

# Betriebliche Auswirkungen der Automatisierung

Erkenntnisse für Betrieb und Aufgabenverteilung aus dem Projekt ARTE

STEFANIE SCHÖNE | JUSTIN ADAM |  
PAUL MROSKO

**Im Forschungsprojekt ARTE werden hochautomatisiert fahrende Regionalzüge für Strecken im Bestandssystem (Punktförmige Zugbeeinflussung (PZB), Lichtsignale) entwickelt und getestet. Ein zukünftiger hochautomatisierter Regionalverkehr birgt viele Potenziale für Zeiteinsparungen im Bahnbetrieb, sowohl durch geringere Fahr- und Haltezeiten als auch durch die Neuverteilung von Aufgaben. Damit einher gehen Veränderungen in Umlaufplanung und Vor- und Nachbereitungsprozessen.**

## Betriebliches Zielbild für einen vollautomatisierten Regionalverkehr

Grundidee des im Projekt „ARTE – Automatisiert fahrende Regionalzüge in Niedersachsen“ skizzierten zukünftigen Regionalverkehrs ist ein hochautomatisierter Bahnbetrieb, in dem im Regelfall keine Tätigkeiten von Betriebspersonal im Zug nötig sind. Im Projekt wird die technische Machbarkeit durch die Umrüstung eines Dieseltriebzuges auf GoA 4 (Grade of Automation – Level 4) für die Zugbereitstellung, mit GoA 3 für den Fahrgastbetrieb, in einem Test im realen Eisenbahnbetrieb gezeigt [1]. Darauf aufbauend werden die Grundbausteine für ein Betriebskonzept entwickelt und in Teilen getestet, die auch im Störfall ein sicheres Bewegen von Zügen ermöglichen, z.B. mithilfe sogenannter Remote Operator (RO). Der Betrieb soll auf heute vorhandenen Regionalbahnstrecken mit Lichtsignalen und PZB möglich sein. Das Betriebskonzept, mit Fokus auf Störfallmanagement, ist in [2] genauer beschrieben.

Im Fahrgastbetrieb in GoA 3 ist der Zug mit einem Zugbegleiter-Plus (Zub+) besetzt, der die Fahrgäste betreut, aber regulär keine betrieblichen Handlungen ausführt. Es wird davon ausgegangen, dass alle heutigen betrieblichen Handlungen, sowohl im Fahrbetrieb selbst, als auch bei vor- und nachgelagerten Prozessen, soweit möglich und sinnvoll durch automatische Systeme ersetzt werden.

## Qualitative Auswirkungen auf Arbeitsprozesse und Berufsbilder

Basierend auf dem Zielbild von ARTE sowie den daraus entstehenden Anforderungen wurden neue Berufsbilder und detaillierte Rollenbeschreibungen für RO und Zub+ erar-

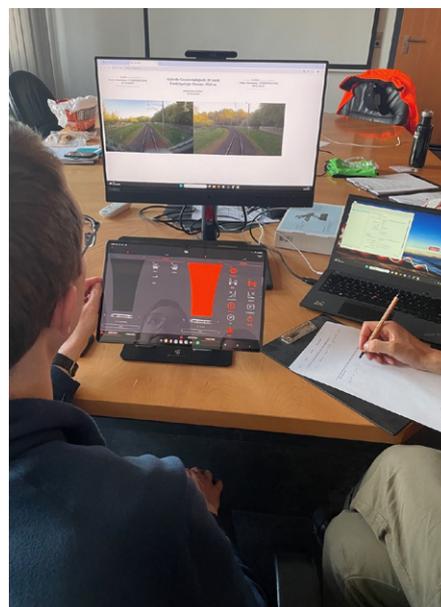
beitet. Ergänzt wird dies um die Tätigkeit des Zugvorbereiters.

