

Bahnarbeitsplätze im Wandel

Anja Naumann und Jan Grippenkoven

1 Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung des Bahnsystems führen auch zu einem sukzessiven und mittlerweile deutlich spürbaren Wandel in Bezug auf die Arbeitsplätze im Schienenverkehr. Am Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) werden diese Veränderungen und deren Konsequenzen im Zusammenspiel aus Mensch, Technik und Organisation betrachtet. Auch in einem weitgehend automatisierten Bahnsystem ist der Mensch, vor allem mit seinen Stärken im komplexen Problemlösen, Entscheiden und Diagnostizieren, unverzichtbar [1]. Damit ergeben sich auch neue Chancen und Ansätze, wie er zu einem effizienten und sicheren Bahnbetrieb beitragen kann [2]. Insbesondere im Rahmen höherer Automatisierungsstufen ergeben sich neue Aufgabenteilungen zwischen Mensch und Technik, sich verändernde Aufgaben für Zug- und Leitstellenpersonal und gegebenenfalls auch gänzlich neue Rollen und Berufsbilder für das Personal. Am DLR werden daher in verschiedenen Forschungsprojekten aktuelle Entwicklungen im Bereich der Automatisierung aus Human-Factors-Sicht analysiert und aus den Ergebnissen Gestaltungsempfehlungen für die nutzerzentrierte Gestaltung zukünftiger Bahnarbeitsplätze abgeleitet. Ein wichtiges Ziel ist hierbei, die jeweiligen Stärken von Mensch und technischem System zu nutzen und eine optimale Aufgabenteilung zwischen beiden zu erreichen.

2 Neue Aufgaben und Rollen für Zug- und Leitstellenpersonal

2.1 Vom Triebfahrzeugführer zum Remote Train Operator

Insbesondere für den Triebfahrzeugführer (Tf) ergeben sich in den verschiedenen Automatisierungsstufen des Schienenverkehrs (Grade of Automation – GoA [3], siehe Abb. 1) deutliche Veränderungen der Aufgaben und damit Gestaltungsbedarf für die entsprechenden Arbeitsplätze und -umgebungen. In GoA 1 wird mit sichernder Unterstützung eines Zugbeeinflussungssystems (z.B. Punktförmiges Zugbeeinflussungssystem, PZB) noch manuell gefahren, der Tf ist damit kontinuierlich mit der Fahraufgabe und der Streckenbeobachtung beschäftigt. Aus arbeitspsychologischer Perspektive ist dies insgesamt eine günstige, recht ganzheitliche Tätigkeit, die wechselnd aus beobachtenden und manuellen Handlungen besteht. Nur auf längeren, gleichförmigen Strecken, zum Beispiel im Güterverkehr, besteht die Gefahr der Ermüdung und Monotonie [4].

Grade of Automation	Type of train operation	Setting the train in motion	Stopping train	Door closure	Operation in event of Disruption
Grade of Automation 1	ATP with driver	Driver	Driver	Driver	Driver
Grade of Automation 2	ATP + ATO with driver	Automatic	Automatic	Driver	Driver
Grade of Automation 3	Driverless	Automatic	Automatic	Train attendant	Train attendant
Grade of Automation 4	Unattended train operation (UTO)	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic

Abb. 1: Automatisierungsstufen im Schienenverkehr (Grades of Automation [3])

Bereits in GoA 2 (z.B. European Train Control System ETCS Level 2 ohne Signale) wird ein großer Teil der Fahraufgabe automatisiert durchgeführt, ohne Streckensignale entfällt auch die Notwendigkeit der permanenten Streckenbeobachtung. Damit wird die Tätigkeit des Tf im Wesentlichen zu einer Überwachungsaufgabe eines technischen Systems, die sich zum Beispiel in der kontinuierlichen Beobachtung der ETCS-Anzeige im Bedienpult und nur wenigen Blicken auf die Strecke zeigt [5]. Aus arbeitspsychologischer Sicht ist diese reine Überwachungstätigkeit als eher ungünstig anzusehen, da sie zu Monotonie und Ermüdung führt [6 und 7] und trotzdem sichergestellt werden muss, dass der Tf in einer kritischen Situation schnell und der Situation angemessen handeln kann. Zu empfehlen ist daher, hier eine Abwechslung von Phasen der Überwachung der Automatisierung und des manuellen Fahrens während einer Schicht eines Tf zu schaffen, um ein optimales Beanspruchungsniveau (weder Unter- noch Überforderung) aufrecht zu erhalten [8].

