

Entwicklung von Trainings kognitiver Fähigkeiten für technische Operateure im Bahnbetrieb

Giulio NISOLI, Jonas BRÜNGGER, Karin HOSTETTLER, Nicole STOLLER und
Katrin FISCHER

*Institut Mensch in komplexen Systemen, Hochschule für Angewandte Psychologie
Fachhochschule Nordwestschweiz, Riggbachstrasse 16, CH-4600 Olten.*

Kurzfassung: Technische Operateure im Bahnbetrieb sind Experten, die für die Überwachung und Steuerung des Bahnstromnetzes und der Bahntunnel verantwortlich sind. Trainingsmethoden zur Verbesserung der von technischen Operateuren benötigten kognitiven Fähigkeiten fehlen in der Schweiz bislang. In einem Forschungsprojekt der Hochschule für Angewandte Psychologie der Fachhochschule Nordwestschweiz wurde zusammen mit einem Schweizer Bahnunternehmen mit einer sog. *Cognitive Task Analysis* untersucht, welche kognitiven Fähigkeiten die Operateure benötigen. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen wurden Trainingsmethoden entwickelt, um die identifizierten relevanten kognitiven Fähigkeiten zu trainieren.

Schlüsselwörter: Kognitive Fähigkeiten, Cognitive Task Analysis, technische Operateure, Eisenbahn, Training

1. Einleitung

In der Schweiz werden das Bahnstromnetz sowie die Eisenbahntunnel von den sogenannten technischen Operateuren überwacht und gesteuert. Die Systeme der technischen Operateure im Bahnbetrieb werden laufend mit zusätzlichen Anwendungen und Funktionalitäten weiterentwickelt. Mit den Weiterentwicklungen steigt im Allgemeinen auch der Grad ihrer Automatisierung.

Um die Handlungsfähigkeit der technischen Operateure sicherstellen zu können, wird es immer wichtiger, die relevanten kognitiven Fähigkeiten der Operateure durch Ausbildung und Training aufzubauen und à jour zu halten. Prozessabläufe und Bedienhandlungen im Ereignis- und Störfall müssen trainiert werden können, damit die Operateure über die nötige Erfahrung und das Wissen im Umgang mit einer Störungssituation oder bei der Ereignisbewältigung verfügen.

Die Bedienung komplexer technischer Systeme, die korrekte Analyse und das entsprechende Verhalten im Störfall werden heute in den meisten Branchen (Luftfahrt, Kerntechnik, Medizin) in Trainings- und Simulationsanlagen realisiert. Sind keine Möglichkeiten zum Simulator-Training gegeben, müssen andere Methoden und Verfahren entwickelt werden, um die entsprechenden Kompetenzen zu trainieren.

2. Ziele des Projektes

Ziel des geplanten Projektes war es, die relevanten kognitiven Fähigkeiten der technischen Operateure zu identifizieren, die für den Normal-, aber vor allem für den Ereignis- und Störfall benötigt werden.

Darüber hinaus sollten Methoden entwickelt werden, mit denen diese identifizierten kognitiven Fähigkeiten auch ohne Simulationsanlage trainiert werden können.

3. Theoretischer Hintergrund

Bei der Ausführung der Aufgaben von technischen Operateuren können Fehler zu schwerwiegenden Folgen für die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Eisenbahnverkehrs führen. Um Fehler zu vermeiden, wird der menschliche Handlungsspielraum und damit die Variabilität der menschlichen Leistung oft durch die Standardisierung der Prozessausführung reduziert. Die Standardisierung erfolgt typischerweise durch die Einführung detaillierter Richtlinien für die Aufgabenausführung, die sehr genau einzuhalten sind, und durch die Einführung hochautomatisierter technischer Systeme (Amalberti 2013; Hollnagel 2014). Da viele Aspekte der Arbeit von technischen Operateuren repetitiv sind, kann die routinemäßige Aufgabenerfüllung in der Regel gut antizipiert und geplant werden. Aus diesem Grund sind die meisten Aufgaben der technischen Operateure standardisiert. In diesem Zusammenhang argumentiert Schulman (2013) in seiner Arbeit, dass Aufgaben mit geringer Variabilität bzw. hoher Wiederholbarkeit geeignet sind, durch Standardisierung geregelt zu werden. Es erscheint daher angebracht, die Ausführung der Routineaufgaben der technischen Operateure zu standardisieren. Damit stehen diese Experten vor der Herausforderung, mit technischen Systemen zu arbeiten, deren Automatisierungsgrad ständig zunimmt, und detaillierte Richtlinien einzuhalten, die genau vorgeben, wie die Aufgaben der eigenen Arbeit auszuführen sind. Vor diesem Hintergrund wird es deutlich, warum sich die Grundausbildung der technischen Operateure stark auf die Arbeit mit Richtlinien und auf das technische Wissen fokussiert, zwei Bereiche, die zur Bewältigung dieser Aufgabe unbedingt notwendig sind.

