

Digitale Technologien zur Unterstützung von Triebfahrzeugführern

Potenziale und arbeitswissenschaftliche Bewertung

Eine fortschreitende Digitalisierung des Bahnbetriebs hat in den letzten Jahren zu einer steigenden Zahl digitaler Bedienelemente im Triebfahrzeug (Tfz) geführt. Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) setzen insbesondere auf den Einsatz mobiler Endgeräte mit dem Ziel einer raschen und kosteneffizienten Umstellung bislang papierbasierter Prozesse. Diese Veränderungen haben das Berufsbild des Triebfahrzeugführers (Tf) modernisiert, es bestehen jedoch noch Optimierungspotenziale.



1. Einleitung

Trotz eines fortgeschrittenen Entwicklungsstandes im Bereich der Digitalisierung und Automatisierung des Bahnbetriebs kann in den nächsten Dekaden nicht auf Fahrpersonal verzichtet werden. Die Steuerung von Tfz durch einen Tf wird jedoch zunehmend durch digitale Informations- und Assistenzsysteme unterstützt. Weitere Ziele dieser Technologien sind die Optimierung des Betriebsmitteleinsatzes und eine Steigerung der Sicherheit und Qualität von Transportdienstleistungen. Die Zielsetzung eines dem Beitrag zugrundeliegenden Forschungsvorhabens im Auftrag des EBA bestand u.a. darin, Potenziale digitaler Technologien für den Tf aufzuzeigen sowie arbeitswissenschaftlich zu beurteilen.

2. Potenziale digitaler Technologien für den Triebfahrzeugführer

Moderne Tfz-Führerräume verfügen ab Werk über eine größere Anzahl digitaler Bedienelemente, darunter die Zugbeeinflussungssysteme PZB und LZB sowie das europäisch harmonisierte System ETCS. Angestammte digitale Technologien sind weiterhin das Bahn-Kommunikationssystem GSM-R, Sensor- und Diagnosesysteme sowie der Elektronische Buchfahrplan und Langsamfahrstellen (EBuLa). In den 1990er Jahren angestoßene, europaweite Forschungen haben zu der Entwicklung eines European Driver's Desk (EUDD) mit einer genormten Anordnung fest im Führertisch verbauter Bedienelemente und Anzeigen geführt. Im EUDD sind insgesamt vier standardisierte digitale Anzeigen, so genannte



Fabian Stoll, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Verkehrswissenschaftlichen Institut der RWTH Aachen (VIA), Lehrstuhl für Schienenbahnwesen und Verkehrswirtschaft
stoll@via.rwth-aachen.de



Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen

Universitätsprofessor am Lehrstuhl für Schienenbahnwesen und Verkehrswirtschaft, Leiter des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen (VIA)
nießen@via.rwth-aachen.de



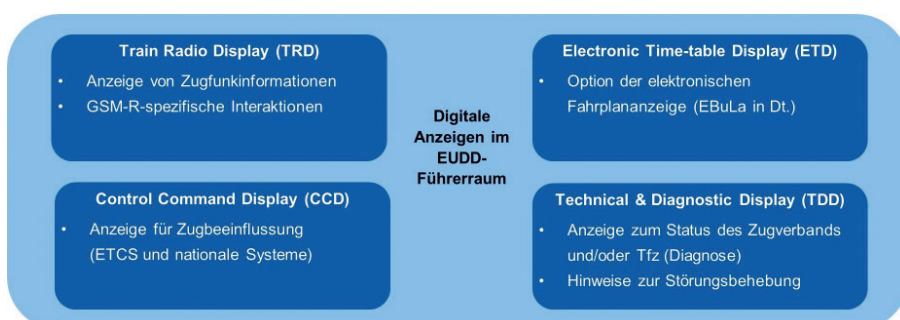
Jochen Nelles, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen (IAW), Abteilung Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme
j.nelles@iaw.rwth-aachen.de



Dr.-Ing. Christopher Brandl

Abteilungsleiter am Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen (IAW), Abteilung Ergonomie und Mensch-Maschine-Systeme
c.brandl@iaw.rwth-aachen.de



1: Standardisierte Anzeigen (DMI) im EUDD-Führerraumkonzept

eigene Darstellung

Driver-Machine-Interfaces (DMI), vorhanden (Bild 1). Die dienstliche Verwendung mobiler Endgeräte (z. B. Tablets, Smartpho-



2: Tablet-Anwendung „Rail in Motion“ der Deutschen Bahn AG Foto: Deutsche Bahn AG/Gert Wagner

nes) sowie externer Fahrerassistenzsysteme (FAS) stellt hingegen eine Entwicklung dar, die erst vor wenigen Jahren angestoßen wurde.