Die zentralen betrieblichen Veränderungen sind Normalbetrieb in GoA 3 und 4, zur Ausweitung des Fahrtenvolumens bei gleichzeitig unverändertem Personalbestand. Zub+ und RO übernehmen nur im Störfall die Steuerung des Fahrzeugs (Fz). RO werden zum mehrere Fz überwachenden und disponierenden Mitarbeiter in einer zentralen Leitwarte, während Zub+ eine höhere Verantwortung als erste und einzige Ansprechpartner vor Ort im Zug haben. Zugvorbereiter übernehmen die lokale Vor- und Nachbereitung der Fz und verknüpfen diese Aufgaben potenziell mit der Instandhaltung, um weitere Synergien zu nutzen. Eine Evaluation der Berufsbilder mit heutigen Betriebsmitarbeitern findet sich in [3].

Bei gleichzeitigem Mangel an Triebfahrzeugführern (Tf) und fortschreitender Automatisierung im Bahnbetrieb ermöglicht der in ARTE geplante automatisierte Bahnbetrieb (Automatic Train Operation, ATO) mit RO und Zub+ einen effizienteren Personaleinsatz. Während die Automation repetitive und einfache Tätigkeiten übernimmt, können die Mitarbeiter ihre Fähigkeiten gezielt zur Lösung komplexer Probleme einsetzen – sei es weiterhin als Tf, dort wo Automation nicht möglich ist oder als RO, um den Fahrzeugeinsatz im Netz des Eisenbahnverkehrsunternehmens (EVU) zu

steuern und zu überwachen (Abb. 1). Dies beginnt bei der Sicherstellung der technischen Einsatzfähigkeit, als Schnittstelle zu Vorbereitung, Instandhaltung und Zub+ vor Ort. Während der Fahrt sind RO Ansprechpartner zum Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU), wie es heute Tf und Disponent wahrnehmen. Das Berufsbild wandelt sich damit vom Fahrer einzelner Züge zum Problemlöser und ersten Ansprechpartner. Dennoch fährt auch der RO Züge – immer dann, wenn im GoA 4-Betrieb ohne anderes Personal an Bord eine Störung an der Automation auftritt, prüft der RO die weitere Verfügbarkeit des Fz und steuert es fern, um so Gleise zu räumen und eine Fortführung der automatischen Fahrt zu ermöglichen. Gegenüber den Aufgaben des Tf entfallen neben der kontinuierlichen Zugsteuerung vor allem die Dienste am Fz im Rahmen der Vor- und Nachbereitung.

Das Zielanwendungsgebiet von ARTE, Regionalbahnnetze, ist geprägt von großen Haltestellenabständen, langen Linien und ruralen Gebieten. Aus diesen Gründen ist es wichtig, dass den Fahrgästen eine Ansprechperson im Zug für Service, Auskünfte und Hilfe zur Verfügung steht. Dies ist umso wertvoller für die Sicherheit der Fahrgäste im Störfall, um ein direktes Eingreifen zu ermöglichen, eventuell kleine Störungen ad hoc zu beheben und, wenn nötig, durch manuelle Steuerung den Zug bis zum nächsten Bahnhof zu fahren. Diese Aufgaben übernehmen Zub+. Wie auch heute ist ihre primäre Aufgabe, Service für die Kunden durch Informationen und Hilfe bereitzustellen. Automation in der Ticketkontrolle kann hierbei noch zusätzliche Ressourcen freisetzen. Im Störfall können Zub+ Schäden mit Unterstützung des RO erkennen und sichern. Zusätzlich verfügen Zub+ über eine Qualifikation zur Führung des Zuges bei geringer Geschwindigkeit mit einer vereinfachten Steuerung. Ziel dessen ist es, bei einer dauerhaften Störung an der ATO die Strecke zu räumen und den Zug in den nächsten Bahnhof zu bringen, sodass Auswirkungen geringgehalten werden und Fahrgäste den Zug sicher verlassen können. Kommt es zu einem Unfall, sind Zub+ direkt vor Ort. Sie können Fahrgäste direkt informieren und in Abstimmung mit RO und Notfallkräften eine sichere Evakuierung ermöglichen. Im Ausgleich für die zusätzliche Verantwortung können Aufgaben wie bspw. Grobreinigung entfallen und der Fokus stattdessen auf Zustandskontrolle des Fz während der Fahrt gelegt werden.



