

Stufenweise Einführung von Remote Train Operation für Bereit- und Abstellungsfahrten

Die Automatisierung von Zugfahrten ist nicht zuletzt aufgrund des Fachkräftemangels ein wichtiger Baustein zur Erreichung der notwendigen Verkehrsverlagerung auf die Schiene. Kurzfristig umsetzbare Lösungen bieten sich besonders für die Bereit- und Abstellung an. Remote Train Operation (RTO) kann speziell in Werken und Abstellbereichen Einsatzplanung, Flexibilität und Betrieb verbessern. Dieser Beitrag skizziert einen Ansatz zur Implementierung der Technologie und analysiert den direkten Nutzen.



1. Relevanz von RTO für Bereit- und Abstellungsfahrten

Um die Klimaziele der Bundesregierung zu erreichen, wird u.a. eine Verkehrsverlagerung im Personen- und Güterverkehr auf die Schiene angestrebt [1]. Dafür ist eine Steigerung der Anzahl von Zugfahrten notwendig, die auf ein heute schon knappes Angebot an Triebfahrzeugführenden (Tf) trifft. Dieses Problem droht sich in Zukunft weiter zu verschärfen. Laut Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V. (VDV) und Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) wird die Hälfte der Beschäftigten im Fahrbetrieb bis 2030 das Rentenalter erreichen [2]. Hinzu kommt eine mögliche reduzierte Wochenarbeitszeit [3].

Der Einsatz automatisierter Züge kann die Problematik des Fachkräftemangels im Bahnsektor in Kombination mit der notwendigen Verkehrsverlagerung auf die Schiene entschärfen. Dabei handelt es sich nach heutigem Stand vorrangig um eine langfristige Perspektive in Kombination mit dem europäischen Zugbeeinflussungssystem ETCS (European Train Control System). ETCS ist im deutschen Streckennetz jedoch noch lange nicht flächendeckend eingeführt. Um dennoch frühzeitig einen Mehrwert für Eisenbahnverkehrsunternehmen und Reisende zu schaffen, ist eine stufenweise Entwicklung von Produkten sinnvoll, die im Einklang mit dem langfristigen Ziel der Automatic Train Operation (ATO) unter ETCS steht. Aufgrund der Langlebigkeit der Schie-

neninfrastruktur sollte die Entwicklung auf Basis des Bestandssystems erfolgen [4, 5].

Als Vorstufe zu ATO bietet sich RTO an. RTO bezeichnet die fernbediente Steuerung von Zügen, bei der ein Tf nicht physisch im Zug sitzt, sondern die Kontrolle sowie die Sicherheitsverantwortung von einem entfernten Standort aus übernimmt. Insbesondere für Bereit- und Abstellungsfahrten bietet sich der Einsatz von RTO an, da keine Reisenden im Zug sind und geringere Geschwindigkeiten gefahren werden. Darüber hinaus ist die Einführung von ETCS für die werksinterne Infrastruktur bisher in der Regel weder vorgesehen noch betrieblich oder wirtschaftlich vorteilhaft, sodass auch langfristig bei einem ATO-über-ETCS-System der Einsatz von RTO für Bereit- und Abstellungsfahrten sinnvoll sein kann.

Am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen (VIA) wurde gemeinsam mit dem Institut für Schienenfahrzeuge der RWTH Aachen (IFS) ein technisch-betrieblicher Stufenplan zur Einführung von RTO für Bereit- und Abstellungsfahrten entwickelt. Dieser baut auf der Annahme einer Umrüstung moderner Triebzüge auf, die vom Tf bisher hauptsächlich über elektrische Bedienelemente und Touchscreens kontrolliert und gesteuert werden.

2. Stufenweise Einführung von RTO

Um die Implementierung von RTO für Bereit- und Abstellungsfahrten zu vereinfachen und möglichst früh von den Vorteilen



Leonie Meinerzhagen, M.Sc.
Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Verkehrswissenschaftliches
Institut der RWTH Aachen
meinerzhagen@
via.rwth-aachen.de



Christopher Wink, M.Sc.
Gruppenleiter Eisenbahn-
betriebswissenschaft
Verkehrswissenschaftliches
Institut der RWTH Aachen
wink@via.rwth-aachen.de



Henrik Brändle, M.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Institut für Schienenfahrzeuge
der RWTH Aachen
henrik.braendle@
ifs.rwth-aachen.de



