Vernetzte Fahrerassistenzsysteme – aktuelle Entwicklungen bei der DB Netz AG

Weidner, Tibor

DB Netz AG

Zusammenfassung

Bei immer mehr Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) werden zur Zeit Fahrerassistenzsysteme (FAS) eingeführt. Als "stand-alone"-Systeme basieren sie auf einem tagesaktuellen Fahrplan. Auf dieser Basis werden anhand der aktuellen Fahrplanabweichung Empfehlungen für den Triebfahrzeugführer generiert, die ihn beim energiesparenden Fahren unterstützen. Ihre volle Wirkung entfalten Fahrerassistenzsysteme jedoch erst dann, wenn sie mit den Dispositionssystemen der Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) vernetzt werden (vernetzte Fahrerassistenzsysteme, vFAS). Unter Einbeziehung der dort vorhandenen Informationen über die Betriebslage kann mehr Energie eingespart werden und die Pünktlichkeit im Gesamtsystem erhöht werden. Zukünftig sollen auch Entscheidungen der Zugdisponenten in die Berechnung von Fahrempfehlungen einfließen. Langfristiges Ziel ist es, den Zug permanent mit Informationen zu versorgen, die eine Energieoptimierung und möglichst flüssiges Fahren auf seinem gesamten Lauf ermöglichen. Wenn die Sicherheit durch ein kontinuierliches Zugüberwachungssystem (z. B. ETCS) sichergestellt wird, ist aufbauend auf den dabei übertragenen Daten und den eingesetzten Algorithmen auch das automatische Fahren möglich.

Da die Interaktion mit den Disponenten in den vorhandenen Dispositionssystemen der DB Netz AG nicht mehr realisiert werden konnte, wurde nach Lösungen gesucht, einzelne Funktionen der vernetzten Fahrerassistenzsysteme, die ohne eine solche Interaktion auskommen, bereits vor Ablösung der Dispositionssysteme zu realisieren. Deshalb bietet die DB Netz AG seit Sommer 2018 als Nebenleistung Fahrempfehlungen unter dem Namen „Grüne Funktionen der Zuglaufregelung“ (ZLR GF) an. Die Grünen Funktionen "Nachfahren" und "Planfahren" sollen den EVU beim Energiesparen helfen. Die Funktion „Nachfahren“ versendet in dispositiv eindeutigen Konfliktsituationen an den auffahrenden Zug Empfehlungen, die entweder eine niedrigere Geschwindigkeit oder

eine Ausrollempfehlung beinhalten. Dadurch werden unnötige Signalhalte der Züge vermieden. Die Funktion „Planfahren“ empfiehlt eine niedrigere als die zulässige Geschwindigkeit, wenn der Fahrplan eines Zuges genügend Fahrzeitreserven aufweist. Damit sollen Ankünfte weit vor Plan vermieden und ebenfalls Energie eingespart werden. Planfahren-Fahrempfehlungen werden nur versendet, wenn daraus keine Konflikte mit anderen Zügen entstehen. Anhand der eingehenden Standortmeldungen der Züge werden die versendeten Fahrempfehlungen überprüft und bei Bedarf durch neue Fahrempfehlungen aktualisiert. Die Schnittstellenbeschreibung ist öffentlich verfügbar, so dass EVU und FAS-Hersteller ihre Systeme darauf aufbauen können.

Im Rahmen des DB-Konzernprogramms „TecEX“ werden momentan weitere Teilfunktionen der Zuglaufregelung umgesetzt, die keine Interaktion mit den Zugdisponenten erfordern. Dazu gehört die Funktion "Kürzen vor Langsamfahrstellen". Diese Funktion soll den EVU helfen, die bei Langsamfahrstellen auftretenden Fahrzeitverlängerungen bereits im Vorfeld der Langsamfahrstelle zu kompensieren. Das führt zu weniger Verspätungen und einer erhöhten Pünktlichkeit. Da die Züge dann nach der Langsamfahrstelle keine oder nicht so viel Verspätung aufholen müssen, sollte diese Funktion energieverbrauchsneutral sein. In Erweiterung der Funktion "Nachfahren" sollen bereits potentiell auftretende Konflikte erkannt werden. In diesen Fällen werden präventiv Fahrempfehlungen auf Basis der aktuellen (konfliktfreien) Fahrzeitprognose versendet, um ein Vorplanfahren mit anschließendem Signalhalt des auffahrenden Zuges zu vermeiden.

Parallel dazu ist die DB Netz AG am UIC-Projekt SFERA beteiligt, das die Schnittstelle zum Versand von Betriebslageinformationen vom Dispositionssystem zu den Zügen europaweit vereinheitlichen soll. Insbesondere soll dadurch der grenzüberschreitende Verkehr mit Fahrerassistenzsystemen vereinfacht werden. Außerdem soll verhindert werden, dass nationale Einzellösungen oder proprietäre Schnittstellen entstehen. Ergebnis des Projekts ist eine "International Railway Solution" der UIC, die Anfang 2020 veröffentlicht werden soll. Sie beschreibt die Schnittstelle auf XML-Basis und gibt Empfehlungen zu deren Anwendung. Auch die Rückschnittstelle vom Fahrerassistenzsystem zum Dispositionssystem wird definiert, um z. B. den Zugstandort und die aktuelle Geschwindigkeit des Zuges übertragen zu können. Weitere Anwendungsfälle sind für das Melden von verringerter Rad-Schiene-Kraftübertragung und die Beeinflussung des Energiebezugs der Züge vorgesehen. Auf der Basis der SFERA-Schnittstelle können Hersteller europaweit verwendbare vernetzte Fahrerassistenzsysteme realisieren. In einem ersten Test wurde die neue Schnittstelle zur Versorgung von bereits bestehenden stand-alone-Fahrerassistenzsystemen genutzt.

