

Flexible Arbeitsumgebungen für die ATO-Rückfallebene

Nutzung moderner Technologien wie Tablets für Zugbegleiter und Remote Operator bei fahrerlosem Fahren

FREDERIK-ALEXANDER ADEBAHR |
BIRGIT MILIUS | ANJA NAUMANN

Auch für den fahrerlosen automatisierten Vollbahnbetrieb ist für den technischen Störfall eine Rückfallebene mit menschlichem Eingreifen zwingend erforderlich. Da im fahrerlosen Betrieb kein Triebfahrzeugführer (Tf) zur Verfügung steht, müssen für diese Rückfallebene neue Konzepte erarbeitet werden. Im vorliegenden Beitrag werden erste Ansätze aufgezeigt, welche Aufgaben beispielsweise von einem Zugbegleiter oder Remote Operator übernommen werden könnten, wie eine Interaktion zwischen den beiden Rollen stattfinden könnte und wie moderne Technologien mit verringerter technischer Ausstattung die Arbeitsumgebung flexibilisieren können.

Der Aspekt Mensch beim fahrerlosen Fahren

Für die Durchführung von ATO (Automatic Train Operation)-Vollbahnbetrieb mit hoher Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit ist eine effektive Rückfallebene für den technischen Störfall notwendig. Wenn ein technisches System inklusive aller verbauten Redundanzen den Betrieb nicht sicher aufrechterhalten kann, ist das Eingreifen des Menschen zwingend erforderlich. Während für den Betrieb mit Tf die Rückfallebene vor allem durch genau diesen abgedeckt wird, beispielsweise durch das Fahren auf Sicht, müssen für den fahrerlosen Betrieb andere Konzepte erarbeitet werden. Hierbei sollen die aktuellen Aufgaben des Tf in der Rückfallebene nicht einfach kopiert, sondern neue Synergien mit anderen bestehenden Aufgaben gefunden werden und moderne Technologien mit verringerter technischer Ausstattung die Arbeitsumgebung flexibilisieren.

Fahren ohne Tf wird nach [1] unterschieden in Automated Train Operation Grade of Automation 3 und 4, kurz ATO GoA 3 und ATO GoA 4. GoA 3-Betriebskonzepte haben zu jeder Zeit Personal an Bord des Zuges, welches nach [1] „Notfallsituationen erkennen und bewältigen“ und im Störfall eingreifen kann, während GoA 4-Betriebskonzepte ohne Personal an Bord auskommen müssen. Für die Vollbahn lassen sich die Rollen des Zugbegleiters und

des Remote Operators identifizieren, welche sich im ATO GoA 3/4-Betrieb eignen, um bei technischer Störung den Betrieb auf der Strecke aufrecht zu erhalten. Deren Arbeitsbereiche mit betrieblichen Bedürfnissen abzustimmen, ist Aufgabe dieses Beitrages.

Zugbegleiter und Remote Operator in der ATO-Rückfallebene

Im GoA 3-Betrieb ist ein Zugbegleiter an Bord, welcher sich vornehmlich um die Fahrgäste kümmert und auch betriebliche Aufgaben übernimmt, wie die Abfertigung des Zuges bei der Abfahrt. Eine entsprechende, noch zu definierende Weiterbildung vorausgesetzt, könnte ein Zugbegleiter potenziell im Störfall von einem von den Fahrgästen separierten Führerraum vorn im Zug aus die Strecke trotz technischem Ausfall räumen. Dies ist ein Szenario, das im Forschungsprojekt ARTE [2] untersucht wird. Alternativ könnte er von einem Hilfsführerstand im Fahrgastraum vorn im Zug aus agieren. Auch ist die Nutzung von moderner Hardware wie Tablets möglich, um die aufgetretenen technischen Probleme direkt von einer flexiblen Position aus im Zug zu begutachten, eine Lösung umzusetzen oder den Zug ggf. manuell – ggf. auf Sicht – zu fahren. Ein Remote Operator kann im GoA 4-Betrieb, in dem sich kein Personal mehr an Bord befindet, in der Rückfallebene den Zug mit verringerter Geschwindigkeit – ggf. auf Sicht – fahren. Der Remote Operator kann mittels der Übertragung von Video und Steuersignalen den Zug

fahren, entweder von einer Leitstelle aus wie in [3] oder mit einem technisch weniger ausgestatteten Arbeitsplatz oder einem Tablet von einem Bahnhofsgebäude oder Bahnsteig aus. Zu unterscheiden ist auch, ob dem Remote Operator erst bei Auftreten eines nicht durch das ATO-System lösbaren technischen Ausfalls oder betrieblichen Problems relevante Daten zur Verfügung gestellt werden wie in [1], oder ob es eine kontinuierliche Überwachung mehrerer Züge durch ein Operator-Team wie in [3] gibt.