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen
Institutsleiter
Verkehrswissenschaftliches
Institut der RWTH Aachen
niessen@via.rwth-aachen.de



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler
Co-Leiter
Institut für Schienenfahrzeuge
der RWTH Aachen
schindler@ifs.rwth-aachen.de



zu profitieren, bietet sich eine stufenweise Einführung an. Die Anordnung der Stufen wurde nach der technischen Komplexität, dem betrieblichen Nutzen und der praktischen Umsetzbarkeit gewählt. Die Stufen bauen aufeinander auf, sodass alle Funktionen, die bspw. in Stufe 1 eingeführt werden, auch in den nachfolgenden Stufen zur Verfügung stehen. Jede Stufe in sich bringt einen direkten Nutzen durch die Möglichkeit einer effizienteren Personaleinsatzplanung. Die Details werden in Abschnitt 4 näher beleuchtet. Die Stufen und ihr jeweiliger Funktionsumfang sind in Abbildung 1 dargestellt.

2.1. Stufe 1: Rangierfahrten mit RTO im Werkebereich

Stufe 1 beinhaltet alle Vorarbeiten, die notwendig sind, um einen Zug ferngesteuert als Rangierfahrt zu bewegen. Dies beinhaltet zunächst den Aufbau eines Remoteführerstands mit einer landseitigen Sicherheitsfahrerschaltung (SiFa), welche die Handlungsfähigkeit des Remote-Tf sicherstellt. Hinzu kommt die Verbindung zwischen dem Remoteführerstand und dem Fahrzeug sowie die Ausstattung des Fahrzeugs mit zusätzlicher Peripherie. Je Führerstand werden Kameras benötigt, um die Sicht auf den Fahrweg zu gewährleisten. Das Kuppeln und das positionsgenaue Anhalten werden durch eine weitere Kamera auf den Bereich unmittelbar vor dem Fahrzeug erleichtert. Mikrofone sind notwen-

dig zur Umfeldwahrnehmung sowie zur Übertragung von Fahrgeräuschen an den Remoteführerstand. Bild und Ton müssen dabei synchronisiert sein. Die Funkverbindung zwischen Fahrzeug und Remoteführerstand kann dabei über WLAN oder über LTE/5G erfolgen [6, 7]. Dabei muss die Übertragung von Daten mit geringer Latenz sichergestellt sein. Als weitere vorbereitende Maßnahme kommt die Möglichkeit der ferngesteuerten Bedienung von, je nach Antriebsart, Hauptschalter und Stromabnehmer oder des Tasters zum Motorstart hinzu. Zusätzlich ist ein Störschalter RTO einzubauen, mit dem alle RTO-Komponenten ausgeschaltet und vollständig von den anderen Systemen des Fahrzeugs getrennt werden, wenn das Fahrzeug mit einem Tf besetzt ist. Um mit einem Fahrzeug Rangierfahrten über RTO durchzuführen, ist das Bedienen des Richtungsschalters, des Führerbremsventils und des Fahrschalters notwendig. Weiterhin muss die Bedienung des Makrofons, der Federspeicherbremse und der Scheibenwischer möglich sein. In dieser Stufe ist ausschließlich die Übernahme eines vollständig aufgerüsteten Fahrzeugs möglich.

Bedingt durch die Funkzellenzuordnung im GSM-R-Netz müssen sich Fahrzeug und Remoteführerstand in derselben Funkzelle befinden, um die korrekte Zuordnung von Notrufen und Nummern von Fahrdienstleiter (Fdl) und Weichenwärter (Ww) zu gewährleisten. Eine weiter entfernte Fernsteuerung ist nur möglich mit

dem zusätzlichen digitalen Baustein Remote Zugfunk, der in Abschnitt 3.3 beschrieben wird, oder mit einer anderen zusätzlichen Lösung.

Mit wenigen Ausnahmen setzen die in dieser Stufe fernzusteuerten Bedienelemente im Führerstand bei den meisten modernen Fahrzeugen die Bedienhandlungen des Tf direkt in elektrische Signale um, die von einem Steuergerät ausgelesen werden. Die Betätigung dieser Bedienelemente kann demnach elektrisch simuliert werden, was die ferngesteuerte Bedienung ermöglicht. Ein entsprechender Umbau ist möglich, ohne die reguläre Funktion der Bedienelemente zu beeinträchtigen, sodass ein Tf an Bord auch weiterhin wie gewohnt mit dem Fahrzeug interagieren kann. Bedienelemente, deren Betätigung nicht durch eine elektrische Simulation gesteuert werden kann, aber in dieser Stufe benötigt werden, sind je nach Fahrzeug die Schnellbremsstellung des Führerbremsventils sowie ein Schlagtaster für Nothalt oder Not-Aus. Hierfür müssen sichere Wege

RTO kann besonders in
Werken und Abstellbereichen
Einsatzplanung, Flexibilität und
Betrieb verbessern.



zum Auslösen eines Halts gefunden werden, wie bspw. ein zusätzlicher Aktor.