Für GoA 1 und 2 gilt es weiterhin, den Tf ein optimales Maß an Informationen durch Assistenz- und Informationssysteme zur Verfügung zu stellen und diese Informationen auf so wenigen Anzeigeelementen wie möglich im Führerstand integriert darzustellen. Zu viele, verteilte Informationen könnten zu einer kognitiven Überlastung führen. Zu wenig Informationen hingegen führen potenziell zu einem nicht ausreichend ausgeprägten Bewusstsein über die vorliegende Situation, welches jedoch für schnelles und angemessenes Handeln erforderlich ist (sog. Situationsbewusstsein [9]). Psychologisch begründete Gestaltungsempfehlungen für Informationen an den Tf werden vom DLR beispielsweise für ein Assistenzsystem mit Fahrempfehlungen zum energiesparenden Fahren im Projekt FASaN – Fahrerassistenzsysteme adaptive Nachhaltigkeit im Bahnbetrieb [10] entwickelt. Hierbei werden in einem nutzerzentrierten Vorgehen gemeinsam mit Tf zunächst Anforderungen an das System erhoben, dann mit den Tf verschiedene

Gestaltungsvarianten diskutiert und letztlich ein Prototyp im Feldtest im Realbetrieb mit der ODEG (Ostdeutsche Eisenbahn GmbH) auf Verständlichkeit, Nützlichkeit und Bedienbarkeit getestet.

In GoA 3 befindet sich kein Tf mehr im Führerstand, der Zug fährt automatisiert. An Bord befindet sich jedoch noch Zugpersonal, das zum Beispiel für das Schließen der Türen zuständig ist und im Störfall bestimmte Tätigkeiten übernehmen kann, um die Störung zu beheben. Die Rolle des Tf wandelt sich potenziell zur Rolle des sogenannten Remote Train Operators (TO). Dieser sitzt beispielweise gemeinsam mit Fahrdienstleitern (Fdl) und Disponenten in einer Leitstelle und kann im Störfall den Zug manuell fernsteuern bzw. dem auf dem Zug befindlichen Begleitpersonal gegebenenfalls Hinweise oder Anleitungen für die Störungsbehebung geben. In den Projekten Next Generation Train [11], Next Generation Railway Systems [12] und Digitalisierung und Automatisierung des Bahnbetriebs (DLR-interne Projekte) wurde am DLR in mehreren Iterationsstufen aus Entwicklung und Evaluation in Nutzertests eine prototypische Arbeitsumgebung für den TO entwickelt, die in Abb. 2 dargestellt ist.

Kern dieses Arbeitsplatzes ist, dass der TO einen bestimmten Bereich überwacht, der beispielsweise groß auf eine Wand projiziert werden kann, um auch den Fdl und Disponenten die gleiche Informationsbasis zu bieten. Wenn in diesem Bereich bei einem auto-