2.1. Einführung mobiler Endgeräte

Zur Gewährleistung eines sicheren, pünktlichen und wirtschaftlichen Bahnbetriebs

sind vom Tf neben Fahrplänen, Geschwindigkeitsvorgaben und dem tagesaktuellen Verzeichnis der Langsamfahrstellen (Tages-La) umfangreiche bahnbetriebliche Regelwerke zu beachten. Abweichungen vom Regelbetrieb werden durch das Ausfüllen und Quittieren von Vordrucken abgesichert, z.B. mithilfe von Befehlsvordrucken oder Fahrplanmitteilungen. Die Digitali-

sierung einzelner Papierdokumente hat dazu geführt, dass EVU dazu übergegangen sind, Personal mit Tablet-Geräten und Smartphones auszustatten. Europäische Pioniere auf diesem Gebiet waren in den Jahren 2012/13 die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB), die für das Betriebspersonal Tablets sowie u. a. die darauf installierte Applikation „Lokpersonal Electronic Assistent“ (LEA) ausrollten [1].

In Deutschland ist das Unternehmen DB Fernverkehr AG seit 2015 ein wesentlicher Akteur bei der Einführung mobiler Endgeräte für die Tf-Anwendung [2]. Im Fokus steht dabei insbesondere die Vorhaltung der Tages-La und weiterer relevanter Informationen außerhalb des EBU-La, z.B. Regelwerke, Weisungen und Fahrplanunterlagen. Das Rollout der digitalen La wurde durch eine im selben Zeitraum vorgenommene Software-Entwicklung „Rail in Motion“ (RiM) der DB-Tochtergesellschaft Systel begünstigt (Bild 2). Die DB-intern erzielten Positiverfahrungen einer digitalen La führten dazu, dass die DB Netz AG die Verteilung der gedruckten La zum Fahrplanwechsel Dezember 2017 eingestellt hat. Infolgedessen gingen nichtbundeseigene EVU (NE-Bahnen) ebenfalls dazu über, Tf mit Tablets auszustatten. Inzwischen verfügen Tf EVU-übergreifend über Tablet-Geräte für dienstliche Zwecke.

Die digitale Anzeige der Tages-La war der erste Meilenstein für weitere Tablet-Funktionen und eine vielgestaltige Erneuerung und funktionale Erweiterung von Datenbanksystemen im Hintergrund, so genannten Back-End-Systemen. So wurde RiM in Kooperation mit den Tochterunternehmen des DB-Konzerns um zusätzliche Funktionen erweitert und zählte Ende 2017 nach unternehmenseigenen Angaben 18 000 Nutzer [3]. Per Eingabeformular wird es dem Tf ermöglicht, neben sicherheitsrelevanten Dokumenten auch personen- und fahrtspezifische Informationen auf dem Tablet abzurufen. Die Tablet-Applikation sieht u.a. die in Tabelle 1 aufgelisteten Prozesse vor und erfüllt somit bestimmte Anforderungen.

Eine weitere exemplarische Software-Entwicklung, die sich ebenfalls für die Tablet-Anwendung im Führerraum eignet, gehört zu der Produktplattform „DiLoc®“ des deutschen Unternehmens CN-Consult. Das Softwaremodul „DiLoc|Sync“ wurde entwickelt, um Dokumente über einen Dokumentenserver synchron an mobile Endgeräte der Tf zu verteilen und dort lokal abzulegen, wobei u.a. die in

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für RWTH Aachen / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group, 2019

Unterstützte Prozesse	Allgemeine Anforderungen an die Software
<ul style="list-style-type: none"> Abruf relevanter Regelwerke, Weisungen und Fahrplanunterlagen außerhalb EBU-La 	<ul style="list-style-type: none"> Kompatibilität mit marktüblichen Tablet-Geräten und mit dem Google-Betriebssystem Android
<ul style="list-style-type: none"> Informationen über Schichten und Arbeitsaufträge sowie über kurzfristige Änderungen 	<ul style="list-style-type: none"> Verschlüsselte Datenübertragung via WLAN und mobilfunkbasiert per SIM-Karte
<ul style="list-style-type: none"> Elektronisches Melden des Tf beim Disponenten durch An klicken eines Meldebuttons 	<ul style="list-style-type: none"> Datenimport über DB-eigene Dispositionssysteme, z. B. EDITH bei DB Fernverkehr
<ul style="list-style-type: none"> Elektronische Arbeitszeiterfassung und Abrechnung 	<ul style="list-style-type: none"> Veranlassung des Datenimports nach vorheriger Autorisierung über personalisierten Account bzw. via Sharepoint-Portal
<ul style="list-style-type: none"> Voranmeldung von Fahrzeugstörungen 	<ul style="list-style-type: none"> Anzeige von PDF- und XML-Dokumenten
<ul style="list-style-type: none"> Abfrage von Mitarbeitermeinungen zu aktuellen Themen 	<ul style="list-style-type: none"> Spezielle Fenstertechnik zur parallelen Anzeige von zwei Dokumenten
	<ul style="list-style-type: none"> Schneller Anzeigenwechsel zwischen Dokumenten
	<ul style="list-style-type: none"> Setzen von Sprungmarken in Dokumenten zum schnelleren Scrollen

