

Einfluss von Sprachkenntnissen auf die Sicherheit im Bahnbetrieb: Simulationsbasierte Untersuchung und Schulung von Lokführern und Fahrdienstleitern

Jürg Suter* Terry Inglese**

* BÄR Bahnsicherung, CH-4600 Olten; Verein DESM, CH-3624 Goldiwil (Thun)
(e-mail: jueg.suter@baer-ing.ch)

** Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW, Institut für Wirtschaftsinformatik, 4052 Basel
(e-mail: terry.inglese@fhnw.ch)

Abstract: Vor dem Hintergrund der Automatisierung haben sich die Tätigkeiten der Lokführer und Fahrdienstleiter grundlegend verändert, indem sich ihre Aufgaben vom Bediener zum Überwacher entwickelt haben. Gleichzeitig ist eine Öffnung im Europäischen Eisenbahnnetz zu beobachten, indem vermehrt Züge über die Landes- und damit oft auch über die Sprachgrenzen verkehren. Die vorliegende Arbeit beschreibt ein Projekt von Fallstudien zu Forschungs- und Schulungszwecken, indem die Sicherheitsrelevanz der Sprachkompetenzen von Lokführern sowie mögliche Verbesserungsansätze unter Anwendung von Simulatoren und damit Konzepten wie Virtual Reality (VR) sowie multimedialer Technologien untersucht wird. Damit soll ein Beitrag geleistet werden, Erkenntnisse über die praxisorientierte Sprachschulung hochspezialisierter Berufe zu gewinnen und neue Lösungsansätze für die Anwendung von kombinierten Sprach- und Prozesstrainings zu entwickeln.

Keywords: Kommunikation, Sprachkompetenz, Leittechnik, Betriebsprozesse.

1. HINTERGRUND DER ARBEIT

Die mündliche Kommunikation im Betrieb der Eisenbahn gehört als Folge der Automatisierung immer weniger zu den Arbeitsroutinen von Fahrdienstleitern und Lokführern. (SUTER, 2014) Gemäss Fahrdienstvorschriften der Schweizerischen Eisenbahnen darf die Sicherheit niemals vom Zustandekommen einer Kommunikationsverbindung abhängig sein (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016: FDV R 300.3, Zf. 1.2) Bei erfolgter Verbindung können sich Missverständnisse jedoch negativ auf die Sicherheit auswirken. Auf dem Eisenbahnnetz der Schweiz stellt zudem die Mehrsprachigkeit eine besondere Herausforderung dar. Während die Infrastrukturbetreiber die sprachlichen Schnittstellen in ihren Betriebsvorschriften regeln, (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016: FDV R 300.3, Zf. 1.3) sind die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) für genügende Sprachkompetenzen ihrer Lokführer verantwortlich (Schnieder, 2015). Für Lokführer werden heute Sprachkompetenzen der Stufe B2 gemäss den Grundlagen des gemeinsamen europäischen Referenzrahmens für Sprachen (Goethe Institut, 2018) vorausgesetzt.

Die Lokführer wünschen sich eine auf jene Situationen fokussierte Schulung, in welchen sie ihre Sprachkenntnisse künftig anwenden sollen. (Inglese, Suter, 2017) Da es sich um hochspezialisierte fahrdienstliche Prozesse handelt, kann diesem Wunsch durch die Lehrkräfte nicht ohne weiteres entsprochen werden. Die mündliche Kommunikation zwischen

Fahrdienstleiter und Lokführer kann im Ereignisfall schnell eine gewisse Komplexität und Dynamik aufweisen (Schwager, 2013). Solche Situationen sind auf linearem Weg deshalb nur schwer reproduzierbar, da sie an bestimmte fahrdienstliche Handlungen am Stellwerk oder im Führerstand gebunden sind. Für die Reproduktion von fahrdienstlichen Szenarien werden heute Simulatoren eingesetzt (SUTER, 2014).

1.1 Zielsetzungen

Die vorliegende Publikation beschreibt die Anwendung von Simulatoren mit dem Ziel, die Sprachschulung bezogen auf realitätsnahe betriebliche Situationen durchführen zu können. Mit dieser innovativen Form der Sprachschulung kann die Effizienz gesteigert werden. Zudem wird die Schulung mit einem sicherheitsorientierten Prozesstraining verbunden. Dabei werden auch die didaktischen Aspekte untersucht und damit die erfolgreiche Entwicklung dieser Methoden sicherstellt.