**Abb. 1:** Fernsteuerung eines Fahrzeugs aus der Leitwarte



Abb. 2: Lokale Fernsteuerung des Fahrzeugs

Insbesondere die Vor- und Nachbereitung von Zugfahrten beansprucht viele Personalressourcen. Die Arbeiten untergliedern sich grob in die drei Aufgaben, die im folgenden Kapitel betrachtet werden. Sämtliche Rangiertätigkeiten entfallen durch die Ausführung dieser Aufgaben in GoA 4 und Überwachung durch den RO. Prüfungen lassen sich prinzipiell automatisch ausführen. Es ist jedoch bei einer Meldung ein Mitarbeiter vor Ort zur Kontrolle und Prüfung erforderlich. Insgesamt umfassen diese Aufgaben Tätigkeiten, die direkt zur Vor- und Nachbereitung gehören, aber auch schon kurz- und mittelfristige Instandhaltung tangieren. Daher bietet es sich an, diese Tätigkeiten der Vorbereitung und Wartung in einer Person zu vereinen.

Zugvorbereiter führen zukünftig die Tätigkeiten aus, die aktuell zum Vor- und Nachbereitungsdienst von Tf gehören und langfristig nicht oder nur schwer zu automatisieren sind. Die Tätigkeiten erfordern betriebliche Kenntnisse und ausgeprägtes fahrzeugtechnisches

Wissen. Schnittstellen in der Zusammenarbeit bestehen vor allem zum RO in der Übergabe und Übernahme von Fz sowie zur weiteren Instandhaltung. Gerade deshalb bietet es sich an, die tägliche Fahrzeugvorbereitung mit kurz- und mittelfristigen technischen Fahrzeugkontrollen zu verbinden. Ein besonders hoher, kurzzeitiger Bedarf an Zugvorbereitern besteht in Tagesrandlagen, während die weitere Zeit für routinemäßige Instandhaltungsarbeiten zur Verfügung steht. Der Zugvorbereiter kann beim EVU, bei einem externen Dienstleister oder dem Fahrzeughersteller angesiedelt sein, je nachdem, welche Einheit Wartung und Instandhaltung übernimmt.

**Quantitative zeitliche Auswirkungen des betrieblichen Zielbilds**

Im Folgenden wird skizziert, welche Effekte die neue Rollenverteilung und der hochautomatisierte Betrieb auf die zeitlichen Anteile der Fahrt und die der Fahrt vor- und nachgelagerten Prozesse haben könnten.

**Vor- und Nachbereitungsdienste**

Betrachtet man die Schichten der Tf eines mittelgroßen EVU im Schienenpersonennahverkehr (SPNV), so fällt auf, dass ein Großteil der Zeit für Nebenprozesse (z. B. Rangieren) und die Vor- und Nachbereitungsprozesse aufgewendet wird. Abhängig von Verkehrsleistung, Organisation und betrieblichen Standorten kann dieser Zeitanteil 60-70 % der gesamten Zeit aller Schichten betragen. Dies hat eine Analyse der Schichtmasse eines EVU mit den gleichen Fz im selben Bundesland bei ähnlicher Netzcharakteristik ergeben.

Zugfahrten müssen vor- und nachbereitet werden, damit Züge sicher und qualitätsgerecht gefahren werden können. Zu den Tätigkeiten gehören:

- Vorbereitungsdienste
  - Aufrüsten
  - Zustandsgang
  - Bremsprobe
  - Prüfen von sonstigen sicherheitsrelevanten technischen Einrichtungen
  - Eingabe von Fahrzeugdaten
  - Fremdversorgung abstecken
- Nachbereitungsdienste
  - Abrüsten
  - Zustandsgang
  - Fz gegen unbeabsichtigtes Bewegen sichern
  - Fremdversorgung einstecken
- Tanken
- Fäkalien entsorgen
- Frischwasser befüllen.