Im Projekt Shift2Rail soll in einem Demonstrator gezeigt werden, dass auch die kontinuierliche Verknüpfung der Fahrerassistenzsysteme mit dem Dispositionssystem auf Basis der SFERA-Schnittstelle realisiert werden kann. Mittelfristig ist vorgesehen, dass die DB Netz AG ihre nationale ZLR-Schnittstelle auf das SFERA-Datenformat umstellt.

Keywords: vernetzte Fahrerassistenzsysteme; FAS; vFAS; Connected Driver Assistance Systems; DAS; cDAS; Zuglaufregelung; Fahrempfehlungen

1 Einleitung

Zahlreiche Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) haben bereits Fahrerassistenzsysteme (FAS) eingeführt bzw. planen deren Einführung. Als isolierte "stand-alone"-Systeme basieren sie auf dem tagesaktuellen Fahrplan des Zuges. Ausgehend von diesem Fahrplan werden mit Hilfe der aktuellen Fahrplanabweichungen Empfehlungen für den Triebfahrzeugführer ermittelt, die ihn beim energiesparenden Fahren unterstützen sollen. Die isolierte Optimierung eines einzelnen Zuges kann jedoch schnell zu Suboptima im Gesamtsystem Eisenbahn führen. Wenn ein Zug aus Energiespargründen langsamer fährt, kann er nachfolgende Züge behindern. Durch daraufhin eventuell stattfindende zusätzliche Überholungen muss die vorher eingesparte Energie für das Wiederanfahren aufgewendet werden.

Ein höherer Nutzen für Fahrerassistenzsysteme ergibt sich deshalb erst dann, wenn sie mit den Dispositionssystemen der Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) verbunden werden (vernetzte Fahrerassistenzsysteme, vFAS). Durch die Berücksichtigung der im Dispositionssystem vorhandenen Informationen über Konflikte, vorausfahrende und nachfolgende Züge kann noch mehr Energie eingespart werden und die Pünktlichkeit im Gesamtsystem erhöht werden.

2 Betriebsstrategie der DB Netz AG

Die Betriebsstrategie der DB sieht eine weitere Digitalisierung und Automatisierung der betrieblichen Prozesse vor. Im Fokus stehen dabei u. a. die Erneuerung der Dispositionssysteme, die Weiterentwicklung vernetzter Fahrerassistenzsysteme und langfristig die Realisierung der infrastukturseitigen Voraussetzungen für das automatische Fahren.

Das Projekt iDIS entwickelt momentan auf der Basis des Schweizer Dispositionsprogramms RCS das neue Dispositionssystem für DB Netz AG. Es soll die vorhandenen Dispositionssysteme LeiDis-N und LeiDis-S/K ersetzen und einen ersten Schritt in Richtung Automatisierung machen. In einer Ausbaustufe sollen neue Algorithmen zur Konflikterkennung und Konfliktlösung (KE/KL) den Disponenten ein Entscheidungsunterstützungssystem an die Hand geben, das sie in ihren alltäglichen Aufgaben entlastet. Auf Basis der Entscheidungen der Zugdisponenten können dann automatisiert wesentlich mehr und genauere Fahrempfehlungen als bisher generiert werden (s. Abbildung 1). Dies wird als „Vollfunktion der Zuglaufregelung“ bezeichnet.

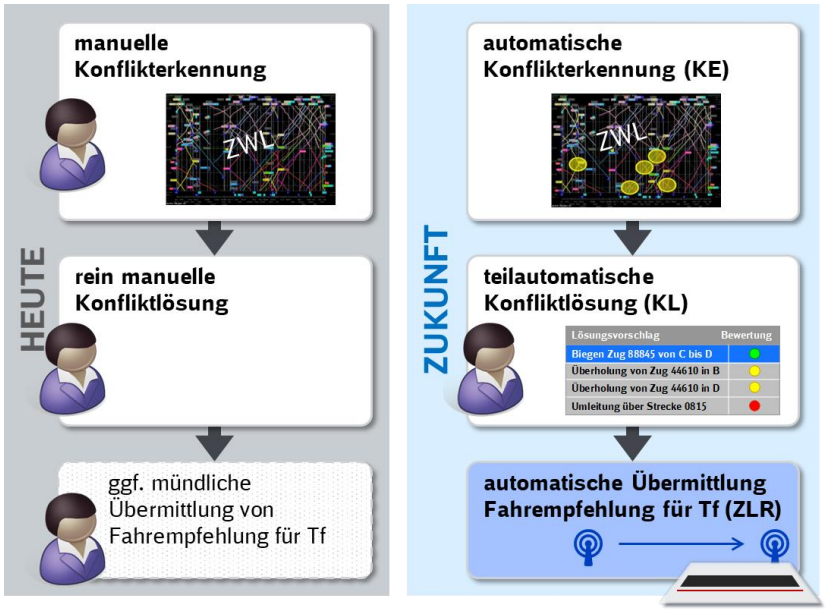

Abbildung 1: (Teil-)Automatisierung des Dispositionsprozesses

Langfristiges Ziel ist es, den Zug permanent mit Informationen zu versorgen, die eine Energieoptimierung und möglichst flüssiges Fahren auf seinem gesamten Lauf ermöglichen. Wenn die Sicherheit durch ein kontinuierliches Zugüberwachungssystem (z. B. ETCS) sichergestellt wird, ist aufbauend auf den dabei übertragenen Daten und den eingesetzten Algorithmen auch das automatische Fahren möglich.