1.2 Relevanz der Sprachkompetenzen im Eisenbahnbetrieb

Für Linien im schweizerischen Eisenbahnnetz, welche über Sprachgrenzen hinweg führen, regeln die verantwortlichen Infrastrukturbetreiber (ISB) die Anwendung der Sprache für die betriebliche Kommunikation in ihren Betriebsvorschriften. Im Falle der Schweizerischen Bundesbahnen SBB und einiger grösserer Privatbahnen sind in den Ausführungsbestimmungen zu den Fahrdienstvorschriften (AB-FDV, Zf. 3.1) verbindliche Sprachregionen festgelegt,

welche im Grossen und Ganzen den Verantwortungsbereichen der entsprechenden Betriebszentralen entsprechen. Demnach müssen Lokführer, welche in den Gebieten der Betriebszentralen Lausanne und Pollegio unterwegs sind, über die notwendigen Sprachkompetenzen in Französisch bzw. Italienisch verfügen. Die Festlegung der dazu erforderlichen Kompetenzstufen (A1, A2, B1, B2, C) ist Sache der verantwortlichen Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU).

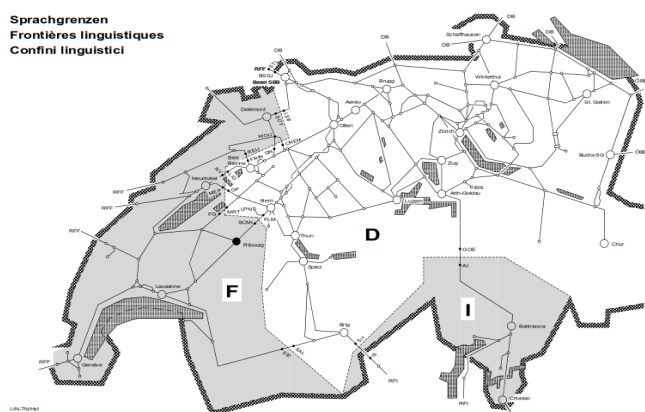


Abb. 1. Sprachregionen gemäss Ausführungsbestimmungen der Fahrdienstvorschriften der Schweizerischen Eisenbahnen. Auf den grenzüberschreitenden Strecken müssen die Lokführer über die entsprechenden Sprachkenntnisse verfügen (Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016: AB-FDV, Zf. 3.1).

Mit der Entwicklung und Einführung moderner Kommunikationsmittel, Leittechniken sowie Einrichtungen der Führerstandssignalisierung findet kaum mehr mündliche Kommunikation zwischen Lokführer und Fahrdienstleiter statt. Dies lässt darauf schliessen, dass damit auch die Relevanz von Sprachkompetenzen abnimmt.

Direkte Gespräche zwischen Lokführer und Fahrdienstleiter gibt es heute vor allem noch im Störfall oder bei – glücklicherweise seltenen – sicherheitsrelevanten Ereignissen und Unfällen. Obwohl für die fernmündliche Kommunikation (Funk, Telefon) in den Fahrdienstvorschriften klare Sprachregeln gelten (FDV R. 300.3, Zf. 8 und Beilagen 1 und 2), kann sich das Personal heute kaum mehr genügend Routine aneignen. Da missverständliche Kommunikation im Ereignisfall oft zu Gefährdungen führen kann, ist der Problemstellung von Sprachkompetenzen eine hohe Sicherheitsrelevanz beizumessen.

Im Zusammenhang mit der Automatisierung im Bahnbetrieb stellt sich die Frage nach den Auswirkungen der Veränderung von Kommunikationsprozessen und -gewohnheiten. Nachdem bei der traditionellen Betriebsführung der mündliche Austausch zwischen Fahrdienstleiter und Lokführer die Sicherheitskultur eines Bahnunternehmens prägte, wird der Zugverkehr heute von Betriebszentralen aus überwacht und geregelt. Demnach sind heute ehemals wichtige Rituale der Kontaktaufnahme, wie gegenseitige Handzeichen zur Bestätigung vorhandener Sicherheit, verschwunden. (SUTER 2014: 14) Dazu ist zu bedenken,

dass solche Rituale sprachunabhängig angewendet werden konnten und im Notfall das Treffen von Massnahmen zur Folge hatte: Entsprechende Handzeichen konnten ausserordentliche und fallbezogene Abgaben von Signalen bewirken, wie zum Beispiel die Bedienung eines Nothalt-Befehls im Falle einer betriebsgefährdenden Unregelmässigkeit. Zusätzlich zu dieser Feststellung ist zu bedenken, dass zum Thema der mündlichen Kommunikation im Eisenbahnbetrieb nur wenig Literatur zu finden ist, was einen Hinweis darauf gibt, dass – im Gegensatz zum Flugverkehr – bisher nur wenig Forschung betrieben wurde. (SCHWAGER 2013: 12) Auch bei der Schweizerischen Unfalluntersuchungsstelle für Bahnen und Schiffe (SUST) wurde im Rahmen ihrer Arbeit festgestellt, dass die Mehrsprachigkeit in der Schweiz besondere Herausforderungen mit sich bringt. Im Bereich von untersuchten Ereignissen wurden besonders viele Probleme im Zusammenhang mit dem Ausbleiben von Kommunikation und mit Missverständnissen mangels (vorgeschriebenem) Zurücklesen von protokollpflichtigen Befehlen festgestellt. (SUTER 2014: 15) Die Studie von SCHWAGER (2013) zeigt auf, dass heute der fehlende persönliche Kontakt zwischen Fahrdienstleiter und Lokführer als negativ empfunden wird und mangels gegenseitigem Verständnis ebenfalls Ursache für Missverständnisse sein kann.