Tabelle 1: Unterstützte Prozesse durch und Anforderungen an die Tablet-Applikation „Rail in Motion“ (RiM) eigene Darstellung in Anlehnung an DB Cargo 2018 [22]

Unterstützte Prozesse durch die Tablet-Applikation „DiLoc Sync“
<ul style="list-style-type: none"> Automatisierte Dokumentenverteilung an definierte Personengruppen inklusive Lesebestätigung
<ul style="list-style-type: none"> Anzeige von Langsamfahrstellen, insbesondere Tages-La
<ul style="list-style-type: none"> Dokumentation der Strecken- und Baureihenkunde durch den Tf am Endgerät
<ul style="list-style-type: none"> Dienst- und Einsatzplanung möglich
<ul style="list-style-type: none"> Automatisierte Schnittstellen zum Regelwerksaustausch sowie optional zu Fremdsoftware
<ul style="list-style-type: none"> Angezeigte Dokumente sind nicht an ein Dateiformat gebunden, Dokumenten-Archivierung möglich
<ul style="list-style-type: none"> Zusammenarbeit mit Partnerunternehmen möglich

Tabelle 2: Unterstützte Prozesse durch die Tablet-Applikation „DiLoc|Sync“ eigene Darstellung

Tabelle 2 dargestellten Informationen enthalten sind. DiLocSync kommt seit der Produkteinführung im Jahr 2010 nach Angaben des Herstellers (Bezugsjahr 2019) europaweit bei mindestens 30 000 Nutzern und über 130 EVU zum Einsatz [4].

Ein drittes Beispiel für eine auf Tf geschnittene Tablet-Anwendung, die in den letzten Jahren eine Anwendungsreife erlangt hat, ist das „IVU.pad“ des Berliner Unternehmens IVU Traffic Technologies AG. Das Schweizer EVU Wynental- und Suhrentalbahn AG (SWB) nutzt diese Tablet-Lösung seit September 2016 als Pilotkunde [5] (Bild 3). Im Fokus der Tablet-Anwendung IVU.pad steht der digitale Informationsaustausch zwischen dem Fahrpersonal und der Disposition, der die in Tabelle 3 beschriebenen Prozesse umfasst.

2.2. Wachsende Bedeutung von Fahrerassistenzsystemen (FAS)

Eine ähnliche Entwicklung wie bei den mobilen Endgeräten zeigt sich auch im Bereich der FAS. Diese ermöglichen in erster Linie eine Unterstützung des Tf bei Beschleunigungs- und Bremsvorgängen mit dem Ziel, den Energieverbrauch und Verschleiß zu verringern.

Mit der Einführung des EBU-La-Systems Anfang der 2000er Jahre entstand bei der Deutschen Bahn AG ein erstes serienmäßig eingesetztes FAS „Energiesparende Fahrweise“ (ESF). Auf der Basis eines hinterlegten Fahrplans, einer kontinuierlichen Zugortung sowie fahrdynamischer Berechnungen empfiehlt das in EBU-La integrierte Modul den optimalen Zeitpunkt zur Leistungsrücknahme mit dem Ziel, ein Ausrollen des Zuges bis zum nächsten Bahnhof zu ermöglichen. Dem Tf steht es frei, die Empfehlungen zu befolgen [6]. Auf einzelnen ICE-Linien konnte infolge des Einsatzes von ESF ein Energieeinsparpotenzial von 5 % nachgewiesen werden [7].

Der deutsche Schienenpersonenverkehr (SPNV) wird – wie auch der Schienengüterverkehr (SGV) – durch eine wachsende Zahl privater EVU abgewickelt, die teilweise auf das EBU-La-System und damit auch das ESF-Modul verzichten. Stattdessen kommen nach wie vor gedruckte Buchfahrpläne zum Einsatz. Vor diesem Hintergrund wurden bislang mindestens 13 EBU-La-externe FAS zur energieeffizienten Zugsteuerung entwickelt [8]. Ein Beispiel ist das von den Firmen ETC und Inavet hervorgebrachte System „smarttrains.das“.



