

Automatisiertes Fahren auf der Schiene nutzt Bausteine aus Fahrassistenz und Disposition

Konzepte der Verkehrsautomatisierung sind im Schienenverkehr schon seit vielen Jahrzehnten im Einsatz. Die Entwicklung von Systemen für das Automatische Fahren im Schienenverkehr ist derzeit in eine neue Phase eingetreten, an deren Ende die Automatisierung in großer Breite umgesetzt sein soll. Theoretische Betrachtungen und Pilotierungen zeigen, dass hierfür in vielen Bereichen bereits tragfähige Konzepte existieren und schrittweise ergänzt und weiterentwickelt werden können.

1. EINLEITUNG

Im Schienenverkehr wird spätestens seit Mitte des 20. Jahrhunderts die Automatisierung von Steuerfunktionen oder Funktionsblöcken als effektive Methode zur Erreichung der Ziele

- Steigerung der Pünktlichkeit und damit der Qualität des Zugverkehrs,
- Energieeinsparung und
- Erleichterung und Unterstützung der Aufgaben des Triebfahrzeugführers

betrachtet. Als zwei Beispiele hierfür seien die „Automatische Fahr- und Bremssteuerung“ (AFB) (siehe [1] für einen Überblick) genannt, ein System, das es dem Triebfahrzeugführer ermöglicht, die Fahrgeschwindigkeit automatisch auf einen vorgegebenen Wert bringen und dort halten zu lassen („Beharren“), und EBUa („Elektronischer Buchfahrplan und Langsamfahrstellen“), ein Fahrassistenzsystem, das dem Trieb-

fahrzeugführer den Buchfahrplan in komfortabler Weise anzeigt, ihm darüber hinaus aber auch Hinweise zum „Energiesparenden Fahren“ (ESF) gibt. Es zeigt an, wenn die Zugkraft reduziert oder abgeschaltet werden kann, weil der Zug noch genügend Zeitereserven besitzt, um trotzdem pünktlich am nächsten Halt anzukommen.

2. AUTOMATISIERUNGSKONZEPTE IM SCHIENEN- UND STRASSENVERKEHR

Die Ziele der Automatisierung im Schienen- und Straßenverkehr unterscheiden sich: Im Straßenverkehr ist das Ziel das Autonome Fahren, also ein vom Fahrzeug und seinen Einrichtungen wie Sensoren, Navigationssystem und Fahrdynamik- und Lenksteuerung selbst und unabhängig von äußeren Eingriffen oder Anweisungen gesteuertes Fahren. Im Schienenverkehr spielt hingegen gerade bei fortschreitender Automatisierung die Steuerung durch eine Betriebszentrale eine wich-



Dr. Frank Kleespies
Berater und Projektmanager bei DB Systel, der IT-Tochter der Deutschen Bahn, im Solution Center Fahrzeug-IT und Betriebszentralen
Frank.Kleespies@deutschebahn.com

tige Rolle. Optimale Steuerung des Verkehrs mit optimaler Ausnutzung der Infrastruktur und betrieblich aufeinander abgestimmten Zugläufen kann nur mit Hilfe einer solchen zentralen Instanz erreicht werden. „Zentral“ ist damit in dem Sinn zu verstehen, dass die betreffenden Personen oder die eingesetzten Algorithmen den Überblick über die gesamte Verkehrslage und den Zugriff auf die dafür notwendigen Informationen erhalten, wo auch immer sie sich physisch aufhalten oder installiert sind (Betriebszentralengebäude, Rechenzentrum, Cloud, ...). Fahrzeuge, die autonom fahren, ohne zu kommunizieren, können die Aufgabe einer optimalen Abstimmung ihrer Fahrdynamik nicht lösen. Dies gilt ebenso für Autos oder Züge, die mit anderen Fahrzeugen und Einrichtungen nur in einem begrenzten Umkreis Informationen austauschen, denn auch dann fehlt auf dem einzelnen Fahrzeug Information, die für die Ermittlung einer global optimalen Lösung notwendig ist. Im Schienenverkehr ist man sich dieser Tatsache stets bewusst gewesen und hat sie genutzt, um im Betrieb entstehende Konflikte effizient zu lösen und Optimierungen vorzunehmen. Daher lautet hier das Ziel Automatisiertes Fahren, also ein Fahren mit solch einer zentralen steuernden Instanz und auf den Fahrzeugen befindlichen Bordgeräten, die miteinander kommunizieren und die notwendigen Informationen füreinander verfügbar machen.