Diese Tätigkeiten werden in der Regel nachts durch Tf in Abstellanlagen oder Betriebswerken durchgeführt. Da im ARTE-Zielbild keine Tf mehr auf den Zügen tätig sind, müssen diese Tätigkeiten künftig durch Zugvorbereiter durchgeführt oder technisch ersetzt werden.

Element	Dauer bisher	Fernsteuerbarkeit?	Technische Lösung?	Zeitersparnis im Element	Zeitersparnis in Schichtmasse	Verlagerung zwischen Rollen
Vorbereitungsdienst V1	23 Minuten	9/14 Tätigkeiten	11/14 Tätigkeiten	30 %	0,3 %	Fahrzeugtechnik, Zugvorbereiter
V2	10 Minuten	8/11 Tätigkeiten	7/11 Tätigkeiten	60 %	0,4 %	Fahrzeugtechnik, Zugvorbereiter, Werkstattpersonal
V3	3 Minuten	Ja	Ja	100 %	3,8 %	Fahrzeugtechnik
Wenden	*	Nicht erforderlich	Ja	100 %	25,6 %	Nicht mehr erforderlich / Technik
A3	3 Minuten	Ja	Ja	100 %	1,1 %	Nicht mehr erforderlich / Technik
A2	5 Minuten	z.T.	z.T.	30 %	0,3 %	Technik / Zugvorbereiter
A1	17 Minuten	7/11 Tätigkeiten	8/11 Tätigkeiten	26 %	0,3 %	Zugvorbereiter
WC versorgen / entsorgen	20 Minuten	Nein	Ja	100 %	0,9 %	Ortsdienste oder technische Lösung
Tanken	20 Minuten	Nein	Ja	100 %	0,9 %	Ortsdienste oder technische Lösung
Fahrzeuge kuppeln	3 Minuten	Ja	Ja	90 %	Keine Daten verfügbar	Ortsdienste oder technische Lösung
Zugfahrten	*	Ja	Ja	100 %	20,5 %	Fahrzeugtechnik
Rangieren	*	Ja	Ja	90 %	13,1 %	Fahrzeugtechnik / Remoteoperator
GESAMT					67,3 %	
GESAMT ohne Zugfahrten					46,8 %	

\*Zeitdauer variiert und ist abhängig von spezifischem Betriebsprogramm

Tab. 1: Schichtelemente mit Zeitanteilen sowie möglicher Zeitersparnisse gem. ARTE-Zielbild.

Autoren-Belegexemplar, Frau Schöne, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. . Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt.

Einsatz von Zugvorbereitern

**Voraussetzung:** Möglichst viele Zugfahrten müssen an einem Ort beginnen. Der Ort muss ausreichend bemessen sein, um viele Fz abstellen zu können. Vorbereitungsdienste müssen nicht direkt vor der Zugfahrt stattfinden, sodass die Vorbereitungsdienste nacheinander an verschiedenen Fz durchgeführt werden können.

**Stärken:** Vorbereitungsdienste werden in den betriebsnahen Werkstattstandorten durchgeführt. Danach können die Mitarbeitenden andere Tätigkeiten in der Instandhaltung durchführen.

**Schwächen:** Nicht in jedem Netz ist eine zentrale Abstellung vorhanden oder sinnvoll (Lastverkehr in Richtung eines Zentrums im Berufsverkehr; es werden ggf. zahlreiche Leerfahrten produziert). Wenn mehrere Züge gleichzeitig die Werkstatt verlassen, müssten Vorbereitungsdienste z.T. parallel durchgeführt werden. Möglicherweise können mobile Instandhaltungsteams auch an dezentralen Orten Fz vorbereiten.