3 Grüne Funktionen der Zuglaufregelung

Da die Interaktion mit den Disponenten in den vorhandenen Dispositionssystemen nicht mehr realisiert werden konnte, wurde nach Lösungen gesucht, einzelne Funktionen der vernetzten Fahrerassistenzsysteme bereits vor Ablösung der Dispositionssysteme zu realisieren. Deshalb bietet die DB Netz AG seit Sommer 2018 als Nebenleistung Fahrempfehlungen unter dem Namen „Grüne Funktionen der Zuglaufregelung“ (ZLR GF) an. Die Grünen Funktionen "Nachfahren" und "Planfahren" sollen den EVU beim Energiesparen helfen.

Folgende betriebliche Randbedingungen wurden festgelegt:

- Es findet keine Interaktion mit den Streckendisponenten statt, d. h. die Fahrempfehlungen werden weitgehend automatisch generiert.
- Fahrempfehlungen müssen mindestens verspätungsneutral sein. Wenn ohne Fahrempfehlung weniger Verspätung entsteht, so wird keine Fahrempfehlung versendet – auch wenn dadurch weniger Energie gespart wird.

- Es dürfen keine Dispositionsentscheidungen vorweggenommen werden. Das bedeutet, dass Fahrempfehlungen an Stellen enden, an denen der Disponent noch eingreifen kann, z. B. mittels alternativer Wege oder einem Reihenfolgewechsel.
- Die Züge sollen durch die Fahrempfehlung nicht in Folgekonflikte geführt werden. Spätestens am Bremseinsatzpunkt endet die Fahrempfehlung, wenn ein Konflikt vorhersehbar ist.

3.1 Funktion „Nachfahren“

Die Funktion „Nachfahren“ beruht auf einer Konflikterkennung. Auf Basis von Standort- und Fahrstraßenmeldungen aus dem Dispositionssystem wird eine gegenüber dem heutigen Dispositionssystem verbesserte Prognoserechnung für alle Züge durchgeführt. Mit Hilfe dieser Prognosen werden Konflikte erkannt, in denen Züge die Infrastruktur in der Zukunft gleichzeitig beanspruchen. Dabei werden nicht nur klassische Zugfolgesituationen erkannt, sondern auch Kreuzungskonflikte in Bahnhofsbereichen und Begegnungskonflikte auf eingleisigen Strecken.

Anschließend wird geprüft, ob alle Voraussetzungen und Randbedingungen eingehalten sind:

- Es liegen aktuelle Meldungen für die am Konflikt beteiligten Züge vor.
- Die Reihenfolge der beiden Züge ist eindeutig. Das bedeutet, dass sie entweder bereits auf einem Gleis hintereinander her fahren, oder dass an einer Einfädelung mindestens für einen der Züge eine Fahrstraße eingestellt ist.
- Zwischen dem aktuellen Standort des vorausfahrenden Zuges und dem Konfliktort liegt kein Trassenmanagementhalt. Bei einem Trassenmanagementhalt ist weder die Abfahrt festgelegt, noch ist sicher, ob er überhaupt stattfindet.
- Zwischen dem aktuellen Standort des nachfolgenden Zuges und dem Konfliktort liegt kein Halt.

Zusätzlich wird noch der am weitesten entfernte Punkt bestimmt, bis zu dem der Disponent die Reihenfolge der Züge nicht mehr ändern kann („nächste Dispositionsmöglichkeit“). Dabei werden bereits eingestellte und dem jeweiligen Zug zugeordnete Fahrstraßen berücksichtigt.

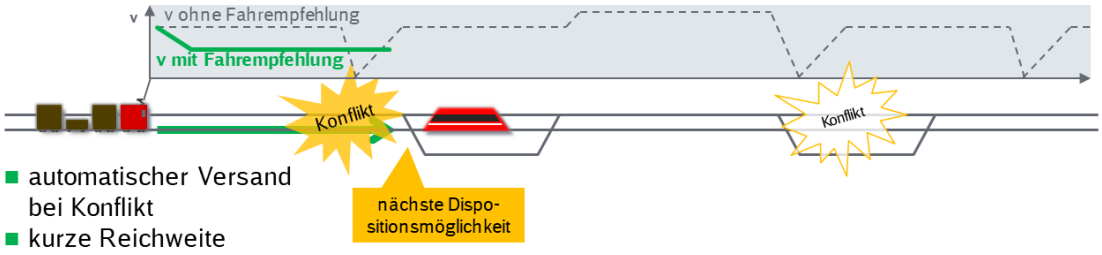

Abbildung 2: Nachfahren-Fahrempfehlung

Wenn die Konfliktsituation die Bedingungen einhält, wird auf dem Bereich bis zur nächsten Dispositionsmöglichkeit eine eingeschränkte Konfliktlösung ermittelt. Dabei wird lediglich eine zeitliche Anpassung für den nachfolgenden Zug berechnet. Wichtig ist dabei die Einhaltung einer Mindestgeschwindigkeit. Diese ist nicht nur aus psychologischen Gründen sinnvoll (keine extremen „Schleichfahrten“), sondern im Bereich von Bahnübergängen vorgeschrieben, um deren Funktionalität nicht zu stören.