ATO GoA 3-Rückfallebene mit Zugbegleiter und Tablet

Im GoA 3-Betrieb kann ein Zugbegleiter mit noch zu definierender Weiterbildung potenziell alleinig technische Störungen behandeln und falls nötig, den Zug – ggf. auf Sicht – bis in den nächsten Bahnhof fahren. Über ein Bediengerät, ein Tablet beispielsweise, kann der Zugbegleiter jederzeit über den Status des Zuges, die aktuelle Verspätung oder andere betrieblich relevante Informationen informiert werden, während er Fahrkarten kontrolliert und Services für Fahrgäste anbietet (A in Abb. 1). Der Zugbegleiter schafft zugleich ein erhöhtes Maß an subjektivem Sicherheitsempfinden bei den Fahrgästen und erhöht die Attraktivität des Systems Bahn. Ein betrieblich relevanter Ausfall kann über das Tablet angezeigt werden, sodass der Zugbegleiter die Schwere des Ausfalls beurteilen und erste Abhilfemaßnahmen direkt am Tablet in

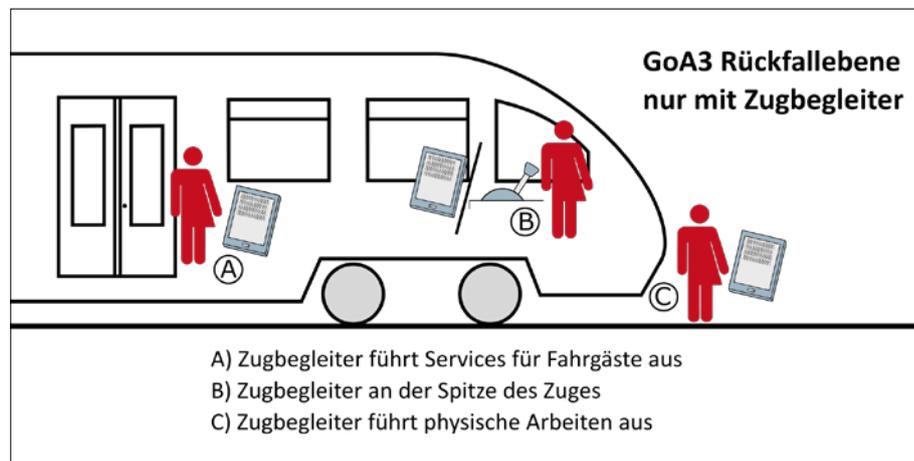


Abb. 1: Arbeitsumgebung des Zugbegleiters im Betrieb in der GoA 3-Rückfallebene bei der Vollbahn

