

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/263863983>

Mensch-Maschine-Interaktion im Betrieb der SBB

Conference Paper · October 2012

CITATIONS

2

READS

936

7 authors, including:



[Jonas Brüngger](#)

University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland

39 PUBLICATIONS 39 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Toni Waepler](#)

University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland

59 PUBLICATIONS 268 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Katrin Fischer](#)

University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland

57 PUBLICATIONS 805 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Jasmin Zimmermann](#)

Swiss Council For Accident Prevention BFU

20 PUBLICATIONS 136 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Mensch-Maschine-Interaktion im Betrieb der SBB

Jonas Brüngger¹, Peter Grossenbacher², Pia Zwahlen², Jasmin Zimmermann¹, Kathrin Gärtner¹, Toni Wäfler¹ und Katrin Fischer¹

Schlüsselwörter: Automatisierung, Zugverkehrsleitung, Funktionsallokation

Zusammenfassung

Im Projekt „Mensch-Maschine-Interaktion im Betrieb der SBB“ geht es um die Fragen, welche Auswirkungen Veränderungen der Automatisierung auf die Tätigkeiten in der Zugverkehrsleitung haben und welche Anforderungen daraus für die Gestaltung der betroffenen Systeme entstehen. Erste Ergebnisse zum aktuellen Stand der Automatisierung verschiedener Arbeitstätigkeiten in der Zugverkehrsleitung liegen vor.

Im „Werkstatt Track“ soll den Fragen nachgegangen werden, mit welchen Methoden die Auswirkungen von Automatisierung auf ein soziotechnisches System am besten antizipiert und beurteilt werden können, welche arbeitspsychologischen Kriterien für die Bewertung relevant sind und wie diese Kriterien geeignet operationalisiert werden können. Darüber hinaus soll diskutiert werden, ob Tätigkeiten mit spezifischen Automatisierungsprofilen (in Anlehnung an Parasuraman, Sheridan & Wickens, 2000) auch mit spezifischen Risiken verbunden sind.

Ausgangslage

Durch technische und organisationale Veränderungen bei den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) wird sich in den nächsten Jahren der Grad der Automatisierung bei unterschiedlichen Arbeitstätigkeiten in der Zugverkehrsplanung, -leitung, Disposition und Fahrgastinformation (nachfolgend unter Zugverkehrsleitung zusammengefasst) weiter erhöhen. Dadurch stellen sich zentrale Fragen, die für die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit der Zugverkehrsleitung in Zukunft von entscheidender Bedeutung sein werden. In einem Forschungsprojekt mit der Fachhochschule Nordwestschweiz, den SBB und IBM Rüschlikon sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Welche Auswirkungen – positive und negative – hat die Automatisierung unterschiedlicher Tätigkeiten auf die Arbeit der Zugverkehrsleitung, sowohl im Regelbetrieb als auch im Störfall?
- Welche Anforderungen resultieren daraus für die künftige Gestaltung der Technik, der Arbeitsorganisation, der Aufgabenverteilung sowie für Schulung und Training, um negative Auswirkungen zunehmender Automatisierung aufzufangen und die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Systems zu gewährleisten?

¹ Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Hochschule für Angewandte Psychologie, Olten

² Schweizerische Bundesbahnen SBB

Im Allgemeinen soll die Automatisierung Fehler vermeiden, oft schafft sie jedoch auch neue. Künftig wird deshalb in der Zugverkehrsleitung eine neue Qualität der Automatisierung erforderlich sein, die nicht primär von den technischen Möglichkeiten, sondern verstärkt von den Fähigkeiten und Bedürfnissen des Menschen ausgeht, um mögliche negativen Folgen der Automatisierung zu vermeiden. Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde das Projekt in zwei Phasen gegliedert: in der ersten Phase wurden Daten zu den Tätigkeiten und der aktuellen Gestaltung der Automatisierung in der Zugverkehrsleitung erhoben. Neben der Beschreibung von Systemeigenschaften und kognitiven Anforderungen an die Zugverkehrsleitung wurden dazu tätigkeitsspezifische Profile des Automatisierungsgrades erstellt. In einer nächsten Phase des Projekts soll eine Abschätzung der künftigen technischen Entwicklungen bei den SBB und deren Einfluss auf das soziotechnische System der Zugverkehrsleitung stattfinden.

