



Eisenbahn-Bundesamt

EBA Forschungsbericht  
Nummer 2019-02

# Auswirkungen der Digitalisierung auf den Eisenbahnbetrieb

Ableitung möglicher Veränderungen für den Triebfahrzeugführer

- Kurzfassung -



EBA Forschungsbericht 2019-02  
Projektnummer 2017-H-1-1217

# Auswirkungen der Digitalisierung auf den Eisenbahnbetrieb

Ableitung möglicher Veränderungen für den Triebfahrzeugführer

- Kurzfassung -

von

Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen

Fabian Stoll, M.Sc.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Nils Nießen

Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen

Jochen Nelles, M.Sc.

Dr.-Ing. Christopher Brandl

Dr.-Ing. Dr. rer. medic. Dipl.-Inform. Alexander Mertens

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Verena Nitsch

Im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamtes

# Impressum

## HERAUSGEBER

Eisenbahn-Bundesamt

Heinemannstraße 6  
53175 Bonn

[www.eba.bund.de](http://www.eba.bund.de)

## DURCHFÜHRUNG DER STUDIE

RWTH Aachen University

Verkehrswissenschaftliches Institut der RWTH Aachen University  
Mies-van-der-Rohe-Str. 1  
D-52074 Aachen

Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University  
Bergdriesch 27  
D-52062 Aachen

## ABSCHLUSS DER STUDIE

Januar 2019

## REDAKTION

Marcus Daniel, Referat 34

Meike Holtkämper, Referat 52

## PUBLIKATION ALS PDF

<https://www.dzsf.bund.de/Forschungsergebnisse/Forschungsberichte>

ISSN 2627-9851

[doi: 10.48755/dzsf.210023.02](https://doi.org/10.48755/dzsf.210023.02)

Bonn, März 2019

# Kurzfassung

In dem Forschungsvorhaben wurden die Auswirkungen der Digitalisierung auf den Eisenbahnbetrieb mit Fokus auf den Triebfahrzeugführer analysiert. Als wesentliche Erkenntnis zeichnen sich dabei drei Kernthemen ab, welche mögliche Veränderungen für den Triebfahrzeugführer nach sich ziehen.

(1) Eine zunehmende Automatisierung des Zugbetriebs und daraus resultierend veränderte Anforderungen an die Tätigkeiten des Triebfahrzeugführers (Tf). In Anbetracht aktueller Forschungen im Bereich automatisierter und vernetzter Rangiersysteme ist zu erwarten, dass in naher Zukunft Tätigkeiten des Rangierers bzw. Lokrangierführers automatisiert werden. Darüber hinaus testen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und Fahrzeughersteller Sensorik, Datenfernübertragung und -auswertung sowie neuartige Prognoseverfahren derzeit intensiv zum Zweck der prädiktiven bzw. zustandsbasierten Instandhaltung. Für den Tf bedeutet dies, dass sich die bisherigen Arbeitstätigkeiten ändern und die bisher bekannten Diagnosesysteme mittelfristig ersetzt werden könnten. Infolgedessen wird der Tf u. a. mit einer zunehmenden Anzahl visuell per Displayanzeigen übermittelter Systemzustände und einer gestiegenen Verantwortung bei der Abwendung zu erwartender Störmeldungen und Schadensereignisse konfrontiert. Langfristig ist davon auszugehen, dass die Forschung im Bereich der Automatic Train Operation (ATO) auch im Streckendienst einen fahrerlosen Zugbetrieb ermöglicht, wobei die genaue technische Konfiguration dabei noch nicht absehbar ist. Eine stärkere Vernetzung der Eisenbahnbranche mit Stakeholdern des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs (ÖSPV), der See- und Binnenschifffahrt oder Luftfahrt ist zu empfehlen, um dort erprobte Technologien beschleunigt innerhalb des Systems Bahn zu adaptieren. Bei der ergonomisch optimierten Ausgestaltung von Mensch-Maschine-Schnittstellen besteht zudem im Fall von Anwendungen für den Tf ein Optimierungsbedarf. Erkenntnisse aus dem Automobil- und Werkzeugmaschinenbau könnten z. B. der menschenzentrierten Gestaltung von Displayanwendungen im Triebfahrzeug (Tfz)-Führerraum zu einem Entwicklungsschub verhelfen.