Anschließend wird für die Konfliktlösung noch geprüft, ob

- die Verspätung bei einer Lösung ohne Fahrempfehlung höher ist als mit Fahrempfehlung und
- die Lösung zu Folgekonflikten führt, die ohne Fahrempfehlung nicht auftreten. Regelmäßig kommt es dabei zu Folgekonflikten mit dritten nachfolgenden Zügen, die im betrachteten Bereich denselben Laufweg haben. Diese Konflikte sind allerdings nicht vermeidbar, so dass sie die Lösung nicht verhindern.

Aus der zulässigen Konfliktlösung werden dann Fahrempfehlungen erzeugt, die in der Regel eine niedrigere Geschwindigkeit beinhalten. Dadurch können Halte an Signalen vermieden werden. Wenn der Signalhalt nicht mehr zu vermeiden ist, wird Ausrollen empfohlen. Das führt zumindest vor dem Halt zu einer kleinen Energieeinsparung.

3.2 Funktion „Planfahren“

Die Funktion „Planfahren“ funktioniert unabhängig von der Konflikterkennung. Erkennungsmerkmale sind eine aktuelle Verfrühung des Zuges und/oder eine potentielle Verfrühung an seinem nächsten Halt. Durch die Vermeidung von stark verfrühten Ankünften kann Energie eingespart werden.

Für die Ermittlung der potentiellen Verfrühung wird für den Zug eine alternative Prognose mit betrieblich kürzester Fahrzeit gerechnet. Bei der betrieblich kürzesten Fahrzeit wird nicht mit der technisch kürzesten Fahrzeit gerechnet, sondern mit gegenüber den zulässigen Geschwindigkeiten leicht reduzierten Geschwindigkeiten (z. B. 2 km/h), nicht

aber mit den im Fahrplan üblichen Zuschlägen. Wird dann am nächsten Halt eine bestimmte Verfrühung überschritten, wird für diesen Zug ein Ausrollen auf den Halt oder auf eine niedrigere Geschwindigkeit berechnet.

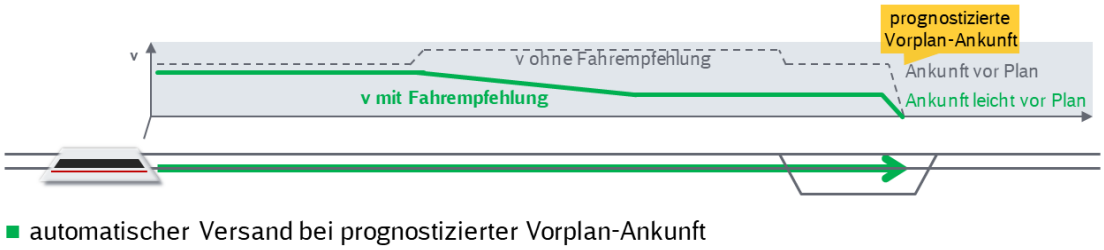

Abbildung 3: Planfahren-Fahrempfehlung

Zusätzliche Randbedingung ist hier die Prüfung auf Sperrungen des eigenen Gleises oder von Nachbargleisen. Hier kann es betrieblich sinnvoll sein, vor der Sperrung Verfrühung aufzubauen, um im Bereich der Sperrung mehr dispositive Freiheiten zu haben. Planfahren-Fahrempfehlungen werden nur in Bereichen versendet, in denen keine Konflikte mit anderen Zügen vorliegen.

3.3 Bereitstellung der Informationen

Die Fahrempfehlungen werden den EVU an einer definierten Schnittstelle zur Verfügung gestellt. Das Schnittstellenformat basiert momentan auf der Empfehlung des Projekts ON-TIME [3], ist aber nicht im XML-Format, sondern im JSON-Format. Die Schnittstellenbeschreibung ist öffentlich verfügbar, so dass EVU und FAS-Hersteller ihre Systeme darauf aufbauen können [1]. Da momentan der Schwerpunkt auf der Energieeinsparung bei den EVU liegt, sind die Fahrempfehlungen der Grünen Funktionen kostenpflichtig.

Auf Grund der Erfahrungen aus dem Pilotbetrieb im Jahr 2018 wurden bereits zusätzliche Felder mit aufgenommen, um bei der Anzeige der Fahrempfehlung im FAS mehr Flexibilität zu haben.

Nach der Rückmeldung des EVU über einen erfolgreichen Versand der Fahrempfehlung wird diese in die ZLR-Prognose eingearbeitet, um auf dieser Basis für andere Züge genauer rechnen zu können.

Da die Disponenten nicht aktiv eingebunden sind, ist es notwendig, sie über den Versand von Fahrempfehlungen zu informieren. Hierfür werden im Dispositionssystem bereits vorhandene Strukturen genutzt. Somit können die Disponenten die Fahrempfehlungen in ihre Entscheidungen mit einbeziehen oder sie per fernmündlicher Fahrempfehlung überstimmen. Diese hat jederzeit Vorrang vor automatisch versendeten Empfehlungen. Zusätzlich können auch die Fahrdienstleiter auf diese Informationen zugreifen, da sie meist die ersten Ansprechpartner der Triebfahrzeugführer sind.