Theoretischer Hintergrund

In Anlehnung an Hauss und Timpe (2000) wird von Automatisierung oder Automation gesprochen, wenn einzelne Funktionen oder ganze Tätigkeiten, die bisher von Menschen ausgeführt wurden, auf Maschinen übertragen werden. Unter Automation wird das Ergebnis einer solchen Übertragung verstanden.

In einem Modell der Automation von Parasuraman, Sheridan & Wickens (2000) werden verschiedene Arten und Stufen der Automation nach zwei Aspekten unterschieden (Model for Types and Levels of Automation). Zum einen wird nach der Art der automatisierten Funktion differenziert: (1) Informationsaufnahme, (2) Informationsverarbeitung, (3) Entscheidungsfindung und (4) Handlungsausführung. Zum anderen wird nach dem Ausmass der jeweiligen Automation unterschieden. Dabei wird untersucht, in welchem Umfang Funktionen an Maschinen übertragen wurden. Im Sinne dieses Modells können aufgabenspezifische Automatisierungsprofile abgebildet werden (siehe Abb.1). Parasuraman et al. (2000) schlagen vor, beim Design von Systemen darauf zu achten, welche Wirkungen verschiedene Automatisierungsgrade der vier vorgeschlagenen Funktionen auf menschliche Leistungskriterien, die Zuverlässigkeit der Automation sowie die Risiken (Costs of Decision/Action Outcomes) haben.

Ein durchdachtes Design der Automatisierung von Tätigkeiten soll dazu dienen, typische Fehler, die bei zunehmender Automatisierung auftreten können, zu vermeiden. Zu denken sei hier u. a. an die sogenannten „Ironien der Automatisierung“ (Bainbridge, 1983). Manzey (2012) fasst drei hauptsächliche unerwünschte Effekte der Automatisierung zusammen. Diese werden im Folgenden näher erläutert.

Verlust des Situationsbewusstseins

Der Begriff „Situationsbewusstsein“ (engl. Situation Awareness, Endsley, 2000) bezieht sich auf die Wahrnehmung und das Wissen eines Operateurs (z.B. eines

Piloten oder eines Zugverkehrsleitenden) über den Zustand des zu kontrollierenden Systems und seiner Objekte.

Endsley (2000) unterteilt Situation Awareness in drei Ebenen:

- Ebene 1: Wahrnehmung des aktuellen Zustandes der Systemparameter.
- Ebene 2: Verständnis der Bedeutung der Systemparameter.
- Ebene 3: Vorhersage (Antizipation) des zukünftigen Zustandes des Systems.

Situationsbewusstsein setzt aufgabenrelevantes Wissen und die Fähigkeit voraus, aus diesem Wissen künftige Systemzustände vorherzusagen. Für Zugverkehrsleitende, welche das dynamische System „Züge - Gleisanlage - Fahrplan - Menschen - Situation“ handhaben müssen, sind alle drei Ebenen relevant. Ein Verlust des Situationsbewusstseins droht bei unangemessener Automatisierung dann, wenn Rückmeldekanäle verändert oder eingeschränkt werden, aber auch bei Intransparenz der Systemfunktionen, bei zu hoher Systemkomplexität, bei mangelndem Systemverständnis und bei übersteigertem Vertrauen in die Automation (Manzey, 2012).

Verlust von Fertigkeiten

Zunehmende Automatisierung kann bei den Operateuren zu einem Verlust an Fertigkeiten führen, wenn diese nie oder nur noch selten die Gelegenheit haben, ein System manuell zu bedienen. Bereits antrainierte Fähigkeiten können über die Zeit schlechter werden oder sogar ganz verloren gehen (deskilling, Manzey, 2012). Dies ist für die Aufgabenausführung insbesondere dann problematisch, wenn ein Operateur bei Automationsfehlern oder -ausfällen in der Lage sein muss, automatisierte Funktionen wieder zu übernehmen und selbst auszuführen (Parasuraman, et al., 2000).