(2) Eine zunehmende Verbreitung von mobilen Endgeräten und Fahrassistenzsystemen und daraus resultierend ein zunehmendes Ablenkungspotential der Tf. Die in Deutschland eingesetzten punkt- bzw. linienförmigen Zugbeeinflussungssysteme sowie das europäisch harmonisierte System European Train Control System stellen derzeit die bedeutsamsten digitalen Bedieneinrichtungen im Tfz-Führerraum dar. Weitere digitale Komponenten sind das Bahn-Kommunikationssystem GSM-R, etablierte Sensor- und Diagnosetechnologien sowie der Elektronische Buchfahrplan und Langsamfahrstellen. In den letzten Jahren ist zudem eine Einführung unterschiedlicher Fahrerassistenzsysteme zum energiesparenden Fahren sowie EVU-spezifischer Tablet-Anwendungen für den Tf zu beobachten. Die Verwendung von Tablet-Geräten durch den Tf ist nicht unumstritten, da eine mögliche Ablenkung des Tf durch die nicht bestimmungsgerechte Nutzung des Geräts zu Fehlhandlungen mit katastrophalen Folgewirkungen führen könnte. Zwar sind mögliche Gefährdungen nach Anwendung des Risikomanagementverfahrens gemäß VO (EU) Nr. 402/2013 insgesamt als tolerabel anzusehen, diese Betrachtung setzt jedoch voraus, dass adäquate Sicherheitsmaßnahmen zur Anwendung kommen. Das Ablenkungspotenzial mobiler Endgeräte im Führerraum entzieht sich grundsätzlich einer Überwachung durch den Arbeitgeber, sodass dieser an das Verantwortungsbewusstsein der Tf appellieren und die möglichen Konsequenzen einer Ablenkung im Rahmen von Fortbildungen regelmäßig thematisieren sollte.

(3) Zunehmende Medienbrüche durch parallel verwendete digitale und analoge Eingabe- und Ausgabe-schnittstellen und daraus resultierend eine visuelle Mehrfachbelastung der Tf. Ausgehend vom derzeitigen Entwicklungsstand digitaler Bedieneinrichtungen im Tfz-Führerraum sind größere Potenziale zur ergonomischen Optimierung dieser Technologien festzustellen. So verfügen fest installierte Führerraumanzeigen über eine eingeschränkte Funktionalität und Gebrauchstauglichkeit, während die Befestigung der von verschiedenen EVU bereits implementierten mobilen Endgeräte im Führerraum nicht den ergonomischen Erkenntnissen hinsichtlich des Seh- und Greifraums entspricht. Darüber hinaus weisen Informationen, die mittels mobiler Endgeräte visualisiert werden, in der Regel keine zeit- und ortsabhängige

Priorisierung auf. Die beschriebenen Aspekte führen zu negativen Auswirkungen, wie Medienbrüchen zwischen Printmedien, herkömmlichen Führerraumanzeigen und Informationsvisualisierungen mittels mobiler Endgeräte, zu einer Informationsflut von nicht priorisierten Daten, einer visuellen Mehrfachbelastung und einer Ablenkung der Betriebsbeamten einhergehend mit negativen Implikationen bzgl. der Aufmerksamkeit und Fahrleistung. Hieraus leiten sich Handlungsfelder ab, um Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit und somit die betriebliche Sicherheit im Eisenbahnbetrieb zu erhöhen.

Um den beschriebenen Herausforderungen bzgl. der Digitalisierung im Eisenbahnbetrieb und potentiell negativen Auswirkungen auf den Eisenbahnbetrieb zu begegnen, werden ein kurz- bis mittelfristiger Ansatz als Übergangslösung, ein mittel- bis langfristiger Ansatz als optimierte Lösung sowie begleitende Qualifizierungsmaßnahmen empfohlen. Als kurz- bis mittelfristige Übergangslösung wird die optimierte Anwendung von mobilen Endgeräten vorgeschlagen. Die Optimierung umfasst Verbesserungen hinsichtlich der ergonomischen Einbindung der mobilen Endgeräte in den Führerraum unter Berücksichtigung der Seh- und Greifräume, die Minimierung des Ablenkungspotenziales mobiler Endgeräte durch Qualifizierungs- bzw. Schulungsmaßnahmen sowie die Forcierung offener Schnittstellen zur Vernetzung von Back-End- bzw. Content-Management-Systemen mit Applikationen auf den mobilen Endgeräten.