2.2. Stufe 2: Übernehmen aus bzw. Abstellen in „Aufgerüstet abstellen“

In Stufe 2 stehen die Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten oder genauer die Übernahme aus dem Zustand „Aufgerüstet abstellen“ und das Abstellen eines Fahrzeugs im Zustand „Aufgerüstet abstellen“ im Fokus. Dabei wird das Übernehmen eines vollständig abgerüsteten Fahrzeugs und das Abstellen in ebendiesem Zustand ausgeklammert. Im Rahmen der Einführung von RTO sind die genauen Inhalte der Vorbereitungs- und Abschlussdienste ggf. anzupassen und bei der Übergabe an einen Tf entsprechende Zeiten für noch zu erledigende Tätigkeiten, wie die Überprüfung der Bedienelemente, einzuplanen. Des Weiteren ist die Durchführung von Funktionsprüfungen und die Eingabe von Zugdaten notwendig. Diese erfolgen in der Regel über ein Maschinentechnisches Display (MTD), sodass dieses ferngesteuert werden muss. Weiterhin müssen die Bedienung des Türwahlschalters und die Funktionsprüfungen von SiFa und den Zugbeeinflussungssystemen ferngesteuert möglich sein.

Die technische Umsetzung dieser Stufe kann bspw. durch eine mechanische Aktuierung der Bedienelemente oder eine Kommunikation mit der Fahrzeugsteuerung erfolgen. Auf letzteres wird im folgenden Abschnitt eingegangen. Bei der mechani-

schen Aktuierung werden die Bedienelemente physisch bewegt oder berührt. Die Bewegung kann u.a. durch einen Roboter, Seilzüge, Servomotoren oder eine Kombination dieser Elemente erfolgen [8].

2.3. Stufe 3: Bereitstellungsfahrten auf dem öffentlichen Netz mit RTO

Stufe 3 beinhaltet die ferngesteuerte Bereitstellungsfahrt zwischen Werk bzw. Abstellgleis und Bahnsteig als Zugfahrt auf dem öffentlichen Netz. Hierzu sind die Durchführung von Funktionsprüfungen und die Eingabe von Zugdaten erforderlich, die in der Regel über das Modulare Führerraumdisplay (MFD) gesteuert werden. Hinzu kommen das Aufrufen der EBU-La-Fahrplandarstellung sowie die Bedienung des Zugfunks bzw. die Vermittlung von Zugfunkgesprächen und Notrufen zwischen den beteiligten Endstellen. Weiterhin muss eine ferngesteuerte Bedienung der Zugbeeinflussung, des Spitzensignals, der Sandstreuereinrichtung und ggf. vorhandener Einstiegshilfen wie Schiebetritte möglich sein.

Die Ausrüstung mit RTO für Zugfahrten auf dem öffentlichen Netz ist deutlich anspruchsvoller als die Ausrüstung für Rangierfahrten. Ein Grund liegt in den höheren Geschwindigkeiten (>25 km/h) und den komplexeren Betriebssituationen, die auf dem öffentlichen Netz auftreten. Ursächlich hierfür ist bspw. regelmäßiger Mischverkehr mit anderen Eisenbahnver-

kehrsunternehmen. Hinzu kommt eine komplexere Signalisierung mit Haupt-, Vor- und Sperrsignalen unterschiedlicher Bauformen. Die Nutzung und Bedienung der Zugbeeinflussungssysteme sind auf dem öffentlichen Netz zwingend notwendig. Hier gilt es zu beachten, dass die im Werkbereich per Störschalter ab- und ausgeschalteten Zugsicherungssysteme vor der Fahrt auf dem öffentlichen Netz wieder aktiviert und wenn notwendig Prüfläufe durchgeführt werden müssen. Weiterhin erschwerend wirkt sich die direkte und indirekte Interaktion mit Betriebsfremden wie bspw. Reisenden am Bahnsteig aus. Außerdem sind die Anforderungen an die Kommunikationstechnik höher. Für Bereitstellungsfahrten auf dem öffentlichen Netz ist die Bedienung der Fahrgastinformationssysteme notwendig. Diese ist fahrzeugabhängig und muss im Einzelfall betrachtet werden.