Betrieb auf Sicht: vgl. Straßenbahn	manuelle Fahrt mit Zugbeeinflussung: automatische Zugsicherung	halbautomatischer Zugbetrieb mit Fahrer: automatisches Anfahren, Fahren, Anhalten	begleiteter fahrerloser Zugbetrieb: nur noch Zugbegleiter	vollautomatischer fahrerloser Zugbetrieb: ohne Personal an Bord	
GoA 0	GoA 1	GoA 2	GoA 3	GoA 4	
SAE 0	SAE 1	SAE 2	SAE 3	SAE 4	SAE 5
Keine Automati- sierung	Assistenz- systeme: entweder Längs- oder Querführung, bedingter Einsatz	Teilautomati- sierung: Längs- und Querführung, bedingter Einsatz	Bedingte Automati- sierung: Fahrer muss auf Anforderung übernehmen	Hochauto- matisierung: bedingtes autonomes Fahren	Vollautoma- tisierung: Autonomes Fahren unter allen Bedingungen möglich

BILD 1: Definitionen der Automatisierung im Schienen- und Straßenverkehr

Diesen beiden Ansätzen entsprechend sind die im Schienen- und Straßenverkehr verwendeten Definitionen für Automatisierungsstufen unterschiedlich. Im Straßenverkehr wird die im internationalen SAE-Standard J3016 [2] definierte SAE-Klassifikation eingesetzt. Sie orientiert sich an den Tätigkeiten oder Funktionen, die ein menschlicher Fahrer im (autonomen!) System „Auto mit Fahrer“ ausüben muss. Schrittweise werden diese Funktionen assistiert und automatisiert, erst eine, dann mehrere, sodass die Fahrsteuerung schließlich auf der höchsten Automatisierungsstufe SAE 5 „Vollautomatisierung“ wie ein menschlicher Fahrer agiert – das Ergebnis ist ein autonomes System „Auto mit Fahrsteuerung“. Im Schienenverkehr hingegen wird die im Projekt MODURBAN („Modular Urban Guided Rail Systems“) erarbeitete GoA (Grade of Automation)-Klassifikation des Internationalen Verbandes für öffentliches Verkehrswesen UITP verwendet [3]. In der höchsten Automatisierungsstufe GoA 4 „vollautomatischer fahrerloser Zugbetrieb“ überwacht und steuert wie beschrieben eine zentrale Instanz den Zugverkehr. Bild 1 stellt diese beiden Definitionen nebeneinander.

Die hier vorgestellten Konzepte stimmen mit der Unterscheidung von Autonomem, Automatisiertem und Assistiertem Fahren (3A) wie in [4] dargestellt überein.

Wir bemerken an dieser Stelle, dass die richtigen Geschwindigkeitsinformationen oder gleichwertig Beschleunigungs- und Bremsinformationen und somit die Fahrdynamik für einen Triebfahrzeugführer im Schienenverkehr ausreichend sind, um optimal zu fahren – denn der Zug wird spurgeführt, eine elementare Tatsache, die Automatisierung im Schienenverkehr ganz generell gegenüber dem Straßenverkehr erleichtert.

3. IT-ARCHITEKTUREN FÜR FAHRASSISTENZSYSTEME

Als Folge daraus, ob eine zentrale Steuerinstanz im beschriebenen Sinn existiert oder nicht, ist ein System, das das Automatisierte Fahren unterstützt, typischerweise ein verteiltes System. Hingegen ist ein System fürs Autonome Fahren ein „Stand-alone“-System, was sich auch unmittelbar aus der Bedeutung des Begriffes „Autonomes Fahren“ ergibt. Etwas präziser ist es ein System, das nur Schnittstellen zu anderen Systemen auf dem Fahrzeug besitzt, also Sensoren oder dem TCMS („Train Control and Monitoring System“, Fahrzeugsteuerung).