Übersteigertes oder zu geringes Vertrauen in die Automation

Eine hohe wahrgenommene Zuverlässigkeit der Automation, hohe Beanspruchung der Operateure durch gleichzeitige Aufgaben (Multi-Tasking), Müdigkeit, geringes Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit sowie mangelnde eigene Erfahrung mit Automationsfehlern können dazu führen, dass Operateure ein übersteigertes Vertrauen in die Automation entwickeln (Manzey, 2012) und sich zu sehr auf die Technik verlassen (complacency, Parasuraman, Molloy & Singh, 1993). In der Folge werden automatisierte Funktionen mangelhaft oder nachlässig überwacht. Dies kann zu Unterlassungs- und Handlungsfehlern führen.

Mangelndes Vertrauen in die Automation kann ebenfalls dysfunktional sein, wenn es zur Unterschätzung der „wahren“ Systemzuverlässigkeit führt und damit automatisierte Systeme nur unzureichend genutzt werden. Dies ist besonders problematisch bei Alarm- und Warnsystemen (Parasuraman & Riley, 1997; Meyer, 2001).

Methodisches Vorgehen

Das Projekt befindet sich derzeit in seiner ersten Phase, in der die Aufgaben und kognitiven Anforderungen der Zugverkehrsleitung in Bezug zum derzeitigen Stand der Automatisierung beschrieben werden. Hierzu wurden Dokumentenanalysen und leitfadengestützte Tätigkeitsbeobachtungen sowie Interviews durchgeführt. Die Leitfäden wurden auf Basis der KOMPASS Methode zur Bewertung und Gestaltung von Produktionssystemen (Wäfler, Windischer, Ryser, Weik & Grote, 1999) erstellt. Insbesondere lagen dabei die (1) Qualität der zur Verfügung stehenden Daten und Informationen, (2) Prozesstransparenz, (3) Kopplung und (4) der Automatisierungsgrad in den auszuführenden Aufgaben sowie (5) Störungen und Schwankungen im Fokus. Ergänzt wurden die Leitfäden im Hinblick auf die Methoden der Cognitive Task Analysis (Militello & Hutton, 1998). Neben Aufgabenbeschreibungen mit Fokus auf kognitive Anforderungen wurden daraus Profile des Automatisierungsgrades der verschiedenen Tätigkeiten in der Zugverkehrsleitung erstellt (siehe Abb.1).

Diese Profile bilden jeweils tätigkeitsspezifisch ab, in welchem Masse die Informationsaufnahme, -verarbeitung, Entscheidungsfindung und Handlungsausführung derzeit automatisiert sind. Die Kriterien zur Beurteilung der Automatisierungsgrade wurden aus den Beschreibungen zum „Modell verschiedener Arten und Stufen der Automation“ von Parasuraman et al. (2000) entnommen.

Ergebnisse

Aus den Automatisierungsprofilen wird deutlich, dass sich sowohl die untersuchten Funktionen (Zugverkehrsplaner, Zugverkehrsleitende, Disponenten, Disponenten Assistenten und Informationsspezialisten) wie auch die unterschiedlichen Tätigkeiten dieser Funktionen zum Teil stark voneinander unterscheiden. Die verschiedenen Tätigkeiten bieten dementsprechend auch individuelle Herausforderungen im Umgang mit automatisierten Systemen.

Zur Veranschaulichung wird beispielhaft das Profil der Zugverkehrsleitenden mit den Tätigkeiten Überwachung/Disposition und Störungsbehandlung (Abb. 1) beschrieben.