3: Tablet-Anwendung IVU.pad in einem Schienenfahrzeug

Foto: IVU Traffic Technologies AG

welches bei den privaten EVU cantus, nordbahn und agilis im Jahr 2017 prototypisch erprobt und anschließend ausgerollt wurde (Bild 4). Das System eignet sich für die Anwendung auf mobilen Endgeräten (Tablets, Smartphones) und benötigt keine Schnittstellen zur Fahrzeugtechnik, sondern greift auf ein Rechnergestütztes Betriebsleitsystem (RBL) zu. Eine Zulassung durch das EBA entfällt. Zur Berechnung eines möglichst energieeffizienten Fahrtverlaufs werden

Streckenparameter sowie Fahrzeugdaten berücksichtigt. Die entscheidende Anzeige für den Tf, „Leistung abschalten!“, wird als Pop-Up-Anzeige auf dem mobilen Endgerät eingeblendet und signalisiert dem Tf den optimalen Umschaltzeitpunkt zwischen Antrieb und Ausrollenlassen des Tzf. Mithilfe des FAS smarttrains.das sind je nach Einsatz- und Rahmenbedingungen Energieeinsparungen von 5 bis 15 % möglich [9].

Unterstützte Prozesse durch die Tablet-Applikation „IVU.pad“

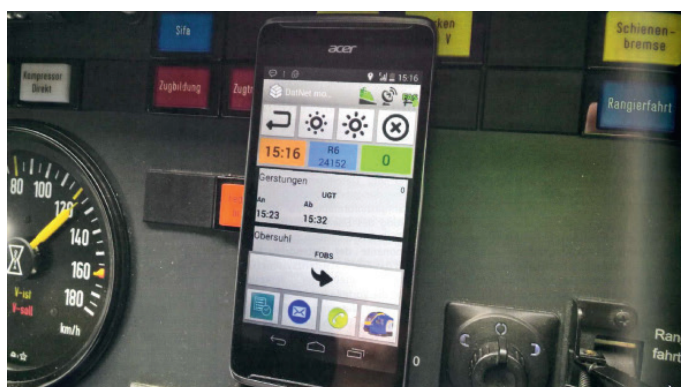
- Anzeige eines Buchfahrplans mit dynamischer Visualisierung von Abfahrtszeiten, Fahrbegriffen, Bremsverhältnissen sowie von Infrastruktur-Informationen in Abhängigkeit des Fahrzeugstandortes
- Erfassung von Wartungsinformationen und von Schäden am Fahrzeug
- Information über kurzfristige Änderungen und Störungen durch den Disponenten
- Verteilung von Dienstanweisungen und elektronische Lesebestätigung
- Eingabe von Urlaubs- und Dienstwünschen in das Dispositionssystem
- Erfassung und Auswertung von Arbeitszeiten, Lohnabrechnung

Tabelle 3: Unterstützte Prozesse durch die Tablet-Applikation „IVU.pad“

eigene Darstellung

4: Smartphone-Anwendung „smarttrains.das“ in einem Tzf

Foto INAVET GmbH/
Der Eisenbahningenieur (EI)
2017 [9]





5: FAS „LEADER“ der Deutschen Bahn AG

Foto: Deutsche Bahn AG/Kiên Hoàng Lê

In Deutschland stattet die DB Cargo seit Herbst 2016 Tfz mit dem durch Knorr-Bremse vertriebenen FAS „Locomotive Engineer Assist Display and Event Recorder“ (LEADER) aus (Bild 5). Das FAS stellt dem Tf über eine zusätzliche Anzeige im Führerraum Informationen zur Verfügung, um ein energiesparendes und

verschleißoptimiertes Fahren zu unterstützen. Zur Berechnung von Fahrempfehlungen werden streckenbezogene und fahrzeugseitige Daten ausgewertet. Ein GPS-Empfänger, der im LEADER-Bordgerät verbaut ist, dient der Lokalisierung des Tfz [10]. Aussagen von DB-Cargo zufolge hat das FAS LEADER in Testläufen



6: Kombination unterschiedlicher Informationsquellen im Führerraum

eigene Darstellung

Energieeinsparungen von bis zu 12 % ermöglicht [11].