Die einer Fahrempfehlung zugrundeliegende Situation sowie die Fahrweise anderer Züge können sich gegenüber der Prognose jederzeit ändern. Deshalb werden die versendeten Fahrempfehlungen anhand der eingehenden Standortmeldungen der Züge in regelmäßigen Abständen überprüft. Bei Bedarf werden sie durch neue Fahrempfehlungen aktualisiert oder gelöscht.

4 Vernetzte Fahrerassistenzsysteme in TecEX

Das Konzernprogramm TecEX (Technical Excellence) beinhaltet zurzeit 14 Technikinitiativen [2]. Neben der Bearbeitung von aktuellen technischen und umweltpolitischen Fragestellungen soll die Digitalisierung der DB AG vorangebracht werden. In diesem Zusammenhang relevant ist das Teilprojekt „Vernetzte Fahrerassistenzsysteme (vFAS)“. Gemäß der TecEX-Philosophie arbeiten dort neben der DB Netz AG auch die Eisenbahnverkehrsunternehmen an einer Weiterentwicklung und Vernetzung der teilweise bereits vorhandenen Fahrerassistenzsysteme. Das Projekt TecEX vFAS hat sich zum Ziel gesetzt, die Zuglaufregelung bis zur Vollfunktion weiterzuentwickeln.

Neben der Erweiterung von ZLR GF stehen auch die Digitalisierung und Vereinfachung vorhandener Prozesse im Fokus. Dazu gehören u. a. die Bereitstellung des tagesaktuellen Buchfahrplans (TaBuFa), der die automatische Bereitstellung von Fahrplananordnungen, der Informationen zu Langsamfahrstellen und von Fahrplanmitteilungen im laufenden Betrieb enthält.

4.1 Erweiterung der Funktion „Nachfahren“

Auslöser für eine Erweiterung der Funktion „Nachfahren“ waren verschiedene Situationen, bei denen es zu einem Signalhalt kam, ohne dass die ZLR GF-Algorithmen zuvor einen Konflikt erkannt hatten. Die Fahrplandaten können örtlich unterschiedliche Biegezuschläge enthalten, wodurch die planmäßige Fahrzeit wesentlich größer als die Mindestfahrzeit ist. Da die aktuelle Prognose auf den Fahrplandaten basiert, kann es vorkommen, dass der Zug schneller fährt. Dadurch kann er einem vor ihm fahrenden Zug zu nahe kommen. Da der vorausliegende Blockabschnitt dann noch belegt ist, muss er am „Halt erwarten“-zeigenden Vorsignal anfangen zu bremsen.

Daraufhin wurden Ideen entwickelt, wie die Züge bereits ohne Erkennung eines realen Konflikts Fahrempfehlungen erhalten können. Hierfür wird der Abstand zu vorausfahrenden Zügen überprüft. Unterschreitet der Abstand eine gewisse Größe, wird der nachfolgende Zug mit betrieblich kürzester Fahrzeit gerechnet. Anschließend wird eine erneute Konflikterkennung durchgeführt. Mit Hilfe dieser alternativen Prognoserechnung können sogenannte potentielle Konflikte erkannt werden, die bei straffer Fahrweise des

nachfolgenden Zuges relevant werden. Um diese potentiellen Konflikte bereits im Vorfeld zu vermeiden, wird dann für den nachfolgenden Zug eine konfliktfreie Lösung gerechnet und wie oben beschrieben eine Fahrempfehlung versendet.

Die alternative Prognoserechnung kann entfallen, wenn der nachfolgende Zug bereits verspätet ist, da dann die Prognoserechnung automatisch mit betrieblich kürzester Fahrzeit berechnet wird.

Wie bei der bereits vorhandenen Funktion „Nachfahren“ wird die berechnete Lösung noch auf Konflikte mit weiteren Zügen überprüft und im Zweifelsfall nicht oder nur verkürzt versendet. Im Nachgang zur Berechnung der Lösung muss das Zugpaar weiterhin überwacht werden.

Spezielle Vorgehensweisen mussten für die Übergänge zwischen den verschiedenen Funktionen definiert werden. So kann ein potentieller Konflikt durch einen realen Konflikt überlagert werden. In diesem Fall werden beide Konfliktarten gemeinsam gelöst. Des Weiteren kann es vorkommen, dass die Randbedingungen für „Planfahren“ und das erweiterte „Nachfahren“ gleichzeitig erfüllt sind. Hier wurde eine klare Rangordnung festgelegt. So haben „Nachfahren“-Fahrempfehlungen (inkl. Erweiterung) generell Vorrang vor „Planfahren“- Fahrempfehlungen und der Funktion „Kürzen vor Langsamfahrstellen“.

4.2 Funktion „Kürzen vor Langsamfahrstellen“

Temporäre Langsamfahrstellen (La), z. B. aufgrund von Baustellen, führen in der Regel zu Fahrzeitverlängerungen und damit zu Verspätungen. Diese Verspätungen müssen einerseits durch straffe Fahrweise wieder aufgeholt werden und führen andererseits zu Konflikten mit anderen Zügen. Erfahrene Triebfahrzeugführer oder solche, die eine Strecke mehrmals täglich fahren, bauen deshalb vor den ihnen bekannten Langsamfahrstellen einen Vorplan-Puffer auf. Besonders im Personennahverkehr sind dem allerdings enge Grenzen gesetzt, da Abfahrten an Kundenhalten nicht vor der planmäßigen Zeit stattfinden dürfen. Außerdem wissen die Triebfahrzeugführer nicht, ob das präventive Vorplan-Fahren nicht ebenfalls zu Konflikten mit anderen Zügen führt und dann umsonst war.