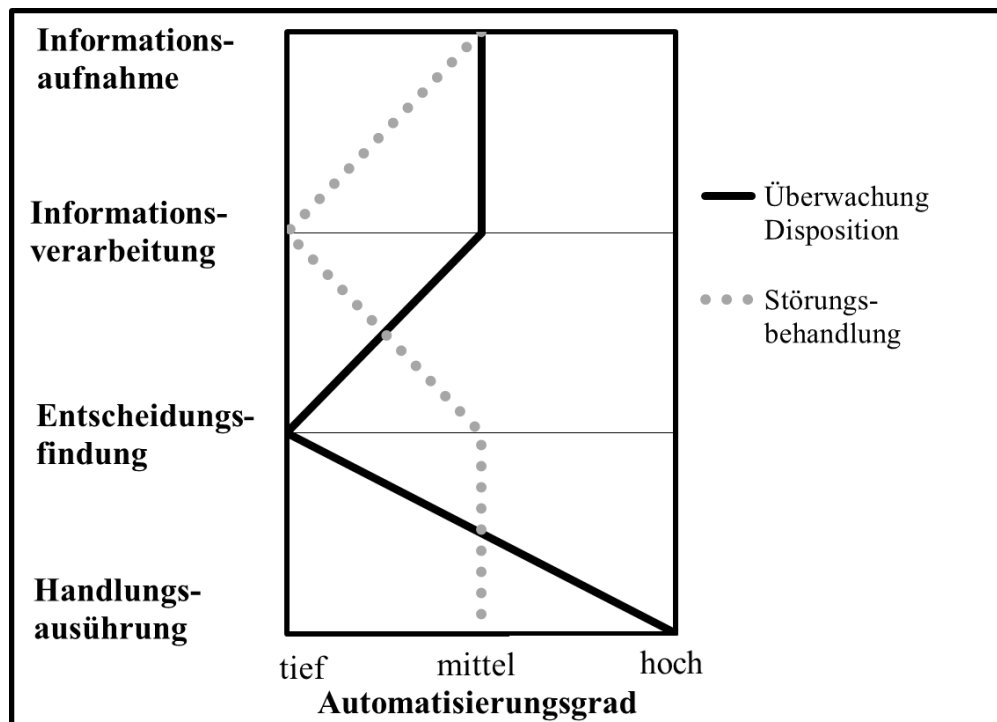


Abb.1: Bsp. Automatisierungsprofil eines Zugverkehrsleitenden für die Tätigkeiten Überwachung/Disposition und Störungsbehandlung (in Anlehnung an Parasuraman et al., 2000)

Die Zugverkehrsleitenden nehmen Informationen sowohl über den Computer als auch über verschiedene andere technische Systeme auf. Eine direkte Sicht z.B. auf Züge oder Gleise ist durch die örtliche Trennung der Arbeitsplätze von den überwachten Sektoren nicht mehr möglich.

Im Rahmen der Überwachung/Disposition erhalten Zugverkehrsleitende durch Systemhinweise Informationen zum Status von Zügen und über die Belegung von Strecken. Beispielsweise wird die Zugnummer von einem Zug besonders eingefärbt und unterstrichen dargestellt, wenn dieser vor einer Weiche stehenbleibt bzw. von einem System gestoppt wird. Entsprechend werden dem Zugverkehrsleitenden die Interpretation des Zustandes eines solchen Zuges und damit die Informationsverarbeitung durch das technische System erleichtert.

Bei der Behandlung von Störungen wird die Informationsverarbeitung durch die technischen Systeme nur wenig unterstützt. Es wird zwar angezeigt, dass ein bestimmtes Problem vorliegt, die Ursachen und Gründe muss der Zugverkehrsleitende jedoch auf der Basis seines Vorwissens und seiner individuellen Erfahrung erkunden.

Bei der Tätigkeit der Überwachung/Disposition wird die Entscheidungsfindung von den technischen Systemen kaum unterstützt. Im Rahmen der allgemeinen Betriebs- und Sicherheitsvorschriften müssen eigene Entscheidungen frei getroffen werden. Für die Tätigkeit der Störungsbehandlung ist die Entscheidungsfindung durch vordefinierte Prozesse (auch aus technischer Sicht) zum Teil stark eingeschränkt. Es existiert andererseits jedoch kein Expertensystem, welches den Zugverkehrsleitenden Entscheidungen diesbezüglich vollständig abnimmt.

Werkstatt-Diskussion

In einer nächsten Phase des Projekts sollen eine Abschätzung der künftigen technischen Entwicklungen und deren Einfluss auf die Tätigkeiten in der Zugverkehrsleitung stattfinden. Dazu werden im Rahmen von mehreren Workshops sowohl Entwickler wie auch Nutzer der technischen Systeme gemeinsam mögliche Zukunftsszenarien entwickeln und ihren Einfluss auf die verschiedenen Tätigkeiten in der Zugverkehrsleitung bewerten.