Trotz der relativ großen Zahl unterschiedlicher Entwicklungsansätze bei energieeffizienten FAS erreichen diese einen Marktanteil von 15 % gemessen an den in Deutschland eingesetzten Schienenfahrzeugen [12]. Verschiedene Hürden erschweren bislang eine umfangreichere Einführung, etwa der fehlende kostenfreie Zugriff auf aktuelle Infrastrukturdaten durch Netzbetreiber, uneinheitliche Schnittstellen und Datenformate zwischen unterschiedlichen Herstellern bzw. eine generelle Inkompatibilität sowie bestehende Vorbehalte der Tf gegenüber der neuartigen Technik [12].

3. Arbeitswissenschaftliche Bewertung aufgezeigter Technologien

Eine Zielsetzung des Forschungsvorhabens war es, Auswirkungen und Herausforderungen hinsichtlich der menschenzentrierten Gestaltung von Display-Anwendungen im Triebfahrzeug-Führerraum herauszuarbeiten. Die Analysen fokussierten dabei u.a. auf potenzielle Ablenkungs- und Ermüdungsfaktoren digitaler Anwendungen für den Tf sowie die ergonomische Anordnung und Konfiguration stationär im Führertisch verbauter sowie mobiler Display-Anwendungen.

3.1. Ablenkungs- und Ermüdungspotenzial aufgezeigter digitaler Technologien

Eine Risikoevaluierung der Anwendung von Tablets und Smartphones im Tfz-Führerraum lässt ein sicherheitsrelevantes Ablenkungs- und Ausfallpotenzial durch die Einführung dieser Technologien erkennen, wenn Geräte nicht bestimmungsgemäß verwendet werden oder aufgrund möglicher Fehlbedienungen die Funktionsfähigkeit verlieren. Mit dem Verweis auf die Zugkollision im Februar 2016 in Bad Aibling ist potenziell davon auszugehen, dass neben Fahrdienstleitern (Fdl) auch Tf durch die Verwendung mobiler Endgeräte abgelenkt werden könnten. Aus dem Ablenkungspotenzial mobiler Endgeräte lassen sich Sicherheitsanforderungen ableiten, die auch eine Reglementierung der Tablet-Nutzung während der Arbeitszeit nahelegen. Empfohlen wird es, Tf hinsichtlich der Gefahren, die von einer unsachgemäßen Nutzung des Tablets ausgehen, zu schulen und schriftliche Anweisungen zum bestimmungsgemäßen Umgang mit Tablets zu

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für RWTH Aachen /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt von DW Media Group, 2019

erlassen. Es ist davon auszugehen, dass potenzielle Fehlbedienungen der Tablets und das damit verbundene Risiko durch Mitarbeiterschulungen und technischen Support gesenkt werden können.

Während der Zugfahrt stellen u. a. das Ablesen von Informationen unterschiedlicher Führerraum-Displays als auch manuelle Eingaben per Hard- oder Softkey-tasten Tätigkeiten des Tf dar. Tfz, die dem EUDD-Standard entsprechen, verfügen über vier stationäre Displays im Führertisch, hinzu kommen eine wachsende Anzahl optionaler Zusatzgeräte und -anwendungen sowie nach wie vor obligatorisch mitzuführende Schriftdokumente (Bild 6). Die Folge ist eine visuelle Doppel- oder Mehrfachbelastung bei der Fahrzeugführung. Diese ist kritisch zu bewerten, da parallele visuelle Sinnesreize nur begrenzt kognitiv verarbeitet werden können (so genannte Engpasswirkung des visuellen Systems). Wie Simulator-Studien im Kraftfahrzeugwesen (z. B. nach [13]) zeigen, führt eine Kombination verschiedener Informationsquellen in Verknüpfung mit der Fahrtätigkeit zu einer verminderten Reaktionszeit des Fahrzeugführers. Dieser Effekt ist auch im Fall einer Fahrzeugführung durch den Tf zu erwarten.

Eine visuelle Mehrfachbelastung von Tf sollte bei der Gestaltung des Führerraumes berücksichtigt und möglichst geringgehalten werden. Im Fall ergänzender Tablet-Anzeigen bietet sich eine multimodale Mensch-Maschine-Schnittstelle mit auditiver Komponente an, sodass die Aufmerksamkeit nur situativ auf das Display gerichtet ist [14]. Ein Beispiel für den auditiven Informationskanal ist die akustische Warnung bei der Sicherheitsfahrerschaltung (Sifa).