Aus diesen Gründen wird im Rahmen von TecEX eine Unterstützung der Triebfahrzeugführer entwickelt, mit der Verspätungen aufgrund von Langsamfahrstellen reduziert werden sollen. Einen Einfluss auf den Energieverbrauch sollte es nicht geben, da es nur in Ausnahmefällen einen Unterschied macht, ob vor oder nach der La schneller gefahren wird (z. B. spezielle Steigungsverhältnisse).

Eine wesentliche Voraussetzung für die Berechnung der Empfehlung „Kürzen vor La“ ist bereits gegeben. Die geplanten Langsamfahrstellen werden aus den La-Systemen bei DB

Netz in das Programm ZLR GF importiert. Das gilt bisher leider nicht für reine LZB- und ETCS-La. Das sind entweder Langsamfahrstellen auf reinen ETCS-Strecken oder Langsamfahrstellen, bei denen die reduzierte Geschwindigkeit größer als 160 km/h ist und somit nur für LZB-geführte Züge relevant ist.

Für die Erkennung von relevanten Situationen wird die prognostizierte Ankunft am nächsten Halt verwendet. Da die Prognose Langsamfahrstellen berücksichtigt, kann so erkannt werden, ob eine La zu einer nennenswerten Verspätung führt. Als Nebeneffekt werden so auch Züge erkannt, die für ihre tagesaktuelle Masse untermotorisiert sind. Hierfür wäre es hilfreich, wenn Störungen am Triebfahrzeug automatisiert an die Betriebszentrale gemeldet werden (s. Kapitel 5).

Aktuell bereits verspätete Züge müssen nicht unbedingt eine Fahrempfehlung „Fahrzeit kürzen“ erhalten, da davon ausgegangen wird, dass diese Züge bereits mit kürzester Fahrzeit verkehren. Es ist aber ein Schalter vorgesehen, mit dem auch für diese Züge Fahrempfehlungen generiert werden können.

Anschließend wird für den betroffenen Zug der Punkt ermittelt, an dem die straffe Fahrweise beginnen müsste, um die Verspätung aus der La komplett im Voraus zu kompensieren. Hat der Zug diesen Punkt bereits passiert, so kann nur noch ein Teil der Fahrzeitverlängerung kompensiert werden. Durch die Betrachtung von Abschnitten zwischen zwei Halten wird ausgeschlossen, dass Abfahrten an planmäßigen Halten verfrüht werden.

Ein wichtiger Mehrwert dieser Funktion ist die zentrale Erkennung von Folgekonflikten mit anderen Zügen. Entstehen durch die straffe Fahrweise Folgekonflikte, so wird die Fahrempfehlung nicht versendet. Es wird aber wie bei den anderen Funktionen in regelmäßigen Abständen geprüft, ob die Folgekonflikte noch vorliegen. Wenn die Konflikte wegfallen, so wird zu einem späteren Zeitpunkt noch eine Fahrempfehlung versendet, die die Fahrzeitverlängerung zum Teil kompensiert.

4.3 Funktion „Fernglas und Rückspiegel“

Um dem Triebfahrzeugführer in den Betriebssituationen, in denen die ZLR (noch) keine Fahrempfehlungen generieren kann, eine Unterstützung zu bieten, soll die Funktion „Fernglas und Rückspiegel“ eingeführt werden. Mit dieser Funktion werden dem Triebfahrzeugführer Informationen über den vorausfahrenden und den nachfolgenden Zug zur Verfügung gestellt. Diese Informationen beinhalten die Art des Zuges, seine Geschwindigkeit und die Anzahl und Länge der freien Blockabschnitte. Auf Basis dieser Informationen kann der Triebfahrzeugführer seine Fahrweise der Betriebssituation anpassen und Energie sparen. Auch in der Vollversion der Zuglaufregelung ist diese Funktion noch

hilfreich, da sie Hintergrundinformationen für die Fahrempfehlungen liefert und dadurch deren Akzeptanz erhöht.

5 SFERA – einheitliche Schnittstelle für vernetzte Fahrerassistenzsysteme

Auch in anderen europäischen Ländern sind vernetzte Fahrerassistenzsysteme (connected Driver assistance systems – cDAS) seit Längerem in Betrieb (Schweiz, Schweden) oder in Entwicklung (Niederlande, Frankreich etc.).

Vernetzte Fahrerassistenzsysteme sind ein erster Schritt hin zu einer höheren Automatisierung des Eisenbahnbetriebs. Die bisherigen Bemühungen um eine einheitliche Schnittstelle zwischen Betriebszentrale und Triebfahrzeugen innerhalb der ERTMS Users Group und dem EU-Projekt Shift2Rail bauen auf dem Zugsicherungssystem ETCS (Full Supervision) und dem Funksystem GSM-R auf (automatisches Fahren über ETCS, ATO over ETCS = AoE). Die AoE-Schnittstelle kann auch für Fahrerassistenzsysteme genutzt werden, aber wiederum nur auf Strecken mit ETCS-Ausrüstung. Die dabei entstandene Schnittstellenbeschreibung ist im sogenannten „AoE Subset 126“ vorhanden.