Daher beschreiben R. Kaufmann und S. Fey in [5] folgende IT-Architekturen für

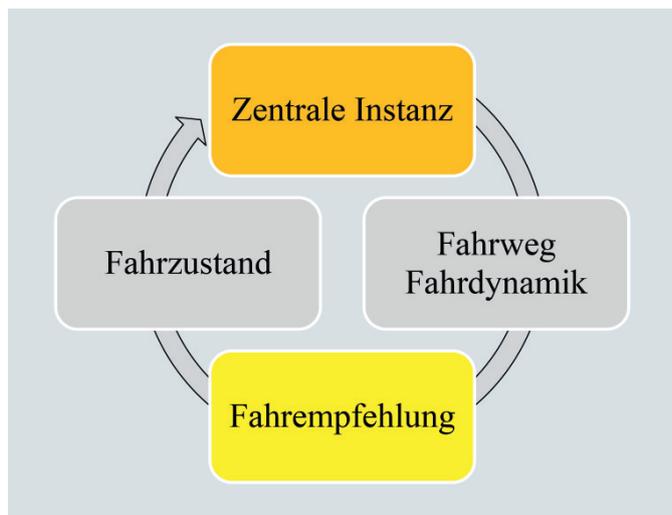


BILD 2: Regelkreis der Verkehrsautomatisierung mit Fahrassistenz

Fahrassistenzsysteme, die eine Unterstützung für den Triebfahrzeugführer nach dem Modell des Automatisierten Fahrens bieten:

1. DAS-C (Driving Advisory System Central or Connected): Fahrweg, Fahrdynamik und alle Fahrempfehlungen werden zentral berechnet. Die Fahrempfehlungen werden an ein Bordsystem übermittelt und dort angezeigt.
2. DAS-I (Intermediate): Vorgesehener Fahrweg und Fahrdynamik werden zentral berechnet und an das Bordsystem übermittelt. Auf dem Bordsystem werden die Fahrempfehlungen selbst berechnet und angezeigt.
3. DAS-O (On-board): Zentral werden nur der Fahrweg sowie frühest- und spätestmögliche Durch- oder Vorbeifahrtzeiten für genügend viele Punkte errechnet. Diese Informationen werden aufs Bordsystem übertragen. Dort erst werden das optimale Geschwindigkeitsprofil und die Fahrempfehlungen berechnet und dem Fahrer angezeigt.

Diese Architekturen entstehen also durch unterschiedliche Verteilung der Funktionen

- Routing bzw. Berechnung des Fahrweges,
- Berechnung der Fahrdynamik und
- Ableitung der Fahrempfehlungen.

Für eine vierte Funktion, die

- Bestimmung des aktuellen Fahrzeugzustandes, d.h. insbesondere, ob sich das Fahrzeug entsprechend der Fahrempfehlung bewegt,

ist es heute naheliegend, dass sie von den Bordsystemen übernommen wird. Diese Funktion komplettiert den Regelkreis aus Vorausberechnung der Fahrzeugbewegung und ihrer Überwachung. In diesem Regelkreis, den Bild 2 zeigt, arbeiten die zentrale Instanz und die Bordsysteme zusammen.

Um Autonomes Fahren zu unterstützen, muss ein Fahrassistenzsystem wie oben bemerkt „stand-alone“ agieren. Wir können »



HOCHSCHULE
FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFTEN
MÜNCHEN

Zertifikat Bahntechnik

Neben Vollzeit-Berufstätigkeit studierbar - 2 Semester Laufzeit

Ein weiterbildendes Studienangebot der Fachgruppe Bahntechnik

- Antriebstechnik inklusive Alternative Antriebe und Labor Brennstoffzellen
- Fahrdynamik und Simulation
- Bremstechnik und Crashsysteme
- Projektmodul