Der Wandel der Triebfahrzeugtechnik in Richtung Automatisierung hat angesichts des zunehmenden Einsatzes digitaler Möglichkeiten der Geschwindigkeitsüberwachung und -führung (z. B. mithilfe der Technologien LZB, Automatische Fahr- und Bremssteuerung (AFB) oder ETCS im Modus „Full Supervision“) und hochentwickelter Diagnose-Tools bereits stattgefunden. Eine Automatisierung der Fahraufgabe des Tf, aber auch ein fahrerloser Bahnbetrieb, ist in ausgewählten Anwendungsbereichen technisch möglich. Im Fall eines hohen Automatisierungsgrades sollte allerdings berücksichtigt werden, dass eine rein passive Überwachungstätigkeit des Tf das Situationsbewusstsein verschlechtert [15] und die Ermüdung erhöht [16], sodass das Bewusstsein des Tf für die Systemzustände eingeschränkt ist. Treten etwa Fehlfunktionen oder Ausfälle auf, kann dies ein ernsthaftes Problem darstellen, da ein Tf langsamer auf solche Ereignisse reagiert, als wenn er das System aktiv steuern würde. Dieses Phänomen wird als „Operator-out-of-the-loop“ beschrieben [17]. Basierend auf einer Studie von Brandenburger & Jipp ist ergänzend festzustellen, dass erfahrene Tf eine Störung der automatisierten Fahrzeugführung schneller erkennen und rascher die Kontrolle über das Tzf wiedererlangen, als unerfahrene Kollegen [18]. Im Hinblick auf das „Operator-out-of-the-loop“-Phänomen sollte eine Automatisierung der Fahrtätigkeiten nur erfolgen, wenn Tf weiterhin Bedienhandlungen ausführen und somit Monotonie und Ermüdung verringert werden.

3.2. Optimierte Gestaltung von Triebfahrzeug-Führerräumen und Displays

Ein Tzf-Führerraum sollte den Grundsätzen der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241-110 und allgemeinen Anforderungen hinsichtlich Steuerbarkeit, Fehlerrobustheit und Erwartungskonformität genügen. Hilfreich ist eine Konsistenz im Design der Bediensysteme verschiedener Fahrzeuge. Darüber hinaus sollten weitere ergonomische Gestaltungsprinzipien wie Anthropometrie berücksichtigt werden und sich in menschengerechten Seh- und Greifräumen widerspiegeln [19]. Ein derart optimiertes, harmonisiertes Führerraumkonzept ist anschließend nicht nur in modernen Drehstromlokomotiven, sondern auch in Diesel- und Rangierlokomotiven umzusetzen. Neben ergonomischen Aspekten würde dieser Schritt auch zu Verbesserungen der Arbeitssicherheit, Effektivität und Effizienz

führen sowie eine einheitliche Aus- und Fortbildung ermöglichen.

Im Bahnsektor werden ergonomische Aspekte bei nachträglichen Hard- und Software-Anpassungen i. d. R. nur dann geprüft, wenn von diesen Systemen eine Sicherheitsrelevanz ausgeht, bspw. im Fall des zusätzlichen DMI für ETCS. Bei optionalen Nachrüstungen (Tablets, FAS) werden ergonomische Aspekte hingegen regelmäßig vernachlässigt und ein notwendiger menschenzentrierter Gestaltungsansatz bleibt häufig aus [20]. DMI sollten z. B. hinsichtlich der Visualisierungseigenschaften Schriftgröße, Farbwiedergabe und Helligkeit einheitlich gestaltet werden. Bei standardisierten wie optionalen Führerraumanzeigen bestehen hier Verbesserungs- und Harmonisierungspotenziale. Ein größerer Optimierungsbedarf besteht auch hinsichtlich der Positionierung mobiler Endgeräte im Führerraum. So hat die Halteposition einen großen Einfluss auf den ergonomischen Nutzen des Geräts [21]. Eine bloße Ablage auf dem Führertisch führt etwa zu einer hohen Aktivität der Schulter- und Nackenmuskulatur bzw. allgemein ungünstigen Beanspruchung. Zudem ergibt sich eine Verschiebung des Sichtbereichs im Vergleich zur Strecken- und Instrumentenbeobachtung. Bei Führerraum-Mitfahrten bestätigte sich, dass im Fall mancher Führerräume weder die Fixierung des mobilen Endgerätes gegen Verrutschen noch eine hinreichend große Ablagefläche auf dem Führertisch gegeben ist. Stattdessen musste das mobile Endgerät für Eingaben in den Händen gehalten werden. Hier bietet sich die Anbringung in Kopfhöhe an.