Im „Werkstatt Track“ soll diskutiert werden, mit welchen Methoden die Auswirkungen von Automatisierung auf ein soziotechnisches System am besten antizipiert und beurteilt werden können. Als Diskussionsgrundlage wird die Intuitive Logics Szenario-Methode vorgeschlagen (für einen Überblick siehe Kosow und Gaßner, 2008). Diese Methode gehört zu den kreativ-narrativen Szenariotechniken und bezieht neben objektiven Daten auch die Intuition und das implizite Wissen von Experten mit ein. Bezüglich der Kriterien, anhand derer die Auswirkungen der ausgearbeiteten Automatisierungsszenarios auf ein soziotechnisches System beurteilt werden sollen, schlagen die Autoren die drei von Manzey (2012) beschriebenen Problemfelder vor (Verlust von Situationsbewusstsein, Verlust von Fertigkeiten, übersteigertes oder zu geringes Vertrauen). Mit den Teilnehmenden des Werkstatt Tracks erhoffen sich die Autoren eine Diskussion der Vor- und Nachteile des Einsatzes der vorgeschlagenen Methoden und Kriterien sowie Vorschläge für die Umsetzung.

Des Weiteren soll gemeinsam diskutiert werden, ob Tätigkeiten mit spezifischen Automatisierungsprofilen auch mit spezifischen Risiken verbunden sind, und falls ja, mit welchen. Auf der Basis der bisherigen Projektergebnisse konnten bereits erste Hypothesen dazu aufgestellt werden. So wird z. B. vermutet, dass die Kombination eines mittleren Automatisierungsgrades bei der Informationsaufnahme und eines hohen Automatisierungsgrades in der Handlungsausführung (bei einer typischen Überwachungsaufgabe) verstärkt zu Monotonie und dadurch vermittelt zu einem geringeren Situationsbewusstsein führt.

Die Autoren erhoffen sich eine konstruktive, kritische Diskussion und gegebenenfalls methodischen Input von den Werkstattteilnehmenden.

Literatur

- Bainbridge, L. (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19, 775-779.
- Endsley, M. R. (2000). Theoretical Underpinnings of Situation Awareness: A Critical Review. In M. R. Endsley & D. J. Garland (Hrsg.), *Situation Awareness Analysis and Measurement* (pp. 3-32). Lawrence Erlbaum Associates.
- Hauß, Y. & Timpe, K.-P. (2000). Automatisierung und Unterstützung im Mensch-Maschine-System. In K.-P. Timpe, T. Jürgensohn & H. Kolrep (Hrsg.), *Mensch-Maschine-Systemtechnik. Konzepte, Modellierung, Gestaltung, Evaluation*. Düsseldorf: Symposium (41-62).

- Kosow, H., & Gaßner, R. (2008). Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Werkstattbericht Nr. 103. Berlin: IZT - Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.
- Manzey, D. (2012). Systemgestaltung und Automatisierung. In P. Badke-Schaub, G. Hofinger & K. Lauche (Hrsg.), Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen. 2. überarbeitete Auflage (S. 333-352). Heidelberg: Springer.
- Meyer, J. (2001). Effects of warning validity and proximity on responses to warnings. *Human Factors*, 43, 563–572.
- Militello, L. G., & Hutton, R. J. (1998). Applied cognitive task analysis (ACTA): a practitioner's toolkit for understanding cognitive task demands. *Ergonomics*, 41(11), 1618-1641. Citeseer.
- Parasuraman R., Molloy R., & Singh I. L. (1993). Performance consequences of automation induced “complacency.” *International Journal of Aviation Psychology*, 2, 1–23.
- Parasuraman, R., & Riley, V., (1997). Humans and automation: use, misuse, disuse, abuse. *Human Factors* 39, 230-253.
- Parasuraman, R., Sheridan, T. B., & Wickens, C. D. (2000). A model for types and levels of human interaction with automation. (E. O. L. B. N. Laboratory, Ed.) *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part A Systems and Humans*, 30(3), 286-297. IEEE.
- Wäfler, T., Windischer, A., Ryser, C., Weik, S. & Grote, G. (1999). Wie sich Mensch und Technik sinnvoll ergänzen. Die GESTALTUNG automatisierter Produktionssysteme mit KOMPASS. Schriftenreihe Mensch-Technik-Organisation (Hrsg. E. Ulich), Band 18. Zürich: vdf Hochschulverlag.