Um eine erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Menschen und technischen Systemen zu gewährleisten, ist es entscheidend, dass der Mensch die Kontrolle über die Prozesse der auszuführenden Aufgabe behält (Wäfler et al. 1999). Ein typischer negativer Effekt von Automatisierung ist das sogenannte *Deskilling*. So kann die Automatisierung von Aufgaben den Menschen in eine passive Rolle drängen und dadurch zum Verlust der für die Aufgabenausführung relevanten Fähigkeiten führen (Manzey 2012). Ohne diese Fähigkeiten ist es jedoch nicht möglich, dass die technischen Operateure die Kontrolle über die Prozesse ihrer Aufgaben behalten. Deshalb ist es entscheidend, einen Weg zu finden, die entsprechenden Fähigkeiten zu erhalten und weiterzuentwickeln, insbesondere wenn die Aufgabe in Zusammenarbeit mit stark automatisierten technischen Systemen ausgeführt werden muss. Doch selbst bei den sich häufig wiederholenden und vorhersehbaren Aktivitäten treten ab und zu unerwartete Ereignisse auf. Das bedeutet, dass bei jeder Aktivität immer ein bestimmtes Mass an Variabilität vorhanden ist (Grote 2009). Der Mensch gilt als der Technologie überlegen in seiner Fähigkeit, sich an verändernde Bedingungen anzupassen (Manzey 2012). Diese Anpassungsfähigkeit ist unerlässlich, um unter wechselnden Bedingungen stabile Ergebnisse zu erzielen, erfordert aber eine gewisse Variabilität bei der Leistungsausführung (Smith et al. 2014). In ähnlicher Weise müssen die technischen Operateure in der Lage sein, die korrekte Überwachung und Steuerung des Bahnstromnetzes sowie der Eisenbahntunnel auch bei Ausfall von technischen Anlagen zu gewährleisten und den Betrieb manuell (ohne Unterstützung durch die ausgefallenen technischen Systeme) aufrecht zu erhalten.

Das gleiche Ziel muss erreicht werden, aber mit anderen als den üblichen Operationen.

Die Reduzierung des Handlungsspielraums durch Standardisierung – durch die Einführung von detaillierten Richtlinien und automatisieren technischen Systemen – reduziert die Möglichkeit für technische Operateure, ihre Leistung zu variieren. Dies kann einerseits den Vorteil haben, das Fehlerrisiko zu verringern, es kann aber andererseits auch zu einem Verlust von Fähigkeiten und Kenntnissen der Experten führen, insbesondere der Fähigkeit, sich an wechselhafte Bedingungen anzupassen (Hollnagel 2014; Manzey 2012). Es ist daher entscheidend für technische Operateure, die kognitiven Fähigkeiten zu erhalten und weiterzuentwickeln, die sie benötigen, um ihre Arbeit zu verstehen und auszuführen – besonders bei unerwarteten Ereignissen. Dafür müssen angemessene Trainings entwickelt und durchgeführt werden.

4. Methodik

4.1 Untersuchungsfeld

Untersucht wurde die Arbeitstätigkeit von technischen Operateuren in einem Schweizer Bahnunternehmen. Abbildung 1 zeigt den Arbeitsplatz eines technischen Operateurs.



Abbildung 1: Arbeitsplatz eines technischen Operateurs.

4.2 Methodisches Vorgehen

Beobachtungsinterviews: Wenn eine Aufgabe von technischen Operateuren als besonders anspruchsvoll erlebt wird, deutet dies darauf hin, dass die für die Ausführung dieser Aufgabe relevanten kognitiven Fähigkeiten weiterentwickelt werden sollen. Die zu trainierenden kognitiven Fähigkeiten von technischen Operateuren sollen deshalb in diesen Aufgaben gesucht werden. Aus diesem Grund wurden in einem ersten Schritt zwei Beobachtungsinterviews durchgeführt, um die besonders anspruchsvollen Aufgaben von technischen Operateuren zu identifizieren.