Zur technischen Umsetzung dieser Stufe bei modernen Bestandsfahrzeugen ist eine direkte Kommunikation mit dem Fahrzeugsteuergerät obligatorisch. Diese Steuerung umgeht die Bedienelemente im Führerstand und sendet Signale direkt an das zentrale Steuergerät, bestimmte Aktionen am Fahrzeug auszuführen [9]. Dies erfordert allerdings einen Eingriff in die Sicherheitssysteme des Fahrzeugs und kann eine (teilweise) Neuzulassung nach sich ziehen. Für die Fernsteuerung des Zugfunks ist ein weiterer Baustein notwendig, auf den genauer in Abschnitt 3.3 eingegangen wird.

2.4. Anmerkungen zu den vorgestellten Stufen

In keiner der vorgestellten Stufen ist eine Bedienung der Störschalter oder das Öffnen ggf. geschlossener Wagenübergangstüren enthalten; dies muss weiterhin manuell erfolgen oder durch andere technische Lösungen umgesetzt werden. Außerdem ist in keiner der Stufen das Übernehmen und Inbetriebsetzen eines mit ausgeschalteter Fahrzeugsteuerung abgestellten Fahrzeugs und das Abstellen in diesem Zustand vorgesehen. In Abbildung 2 ist der Stufenplan mit einer Zuordnung möglicher technischer Lösungsansätze dargestellt.

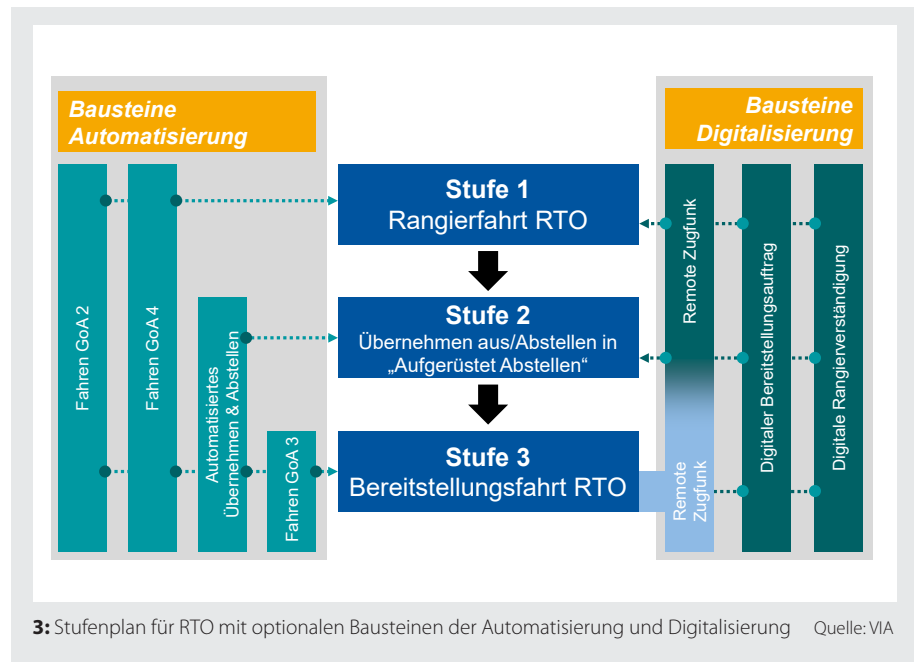
3. Bausteine der Digitalisierung und Automatisierung

Zusätzlich zur Einführung von RTO können die Tf bei der Bereitstellung durch die Automatisierung und die Digitalisierung von Arbeitsabläufen unterstützt werden. Dementsprechend wird der in Abschnitt 2 vorgestellte Stufenplan um zusätzliche Bausteine der Automatisierung und Digitalisierung ergänzt. In Abbildung 3 ist ihr Zusammenhang zu den jeweiligen Stufen verdeutlicht. Die Pfeile kennzeichnen die Stufen, in denen ein Baustein sinnvoll eingeführt werden kann. Nach der Einführung eines Bausteins steht dieser in allen nachfolgenden Stufen zur Verfügung.