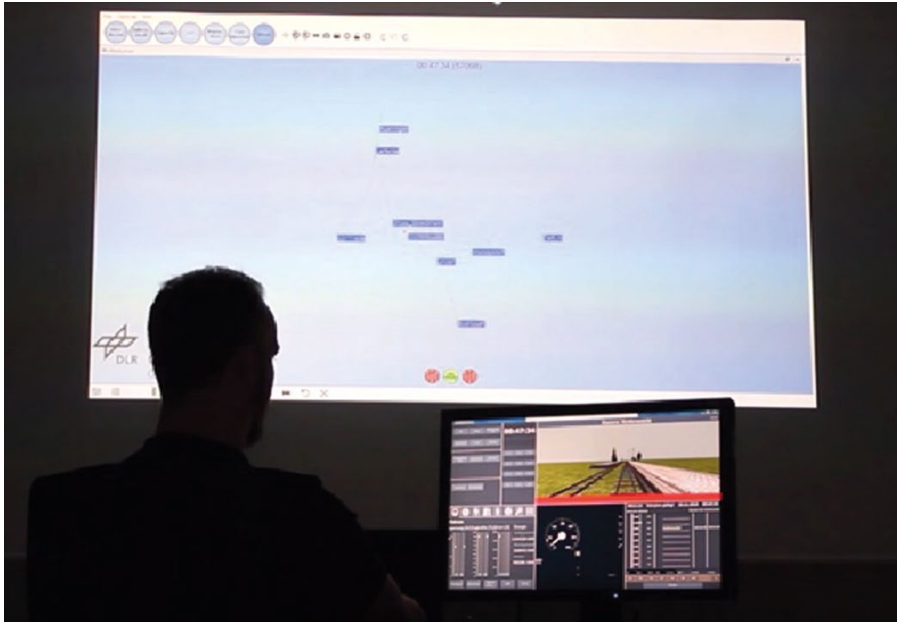


Abb. 2: Prototypische Arbeitsumgebung des Remote Train Operators

Quelle: DLR

matisiert fahrenden Zug eine Störung (z. B. Türstörung) oder kritische Situation (z. B. Tiere im Gleis) auftritt und der Zug zunächst aus Sicherheitsgründen anhält, erhält der TO eine Aufforderung für eine manuelle Übernahme des Zuges und fährt den Zug manuell über eine Fernsteuerung (z. B. mittels Fahrbremshebel) auf Sicht aus der kritischen Situation. Über eine Echtzeitübertragung des Videobildes einer Kamera vorn am Zug sieht der TO die Situation vor Ort und kann den Zug wieder in den automatischen Betrieb übergeben, sobald die kritische Situation überwunden ist (z. B. die Tiere sich vom Gleis entfernt haben). Ausführliche Beschreibungen des Konzeptes, der prototypischen Arbeitsumgebung und der bisherigen psychologischen Untersuchungen des Arbeitsplatzes des TO am DLR finden sich in [13 und 14]. Ziel ist, gemeinsam mit potenziellen neuen Nutzern, eine für diese neue Rolle des TO aus arbeitspsychologischer Perspektive optimal gestaltete Arbeitsumgebung zu schaffen. Diese soll im Sinne einer ganzheitlichen Tätigkeit weder unter- noch überfordern und trotz der Distanz zur eigentlichen Position des Zuges aufgrund der Fernsteuerung aus einer Zentrale oder Leitstelle ein ausreichendes Situationsbewusstsein und eine größtmögliche Immersion (Als-real-Empfinden der virtuellen Umgebung) erzeugen. Das DLR arbeitet zurzeit in mehreren Projekten mit Partnern sowohl aus der Forschung als auch aus der Bahnindustrie an der konkreten Ausgestaltung, Weiterentwicklung und Untersuchung der Arbeitsumgebung des TO, beispielsweise in den Projekten 5G Reallabor [15], ATO-Cargo [16] und ARTE – Automatisiert fahrende Regionalzüge in Niedersachsen [17].

In GoA 4 gibt es dann während der vollautomatisierten Fahrt kein Personal mehr auf dem Zug. Das heißt, es befindet sich weder ein Tf im Führerstand noch ein Zugbegleiter an Bord. Im Störfall wird dann auch der TO eingreifen, nur entfällt hier die Möglichkeit, dass er dem Zugbegleiter noch eine Anleitung zur Behebung der Störung geben könnte. Wenn der TO also die Störung oder kritische Situation nicht per Fernsteuerung beheben kann, muss technisches Personal informiert werden. Dieses muss sich zum realen Standort des Zuges begeben, was mit erheblichen zeitlichen Verzögerungen verbunden sein kann, wenn sich Personal nicht in unmittelbarer Nähe befindet. Auswirkungen solcher Gegebenheiten, werden vom DLR beispielsweise in den Projekten ARTE und TraCo – Train Control and Management [18] sowohl aus Human-Factors-Sicht als auch betrieblicher und ökonomischer Perspektive untersucht.

