions-, Geschwindigkeits- und Prognosedaten anderer Züge entgegennimmt und für das jeweils betrachtete Fahrzeug Durchfahrtszeitfenster an smart-trains.das übermittelt. Daten dazu können z.B. vom ITCS (eines anderen Betreibers) bereitgestellt oder aus der „Grünen Funktionen“ der Zuglaufregelung der DB Netz bezogen werden.



Abb. 5: Integration des Mobilgerätes im Führerstand

Quelle: Inavet GmbH

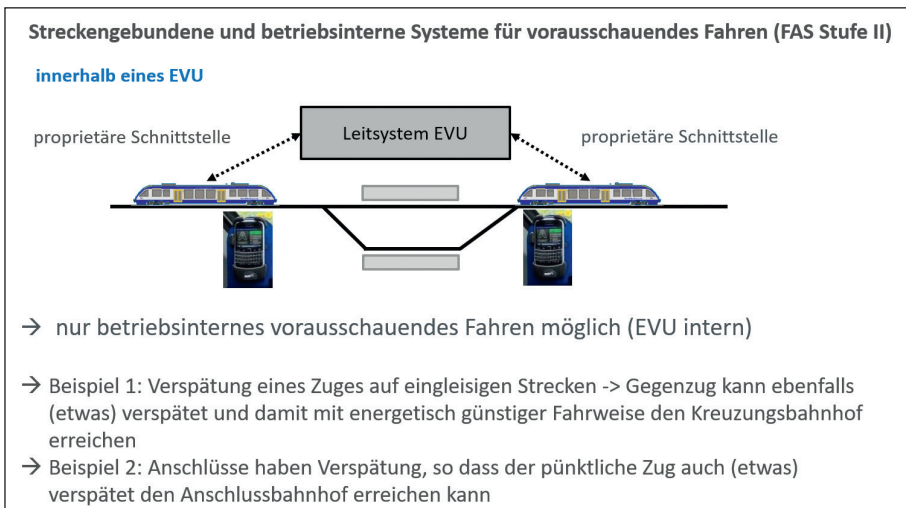


Abb. 6: Zugkreuzung auf eingleisiger Strecke

Quelle: [3]

Die Berücksichtigung der netzweiten Daten kann insbesondere für die nachfolgenden Fälle genutzt werden:

- Anschlussvermittlung an Knotenbahnhöfe: Ist mindestens ein Teilnehmer leicht verspätet, können die anderen etwas später ankommen, wenn Verspätungspönale und Anschlüsse zu anderen Verkehrsmitteln dies zulassen.
- Zugfolgefahrten: Wird durch die Datenbereitstellung übermittelt, dass durch vorausfahrende Züge Behinderungen auftreten und sich damit Durchfahrts- und Ankunftszeitfenster ändern, kann die Fahrkurve so angepasst werden, dass z.B. früher „Auslauf“ gewählt wird, um das Halten an Signalen zu vermeiden oder energieeffizient in den Bahnhof zu rollen.
- Berücksichtigung der Betriebssituationen bei eingleisigen Strecken.
- Die „Grünen Funktionen“ bieten u.a. die folgenden Funktionen und Daten, die in smarttrains.das genutzt werden sollen:
  - Vorgabe Durchfahrzeitintervall: Dieses wird als frühester und spätester Durchfahrzeitpunkt für Signalstandorte bereitgestellt;
  - Vorgabe Nachfahren: Hier wird langsames Fahren zur Rothaltvermeidung empfohlen,

die sinnvoll frühestmögliche Ankunft an einem Punkt (z.B. Signal) wird empfohlen;

- Kürzen vor Langsamfahrstelle: Bei einer kurzfristigen ungeplanten La wird eine Fahrempfehlung (Ankunftszeitpunkt am La-Beginn) für eine schnellere Ankunft an der La ausgegeben, um eine Zeitreserve aufzubauen und damit einen pünktlichen Fahrverlauf im Gesamtabschnitt sicherzustellen.

Die im Assistenzsystem benötigten Daten werden über eine seitens DB bereitgestellte XML-Schnittstelle TaBuFa (Tagesaktueller elektronischer Buchfahrplan) ins ITCS und in das Assistenzsystem geladen. Eine Herausforderung im Rahmen des umzusetzenden Projektes besteht in den seitens der Schnittstelle bereitgestellten Daten. Diese müssen in das Infrastrukturmodell des Assistenzsystems transferiert werden. Der Aufwand hierbei liegt nach Einschätzung der Autoren weniger in der technischen Umsetzung als beim Abstimmungsaufwand für das korrekte Matching der Daten. Hinsichtlich der Informationsverarbeitung und Anzeige ist folgendes vorgesehen: Der Tf wird informiert, ob auf der zu befahrenden Strecke die „Grünen Funktionen“ bei der Fahrempfehlung mit genutzt werden. Die Berechnung

der Fahrempfehlung erfolgt weiterhin lokal im FAS. Als zusätzliche Eingangsgröße dienen die von den „Grünen Funktionen“ vorgegebenen Durchfahrzeitintervalle an seitens von der DB Netz definierten Punkten. Idealerweise wird diese Information zukünftig seitens der „Grünen Funktionen“ noch um Geschwindigkeitsbereiche auf dem folgenden Streckenabschnitt oder sogar auf mehreren Streckenabschnitten erweitert. Der Algorithmus optimiert daraufhin die Fahrweise unter Berücksichtigung der Daten der „Grünen Funktionen“ für den Abschnitt zwischen zwei Halten oder für einen Streckenabschnitt bezogen auf den letzten Halt, z.B. wenn dieser ein Anschlusspunkt ist.