Einsatz von Technik

**Idee:** Eine Automatisierung im Bereich der Nebenprozesse kann erhebliche Einsparungen und Erleichterungen mit sich bringen. Der Einsatz intelligenter Betriebssysteme kann die Fahrzeugdiagnose vereinfachen sowie automatisiert den Zustand der Bremsen kontinuierlich überwachen. Infrastrukturseitig aufgestellte Diagnosesysteme sowie automatische Tankstellen und Entsorgungseinrichtungen.

**Voraussetzung:** Investitionen in Fz (Diagnosesysteme, Datenübertragung, genormte mechanische Schnittstellen für Fremdstromversorgung, Wasserversorgung, Fäkalienentsorgung) sowie an der Infrastruktur (Sichtprüfung auf Schäden, mechanische und technische Schnittstellen für Fremdstromversorgung, Wasserversorgung und Fäkalienentsorgung) sind erforderlich.

**Stärken:** Schwere, unangenehme und manuelle körperliche Tätigkeiten werden ersetzt und können auch unabhängig von autonomen Fz eingesetzt werden.

**Schwächen:** Bisher kaum Gegenstand der Forschung und Entwicklung, hohe Investitionen erforderlich sowohl aufseiten der Infrastrukturbetreiber als aufseiten der Verkehrsunternehmen. Außerdem sind genormte Schnittstellen erforderlich, um mit unterschiedlichen Fz solche Anlagen nutzen zu können.

Die Automatisierung dieser Prozesse kann auch unabhängig vom automatisierten Eisenbahnbetrieb erhebliche Zeitanteile einsparen und bietet erhebliches Potenzial für Forschung und Entwicklung.

Tab. 1 zeigt eine detaillierte Analyse der Tätigkeiten in Vor- und Nachbereitungsdiensten. In der Betrachtung eines mittelgroßen EVU im SPNV beträgt der Zeitanteil der Vorbereitungsdienste an der Gesamtschichtmasse 5,6%. Auf die Abschlussdienste entfallen 5,9%. Die größten Zeitanteile entfallen auf Rangieren (14,5%) und Wendezeiten/Führerstandswechsel (25,6%). Weitere Dienste, z.B. WC-Entsorgung, Tanken, Rüstzeiten, nehmen zusammen ca. 6,5% ein.

Im Vorbereitungsdienst lassen sich bereits mehr als die Hälfte aller Aufgaben automatisieren und dadurch ca. 3-7 Minuten im Vergleich zum derzeitigen konventionellen Betrieb einsparen (ca. 30% bei V1, 60% bei V2 und 100% bei V3). Hinzu kommen nahezu vollständige Zeitersparnisse bei Ver- und Entsorgungstätigkeiten oder der Betankung von Fz. Der Abschlussdienst A3 könnte gänzlich automatisiert werden, während bei A2 und A3 ein Drittel der Arbeitszeit durch Automation eingespart werden kann.

**Auswirkungen auf Fahr- und Haltezeiten**

Um die Veränderungen für die Fahr- und Haltezeiten im automatisierten Betrieb abzuschätzen, kann die Richtlinie 405 der Deutschen Bahn AG (DB) [4] herangezogen werden. Sie enthält Beispiel- und Planungswerte, die im Planungsprozess der DB als Basis für die Fahr- und Trassenplanung dienen.