2.1.1 Veränderungen in der Leitstelle

Auch die Arbeit des Fdl wird bereits zunehmend automatisiert. Hinzu kommt potenziell der neue Arbeitsplatz des TO in der Leitstelle. Hieraus werden sich neue Kommunikations- und Interaktionsformen zwischen Fdl, Disponenten und TO ergeben und gegebenenfalls auch ganz neue Rollenkonstellationen und -kombinationen. Die Untersuchung dieser Veränderungen ist ebenfalls Gegenstand des Projektes TraCo. In einem Kooperati-

onsprojekt des DLR mit der FH Erfurt wurden bereits erste Gestaltungsempfehlungen für Leitstellenarbeitsplätze der Zukunft erarbeitet [19].

2.1.2 Neue Aufgaben für den Zugbegleiter?

Wie bereits angedeutet, ist der Zugbegleiter in GoA 3 das einzige Personal an Bord des ansonsten automatisiert fahrenden Zuges. Obwohl der TO aus einer Zentrale heraus vielleicht einige Störungen oder kritische Situationen beheben könnte, müsste der Zugbegleiter gegebenenfalls einige zusätzliche Aufgaben übernehmen, die nur vor Ort durchführbar sind. Im Projekt ARTE wird daher zunächst untersucht, welche Aufgaben generell automatisiert werden können und welche letztlich noch als manuelle Tätigkeiten verbleiben müssen (Aufgabenteilung Mensch-Automation). In einem zweiten Schritt wird betrachtet, wer die verbleibenden manuellen Tätigkeiten übernehmen kann. Dies kann sowohl der TO als auch ein potenzieller „Zugbegleiter+“ mit zusätzlichen Aufgaben sein, aber auch auf das vor- und nachbereitende Personal, beispielsweise im Depot, werden neue bzw. andere Tätigkeiten zukommen. Ziel im Projekt ARTE ist es daher für das DLR, diese neuen bzw. geänderten Rollen des Zugpersonals und die darin enthaltenen Aufgaben und Tätigkeiten zu beschreiben. Mit den im Projekt involvierten Praxispartnern kann dann nachfolgend betrachtet werden, wie diese potenziellen Rollen durch konkrete Berufsbilder im realen Bahnbetrieb umgesetzt werden könnten und welche (Zusatz-)Ausbildungen jeweils dafür nötig wären.

3 Integration von Human Factors in Innovationsprojekte und organisationale Prozesse

Mit Partnern aus der Praxis arbeitet das DLR nicht nur an der menschenzentrierten Ausgestaltung der spezifischen Arbeitsplätze, sondern auch an der generellen Betrachtung des Themas Mensch (Human Factors) im Schienenverkehr in sämtlichen Prozessen des Unternehmens. Um dies zu erreichen, bietet es sich an, einen soziotechnischen Systemansatz zu verfolgen, der gezielt das Zusammenwirken sozialer und technischer Teilsysteme hervorhebt [20]: Es gilt den Menschen, die Technik und die Organisation, in die Mensch und Technik eingebettet sind, in ihren gegenseitigen Wechselwirkungen zu reflektieren. Insbesondere bei der Entwicklung und Implementierung neuer Arbeitssysteme, die durch den Trend hin zu Automatisierung und mehr Digitalisierung entstehen, gilt es diesen Dreiklang zu berücksichtigen. Die Integration von Human Factors, Technik und Organisation in Innovationsprojekte bei Eisenbahnen inklusive der entsprechenden Nachweis-konzepte wird auch von Aufsichtsbehörden im Bahnsystem wie der European Agency for Railways (ERA) gefordert [21]. Für das genaue Vorgehen beim Einbezug von Human Factors in Projekten im Bahnsystem gab es allerdings bislang noch wenige differenzierte normative Anforderungen von Seiten der Aufsichtsbehörden. Das DLR forscht und arbei-