Quelle aller Abb.: eigene Darstellung

sehr kurzer Zeit einleiten kann. Hierbei ist zu beachten, dass sich der Zugbegleiter im Fahrgastraum befindet und eventuell ungewollt Informationen an Fahrgäste gelangen oder der Zugbegleiter durch Fahrgäste beeinflusst oder abgelenkt wird. Erfordert der technische Ausfall eine Übernahme der betrieblichen Verantwortung durch den Zugbegleiter, kann dieser an einem vorgesehenen Bereich an der Spitze des Zuges den Betrieb durch Fahren – ggf. auf Sicht – übernehmen (B in Abb. 1). Hierbei muss Zeit eingeplant werden, um von einem beliebigen Punkt des Fahrgastabteils zu dem Bereich zu gelangen, um danach die dortigen Systeme hochzufahren und um die Betriebsverantwortung auf den Zugbegleiter zu übertragen. Ist der Bereich ein Hilfsführerstand im Fahrgastraum, existieren die gleichen Probleme wie bereits für das Tablet dargestellt. Abhilfe könnte ein separates Abteil im Zug bieten, in welchem ausreichend Ruhe für betriebliche Handlungen herrscht, wobei jedoch die Strecke nicht direkt eingesehen werden könnte und somit wieder eine Videoübertragung benötigt würde. Weiterhin kann der Zugbegleiter Fehlerquellen im und am Zug identifizieren und Abhilfemaßnahmen durchführen (C in Abb. 1). Eine Beschreibung aus Human-Factors-Sicht, welche zusätzlichen betrieblichen Aufgaben, wie viele und in welcher Priorisierung und Abfolge ein Zugbegleiter übernehmen könnte, ist ein Ziel des Projektes ARTE [2]. Hierzu sollen theoretische Überlegungen auch gemeinsam mit den Praxispartnern im Testbetrieb überprüft werden. Aus dieser entstehenden Rollenbeschreibung können dann zum einen arbeitspsychologische Empfehlungen für die konkrete Ausgestaltung der Arbeitsumgebung abgeleitet werden. Zum anderen kann potenziell ein neues Berufsfeld mit den entsprechenden Ausbildungserfordernissen definiert werden.

ATO GoA 3/4-Rückfallebene mit Remote Operator und Tablet

Der GoA 4-Betrieb umfasst in der aktuellen Forschung oft die Fahrt ohne Fahrgäste mit geringer Geschwindigkeit zum ersten Bahnhof hinter der Abstellanlage, so auch in [4]. Hierbei ist das zu erwartende Schadensausmaß geringer als zwischen Bahnhöfen. Eine GoA 4-Fahrt zwischen Bahnhöfen wie in [3] wird hier nicht thematisiert. Ein Remote Operator im GoA 4-Betrieb kann sich von einem voll ausgestatteten Arbeitsplatz, einem reduzierten Arbeitsplatz oder von einem Tablet aus bei einer relevanten Fehlermeldung auf das Fahrzeug aufschalten und die erhaltenen Informationen begutachten. Der Operator kann in einer Leitstelle (F in Abb. 2) oder streckennah in einem Bahnhofsgebäude (E in Abb. 2) arbeiten. Im letzten Fall punktet ein vor Ort arbeitender Operator durch Strecken- und Ortskenntnis, kann Rettungskräfte einweisen und erhält ein besseres Lagebild als in einer Betriebszentrale.

Bei dem Konzept der Verortung des Remote Operators in einer Leitstelle oder Zentrale [3] ist eine kontinuierliche Überwachung der Züge im GoA 4-Regelbetrieb in der Form vorgesehen, dass ein Remote Operator einen definierten Bereich mit mehreren automatisiert fahrenden Zügen überwacht und jeweils einen Zug in der Verantwortung übernehmen und manuell fernsteuern kann, wenn dieser eine Störung meldet und detailliertere Informationen übermittelt. Hierfür wurden bereits konkrete Gestaltungsempfehlungen aus Human-Factors-Sicht und prototypische Umsetzungen der Arbeitsumgebung des Remote Operators entwickelt [5]. Bei einem Konzept ohne kontinuierliche Überwachung gibt es bei fehlerfreiem Betrieb keine Aufgaben für die Rolle des Remote Operators, der sich beispielsweise vor Ort, aber nicht direkt auf dem Zug befindet, wodurch er sich um Themen der Infrastruktur kümmern kann und wieder zu einer verbesserten subjektiven Sicherheit beiträgt. Für die Einarbeitung bei Übernahme der Betriebsverantwortung ist ein Zeitraum vorzusehen, durch welchen der Betrieb verzögert wird. Ist eine Übernahme der betrieblichen Verantwortung nötig, kann der Remote Operator das Fahrzeug unter Nutzung verschiedener Sensoren bis zu einem betrieblich zu definierenden Ort fahren. Die mögliche Geschwindigkeit ist von der Latenzzeit der Sensordaten abhängig, wie auch [6] zeigt. Durch die geringe Geschwindigkeit entstehen weitere Betriebsverzögerungen. Die Einarbeitung in den gemeldeten Fehler und ggf. die Übernahme der betrieblichen Verantwortung gelingt schneller im GoA 4-Betrieb mit kontinuierlicher Überwachung, da der Zug sich bereits in einem von einem Remote Operator überwachten Bereich befindet und bis zu einem zu definierenden Detaillevel Informationen bereits bekannt waren. Der Remote Operator kann in der Zwischenzeit jedoch keine oder nur bedingt andere Aufgaben übernehmen. Hier ist zu klären, inwieweit die überwachende Tätigkeit im Regelbetrieb die Einarbeitungszeit verringert. Auch die Rolle des Remote Operators soll im Projekt ARTE [2] aus Human-Factors-Sicht genauer betrachtet werden. Insbesondere sind hier Ansätze zu erarbeiten, wie eine Arbeitsumgebung im Sinne einer verein-