Abb. 3 enthält eine Übersicht der Bestandteile der Verkehrshaltezeit. Es ist anzunehmen, dass sich, rein durch die Automatisierung des Zuges, die Türöffnungs- und -schließzeit sowie die Fahrgastwechselzeit nicht ändern werden. Eine Verringerung der Haltezeit durch automatische Türschließe- und Abfertigungssysteme, wie sie bei zukünftigen Regionaltriebzügen zu erwarten sind, können gleichermaßen auch bei Tf-gesteuerten Zügen eingesetzt werden und sind nicht der Automatisierung zuzuschreiben. Verringerungen der Haltezeit durch die Automatisierung des Zuges hingegen sind bei denjenigen Anteilen von Prüf- und Fertigmeldezeit sowie Signalsicht- und Reaktionszeit zu erwarten, die heute personalbedingt sind. Die Richtlinie 405 ([4], Tab. 4, 5) gibt für Regionalzüge „mit zentraler Türschließeinrichtung sowie Abfahrtauftrag durch den Triebwagenführer“ einen Näherungswert für die Abfertigungszeit von zwölf Sekunden an, darin enthalten eine Schätzung von null Sekunden (da vollautomatisch) für die Prüf- und Fertigmeldezeit und acht Sekunden für die Reaktionszeit, inklusive Reaktion auf den Abfahrtauftrag im Sinne einer Signalsichtzeit. Die übrigen vier Sekunden entfallen hier per Definition auf die Türschließzeit. Hierbei ist zu beachten, dass die Reaktionszeit auch die technisch bedingte Reaktionszeit des Antriebssystems des Zuges selbst beinhaltet, die durch die Automatisierung selbst voraussichtlich nicht verringert werden kann. Das Potenzial für eine verkürzte Haltezeit durch automatisiertes Fahren liegt damit also schätzungsweise bei acht Sekunden pro Halt. Auch eine Verringerung der Fahrzeiten ist voraussichtlich durch die Automatisierung eher indirekt möglich, da sich die Randbedingungen für die fahrdynamischen Möglichkeiten nicht ändern. Potenziale zeigen sich vor allem beim besseren Ausfahren der vorgegebenen Geschwindigkeits- und Bremskurven. Beispielsweise müssen menschliche Tf unter den überwachten Bremskurven bleiben, ohne diese genau zu kennen, um Zwangsbremungen zu vermeiden – ATO ermöglicht ein Bremsverhalten, das der zulässigen Bremskurve exakter entspricht [6]. Auch Experten der Digitalen Schiene Deutschland schätzen den Kapazitätseffekt von ATO auf 5%, unter anderem durch Einsparungen bei Signalsichtzeiten und eine geringere Streuung der Fahrzeiten [7].

tisch) für die Prüf- und Fertigmeldezeit und acht Sekunden für die Reaktionszeit, inklusive Reaktion auf den Abfahrtauftrag im Sinne einer Signalsichtzeit. Die übrigen vier Sekunden entfallen hier per Definition auf die Türschließzeit. Hierbei ist zu beachten, dass die Reaktionszeit auch die technisch bedingte Reaktionszeit des Antriebssystems des Zuges selbst beinhaltet, die durch die Automatisierung selbst voraussichtlich nicht verringert werden kann. Das Potenzial für eine verkürzte Haltezeit durch automatisiertes Fahren liegt damit also schätzungsweise bei acht Sekunden pro Halt.

Auch eine Verringerung der Fahrzeiten ist voraussichtlich durch die Automatisierung eher indirekt möglich, da sich die Randbedingungen für die fahrdynamischen Möglichkeiten nicht ändern. Potenziale zeigen sich vor allem beim besseren Ausfahren der vorgegebenen Geschwindigkeits- und Bremskurven. Beispielsweise müssen menschliche Tf unter den überwachten Bremskurven bleiben, ohne diese genau zu kennen, um Zwangsbremungen zu vermeiden – ATO ermöglicht ein Bremsverhalten, das der zulässigen Bremskurve exakter entspricht [6]. Auch Experten der Digitalen Schiene Deutschland schätzen den Kapazitätseffekt von ATO auf 5%, unter anderem durch Einsparungen bei Signalsichtzeiten und eine geringere Streuung der Fahrzeiten [7].