Die Integration von Tablet-basierten und sonstigen Nachrüstsyste-men in Führerräumen zeigt, dass die Funktionalität des europäisch harmonisierten EUDD-Führertischs nicht länger den Wünschen von EVU entspricht, sodass eine grundlegende Weiterentwicklung empfohlen wird. Die vier etablierten Basisanzeigen im Führertisch sollten in ergonomisch sinnvoller Weise um ein flexibel nutzbares, auf EVU-spezifische Bedürfnisse zugeschnittenes Display ergänzt werden. Zur Erhöhung der Datenverfügbarkeit und optimalen Nutzbarkeit eines solchen Displays sind standardisierte Schnittstellen und die Anbindung an Back-End-Systeme des EVU erforderlich. Generell besteht das Potenzial, die bisherigen Anzeigetechnologien im Führerraum durch großformatigere Touchscreens und reaktionsschnellere, leuchtstärkere Anzeigen zu ersetzen. Ergänzend bietet sich die

Aus arbeitswissenschaftlicher Sicht sind eine funktionale Weiterentwicklung und Harmonisierung der Führerraumanzeigen sowie eine begleitende Forschung zu empfehlen.



Kurz- bis mittelfristige Übergangslösung



- Optimierte Anwendung von mobilen Endgeräten
- Ergonomische Einbindung der mobilen Endgeräte in den Führerraum
- Minimierung des Ablenkungspotentials durch Schulungen
- Offene Schnittstellen zur Verknüpfung mit Back-End-Systemen

Mittel- bis langfristige Lösung



- Erweiterung des European Driver's Desk-Konzepts
- Display mit offenen Schnittstellen für EVU-spezifische Funktionen
- Baureihenübergreifende Optimierung der Fahrzeuginnenraumgestaltung
- Erhöhung der Datenverfügbarkeit durch Anbindung von Back-End-Systemen
- Orts- und zeitabhängige Priorisierung von Informationen
- Optional: Anzeige von priorisierten Informationen mittels Head-up-Display

7: Lösungsansätze zur optimierten Gestaltung von Tzf-Führerräumen und Displays

eigene Darstellung

Anwendung eines Head-up-Displays im unmittelbaren Sichtbereich des Tf sowie der vermehrte Einsatz akustischer Signale an, um Informationen priorisiert hervorzuheben. Einschränkend ist zu erwähnen, dass eine Erneuerung bestehender Führerisch-Konfigurationen aus wirtschaftlichen Gründen zumeist nicht sinnvoll erscheint, sodass in der Kurz- und Mittelfristperspektive Übergangslösungen für die optimierte Anwendung mobiler Endgeräte angestrebt werden sollten (Bild 7).

4. Fazit

Zwar erleichtern digitale Technologien vielfältige Bedienhandlungen des Tf und allgemein bahnbetriebliche Prozesse, doch besteht aus Sicht der Verkehrs- und Arbeitswissenschaft ein Optimierungspotenzial hinsichtlich der Ausgestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen. Dies betrifft zum einen die Funktionalität und Gebrauchstauglichkeit stationär verbauter Führerraumanzeigen, aber auch die hinsichtlich der Seh- und Greifräume des Tf ergonomisch verbesserungswürdige Positionierung mobiler Anzeige- und Eingabegeräte. Darüber hinaus ergeben sich durch die Parallelnutzung stationär verbauter Anzeigen, mobiler Anzeigen und von Papierdokumenten Medienbrüche mit den aus arbeitswissenschaftlicher Sicht potenziellen Auswirkungen einer visuellen Mehrfachbelastung bis hin zu Konzentrations- und Fahrleistungseinbußen des Personals. Dieser Effekt könnte sich durch den Einsatz weiterer digitaler Technologien im Führerraum verschärfen. Eine kontinuierliche Entwicklung und Harmonisierung der Führerraumanzeigen sowie eine begleitende Forschung ist daher zu empfehlen. ●

Literatur

[1] Wipfli, A.: LEA: Der elektronische Lokführer-Assistent der SBB. *Deine Bahn* (2018) 10, S. 50–51

[2] Zöll, D.: Tablets für Triebfahrzeugführer im Fernverkehr. *Digitalisierung. Deine Bahn* (2015) 7, S. 6–11

[3] N.N.: Transferring wagon sequences conveniently with a tablet. *Rail in Motion: viable for the future?*, 2017. <https://digitalspirit.dbsystel.de/en/transferring-wagon-sequences-conveniently-with-a-tablet/>, abgerufen am: 02.09.2019

[4] Bihn, F.: InnoTrans 2018 bietet zahlreiche Weltpremiere und Neuheiten. *Der Nahverkehr* (2018) 9, S. 18