fachten Fernsteuerung, die nicht einem vollumfänglichen Arbeitsplatz in einer Leitstelle wie in [3] entspricht, aus psychologischer Perspektive gestaltet werden könnte. Auch hier werden diese Ansätze wieder gemeinsam mit den Praxispartnern im Projekt evaluiert.

Eine Videoverbindung wird auch benötigt, wenn ein Remote Operator aus einer Leitstelle in der Rückfallebene im GoA 3-Betrieb die Fahrt auf Sicht mittels Videoübertragung alleinig durchführt und der Zugbegleiter nicht in den Betriebsablauf der Rückfallebene involviert ist (E und F in Abb. 2). Ein vollständiges außer Acht lassen des Zugbegleiters (A in Abb. 2) erscheint jedoch nicht als sinnvoll, da

- der Zugbegleiter bereits im Regelbetrieb in die Betriebsabläufe mit eingebunden ist,
- zu prüfen wäre, ob das Fahren eines mit Fahrgästen besetzten Zuges allein mit Sensordaten und Videoübertragung sicherheitstechnisch zulässig ist und
- Evakuierungen der Fahrgäste automatisiert erfolgen müssten.

ATO GoA 4-Rückfallebene mit Zugbegleiter und Tablet

Auch im GoA 4-Betrieb kann potenziell ein auf dem ersten oder letzten Bahnsteig der Zugfahrt befindlicher Zugbegleiter in der Rückfallebene den Betrieb übernehmen (D in Abb. 3). Hierbei können ihm die relevanten Informationen beispielsweise direkt auf ein Tablet gesendet werden. Kann das Problem nicht mithilfe des Tablets behoben werden, kann der Zugbegleiter bei einem bereits vom Bahnsteig abgefahrenen Zug im GoA 4-Betrieb die Fahrtrichtung wechseln, den Zug wieder in den Bahnhof fahren lassen und selbst zusteuern. Dies bedarf einer angepassten Betriebsplanung, um den Fahrtrichtungswechsel zu ermöglichen und eine gegenseitige Behinderung von Fahrstraßen zu verhindern. Ist der Zug hingegen nicht mehr fahrfähig, so kann der Zugbegleiter zum stehenden Zug gehen oder fahren. Dies bedarf eines Wegekonzeptes für die GoA 4-Strecke, um den Zug schnellstmöglich zu erreichen und die betriebliche Verzögerung gering zu halten. Die GoA 4-Strecke sollte möglichst kurz sein, um Betriebsverzögerungen gering zu halten.

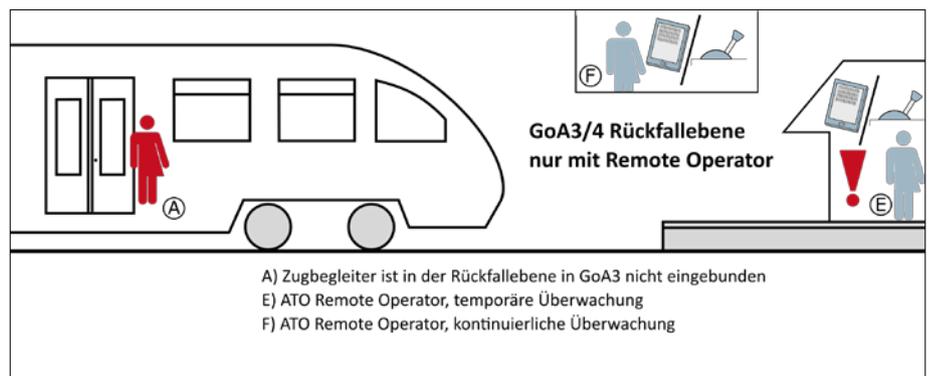


Abb. 2: Arbeitsumgebung des Remote Operators im Betrieb mit GoA 3/4 bei der Vollbahn