www.hm.edu/bahntechnik-zertifikat

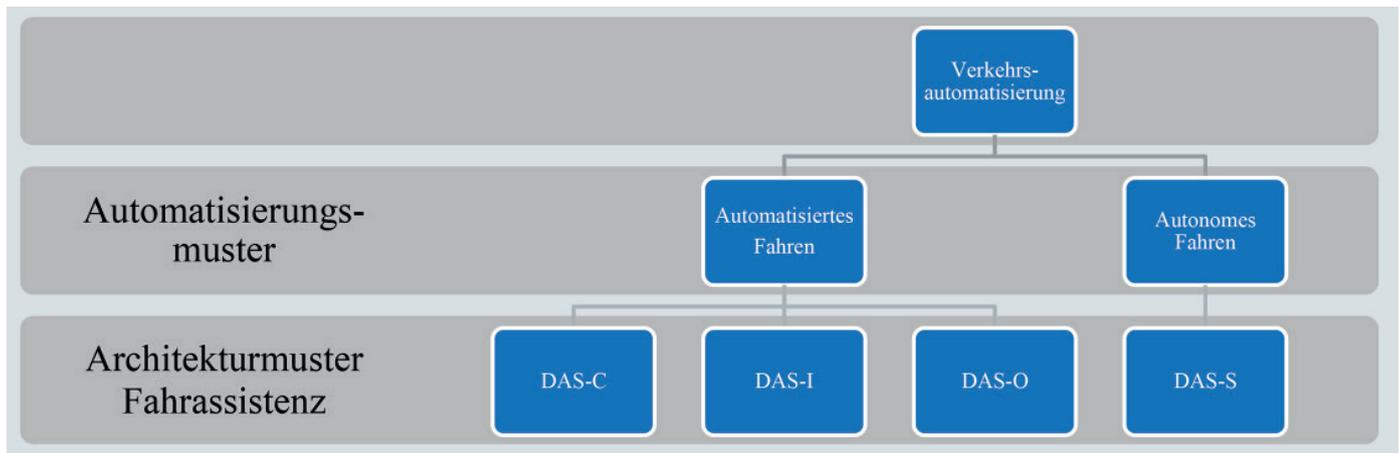


BILD 3: Automatisierungsmuster und DAS-Architekturmuster

dafür eine vierte DAS-Architektur definieren:

DAS-S (Stand-alone): Alle Aufgaben der Fahrassistenz werden auf den Bordsystemen mit Hilfe lokaler Daten durchgeführt: Routing, Berechnung von Fahrdynamik und Fahrempfehlungen, Bestimmung des Fahrzustandes.

Wir erhalten dann das in Bild 3 dargestellte Schema für den Zusammenhang zwischen Automatisierungskonzepten und IT-Architekturen von Fahrassistenzsystemen.

Eine Konvergenz der Ansätze zum Automatisierten Fahren und zum Autonomem Fahren ist dennoch vorstellbar und sogar wahrscheinlich. Ein Beispiel dafür bietet das Zukunftsszenario einer Flotte fahrerloser Straßenbahnen, S-Bahnen und Busse eines Stadtverkehrs, die – gesteuert durch eine Betriebszentrale – aufeinander abgestimmt fahren, sodass beispielsweise Anschlussverkehre im Hinblick auf Verspätungen optimal

behandelt werden. Die genannten Verkehrsmittel können ergänzt oder auch substituiert werden durch ins System eingebundene fahrerlose Mini-Busse, die als Zu- und Abbringerverkehre fungieren oder auch längere Strecken bewältigen und für das Gesamtsystem Tür-zu-Tür-Verbindungen ermöglichen. In solch einem Szenario nutzen die Straßenbahnen, Busse und Mini-Busse sehr weitgehend Konzepte des Autonomem Fahrens und gleichzeitig wegen der übergreifenden Steuerung durch die Betriebszentrale solche des Automatisierten Fahrens. Die S-Bahnen fahren in diesem Gesamtsystem vollständig gemäß dem Konzept des Automatisierten Fahrens. Auch Fahrzeuge des Individualverkehrs können als Mini-Busse kleinster Kapazität in dieses Gesamtsystem eingebunden werden. Die Assistenz oder Steuerung durch eine zentrale Instanz sorgt dann z.B. für die Vermeidung von Staus und koordinierte Umfahrung von Störungen.

4. EINE IT-ARCHITEKTUR FÜRS AUTOMATISIERTE FAHREN AUF DER SCHIENE

Eine IT-Architektur fürs Automatisiertes Fahren auf der Schiene kann auf drei Säulen, wie in Bild 4 dargestellt, aufgebaut werden:

- Die linke Säule stellt den Regelkreis des Automatisierten Fahrens dar. Betriebszentralen- und Fahrzeugsysteme arbeiten zusammen, um eine global optimale Steuerung und Abwicklung des Verkehrs zu erreichen.
- Die mittlere Säule stellt die Leit- und Sicherungssysteme dar. Wenn die Systeme des Regelkreises des Automatisierten Fahrens fehler- und störungsfrei arbeiten und somit für die Funktionsweise der LST-Systeme relevante Informationen berücksichtigen, ist ihr Eingreifen nicht notwendig.
- Die dritte Säule stellt Systeme zur Lichtraumüberwachung dar. Sie sorgen dafür, dass der Zug bremst, wenn sich Hindernisse im Fahrweg befinden oder sich ihm nähern.