**Erkenntnisse und Ausblick**

Für das beschriebene Konzept einer Automatisierung im Regionalbahnbetrieb lässt sich eine Reihe von betrieblich nutzbaren Potenzialen identifizieren. Diese äußern sich nur in kleinen Teilen als klassische Leistungskenngrößen für Strecken im GoA 3- bzw. GoA 4-Regelbetrieb, da für reguläre Halte- und Fahrzeiten Zeiteinsparungen im Sekunden- und einstelligen Prozentbereich

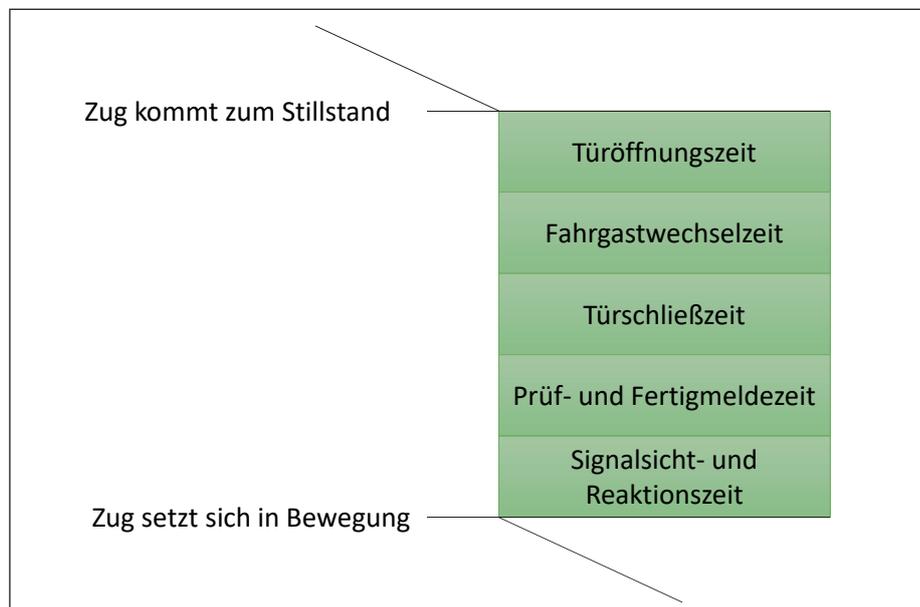


Abb. 3: Elemente der Haltezeit

Quelle: eigene Darstellung auf Basis von [5]

zu erwarten sind. Die klassische Fahraufgabe eines Tf ist im automatisierten Betrieb nicht mehr notwendig und eröffnet den größten Spielraum, mehr Fahrten bei gleichem Personalbestand anbieten zu können. Im Verkehrsangebot mittelgroßer EVU des SPNV zeigt sich, dass aktuell zusätzlich zur Fahraufgabe selbst große Arbeitszeiteile des Fahrpersonals für Aufgaben der Vor- und Nachbereitung und Rangiertätigkeiten genutzt werden. Diese können von neuen betrieblichen Rollen durchgeführt werden, oder durch den Einsatz von Automationstechnik ganz entfallen. Im weiteren Projektverlauf von ARTE werden die betrieblichen sowie wirtschaftlichen Po-

tenziale der angestrebten Automatisierungslösung und der damit einhergehenden neuen Rollenverteilung anhand von Szenarien untersucht. Dabei sollen auch Erkenntnisse aus Feldtests einfließen, die im Rahmen von ARTE im Verlauf des Jahres 2024 durchgeführt wurden und werden.

**Förderhinweis**

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) fördert im Fachprogramm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ die hier vorgestellten Arbeiten. Diese vorliegenden Inhalte sind im Rahmen des Projektes „ARTE – Automatisiert fahrende Regionalzüge in Niedersachsen“ entstanden. ■