Abb. 2. Auf Grund der Automatisierung und der Anwendung moderner Signal- und Leittechnik ist die direkte mündliche Kommunikation zwischen Lokführer und Fahrdienstleiter heute selten geworden.

Bei der Beurteilung der Relevanz von Sprachkompetenzen im Eisenbahnbetrieb müssen demnach auch die Entwicklung der mündlichen Kommunikation generell und die aus der Automatisierung hervorgehenden Veränderungen in Betracht gezogen werden.

1.3 Relevanz der Sprachkenntnisse für die Forschung

Mit der Zunahme der Bevölkerung, der Mobilität und der Fahrgastzahlen der Eisenbahn wird die Forschung im Gebiet der menschlichen Faktoren des Eisenbahnbetriebs immer mehr zur Priorität. Menschliche Faktoren in der Verkehrsergonomie sind von grosser Bedeutung, da sie die Brücke zwischen der Maschinenbauindustrie und dem, was

die Gesellschaft im Allgemeinen benötigt und wünscht, darstellen.

Mit der Einführung von schnell ändernden technischen Systemen, Kommunikation, Signal und Steuerung und dem Management einer zunehmenden Komplexität von Informationen, die im Führerstand ausgeführt werden müssen, sind die Lokführer gezwungen, unter hohen emotionalen und mentalen Anforderungen zu arbeiten (Zoer et al., 2014). Faktoren wie Sicherheit, Zuverlässigkeit und Qualität wird eine hohe Priorität beigemessen. Dabei müssen vermehrt auch Verständnis für menschliche Fehler sowie Auswirkungen ungenügender Kommunikation berücksichtigt werden.

Wilson, Norris, (2006) betonen die Bedeutung der *Human Factors Forschung* für die Eisenbahnindustrie. Dieser Bereich wird vor allem im Hinblick auf Mensch-Maschine-Interaktion heute noch als Forschungslücke angesehen.

1.4 Die Forschungsfrage

Inwiefern kann die Kombination von Multimedia und Didaktik mittels Virtual-Reality (VR), kombiniert mit realitätsnahen, praxisbezogenen Szenarien und unter Anwendung von Simulatoren einen wichtigen Beitrag für den Aufbau und die Erhaltung der erforderlichen Sprachkompetenzen von Fahrdienstleitern und Lokführern leisten?

Diese neuartige Forschung ist deshalb relevant, weil sich in der *long-life* Lerngesellschaft auch die Eisenbahnbranche mit ihren hochspezialisierten Prozessen und vor dem Hintergrund der Automatisierung entwickeln muss. Tichon (2007) hat den Einsatz von Expertenwissen bei der Entwicklung und der Verwendung von Simulationen für das *Train Driver Training* untersucht. Der kritische Teil der Studie bestand darin, das Potenzial für Fehler von Fahrdienstleitern und Lokführern zu reduzieren und die professionelle Sprachkompetenz zu steigern. Die Eisenbahnbetriebsführung steht mit komplexen Aufgaben in Verbindung. Fahrdienstleiter und Lokführer müssen ihrer Kenntnisse über technische Einrichtungen sowie über betriebliche Abläufe stets aktuell halten. Zur Überprüfung ihrer Kenntnisse und Fertigkeiten werden sie systematischen Prüfungen unterzogen. Dazu gehört insbesondere auch die Anwendung der Prozesse für die Gewährleistung der Sicherheit im Ereignisfall. Die Sprachkompetenzen wurden hingegen bisher nicht systematisch überprüft.

Zoer et al. (2014) befassten sich mit psychologischen Arbeitsmerkmalen, der Arbeitsbelastung und den damit verbundenen psychologischen und kognitiven Anforderungen an Fahrdienstleitern und Lokführern. Die Autoren identifizierten die psychologischen Merkmale der Arbeit von Lokführern sowie die psychische Arbeitsbelastung. Zu den wichtigsten Aufgaben für das Führen des Zuges gehören das Steuern und Überwachen der Geschwindigkeit, das Beobachten der Strecke, das Überwachen und Bedienen von Instrumenten, das Steuern der Türen, das Überwachen der Fahrgastwechsel und vieles mehr.