Mittelfristig wird es zumindest in Deutschland viele Haupt- und Nebenstrecken geben, die nach wie vor nur mit einem nationalen Zugsicherungssystemen ausgerüstet sind. Dort können diese Lösungen nicht verwendet werden. Aus diesem Grund wurde von der UIC ein Projekt ins Leben gerufen, welches diese Schnittstelle für Strecken und Fahrzeuge ohne ETCS-Ausrüstung vereinheitlichen soll: „SFERA – Smart Communications for Efficient Rail Activities“.

Als sogenannte „Opt-In“-Teilnehmer haben sich die ehemaligen Staatsbahnen Norwegens, Schwedens, der Niederlande, Belgiens, Frankreichs, der Schweiz, Österreichs und Deutschlands bereit erklärt, das Projekt finanziell und (teilweise) personell zu unterstützen. Nicht in allen diesen Ländern sind EVU und EIU beteiligt, insgesamt betrachtet ergibt sich jedoch eine ausgewogene Mischung aus EVU und EIU. Insbesondere die beteiligten EIU legen Wert auf eine diskriminierungsfreie Nutzung der Schnittstelle und eine Berücksichtigung kleinerer EVU.

Risiken, die gesehen werden, sind

- nationale Schnittstellen, die einer grenzüberschreitenden Nutzung von Fahrerassistenzsystemen widersprechen, und
- höhere Kosten und Preise für Fahrerassistenzsysteme, da sie für jedes Land separat konfiguriert bzw. erweitert werden müssen, oder

- proprietäre Schnittstellen der einzelnen Fahrzeug- bzw. FAS-Hersteller, die zwar den Fahrzeugen eine grenzüberschreitende Nutzung erlauben, aber für die Infrastrukturbetreiber nicht praktikabel sind.

Die innerhalb des Projekts erstellte Schnittstelle lehnt sich zwar an die in den AoE-Projekten entwickelten Datenstrukturen an, soll aber die AoE-Schnittstellen nicht ersetzen. Langfristiges Ziel der beteiligten Bahnen bleibt das automatische Fahren mit ETCS.

5.1 UIC-Projekt SFERA

Ausgehend von isolierten FAS wurde definiert, welche Daten für den Betrieb eines FAS erforderlich sind. Im nächsten Schritt wurde dann untersucht, welche Daten, in welcher Form und in welchen Aktualisierungsintervallen bei vFAS zusätzlich notwendig sind.

Die Prinzipien von ATO und vFAS sind weitgehend identisch: Auf Basis eines kontinuierlich angepassten Fahrplans, der aktuell verfügbaren Infrastruktur und der tatsächlichen Zugeigenschaften werden Geschwindigkeitsprofile berechnet. Der AoE-Standard im Subset 126 unterstützt deshalb auch beide Betriebsformen, allerdings nur auf ETCS-Strecken mit kontinuierlicher Überwachung (full supervision). Da die Daten weitgehend identisch sind, wurde beschlossen, die SFERA-Schnittstelle auf der AoE-Schnittstelle aufzubauen.

Durch die Anlehnung an die AoE-Schnittstelle in Subset 126 ergeben sich folgende Vorteile:

- Die EIU müssen nicht zwei komplett unterschiedliche Schnittstellen vorhalten und versorgen. Da die SFERA-Daten alle AoE-Daten enthalten, kann aus den SFERA-Daten leicht ein Datentelegramm nach Subset 126 erstellt werden.
- In einer Übergangszeit können durch eine doppelte Übersetzung infrastruktur- und fahrzeugseitige Schnittstellen weiterverwendet werden. Lediglich die Zugdaten müssen über ETCS bereitgestellt werden.
- Die Algorithmen der Fahrzeuggeräte müssen bei der Umstellung von vFAS auf ATO nicht auf grundlegend geänderte Daten oder Datenstrukturen angepasst werden. Eventuell sind auch Kombigeräte wirtschaftlich.
- Wenn nationale Zugsicherungssysteme die Voraussetzungen für ATO bereits erfüllen, kann mit den über die SFERA-Schnittstelle übertragenen Daten automatisch gefahren werden.

Das Datenmodell des Subset 126 baut auf Journey Profiles (JP) und Segment Profiles (SP) auf. JPs enthalten hauptsächlich Fahrplandaten und kurzfristige Einschränkungen der Infrastruktur. SPs enthalten alle Infrastrukturdaten, die für die Fahrzeitrechnung und Energieoptimierung notwendig sind. Die SPs definieren Fahrplanpunkte, an denen die

JPs Zeitfenster vorgeben können. Im statischen Fall sind das Zeitfenster auf Basis des Tagesfahrplans, im dynamischen Fall werden die Zeitfenster durch Berücksichtigung des momentanen Betriebsgeschehens neu berechnet. Im Fall von Konflikten mit anderen Zügen oder Änderungen an der Infrastruktur werden JP-Updates aus der Betriebszentrale verschickt.

Um den Betrieb eines FAS mit nationalen Zugsicherungssystemen zu ermöglichen, sind jedoch weitere Daten erforderlich, mit denen der Datensatz aus SS 126 ergänzt wird. Das sind hauptsächlich die folgenden Datenelemente:

- Zugeigenschaften,
- Ortungsinformationen und
- Signalinformationen.