Durch das Zusammenwirken aller drei Säulen können alle Aufgaben des Triebfahrzeugführers komplett unterstützt und schließlich übernommen werden. Die Trennung der linken Regelkreis-Säule und der mittleren LST-Säule sorgt für eine Entkopplung der automatisierten Steuerung von der sicherheitsrelevanten Leit- und Sicherungstechnik. Dadurch ist es möglich, dass die komplexen automatisierten Steuerungssysteme von kritischen Sicherheitsanforderungen entlastet und so einfacher und schneller implementiert werden können.

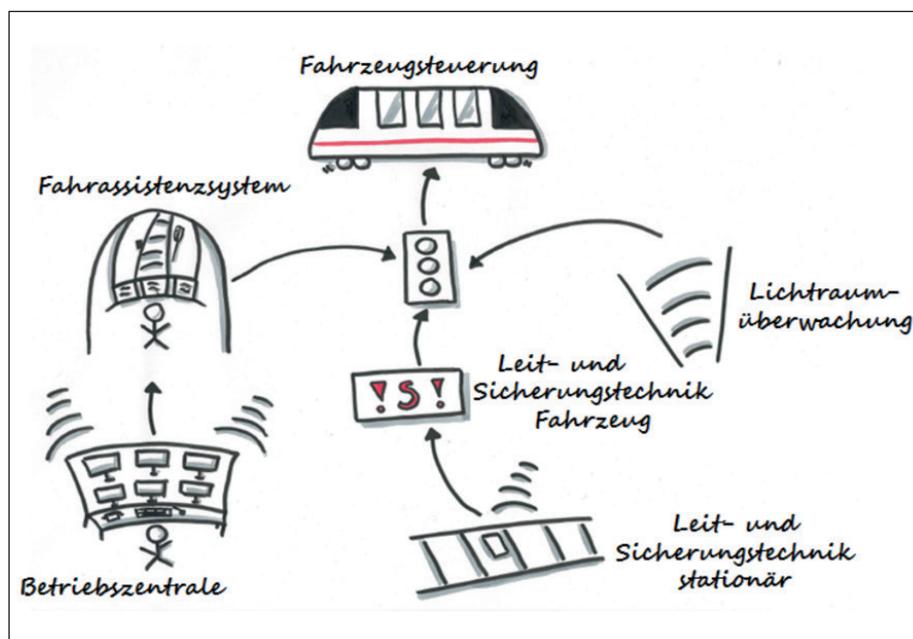


BILD 4: Eine IT-Architektur fürs Automatisierte Fahren auf der Schiene

5. ENTWICKLUNGEN IM RAHMEN VON FAHRASSISTENZSYSTEMEN FÜR DEN SCHIENENVERKEHR

5.1. ESF-FUNKTIONEN („ENERGIESPARENDE FAHRWEISE“) IN EBULA

Bei der Deutschen Bahn (DB) ist das Fahrassistenzsystem EBuLa (siehe [6] für einen Überblick) seit 2002 im produktiven Einsatz. Wir gehen kurz und ohne Vollständigkeit zu erreichen auf dieses System ein: Basisfunktion ist die komfortable Anzeige des Buchfahrplans, die für den Triebfahrzeugführer im Auto-Scroll-Modus erfolgt. Diese selbstständige Weiterschaltung der Anzeige funktioniert bei vorhandener Ortung am besten.

Darüber hinaus enthält EBuLa Funktionen zur Einsparung von Traktionsenergie. Auf Basis des Sollfahrplans, der aktuellen Zugposition und der Fahrzeitrechnung empfiehlt die Funktion ESF („Energiesparende Fahrweise“), die Traktionsenergie abzuschalten oder zu reduzieren, sodass der Zug rollt bzw. mit reduzierter Geschwindigkeit beharrt.