**QUELLEN**

- [1] Specht, F.; Michels, A.; Adebahr, F.-A.; Meirich, C.; Hofstädter, R.; Milius, B. et al.: Automatisiertes Fahren in Niedersachsen - ARTE. Automated driving in Lower Saxony- ARTE, SIGNAL+DRAHT 09/2022, S. 10–1
- [2] Schöne, S.; Adebahr, F.-A.; Meirich, C.; Bekehrmes, T.: Betriebliche Differentialanalyse für den automatisierten Regionalbahnbetrieb, ETR - Eisenbahntechnische Rundschau 10/2023, S. 18-22. DVV Media Group. ISSN 0013-2845
- [3] Naumann, A.; Adam, J.; Fritsch, M.; Hofstädter, R.: ARTE: Neue Aufgaben und Rollen für Betriebspersonal, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 08/2024, S. 42-45. DVV Media Group
- [4] DB Netz AG: Richtlinie 405.0103A02 Fahrwegkapazität – Zeitverbräuche im Planungsprozess, Version 2.0, gültig ab 01.10.2022
- [5] Pachi, J.: Systemtechnik des Schienenverkehrs. 7. Auflage 2013, Springer Vieweg Verlag
- [6] Morton, D.; Bähr, M.; Detering, R.; Theeg, G.: Optimierung der Zugfolgezeiten mittels ETCS und ATO, SIGNAL+DRAHT 10/2012, DVV Media Group
- [7] Büker, T.; Heller, B.; Henning, E.; Reinhart, P.; Weymann, F.: Zum verkehrlichen Nutzen der Digitalen Schiene Deutschland, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 02/2024, S. 47-52. DVV Media Group



**Dipl.-Ing. Stefanie Schöne**  
Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
Institut für Verkehrssystemtechnik  
im Bereich Eisenbahnbetrieb  
Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt e.V., Braunschweig  
stefanie.schoene@dlr.de

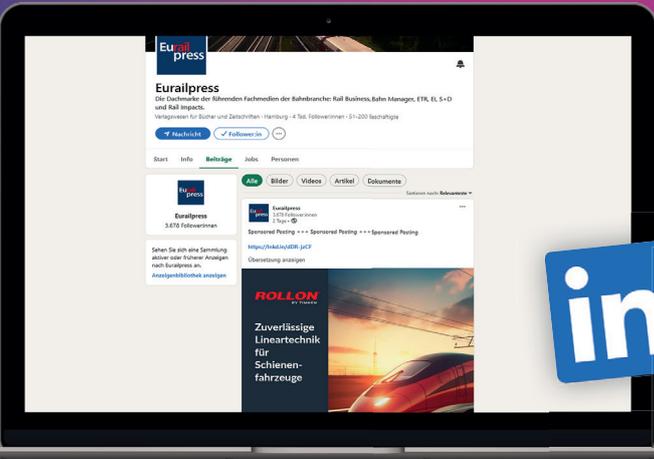
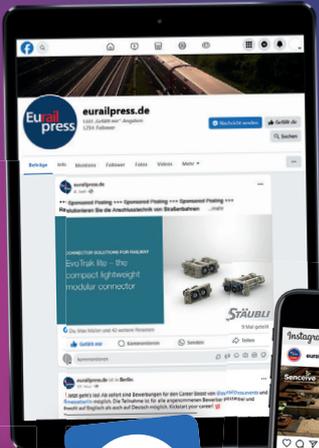


**Justin Adam, M.Sc.**  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Institut für Land- und Seeverkehr  
Fachgebiet Bahnbetrieb  
und Infrastruktur  
Technische Universität Berlin, Berlin  
justin.adam@tu-berlin.de



**Paul Mrosko**  
Studentischer Mitarbeiter  
Institut für Land- und Seeverkehr  
Fachgebiet Bahnbetrieb  
und Infrastruktur  
Technische Universität Berlin, Berlin  
paul.mrosko@tu-berlin.de

# Mit Social Media zur TOP-REICHWEITE







Werben Sie auf unseren Kanälen und nutzen Sie unseren günstigen Einstiegspreis!



Ihr Ansprechpartner: Tim Feindt  
tim.feindt@dvvmedia.com ■ Telefon +49 40 237 14 220



Autoren-Belegexemplar, Frau Schöne, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Weitergabe an Dritte urheberrechtlich untersagt.