[5] Krüger, C. u. Schaffert, M.: Mit dem Tablet zum digitalen Bahnunternehmen – von der Planung bis zum Fahrer. *ETR – Eisenbahntechnische Rundschau* (2017) Nr. 7+8, S. 28–31

[6] Sanftleben, D., Sonntag, H. u. Weber, K.: Verfahren „Energiesparende Fahrweise“ – ESF. *ETR – Eisenbahntechnische Rundschau* (2001) Nr. 9, S. 510–517

[7] Netz, M. Dr.: Technische Assistenzsysteme der Deutschen Bahn unterstützen Energie sparendes Fahren. *ETR – Eisenbahntechnische Rundschau* (2005) Nr. 10, S. 595–598

[8] Marktüberblick Fahrerassistenzsysteme. *Projekt Fahr umweltbewusst! Energieverbrauch im Schienenverkehr durch den Einsatz von Fahrerassistenzsystemen reduzieren. Zwischenbericht der MRK Management Consultants GmbH im Auftrag der Allianz pro Schiene e.V., MRK Management Consultants GmbH [Hrsg.], Dresden 2017*

[9] Krimmling, J., Steinbrink, G., Reiher, P. u. Kerwien, D.: Innovative und energieoptimale Zugsteuerung mit DatNet und smarttrains. *El – Eisenbahningenieur* (2017) 11, S. 49–52

[10] Walter, M. Dr., Schmidt, S., Heine, C. Dr.-Ing. u. Nock, M. Dr.-Ing.: Innovative Brems- und Assistenzsysteme im Schienengüterverkehr. *ETR – Eisenbahntechnische Rundschau* (2008) Nr. 5, S. 268–272

[11] Bobsien, S.: Wir lernen sehr viel. Interview mit Stefan Bobsien, Senior-Vice President European Assetmanagement & Technology DB Cargo. *ETR – Eisenbahntechnische Rundschau* (2017) Nr. 5, S. 68–69

[12] Hunscha, U.: Projekt „Fahr umweltbewusst!“ bringt Licht in den Markt der Fahrerassistenzsysteme. *ETR – Eisenbahntechnische Rundschau* (2018) Nr. 3, S. 44–46

[13] Göbel, M. u. Treugot, F.: Leistungsbeeinträchtigung durch visuelle Doppelbelastung bei der Fahrzeugführung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 66 (2012) 2, S. 183–193

[14] Pfromm, M., Cieler, S. u. Bruder, R.: Auslegung und Evaluation einer Mensch-Maschine-Schnittstelle für ein umfassendes Fahrerassistenzkonzept. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 69 (2015) 2, S. 71–80

[15] Endsley, M. R. u. Kiris, E. O.: The Out-of-the-Loop Performance Problem and Level of Control in Automation. *Human factors* 37 (1995) 2, S. 381–394

[16] Dorrian, J., Roach, G. D., Fletcher, A. u. Dawson, D.: Simulated train driving. Fatigue, self-awareness and cognitive disengagement. *Applied Ergonomics* 38 (2007) 2, S. 155–166

[17] Kaber, D. B. u. Endsley, M. R.: Out-of-the-loop performance problems and the use of intermediate levels of automation for improved control system functioning and safety. *Process Safety Progress* (1997) 16(3), S. 126–131

[18] Brandenburger, N. u. Jipp, M.: Effects of expertise for automatic train operations. *Cognition, Technology & Work* 19 (2017) 4, S. 699–709

[19] Schlick, C., Luczak, H. u. Bruder, R.: *Arbeitswissenschaft. Heidelberg: Springer 2018*

[20] Kockrow, R. u. Hoppe, A.: Visualisierungsmitteldichte in Kraftwerksleitwarten – Gestaltungsempfehlungen als Ableitung aus Blickverlaufsstudien. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 70 (2016) 3, S. 142–150

[21] Bröhl, C. u. Mertens, A.: Task Dependent Analysis of Handheld Positions on Touchscreen Devices. *Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft* 63 (2017)

[22] *Schulungsunterlage Mobile Kommunikation, DB Cargo AG [Hrsg.], Mainz 2018*

Summary

Digital technologies to support train drivers

By introducing mobile devices and driver assistance systems, the train drivers' responsibilities have been changed with the purpose to reduce the paper interfaces and to support a resource-optimized rail operation. A transport and ergonomics survey initiated by the Federal Railway Authority (EBA) has shown that there is some need for adaptation e.g. to overcome a distraction and fatigue potential as well as to ergonomically optimize the train driver desk.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für RWTH Aachen / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt von DW Media Group, 2019