ESF berechnet bereits im Vorhinein Abschnitte, die fürs Rollen bzw. Beharren mit einer reduzierten Geschwindigkeit unterhalb der möglichen Maximalgeschwindigkeit geeignet sind. Rollabschnitte liegen typischerweise vor Brems- oder Gefälleabschnitten. Beispiele sind Abschnitte vor einer vorgeschriebenen Geschwindigkeitsreduzierung oder einem Halt, für die ESF bei genügenden Zeitpuffern schon vorher empfiehlt, zu rollen oder bei reduzierter Geschwindigkeit zu beharren. Eine andere Ausprägung ist die Bergfahrt mit Schwung: Die Rollempfehlung wird bereits vor einem Gipfelpunkt der Strecke gegeben, und der Zug kann dort ohne Traktion zunächst langsamer werden. Nach dem Hochpunkt beschleunigt er wieder durch die Schwerkraft.

Beide Energiesparmöglichkeiten „Rollen“ und „Beharren“ können alternativ verwendet werden. EBuLa enthält ESF-Funktionen eines Fahrassistenzsystems des Typs DAS-O, da die wesentlichen Berechnungen hierfür auf dem Bordsystem erfolgen – allerdings fehlt eine Online-Aktualisierung des Fahrplans gemäß Betriebslage.

5.2. FUNKTIONEN ZLR („ZUGLAUFREGELUNG“) DER DB NETZ AG

ZLR („Zuglaufregelung“) bezeichnet Konzepte und Systeme der DB Netz zur Erzeugung, Übertragung und Anzeige von Fahrempfehlungen. Hierbei werden Fahrempfehlungen in der Betriebszentrale erzeugt und auf stationärer Seite zum Abruf zur Verfügung gestellt. Derzeit finden unter dem Titel „Grüne Funktionen“ dazu Erprobungen statt. Die Fahrempfehlungen enthalten typischerweise die Ergebnisse von Energieoptimierungen, Verkehrsoptimierungen oder Konfliktlösungen der Betriebszentrale. Beispielsweise kann eine Empfehlung zur Beschleunigung auf eine geringere als die maximal mögliche Geschwindigkeit und dem Beharren auf diesem Wert ausgegeben werden, wenn die in der Betriebszentrale erzeugten Prognosen aufweisen, dass der Zug wegen eines vorausfahrenden langsameren Zuges sonst bremsen müsste oder sogar zum Halten käme. Ähnliches gilt, wenn Kreuzungen mit verspäteten Zügen bevorstehen. Solche Situationen können wieder typischerweise sicher nur mit Hilfe einer zentralen Instanz erkannt werden, da mehrere Zugläufe betroffen sind.

Diese Fahrempfehlungen können von Zügen, die über ein Zug-Land-Kommunikationssystem und ein mit entsprechenden Funktionen ausgestattetes Fahrassistenzsystem verfügen, abgerufen und verwendet werden.

Beispielsweise wurde auch EBuLa mit einem ZLR-Modul erweitert, sodass Fahrempfehlungen direkt über das Zugfunkgerät und GSM-R oder über das Zug-Land-Kommunikationssystem MIP („Mobile Integrationsplattform“) abgerufen und angezeigt werden können. Dies »