tet mit seinen Human-Factors-Expertinnen und -Experten daher an der Definition von messbaren Kriterien und Kenngrößen. Zum einen stellen diese Prüfkriterien Ankerpunkte dar, von denen ausgehend die Berücksichtigung von Human Factors in Innovationsprojekten nachweisbar gemacht wird. Zum anderen bieten sie Bahnen eine Hilfestellung, um Handlungsfelder zu identifizieren, um im Bereich Human Factors besser zu werden.

In diesem Zusammenhang ist ein gemeinsames Projekt mit der Schweizerische Bundesbahnen AG (SBB) hervorzuheben, in dessen Fokus die Entwicklung eines Instruments stand, das die SBB dabei unterstützt, Human Factors in der Interaktion von Mensch, Technik und Organisation systematisch, einheitlich, nachweisbar und strukturiert in Projekten und Vorhaben zu integrieren [22]. Auf der Grundlage des Standes der Wissenschaft und unter Berücksichtigung relevanter Normen wurde in diesem Projekt eine Vielzahl von Prüfkriterien identifiziert und zu einzelnen Handlungsfeldern gruppiert. Diese Prüfkriterien wurden in der Folge in einen Prozess integriert, der es den Anwendern in der Praxis ermöglicht, gezielt für einen bestimmten Anwendungsfall zu filtern, welche Prüfkriterien zur Sicherstellung der Qualität Berücksichtigung finden sollten.

4 Fazit

Der Schienenverkehr als Rückgrat eines nachhaltigen Verkehrssystems wird in den nächsten Jahrzehnten in besonderem Maß gefordert und herausgefordert werden. Um die Menge der beförderten Güter und Personen auf der Schiene in einem substanziellen Umfang zu erhöhen, wird es erforderlich sein, betrieblich-technische Innovationen schnell in die Anwendung zu bringen. Unabhängig davon, ob man über Taktverdichtungen nachdenkt, das Ausrollen von ETCS auf weiteren Strecken erreichen will oder gar die Implementierung von ATO (Automatic Train Operation)-Ansätzen mit Fernsteuerungslösungen als Rückfallebene verfolgt, all diese Entwicklungen vollziehen sich nicht rein auf betrieblich-technischer Ebene. Sie ziehen vor allem Veränderungen für alle Menschen im soziotechnischen System Eisenbahn nach sich. Arbeitsplätze und Rollen werden sich weiterentwickeln, aber auch die Services, die den Kunden geboten werden, verändern sich. Der Mensch sollte daher in seinen vielfältigen Rollen im Eisenbahnbetrieb stets mit im Fokus der Betrachtung stehen. Gut definierte Prüfkriterien können ein möglicher Ansatzpunkt sein, mit dem eine menschenzentrierte Systementwicklung strukturiert unterstützt werden kann.

Quellen

- [1] Brandenburger, N.: The Changing Role of Staff in Automated Railway Operation and why Human Cognition is Here to Stay, ERTMS 2022 Conference, 26.-28. Apr. 2022, Valenciennes, France
- [2] Naumann, A.; Brandenburger, N.: From GoA 2 to Remote Operation. Workplaces in highly automated rail. 7th International Human Factors Rail Conference, 23.-25. Juni 2021, online