Ein besonderer Aspekt dabei ist für die teilnehmenden EVU, dass die Nutzung der Daten der „Grünen Funktionen“ mit Kosten verbunden ist. Daher muss jeweils in den Projekten und einzelnen Netzen über den Einsatz der beschriebenen Funktionen entschieden werden. Idealerweise wird das Assistenzsystem im ersten Schritt ohne die Daten der „Grünen Funktionen“ genutzt. In einem zweiten Schritt können dann die Daten der „Grünen Funktionen“ für die Berechnung der Fahrempfehlungen hinzugenommen werden. Nachfolgend werden beide Zustände miteinander verglichen und herausgearbeitet, ob es einen zusätzlichen Effekt durch die Nutzung der „Grünen Funktionen“ gibt und dieser die zusätzlichen Kosten zum Bezug der DB Netz-Daten rechtfertigt.

**La-Stellen**

Die Fahrpläne für die durchzuführenden Zugfahrten beziehen sich in erster Linie auf die geplanten Abfahrts- und Ankunftszeiten an den Bahnhöfen, Haltepunkten sowie Haltestellen und beinhalten zusätzlich Durchfahrtszeiten an ausgewählten Punkten zwischen den Bahnhöfen. Für die Berechnung der Fahrkurven werden die darunter liegenden, eingemessenen Infrastrukturdaten herangezogen. Aus dem Zusammenspiel dieser, der Fahrzeugmodelle und Pünktlichkeitsdaten ergeben sich die jeweils aktuellen Berechnungen für die Fahrempfehlungen. Die Infrastrukturdaten stellen den jeweiligen aktuellen Standardzustand dar. Aufgrund der

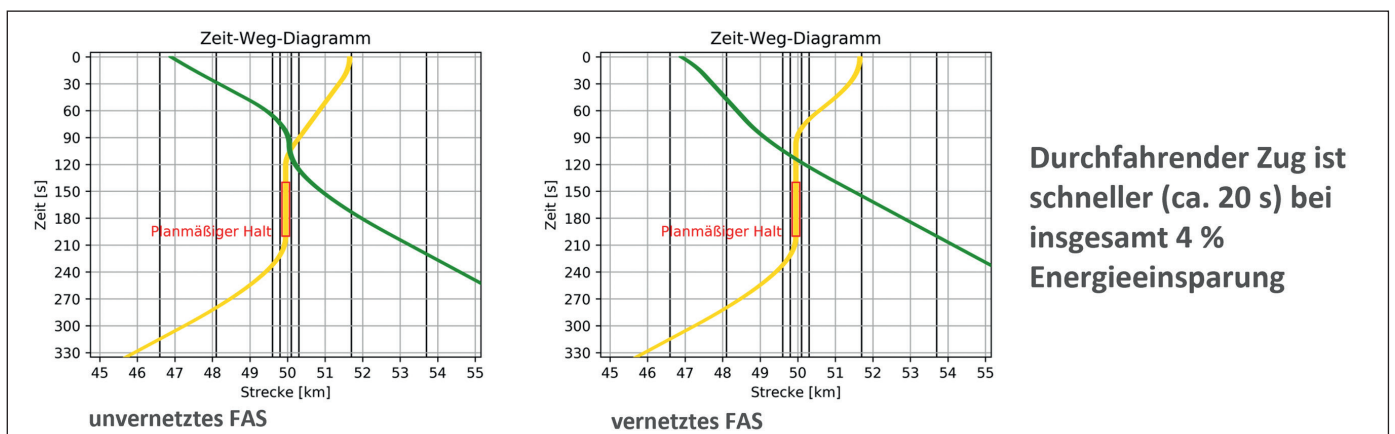


Abb. 7: Vergleich Fahrkurven „Zugkreuzung“ ohne und mit smarttrains.das

Quelle: [4]

Bausituation und anderer Ursachen gibt es in der Realität zeitweise Einschränkungen der möglichen Geschwindigkeiten in Form von „La-Stellen“. Die Datenverwaltung für das FAS beinhaltet daher zur Erfassung der Abweichungen durch La-Stellen einen sogenannten La-Stellen-Editor. Um das Verfahren und die Datenerfassung in Zukunft zu vereinfachen, ist vorgesehen, die La-Daten per Schnittstelle aus der Datenlieferung der DB Netz zu importieren, damit diese dem ITCS und FAS automatisiert bereitstehen. Damit entfällt der heute teils erhebliche Erfassungsaufwand und es wird sichergestellt, dass die Fahrempfehlungen auf Basis der aktuellen Infrastruktursituation erfolgen. Dadurch können sowohl die Pünktlichkeitsprognosen als auch die Fahrempfehlungen genauer ausgegeben werden.