3.1. Fahren im Automatisierungsgrad (GoA) GoA 2, GoA 3 oder GoA 4

Neben der Einführung von RTO können die Tf durch die Automatisierung von Arbeitsabläufen unterstützt werden. Hierbei kann die Zugfahrt automatisiert im GoA 2, 3 oder 4 erfolgen. Bei der Fahrt in GoA 2 fährt der Zug automatisch, den Anfahrbefehl, die Steuerung der Türen und das Störfallmanagement übernimmt ein Tf. Im vorliegenden Fall ist dies ein Remote-Tf. In GoA 3 übernimmt diese Aufgaben statt des Tf ein Zugbegleiter, der sich im Rahmen dieser Untersuchungen ebenfalls über RTO auf den Zug aufschaltet. Bei der Fahrt in GoA 4 ist durch die vollumfängliche Automatisierung kein Tf oder Zugbegleiter mehr notwendig, weder im Zug noch über RTO.

Die Bausteine des Fahrens in GoA 2 oder GoA 4 bieten sich für die Stufen 1 und 3 des in Abschnitt 2 vorgestellten Stufenplans an. Da im Rangierbetrieb keine Zugbegleiter eingesetzt werden, bietet sich der Baustein des Fahrens in GoA 3 nur zur Unterstützung der Bereitstellungsfahrten in Stufe 3 an.



3: Stufenplan für RTO mit optionalen Bausteinen der Automatisierung und Digitalisierung Quelle: VIA

3.2. Automatisiertes Übernehmen und Abstellen

In Stufe 2 des in Abschnitt 2 vorgestellten Stufenplans erfolgt die Übernahme aus dem Zustand „Aufgerüstet abstellen“ und das Abstellen eines Zugs in den gleichen Zustand. Dabei erfolgt u.a. die Durchführung von Funktionsprüfungen und die Eingabe von Zugdaten durch einen Tf. Je nach Fahrzeug erfolgen einige Prozesse schon heute teilautomatisiert, wie bspw. Bremsproben. Die Automatisierung weiterer Tätigkeiten bis hin zu einer vollständig automatisierten Übernahme aus dem Zustand „Aufgerüstet abstellen“ erscheint hier zielführend, sodass ein Tf vom Remoteführerstand aus nur noch den Anstoß für ein automatisiertes Übernehmen geben muss. Dieser Zusatzbaustein bietet sich in Stufe 2 des vorgestellten Stufenplans an.

Der Einsatz von RTO ... bietet ein hohes Potenzial, die planmäßige Bereitstellung von Zügen zu verbessern und sich damit positiv auf die Gesamtpünktlichkeit und die Kapazität des Schienenverkehrs auszuwirken.

3.3. Remote Zugfunk

Als digitaler Baustein ist ein Remote Zugfunk spätestens ab der dritten Stufe des in Abschnitt 2 vorgestellten Stufenplans obligatorisch. Damit wird erreicht, dass reguläre Zugfunkgespräche und besonders auch Notrufe aus der Funkzelle des Fahrzeugs an den entsprechenden Remoteführerstand vermittelt werden und umgekehrt, auch wenn sich beide zu diesem Zeitpunkt nicht in derselben Funkzelle befinden. Zwingend vorausgesetzt wird der Remote Zugfunk auch, wenn in einem Abstellbereich mehrere Funkzellen mit unterschiedlicher Zuordnung der Fdl bzw. Ww auftreten.

Der Remote-Tf wird mit diesem Baustein in die Lage versetzt, das landseitige Zugfunkgerät genauso zu nutzen, wie es im Fahrzeug der Fall wäre. Die technische Umsetzung erfordert weitere Forschung. Besonders mit dem Ziel, von einem Remoteführerstand aus Züge in verschiedenen Abstellanlagen fernzusteuern, ist eine tiefer gehende technische Untersuchung notwendig, wie die Fernsteuerung des Zugfunks bei unterschiedlicher Funkzellenzuordnung zwischen Fahrzeug und Remoteführerstand ohne signifikante Latenzen möglich ist.