Da die Zugeigenschaften bei AoE aus anderen Quellen kommen, müssen die Zugeigenschaften (Train Characteristics, TC) für das vFAS über die Schnittstelle übertragen und abgestimmt werden. Für einen sinnvollen Betrieb eines vFAS müssen vor allem die zugrundeliegenden Daten im Dispositionssystem und auf dem Fahrzeug identisch sein. Teile dieser Daten werden über TAF/TAP ausgetauscht, wesentliche Teile fehlen dort jedoch. Dazu zählen die Traktions- und Bremseigenschaften des Zuges und Störungsszenarien, die Einfluss auf die Fahrzeitrechnung haben.

Da die Ortung in ETCS über Balisen sichergestellt wird, muss bei nationalen Zugsicherungssystemen eine Alternative für die Ortung gefunden werden. Dies geschieht durch die Definition von Wegpunkten und deren GPS-Koordinaten.

Des Weiteren müssen Signalinformationen über die Schnittstelle ausgetauscht werden. Je nach Stellung der Signale muss der Triebfahrzeugführer unterschiedlich reagieren. Diese nationalen Besonderheiten müssen im FAS abgebildet werden. Über die Schnittstelle müssen die prognostizierten Signalstellungen und Geschwindigkeitseinschränkungen übertragen werden.

Da die in ERTMS vorhandene Beschränkung auf GSM-R-Protokolle entfällt, kann die Schnittstelle moderner gestaltet werden. Statt einem Binärformat wie in Subset 126 wurde entschieden, für SFERA XML zu verwenden.

Auch die Rückschnittstelle vom Fahrerassistenzsystem zum Dispositionssystem wird definiert, um z. B. den Zugstandort und die aktuelle Geschwindigkeit des Zuges übertragen zu können. Weitere Anwendungsfälle sind für das Melden von verringerter Rad-Schiene-Kraftübertragung und die Beeinflussung des Energiebezugs der Züge vorgesehen.

5.2 Schnittstellenbeschreibung in IRS 90940

Die Arbeit der SFERA-Projektgruppe resultiert in der Erstellung einer „International Railway Solution“ (IRS), dem Nachfolger der UIC Leaflets. Die IRS 90940 soll im Jahr 2020 veröffentlicht werden [4] und enthält folgende Teile:

- Auflistung der bei der Erstellung der Schnittstelle berücksichtigten betrieblichen und technischen Anforderungen,
- grundlegende Beschreibung des Datenmodells und der Datenstrukturen,
- Definition von Anwendungsfällen (Use Cases) für den Betrieb eines vFAS,
- eine mögliche technische Realisierung der Kommunikation zwischen Betriebszentrale und FAS und
- Mechanismen zur Weiterentwicklung und Aktualisierung der IRS-Dokumente.

In den Anhängen sind neben der formalen Beschreibung der XML-Schnittstelle in einem XSD-Dokument auch noch Beispieldaten sowie Hinweise zur Umsetzung der Schnittstelle zu finden, die teilweise auf Basis von bereits durchgeführten Tests mit statischen Daten beruhen.

6 Ausblick

Die DB Netz AG ist mit Unterstützung des DB Konzerns auf dem Weg in eine weitere Digitalisierung und Automatisierung des Bahnbetriebs. Wünschenswert ist eine europaweite Vereinheitlichung der Schnittstelle zwischen Betriebszentrale und Zug, wofür mit dem Projekt SFERA die Grundlagen geschaffen wurden. Im Projekt Shift2Rail soll in einem Demonstrator gezeigt werden, dass auch die kontinuierliche Verknüpfung der Fahrerassistenzsysteme mit dem Dispositionssystem auf Basis der SFERA-Schnittstelle realisiert werden kann. Mittelfristig ist vorgesehen, dass die DB Netz AG ihre nationale ZLR-Schnittstelle auf das SFERA-Datenformat umstellt. Langfristiges Ziel ist und bleibt das Automatische Fahren auf der Basis von ETCS.

Danksagung

Mein Dank gilt Jochen Böttcher und Michael Theodor Hoffmann für die hilfreichen Hinweise, vor allem zum Thema TecEX.

Literatur

[1] DB Netz AG: Die Grünen Funktionen der Zuglaufregelung https://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/kunden/leistungen/neben_und_zusatzleistungen/produkte_nebenleistungen/
gruene_funktionen_zuglaufregelung-1392054 (Aufgerufen am 01.07.2019)

[2] Lang, Hans Peter; Obrenovic, Dr. Miroslav: *Mit "TecEX" das System Bahn technologisch in die Zukunft bringen*. In: ETR Eisenbahntechnische Rundschau April 2019, S. 50 - 54

[3] ON-TIME project Deliverable 6.1: Specification of a driving advisory systems (DAS) data format. http://www.ontime-project.eu/deliverables.aspx (Aufgerufen am 01.07.2019)

[4] UIC Union Internationale des Chemins de fer: IRS 90940 - Data Exchanges with Driver Advisory Systems: SFERA. Veröffentlichung im Laufe des Jahres 2020

Autor

Weidner, Tibor

Studium des Bauingenieurswesens an der RWTH Aachen

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Verkehrswissenschaftlichen Institut Aachen

Algorithmenspezialist für Dispositions- und vernetzte Fahrerassistenzsysteme bei der DB Netz AG

DB Netz AG

Theodor-Heuss-Allee 7

60486 Frankfurt/M.