### Evaluation und Ergebnisse

Die Potenziale von smarttrains.das lassen sich durch eine qualifizierte und wissenschaftlich begründete Evaluation für die jeweiligen Einsatzfälle bewerten. Die Vorgehensweise wird jeweils im Detail gemeinsam mit dem einsetzenden Verkehrsunternehmen abgestimmt. Dabei erfolgt eine vergleichende Untersuchung von Fahrten ohne und mit dem FAS. Bei der Bewertung werden vergleichbare Fahrten herangezogen. Vergleichbar heißt dabei:

- Etwa gleiche Fahrplan-(Verspätungs-)lage
- ähnliche klimatische Bedingungen (Nässe, Temperatur)
- vergleichbare Fahrzeugkonfigurationen
- vergleichbare Fahrgastzahlen
- Berücksichtigung von Baustellen, Langsamfahrstellen
- vergleichbare Wochentage und Tageszeiten.

### Grundsätzliche Ergebnisse und Einsparpotenzial

In einer Vielzahl von Untersuchungen konnte quantitativ nachgewiesen werden, dass die oben genannten Zielstellungen Reduktion des Energieverbrauches und Erhöhung der Pünktlichkeit durch dem Einsatz von smarttrains.das erreicht werden.

Beispielhaft sind hier nur folgende Ergebnisse genannt:

Im Bereich der Dieseltraktion wurden Fahrten ohne FAS und mit FAS miteinander verglichen. Durch den Einbau von Durchflussmessern war eine genaue Bewertung und Evaluation möglich. Bereits in den Jahren 2009 und 2010 wurden damit bei der HEX (HarzElbeExpress, EVU Transdev Sachsen-Anhalt GmbH vormals Veolia Verkehr Sachsen-Anhalt) Einsparungen von 5 bis 6 % Dieselkraftstoff nachgewiesen. Die Einsparungen bei der HEX bestätigten sich auch im nachfolgenden Regelbetrieb.

Die Einsparungen bei Elektrotraktion erfolgten durch Auswertungen der TEMA-Box-Daten (Energiezähler) von Fahrten ohne und mit FAS. Die gemessenen Einsparungen lagen zwischen 4 und 15 %. Bei der Einschätzung dieser Zahlen ist zu beachten, dass es sich um Einsparungen der gesamten aufgenommenen Energie handelt, die Einsparungen an der Traktionsenergie sind höher. Generell lassen die Auswertungen klar erkennen, dass sich mit dem FAS der Mittelwert der aufgenommenen Energie deutlich in Richtung geringeren Energieverbrauches verschiebt. Allerdings treten auch mit dem FAS energetisch ungünstige Ausreißer auf. Das sind dann Fahrten, die aufgrund von Verspätungen zeitoptimal durchgeführt werden mussten, um Pünktlichkeit zu erreichen.

Hinsichtlich der Pünktlichkeit ist eine generelle Verbesserung bei den Fahrten mit FAS zu verzeichnen, die teilweise zu einer Halbierung der Gesamtverspätung aller Züge führt. ■

### QUELLEN

- [1] Strobel, H.; Horn, P., Kosemund, M. (1974): A Contribution to Optimum Computer-Aided Control of Train Operation. Proceedings of the 2nd IFAC/IFORS Symposium on Traffic Control and Transportation Systems. Monte Carlo, 16-21 Sept. 1974
- [2] Allianz pro Schiene: Projekt „Fahr umweltbewusst!“ Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen reduzieren, Abschlussbericht 2018
- [3] Lehnert, M.: Fahrerassistenzsysteme zur energiesparenden Fahrweise im ÖPNV und Regionalverkehr, Vortrag, Technische Universität Dresden, Institut für Verkehrstelematik, 2014
- [4] Meirich, C.; Flamm, L.; Jäger, B.; Reiher, P.; Krimmling, J.; Ullrich, G.: Erweiterung von Fahrerassistenzsystemen im Bahnbereich durch die Verbesserung der Datengrundlage, Abschlussbericht des vom BMWI geförderten mFUND-Projektes „FAS-D“, 2020



**Andreas Langenhan**

Geschäftsführer  
Interautomation GmbH, Berlin  
andreas.langenhan@interaautomation.de



**Gunter Thiele**

Geschäftsführer  
Inavet GmbH, Dresden  
gunter.thiele@inavet.de



## PÜNKTLICH. ENERGIESPAREND. VORAUSSCHAUEND.

InLineWeb mit integriertem smarttrains.das

- ➤ InLineWeb zur Flottensteuerung, Fahrgastinformation und Reporting
- ➤ Integration des Personals über mobile Geräte
- ➤ Energieeinsparungen von bis zu 10% durch optimale Fahrempfehlungen
- ➤ NEU - Mobile App zur Einbindung von SEV

INTERAUTOMATION