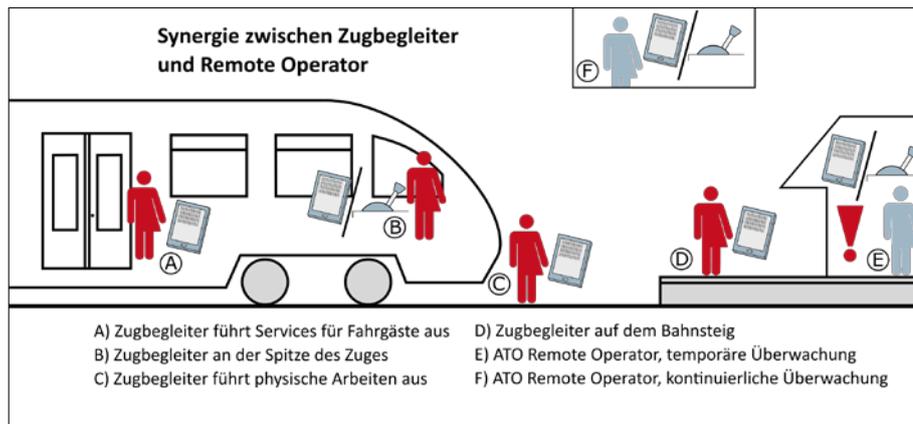


Abb. 3: Synergie von Zugbegleiter und Remote Operator im Betrieb mit GoA 3/4 bei der Vollbahn

Synergie zwischen Zugbegleiter und Remote Operator

Im Betriebsablauf mit beiden Rollen in Kombination kommen die Vorteile beider zum Tragen. Während sich der Zugbegleiter direkt im oder am Fahrzeug befindet und physische Handlungen durchführen kann (C in Abb. 3), hat der Remote Operator durch seinen dedizierten Arbeitsplatz einen Überblick über das Geschehen (F in Abb. 3). Synergien ergeben sich im GoA 3-Betrieb. Der Remote Operator (E und F in Abb. 3) kann Fehlermeldungen der Fahrzeuge prüfen, bewerten und erste Abhilfemaßnahmen durchführen, ohne dass der Zugbegleiter seine Arbeit im Fahrgastraum unterbrechen muss (A in Abb. 3). Auch kann ein kontinuierlich überwachender Operator potenziell Sensordaten auswerten, welche Böschungsbrände oder Ähnliches vorgefiltert anzeigen. Abhängig von den Betriebsprozessen wird der Zugbegleiter betrieblich eingebunden oder nur informiert, siehe hierfür auch [7]. Der Zugbegleiter kann die Fahrgäste informieren, selbst Teilhandlungen in der Rückfallebene umsetzen, die aus der Ferne nicht durchgeführt werden können oder dem Remote Operator weitere Informationen zukommen lassen, damit dieser eine Gefahrensituation bewältigen kann. Hierzu zählen die visuelle Sichtung von Fehlerquellen oder des Schadensausmaßes (C in Abb. 3) oder die Umsetzung von Evakuierungsmaßnahmen. Weiterhin muss der Zugbegleiter durch die Unterstützung des Remote Operators die Informationen nicht allein auswerten, was im Fahrgastraum schwierig wäre. Der Remote Operator kann dem Zugbegleiter zusätzliche Informationen aus der Leitstelle übermitteln, ihn bei Diagnose und Entscheidungen unterstützen und ihm ggf. Instruktionen für die Störungsbehebung übermitteln. Abhängig von der Tiefe der noch zu definierenden Ausbildung des Zugbegleiters, kann dieser während Fahrt in der Rückfallebene mindestens die visuelle Streckenüberwachung übernehmen und entsprechend auf Hindernisse reagieren (B in Abb. 3). Die Latenzzeit