- [3] VDE: Railway applications – Urban guided transport management and command/control systems – Part 1: System principles and fundamental concepts, IEC 62290-1:2014. 2015
- [4] Stein, J.; Naumann, A.: Monotony, Fatigue and Microsleeps – Train driver' daily routine: a Simulator study, in: Rail Human Factors. Proceedings of the 2nd German Workshop on Rail Human Factors, pp. 96-102, ITS Automotive Nord, 2016
- [5] Brandenburger, N.; Stamer, M.; Naumann, A.: Comparing different types of the track side view in high speed train driving, in: Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings 2016, Europe Chapter Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 2016, 26.-28. Okt. 2016, Prag
- [6] Brandenburger, N.; Wittkowski, M.; Naumann, A.: Countering Train Driver Fatigue in Automatic Train Operation, in: Sixth International Human Factors Rail Conference (pp. 57-65), London, UK, 2017
- [7] Brandenburger, N.; Thomas-Friedrich, B.; Naumann, A.; Grippenkov, J.: Automation in Railway Operations: Effects on Signaller and Train Driver Workload, in: B. Milius; A. Naumann (Eds.), Proceedings of the 3rd German Workshop on Rail Human Factors, 51–60, Braunschweig, Germany: ITS Mobility Nord, 2018
- [8] Brandenburger, N.; Naumann, A.: The impact of railway automation on train drivers' tasks and skills. European Rail Human and Organisational Factors Seminar, 14.-15. Nov. 2018, Valenciennes, France
- [9] Endsley, M. (Hrsg.): Situation Awareness: Analysis and Measurement, Erlbaum, Mahwah NJ, 2000
- [10] FASa: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/fasan.html>
- [11] NGT: <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/ngt-hst>
- [12] NGRS: <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/next-generation-railway-system>
- [13] Brandenburger, N.; Naumann, A.: Menschliche Problemlösung macht automatisierten Bahnbetrieb erfolgreich Enabling automatic train operation through human problem solving, SIGNAL+DRAHT 3/2018, S. 6–13
- [14] Brandenburger, N.; Naumann, A.: Towards remote supervision and recovery of automated railway systems: The staff's changing contribution to system resilience, in: Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Intelligent Rail Transportation. IEEE, 2018
- [15] 5G Reallabor: <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/5g-reallabor/mobilitaet>
- [16] <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/projekt-ato-cargo-erprobung-automatisierter-gueterzuege>
- [17] ARTE: <https://www.alstom.com/de/press-releases-news/2022/6/alstom-pilotprojekt-autonomes-fahren-niedersachsen-geht-die-naechste>
- [18] TraCo: <https://verkehrsforschung.dlr.de/de/projekte/traco-train-control-and-management>
- [19] Thomas-Friedrich, B.; Naumann, A.; Baar, M.-L.; Haidari, A.N.; Kroth, D.; Schmidt-Brücken, A.; Michaelsen, R.: Gestaltungsempfehlungen für Leitstellenarbeitsplätze der Zukunft, EI – DER EISENBAHNINGENIEUR 11/2022
- [20] Stroh, O.; Ulich, E.: Unternehmen arbeitspsychologisch bewerten: Ein Mehr-Ebenen-Ansatz unter besonderer Berücksichtigung von Mensch, Technik und Organisation, Zürich: vdf, 1997
- [21] Delegierte Verordnung (EU) 2018/762 der Kommission vom 8. März 2018 über gemeinsame Sicherheitsmethoden bezüglich der Anforderungen an Sicherheitsmanagementsysteme gemäß der Richtlinie (EU) 2016/798 des Europäischen Parlaments und des Rates und zur Aufhebung der Verordnungen (EU) Nr. 1158/2010 und (EU) Nr. 1169/2010. (2018, 08. März). http://data.europa.eu/eli/reg_del/2018/762/oj, 04.07.22 um 09:30 Uhr
- [22] Thomas-Friedrich, B.; Windischer-Unterkircher, A.; Widrig-Bamert, L.; Fünffinger, D.; Boos, D.; Grippenkov, J.: Human Factors messbar machen: Ein Vorgehensmodell für den Eisenbahnsektor, SIGNAL+DRAHT 10/2022



Dr. Anja Naumann

Wissenschaftliche Mitarbeiterin
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),
Institut für Verkehrssystemtechnik, Berlin
anja.naumann@dlr.de



Dr. Jan Grippenkov

Leiter der Gruppe Mensch-Technik-Organisation
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR),
Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
jan.grippenkov@dlr.de