3.4. Digitaler Bereitstellungsauftrag und Digitale Rangierverständigung

Aktuell erfolgt die Kommunikation zwischen zuständiger Disposition und Tf sowie

zwischen Ww bzw. Fdl und Tf telefonisch. Für einen Bereitstellungsauftrag oder zur Rangierverständigung sind daher oft mehrere Gespräche notwendig. Die Digitalisierung dieser Kommunikation, bei der dem Tf ein Rangierauftrag bspw. über sein persönliches Endgerät oder direkt auf einem Display des Remoteführerstands angezeigt wird, vereinfacht diesen Vorgang. Die Digitalisierung des Bereitstellungsauftrags und der Rangierverständigung könnte jeweils in eigenen Systemen oder in einem gemeinsamen System gekoppelt erfolgen, sodass Tf und – sofern relevant – Ww bzw. Fdl zeitgleich über anstehende Bewegungen informiert werden. Dieser Baustein ermöglicht eine effiziente Kommunikation [10].

4. Vorteile durch die Einführung von RTO im Einklang mit dem Stufenplan

Der Einsatz von RTO kann signifikante Anteile der üblichen Warte- und Wegezeiten, die für einen Tf während der Bereit- und Abstellung von Zügen anfallen, einsparen, sodass von hohen zeitlichen Einsparpotenzialen und einem flexibleren Einsatz ausgegangen werden kann [11]. Dies ist bereits bei Umsetzung der Stufe 1 des vorgestellten Stufenplans gegeben und nimmt mit jeder weiteren Stufe zu.

Durch die Übernahme von Fahrzeugen über RTO aus dem Zustand „Aufgerüstet abstellen“ bzw. die Abstellung in diesem Zustand entfällt der Vorbereitungs- und der Abschlussdienst am Fahrzeug, sodass Arbeitsvorgänge parallelisiert und Wegezeiten eingespart werden können. Während des Vorbereitungsdienstes entstehen Wartezeiten, die durch Systemprüfungen, Prozesszeiten sowie den vollständigen Hochlauf des Bordnetzes entstehen. Diese können genutzt werden, um Arbeiten über RTO an einem anderen Fahrzeug durchzuführen oder um mehrere Fahrzeuge parallel aufzurüsten, da lediglich das Anstoßen des Vorgangs sowie die Erfolgskontrolle einer aktiven Aufmerksamkeit bedürfen.

Besonders die Möglichkeit, Bereitstellungsfahrten mittels RTO durchzuführen, wirkt sich auf die notwendige Arbeitszeit aus, da lange Wegezeiten zwischen Abstellung und Bahnhof entfallen. Dementsprechend kann das Personal flexibler und schneller eingesetzt werden und mit derselben Anzahl an Personen kann eine größere Anzahl an Fahrzeugen bereitgestellt werden als dies aktuell möglich ist.

Die automatisierte Fahrt bietet das Potenzial einer hohen Arbeitszeiteinsparung.

Diese steigt mit dem angewendeten GoA. Während beim Fahren in GoA 2 noch Tf benötigt werden, um die Fahrzeugsteuerung über RTO zu überwachen, werden diese in GoA 3 im Regelfall durch Zugbegleiter ersetzt und in GoA 4 wird kein Personal mehr zur Steuerung der Fahrzeuge im Regelbetrieb eingesetzt. Dort wird RTO lediglich im Bedarfsfall in der Rückfallebene benötigt.

Ein digitaler Rangierauftrag und eine digitale Rangierverständigung ermöglichen eine einfachere und effizientere Kommunikation und verkürzen daher die Abstimmungszeiten im Betrieb.

Durch die Integration von RTO können Bahnbetreiber nicht nur den Einsatz des Personals besser und effizienter planen, sondern auch die Flexibilität und Reaktionsfähigkeit im täglichen Betrieb erhöhen. Dementsprechend bietet der Einsatz von RTO für Bereit- und Abstellungsfahrten ein hohes Potenzial, die planmäßige Bereitstellung von Zügen zu verbessern und sich damit positiv auf die Gesamtpünktlichkeit und Kapazität des Schienenverkehrs auszuwirken.

5. Zusammenfassung und Ausblick

RTO kann bereits kurz- und mittelfristig die Prozesse und den Personaleinsatz in der Bereit- und Abstellung verbessern und damit einen Beitrag zur Effektivität des Eisenbahnbetriebs leisten [12]. Der entwickelte Stufenplan zeigt auf, welche betrieblichen Szenarien mit welcher technischen Ausrüstung erfüllt werden können und ist auch auf Fahrzeuge und Infrastruktur im Bestand anwendbar. Damit können umfangreiche Erfahrungen mit nicht physisch besetzten Fahrzeugen gemacht werden, während die Sicherheitsverantwortung weiterhin beim Menschen liegt. Darüber hinaus kann RTO zukünftig das Störfallmanagement eines ATO-Zuges vereinfachen und auf Infrastrukturen ohne ATO zum Einsatz kommen [13]. •