und somit die Position des Remote Operators spielen dann fast keine Rolle mehr. Der Zugbegleiter kann in der Rückfallebene weitere Aufgaben übernehmen, wodurch das Vier-Augen-Prinzip Anwendung findet. Dadurch wird die zusätzliche Ausbildung des Zugbegleiters jedoch umfangreicher. Zu klären bleibt, welche zusätzlichen Aufgaben auf den Zugbegleiter sinnvoll übertragen werden können und wie die Interaktion zwischen Zugbegleiter, Remote Operator und ggf. weiterem Personal (z. B. Fahrdienstleiter in der Leitstelle oder technisches Personal vor Ort) im Detail funktionieren könnte. Für diese Abwägung müssen sicherheitstechnische, betriebliche und betriebswirtschaftliche Argumente sowie Human-Factors-Aspekte berücksichtigt werden. Auch dies wird Gegenstand des Projektes ARTE [2] sein. Im GoA 4-Betrieb, ohne Personal auf dem Zug, sind die Synergien begrenzt. Ein Zugbegleiter kann einem Remote Operator ein besseres Lagebild durch zusätzliche Informationen geben. Eine Möglichkeit wäre daher, dass sich ein Remote Operator entscheidet, einen durch ein Hindernis blockierten Zug auf dem Weg in die Abstellanlage zurück zum letzten Bahnhof fahren zu lassen, damit der sich bereithaltende Zugbegleiter (D in Abb. 3) zusteigen kann. Auch könnte der Operator den Zugbegleiter bitten, zu dem liegengebliebenen Zug zu gehen oder zu fahren. Ein GoA 3-Szenario schließt sich an.

Fazit

Es wurden flexible Arbeitsumgebungen der Rollen von Zugbegleiter und Remote Operator für die GoA 3/4-Rückfallebene in verschiedenen Szenarien beschrieben und jeweils Vorteile dargestellt und Fragestellungen aufgeworfen. Im Betriebsablauf mit beiden Rollen gemeinsam konnten Synergien skizziert werden, wobei eine genauere Untersuchung der Verteilung von Aufgaben auf beide Rollen sowohl aus betrieblicher als auch aus Human-Factors-Sicht erforderlich scheint. ■

QUELLEN

- [1] EN 62290-1:2014: Railway applications - Urban guided transport management and command/control systems - Part 1: System principles and fundamental concepts (IEC 62290-1:2014)
- [2] Specht, F. et al.: Automatisiertes Fahren in Niedersachsen, in: SIGNAL+DRAHT 9/2022, S. 2–8
- [3] Brandenburger, N.; Naumann, A.; Grippenkov, J., Jipp, M.: Der Train Operator – Situative Fernsteuerung von automatisierten Zügen, in: EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 9/2017, S. 13–15
- [4] Schröder, J. et al.: Digitale S-Bahn Hamburg Erstmalige Streckenausrüstung von ATO over ETCS in Deutschland, in: EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 10/2021, S. 44–47
- [5] Brandenburger, N., Naumann, A.: Der Arbeitsplatz des Train Operator im Fokus, in: EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 11/2019, S. 13–17
- [6] Grippenkov, J. et al.: Teleoperierte Triebfahrzeugführung als Rückfallebene der Hochautomatation, in: SIGNAL + DRAHT 6/2020, S. 6–13
- [7] Üyümez, B.: Potenziale einer Mensch-Maschine Kooperation bei Störungen im automatisierten Betrieb, in: ETR – Eisenbahntechnische Rundschau 10/2019, S. 18–24



M.Sc. Frederik-Alexander Adebahr
 Wissenschaftlicher Mitarbeiter
 Fachgebiet Bahnbetrieb
 und Infrastruktur (bbi)
 TU Berlin, Berlin
 f.adebahr@tu-berlin.de



Prof. Dr. Birgit Milius
 Leiterin des Fachgebietes Bahnbetrieb
 und Infrastruktur (bbi)
 TU Berlin, Berlin
 birgit.milius@tu-berlin.de



Dr. Anja Naumann
 Wissenschaftliche Mitarbeiterin
 Mensch Technik Organisation
 Deutsches Zentrum für Luft-
 und Raumfahrt e.V. (DLR),
 Institut f. Verkehrssystemtechnik, Berlin
 anja.naumann@dlr.de