Als mittel- bis langfristige Lösung wird die Erweiterung des European Driver's Desk plus-Konzepts (EUDDplus) mit bislang vier (standardisierten) Driver-Machine-Interfaces (Train Radio Display, Electronic Time-table Display, Control Command Display und Technical and Diagnostic Display) um ein von den EVU flexibel nutzbares fünftes Display („Erweiterter 4+1 Einheitsführerraum“) empfohlen. Eine potentielle Grundlage hierfür stellt der Führerraum des ICE 4 mit fünf Displays dar. Diesbezüglich ist zu berücksichtigen, dass sich das fünfte Display einerseits in den standardisierten Einheitsführerraum einfügen und andererseits mittels offener Schnittstellen EVU-spezifische Funktionen ermöglichen sollte. Die Erweiterung des EUDDplus-Konzepts bzw. des Einheitsführerraums sollte darüber hinaus eine baureihenübergreifende ergonomische Optimierung der Fahrzeuginnenraumgestaltung hinsichtlich der Seh- und Greifräume, eine Erhöhung der Datenverfügbarkeit durch die Anbindung hochentwickelter Back-End- bzw. Content-Management-Systeme mit offenen Schnittstellen und eine orts- und zeitabhängige Priorisierung von Informationen umfassen. Optional können priorisierte Informationen im Sichtbereich des Tf bzw. im Bereich der Streckenbeobachtung, bspw. mittels Head-up-Displays, angezeigt werden. Als zentraler Vorteil des erweiterten Einheitsführerraums erweist sich, dass Medienbrüche bei der Visualisierung von Informationen vermieden und Informationen zielgerichteter bereitgestellt werden. Dadurch können die visuelle Mehrfachbelastung und die potentielle Ablenkung des Tf verringert werden.

Notwendige Qualifizierungsmaßnahmen im Umgang mit digitalen Arbeits- und Hilfsmitteln wie Tablet- oder Smartphone-Anwendungen sind grundsätzlich in Eigenverantwortung des EVU zu leisten. Die derzeitige Aus- und Weiterbildung des Tf erfolgt in einzelnen Bildungseinrichtungen bereits mithilfe mobiler Endgeräte sowie digitaler Lehr- und Lernmanagementsysteme. Das integrierte Lernen kombiniert den klassischen Präsenzunterricht mit dem computer- bzw. webbasierten Lernen. Es sollte den EVU weiterhin freigestellt werden, welches Lernformat zur Schulung digitaler Arbeits- und Hilfsmittel gewählt wird. Dennoch wird empfohlen, die generelle Notwendigkeit von Qualifizierungsmaßnahmen gegenüber den EVU in regelmäßigen Abständen zu thematisieren. Der gültige rechtliche Rahmen in Bezug auf die Ausbildung des Tf ermöglicht bereits heute eine Digitalisierung betrieblicher Prozesse. So ist die Verwendung elektronischer Dokumente sowie die digitale Kommunikation auf Seiten des Tf in den relevanten Regelwerken gestattet. Neuartige Technologien im Tfz (z. B. Fahrerassistenzsysteme, Fahrzeugdiagnosesysteme) wurden jedoch in der Regel noch nicht in übergeordnete betriebliche Regelwerke (z. B. Ril 418 der Deutschen Bahn) sowie Rechtsvorschriften über den Inhalt von Tf-Lehrgängen (z. B. TfV, TSI Verkehrsbetrieb und Verkehrssteuerung) aufgenommen, äußern sich jedoch in zunehmend umfangreicheren Handbüchern für das Bedienen von Tfz. Auf der Grundlage der unterbreiteten Vorschläge wäre zu prüfen, welchen Detaillierungsgrad die genannten Regelwerke und Rechtsvorschriften hinsichtlich der Nennung neuartiger Technologien zukünftig aufweisen sollen, damit eine zukunftsfähige Ausbildungsorganisation für angehende Tf gewährleistet ist.