Fokusgruppeninterviews: In einem zweiten Schritt wurde eine sog. *Cognitive Task Analysis* (CTA) entwickelt und im Rahmen von zwei Fokusgruppeninterviews zur Analyse der identifizierten besonders anspruchsvollen Aufgaben durchgeführt. Die CTA wurde basierend auf der *Applied Cognitive Task Analysis* (Militello & Hutton 2000), der *Critical Decision Method* (Hoffman et al. 1998) und dem *Situation Awareness Model* (Endsley 1995) entwickelt. Durch die Umsetzung dieser CTA können im Rahmen von Fokusgruppeninterviews kognitive Fähigkeiten der folgenden

Typen identifiziert werden: (a) *Wahrnehmung*, (b) *Verständnis und Vorhersage*, (c) *Entscheidungsfindung und Handlungsausführung*, (d) *Entwicklung und Umsetzung von Tipps und Tricks*, (e) *Selbst-Überwachung*, (f) *Improvisation*, (g) *Grenzen der Ausrüstung/Technik kennen*, (h) *Nutzung von Hilfsmitteln*. Beispielsfragen der entwickelten CTA sind in der Tabelle 1 zu entnehmen.

5. Ergebnisse

5.1 Kognitive Fähigkeiten

Mit Hilfe der CTA konnten kognitive Fähigkeiten identifiziert werden, die für die Ausführung der besonders anspruchsvollen Aufgaben nötig sind. Das Beispiel einer solchen kognitiven Fähigkeit ist in Tabelle 1 beschrieben.

Tabelle 1: *Beispielsfragen der eingesetzten Cognitive Task Analysis (CTA) und Beispiel einer dadurch identifizierten kognitiven Fähigkeit des Typs „Wahrnehmung“.*

Typ der kognitiven Fähigkeit	Fragen der CTA	Kognitive Fähigkeit
Wahrnehmung	<ul style="list-style-type: none"> - Welche Informationen in dieser Aufgabe muss man unbedingt haben / finden? - Welche Informationen sind bei dieser Aufgabe schwer zu finden? Warum? - Was ist bei einer schwer zu findenden Information bei dieser Aufgabe hilfreich? 	<p>Das akustisches Signal einer Störung muss wahrgenommen werden.</p> <p>Das kann schwer sein, falls die Akustik vom Vorgänger ausgeschaltet wurde.</p> <p>Eine gute Übergabe kann das Problem vermeiden.</p>

5.2 Trainingsthemen mit Zielen

Die identifizierten kognitiven Fähigkeiten wurden in Trainingsthemen gruppiert. Dabei wurden kognitive Fähigkeiten, die das gleiche Thema betreffen, zusammengefasst. Die resultierenden Trainingsthemen sind: (1) *Praktisches Üben*, (2) *Aufbau mentaler Modelle*, (3) *Kommunikation*, (4) *Teamwork*, (5) *Interaktion mit Technik* und (6) *Stressmanagement*.

Für jedes Trainingsthema wurden spezifische Ziele definiert. Die Ziele beziehen sich auf drei Hauptkategorien: Wissen, Fertigkeiten und Haltung. Nur durch die Berücksichtigung aller drei Kategorien kann sichergestellt werden, dass ein erwünschtes Verhalten nach dem Training bei der Arbeit tatsächlich umgesetzt wird. Auch wenn technische Operateure ein bestimmtes Verhalten bei der Arbeit zeigen können – d.h. wenn sie über das Wissen und die Fertigkeiten dafür verfügen – werden sie es nicht zeigen, falls sie das Verhalten nicht als sinnvoll erachten, d.h. falls sie keine positive Haltung gegenüber dem Verhalten entwickelt haben. In Tabelle 2 sind Beispiele der formulierten Ziele für das Trainingsthema *Praktisches Üben* auszugsweise beschrieben.

Tabelle 1: Beispiele für Ziele vom Trainingsthema «Praktisches Üben».

Trainingsthema	Ziele	Zielkategorie
Praktisches Üben	Theoretische Kenntnisse über das Verhalten in unerwarteten Situationen haben (z.B. Kenntnis von standardisierten Verfahren, die in unerwarteten Situationen eingesetzt werden können).	Wissen
	Auch in unerwarteten Situationen arbeiten können – u.a. Automatismen entwickelt haben, die in unerwarteten Situationen umgesetzt werden können und somit mehr freie Kapazitäten ermöglichen.	Fertigkeiten
	Für unvorhersehbare Situationen sensibilisiert sein.	Haltung

5.3 Trainingsmethoden

Die entwickelten Trainingsmethoden wurden so konzipiert bzw. ausgewählt, dass durch ihre Umsetzung die definierten Trainingsziele erreicht werden können. Pro Trainingsthema wurde eine Trainingsmethode entwickelt, die alle drei Zielkategorien – Wissen, Fertigkeiten und Haltung – berücksichtigt. Im Trainingsthema *Praktisches Üben* soll beispielsweise die Fähigkeit trainiert werden, sich angemessen an unbekanntem Situationen anzupassen. Als Unterstützung dafür kann die strukturierte Vorgehensweise nach FOR-DEC benutzt werden. FOR-DEC wird vor allem in der Luftfahrt eingesetzt, um die Entscheidungsfindung, u.a. in unbekanntem Situationen, zu strukturieren. In Tabelle 3 wird beispielhaft beschrieben, mit welchen Methoden die im Trainingsthema *Praktisches Üben* gesetzten Ziele für alle drei Kategorien erfüllt werden können.