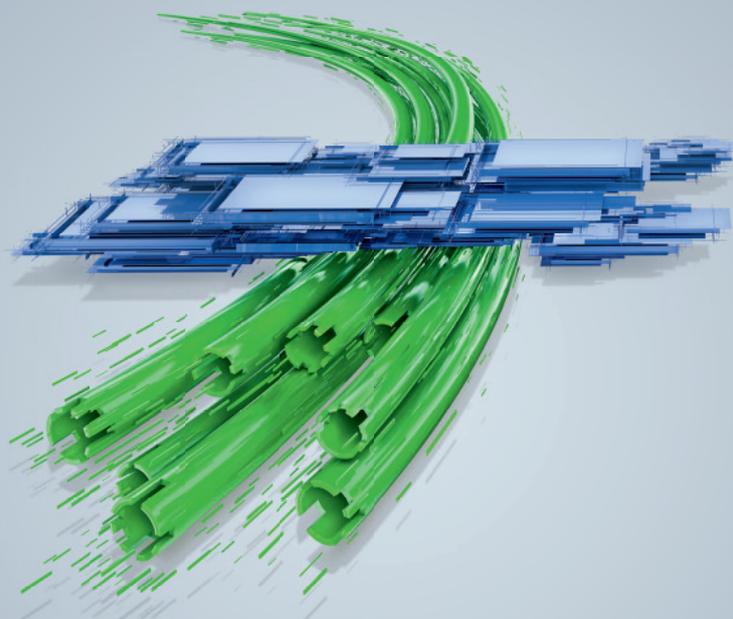


InnoTrans 2018

18.–21. SEPTEMBER · BERLIN

Internationale Fachmesse für Verkehrstechnik
Innovative Komponenten · Fahrzeuge · Systeme

innotrans.de



THE FUTURE OF MOBILITY

Kontakt

Messe Berlin GmbH
Messedamm 22 · 14055 Berlin
T +49 30 3038 2376
F +49 30 3038 2190
innotrans@messe-berlin.de



BILD 5: Ein Güterwagen wird in einem Pilotversuch automatisch rangiert

muss relativ schnell mit geringer Latenzzeit erfolgen, da die Fahrempfehlungen in der Betriebszentrale kurzfristig nach der Fahrstraßenbildung erzeugt werden. Das ZLR-Modul wertet die noch verbleibende Gültigkeitsdauer der empfangenen Fahrempfehlungen aus und zeigt dem Triebfahrzeugführer auch Zugkreuzung, Zugfolge und Energieoptimierung als Gründe für Fahrempfehlungen zur Geschwindigkeitsreduzierung an. Jedes Fahrassistenzsystem, das über ein geeignetes ZLR-Modul verfügt, stellt damit ein Fahrassistenzsystem des Typs DAS-C dar, da nur die Gültigkeit der zentral berechneten Fahrempfehlungen auf dem Bordsystem ausgewertet werden muss und alle wesentlichen Berechnungen zentral erfolgen. Wenn das Fahrzeug den Fahrempfehlungen folgt, fährt es gemäß dem in der Betriebszentrale errechneten Zeit-Geschwindigkeits-Diagramm, sodass ein zukunftsfähiger Baustein vorliegt, der in der linken Regelkreis-Säule der IT-Architektur zum Automatisierten Fahren verwendet werden kann.

DB Systel, der interne IT-Dienstleister der DB AG, unterstützt DB Netz bei der Umsetzung von Systemen für die Betriebszentrale, die eine Basis für die Generierung von Fahrempfehlungen darstellen, und DB Netz und DB Fernverkehr bei der Entwicklung von EBUa und dessen Erweiterung mit einem ZLR-Modul.

6. AURA – EIN PROJEKT ZUM AUTOMATISIERTEN RANGIEREN

Ziel des Projektes AuRa („Automatisiertes Rangieren“) ist die Automatisierung von

Rangierverkehren im Instandhaltungswerk der DB Fahrzeuginstandhaltung GmbH in Paderborn. Hierfür arbeiten die DB Systel GmbH, das Institut für Schienenfahrzeuge und Transporttechnik (IFS) der RWTH Aachen, der Zweibegefahrzeugehersteller Zwiehoff GmbH und das Fahrzeuginstandhaltungswerk Paderborn zusammen.

In einer ersten prototypischen Implementierung konnte das Fahrzeugsteuerungssystem des Zweibegefahrzeugs rotrac E2 an ein auf dem Fahrzeug befindliches für diesen Zweck gestaltetes ZLR-Modul angebunden werden. An dieses ZLR-Modul können Fahrempfehlungen von einem später zu realisierenden stationären Rangiersteuerungssystem mittels Zug-Land-Kommunikationssystem MIP übertragen werden und dort bis in Fahrbefehle für die Fahrzeugsteuerung umgesetzt werden. Damit war es möglich, das Zweibegefahrzeug in einem Pilotversuch „disponierte“ Zeit-Geschwindigkeits-Vorgaben auf einer Teststrecke abfahren zu lassen und Güterwagen an- und abzukuppeln, siehe [7] und Bild 5.

Die vorhandenen Ideen und Bausteine aus Disposition und Fahrassistenz konnten somit eingesetzt und prototypisch erweitert werden, um die linke Säule der IT-Architektur des Automatisierten Fahrens, den Regelkreis des Automatisierten Fahrens auf der Schiene, als technischen Durchstich umzusetzen.