Literatur

- [1] „Verantwortung für Deutschland. Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. 21. Legislaturperiode.“ 2025. [Online]. Available: https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag_2025.pdf. [Zugriff am 11.04.2025].
- [2] Verband der Bahnindustrie in Deutschland e.V. und Verband Deutscher Verkehrsunternehmen e.V., „Pressemitteilung: Branchenverbände fordern gezielte politische Maßnahmen.“ 27.09.2024. [Online]. Available: <https://www.vdv.de/240927-pm-vdv-und-vdb-fordern-massnahmen-gegen-fachkraeftemangel.pdf>. [Zugriff am 21.03.2025].

- [3] M. Waha, „www.deutschebahn.com.“ [Online]. Available: https://www.deutschebahn.com/de/presse/pressestart_zentrales_uebersicht/DB-und-GDL-erzielen-Tarifabschluss-Mitarbeitende-entscheiden-mit-innovativem-Optionsmodell-kuenftig-selbst-ueber-Arbeitszeit-12767712. [Zugriff am 23.4.2025].
- [4] D. Spiegel und C. Hauswald, „Vollautomatisiertes, fahrerloses Fahren auf der Schiene.“ EI - Der Eisenbahningenieur, S. 18-22, 5.2024.
- [5] B. Thomas-Friedrich, S. Schöne und K. Mühl, „Tele-Tf: Ein neues Berufsbild entsteht.“ ETR - Eisenbahntechnische Rundschau, S. 37-41, 11.2024.
- [6] B. Arslan und T. Bekehrmes, „ARTE - Erste technische Versuche mit Remote Train Operation.“ EI - Der Eisenbahningenieur, S. 59-63, 2024.
- [7] J. Adam, F.-A. Adebahr und B. Milius, „RTO-Erprobung im Spannungsfeld zwischen Testmethodik und Safety.“ EI - Der Eisenbahningenieur, S. 13-17, 2.2025.
- [8] DB Cargo, „ATO Betuweroute. DZSF Workshop.“ 22.11.2022. [Online]. Available: https://www.dzsf.bund.de/SharedDocs/Downloads/DZSF/Veroeffentlichungen/Workshop_ATO_Betuwe.html. [Zugriff am 25.3.2025].
- [9] S-Bahn Hamburg, „Digitale S-Bahn Hamburg.“ [Online]. Available: <https://s-bahn.hamburg/magazin/digitale-s-bahn-hamburg>. [Zugriff am 25.3.2025].
- [10] DB InfraGO AG, „Digitaler Befehl im Pilotbetrieb.“ [Online]. Available: <https://www.dbinfrago.com/web/schienennetz/netzzugang-und-regulierung/technischer-netzzugang/digitaler-befehl-pilotbetrieb-12592966#>. [Zugriff am 11.4.2025].
- [11] S. Schöne, J. Adam und P. Mrosko, „Betriebliche Auswirkungen der Automatisierung.“ EI - Der Eisenbahningenieur, S. 40-43, 11.2024.
- [12] M. Reichmann, A. Wagner und G. Himmelbauer, „Potenziale der Grades of Automation im Rangierbetrieb.“ EI - Der Eisenbahningenieur, S. 67 - 71, 5.2025.
- [13] B. Thomas-Friedrich, N. Baßin, F. Brosch, A. Huber und R. Michaelsen, „Vermeidung von Monotonie am Tele-Tf-Arbeitsplatz.“ EI - Der Eisenbahningenieur, S. 134 ff., 9.2024.

Summary

Gradual introduction of remote train operation for standby and stabling journeys

The automation of train journeys is an important element in achieving the necessary modal shift to rail, not least due to the shortage of skilled labour. Solutions that can be implemented in the short term are particularly suitable for standby and stabling operations. Remote train operation can improve deployment planning, flexibility and operations, especially in depots and stabling areas. This article outlines an approach to implementing the technology and analyses the direct benefits. Result: Remote Train Operation can already improve processes and personnel deployment in standby and stabling in the short and medium term. The step-by-step plan developed shows which operational scenarios can be fulfilled with which technical equipment and can also be applied to existing vehicles and infrastructure. This allows extensive experience to be gained with vehicles that are not physically manned, while the responsibility for safety remains with people.