Tabelle 2: Trainingsmethoden, die für das Trainingsthema «Praktisches Üben» entwickelt wurden.

Trainingsthema	Trainingsmethode	Zielkategorie
Praktisches Üben	Präsentation von FOR-DEC als strukturiertes Vorgehen, um die Anpassungsfähigkeit an unerwarteten Situationen zu verbessern.	Wissen
	Gruppenübungen, in denen die Umsetzung von FOR-DEC an tatsächlich stattgefundenen Störungsfällen trainiert wird.	Fertigkeiten
	Manual mit Fragen und Antworten, in welchem die Wichtigkeit des Themas «menschliche Anpassungsfähigkeit» betont wird.	Haltung

6. Diskussion

Die vorliegende Studie identifiziert die kognitiven Fähigkeiten der technischen Operateure im Bahnbereich, die notwendig sind, um die Arbeitsaufgaben zu verstehen, die anspruchsvollen Aufgaben zu bewältigen, sich an verändernde Bedingungen anzupassen und angemessen auf unerwartete Ereignisse zu reagieren. Die identifizierten kognitiven Fähigkeiten wurden in Trainingsthemen mit spezifischen Zielen zusammengefasst und dafür spezifische Trainingsmethoden ausgewählt bzw. entwickelt. Die Trainingsmethoden wurden so konzipiert, dass durch ihre Umsetzung die definierten Ziele in den einzelnen Trainingsthemen erreicht und somit die relevanten kognitiven Fähigkeiten der technischen Operateure trainiert werden können.

Die Trainingsmethoden eignen sich spezifisch, um die relevanten kognitiven Fähigkeiten von technischen Operateuren im Bahnbereich weiter zu entwickeln. Das beschriebene Vorgehen ist generisch und kann auch in anderen Bereichen angewendet werden. Hierbei wäre es interessant zu untersuchen, inwieweit die ermittelten kognitiven Fähigkeiten, Trainingsthemen und -methoden verschiedener Branchen Unterschiede oder Ähnlichkeiten aufweisen. Die Ergebnisse könnten wichtige Hinweise für das Training von Experten in hochautomatisierten Tätigkeiten liefern.

7. Literatur

- Amalberti R (2013) Navigating Safety. Dordrecht: Springer.
- Endsley MR (1995) Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. *Human Factors* 37:32-64.
- Grote G (2009) Management of uncertainty: Theory and application in the design of systems and organizations. Springer Science & Business Media.
- Hoffman RR, Crandall B, Shadbolt N (1998) Use of the critical decision method to elicit expert knowledge: A case study in the methodology of cognitive task analysis. *Human Factors* 40:254-276.
- Hollnagel E (2014) Safety-I and Safety II. The Past and the Future of Safety Management. Farnham: Ashgate.
- Manzey D (2012) Systemgestaltung und Automatisierung. In: Badke-Schaub P, Hofinger G, Lauche K (Ed) *Human Factors. Psychologie sicheren Handelns in Risikobranchen*. Berlin Heidelberg: Springer, 333-352.
- Militello LG, Hutton JB (2000) Applied Cognitive Task Analysis (ACTA): A Practitioner's Toolkit for Understanding Cognitive Task Demands. In: Annett J, Stanton NS (Ed) *Task Analysis*. London: Taylor & Francis, 90-113.
- Schulman P (2013) Procedural Paradoxes and the Management of Safety. In: Bieder C, Bourrier M (Ed) *Trapping Safety into Rules. How Desirable or Avoidable is Proceduralization*. Farnham, Surrey, England: Ashgate Publishing Ltd, 243-256.
- Smith TJ, Henning RA, Wade MG, Fisher T (2014) Variability in human performance. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Ulich E (2011) *Arbeitspsychologie*. Stuttgart: Schäffer Poeschel.
- Wäfler T, Windischer A, Ryser C, Weik S, Grote G (1999) Wie sich Mensch und Technik sinnvoll ergänzen. *Die GESTALTUNG automatisierter Produktionssysteme mit KOMPASS*. Zürich: vdf Hochschulverlag.

Danksagung: Ein besonderer Dank gilt der BLS Netz AG für die konstruktive Zusammenarbeit.