Es gilt nun, gleichermaßen valide Konzepte für die Gewährleistung angemessener Sicherheit im Automatisierten Rangieren zu entwickeln. Damit kann besonders die rechte Säule der IT-Architektur zur Lichtraumüberwachung aufgebaut werden. Einen aktuellen Stand hierzu fasst [8] zusammen.

7. FAZIT

Der aktuelle Stand zum Automatisierten Fahren auf der Schiene lässt sich somit in vier Thesen zusammenfassen:

- Schienenverkehr und Straßenverkehr folgen unterschiedlichen Automatisierungskonzepten. Konvergenzen sind in der weiteren Entwicklung jedoch möglich und wahrscheinlich.
- Bausteine für die Automatisierung des Schienenverkehrs sind bereits heute produktiv vorhanden und können in der Zukunft erfolgreich genutzt werden.
- Theoretische Betrachtungen und Prototypen beweisen die Validität und Zukunftsfähigkeit der dafür grundlegenden Konzepte.
- Gleichzeitig eröffnen die Prototypen Möglichkeiten, Automatisierung zu-

nächst in einem begrenzten Feld zu implementieren, nutzbar zu machen und weitere Erfahrungen zu sammeln. ◀

DANKSAGUNG

Herzlicher Dank geht ans Automatisierte-Fahren-Team der DB Systel und der Partner für viele hilfreiche Diskussionen: David Just, André Knapmüller, Annette Lammel, Michael Lindner, Detlef Peine, Carola Pritsching, Sandra Schmitt sowie Olaf Brünger, Elias Dahlhaus, Walter Müller, Burkhard Nobbe und Sergey Vachtel, Jochen Böttcher, Roland Kaufmann und Tibor Weidner, Christian Schindler, Florian Eßer, Vikrant Rampal, Stephan Zwiehoff, Sebastian Ebbers, Thomas Schnitzmeier und Melanie Krüger!

Literatur

- [1] N.N., „Automatische Fahr- und Bremssteuerung“ [Online]. https://de.wikipedia.org/wiki/Automatische_Fahr-_und_Bremssteuerung [Zugriff am 07.03.2018].
- [2] N.N., „Levels of Driving Automation“ SAE, [Online]. https://www.sae.org/standards/content/j3016_201609/ [Zugriff am 07.03.2018].
- [3] N.N., „Metro Automation Facts, Figures and Trends“ [Online]. <http://www.uitp.org/sites/default/files/Metro%20automation%20-%20facts%20and%20figures.pdf> [Zugriff am 07.03.2018].
- [4] N. Nießen, C. Schindler und D. Vallée, „Assistierter, automatischer oder autonomer Betrieb – Potentiale für den Schienenverkehr“, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, pp. 32–37, 04/2017.
- [5] R. Kaufmann und S. Fey, „Information flow model and specification of a driving advisory systems (DAS) data format“ [Online]. <http://www.ontime-project.eu/download.aspx?id=f708e678-c171-4196-bda6-1d33e88a0433> [Zugriff am 07.03.2018].
- [6] N.N., „EBuLa“ [Online]. <https://de.wikipedia.org/wiki/EBuLa> [Zugriff am 07.03.2018].
- [7] DB Systel, „Die Zukunft des Rangierens“ [Online]. <http://digitalspirit.dbsystel.de/die-zukunft-des-rangierens/> [Zugriff am 07.03.2018].
- [8] J. Franzen, U. Pinders, J. Stecken und B. Kuhlentötter, „Automatisiertes Rangieren mit Schienenfahrzeugen – welchen Beitrag können fahrzeugeitige Assistenzsysteme leisten?“, Proceedings of the 1st International Railway Symposium Aachen, 11/2017.

► SUMMARY

Automated track driving uses existing technology from driving assistance and disposition

The article presents different traffic concepts for rail and road automatization comparing these against the different objectives they are reflecting. An IT-architecture for the automated track driving is currently being developed using already existing technologies from disposition and driving assistance. Finally, a pilot project for automated track shunting in the maintenance center Paderborn is presented. Some of these concepts have already been implemented as prototypes and have been validated in a first step.