Heute gibt es nur wenig Forschung die Literatur über die emotionale Arbeitsbelastung von Fahrdienstleitern und Lokführern. Klagen über Müdigkeit und die Notwendigkeit einer Erholung nach der Arbeit sind vergleichbar mit anderen Arten von Arbeiten (Dorrian et al. 2007). Bedingt durch die unregelmäßige Arbeitszeit und die oben beschriebenen Belastungen sind viele Lokführer von Müdigkeit betroffen, was ihr Fahrverhalten verändern kann.

Basierend auf diesen Ergebnissen und auf Interviews mit Experten, definierten Zoer et al. (2014) die psychologischen und kognitiven Anforderungen, die die Lokführer benötigen, um ihre Arbeit adäquat und sicher auszuführen. Das heißt, die Fähigkeit zu erkennen, zu interpretieren, zu antizipieren und auf Umweltsignale zu reagieren, sich zu konzentrieren und die kontinuierliche Aufmerksamkeit zu üben. Die kognitive Aufgabenanalyse wurde im Eisenbahnkontext bisher nur begrenzt erforscht. Diese Forschung ist auch notwendig, um Erkenntnisse über die auf virtuellen Realitäten und Simulatoren basierende Lern- und Trainingsszenarien zu gewinnen. Die Lokführer müssen auch für die Bewältigung ausserordentlicher Szenarien geschult werden. Sie müssen sich Fertigkeiten für Notfälle aneignen und müssen lernen, unter Stress folgerichtige Entschlüsse zu fällen.

Tichon (2007) erinnert daran, dass die Forschung über die Benützung und die Bewertung von Simulatoren für die Unfallprävention bisher sehr gering sei. Mittels Anwendung von Simulatoren können die Lokführer ihre eigenen Fähigkeiten, wie kritisches Denken und Entscheiden unter Stress trainieren. Sie eignen sich aber auch, um ihre Sprachkompetenzen praxisbezogen aufzubauen und zu erhalten, da die simulierten Szenarien exakt auf die zu bewältigenden Aufgaben im Betrieb ausgerichtet sind. Heute werden Simulatoren kaum zu diesem Zweck verwendet.

Die Innovation dieser Forschung besteht demnach darin, die Lokführer unter Anwendung von Simulatoren und Virtual-Reality (VR) in einer Fremdsprache zu schulen und auf die Kommunikation bei der Bewältigung sicherheitsrelevanter Ereignisse vorzubereiten. Die Schweiz bietet als mehrsprachiges Land umfangreiche Forschungsgegenstände: Für die netzweite Kommunikation in der Betriebsführung der Bahnen sind genügende Kompetenzen in den Sprachen Deutsch, Französisch und Italienisch notwendig.

2. THEORETISCHE GRUNDLAGEN

In der Pädagogik kennzeichnet der Konstruktivismus die wichtige Rolle der direkten Erfahrung der Welt als einen fundamentalen Faktor beim Lernen, weil er auf authentischen Lernaktivitäten besteht, in denen die Lernenden agieren können (Harper et al. 2000).

Bei der Forschung in den Bereichen der Lernerfahrung von Lokführern, ihrer Sprachkompetenz, sowie ihrer Erfahrungen mit der Kommunikation kommen folgende Ansätze zur Anwendung: a) *das WCT Model (Willingness-To-Communicate)*, (MacIntyre et al, 1998) und b) der sogenannte *natürliche Ansatz (natural approach)* beim Sprachlernen (Krashen, 1983, 1987, 1988, 2009).

2.1 Das WCT-Modell (Willingness-To-Communicate)

Das Willingness-To-Communicate (WTC) Modell bezeichnet die Bereitschaft, in einer Zweitsprache zu kommunizieren (MacIntyre et al., 1998). Es ist eine entscheidende Komponente der modernen L2-Pädagogik (L2 – *the second language acquisition* – das Lernen der Zweitsprache). Heute wird die kommunikative Kompetenz beim L2 stark gefördert. Das Ziel vom L2 Zweitsprache-Lernen besteht darin, die WTC-Kompetenz der Lernenden zu erhöhen. Durch die Bereitschaft zur Kommunikation kann der Sprachunterricht sein Ziel auf effizientere Weise erreichen, weil die Lernenden verpflichtet sind, eine Zweitsprache für berufliche Zwecke zu lernen und anzuwenden.

MacIntyre et al. (1998) haben die Theorie für das WTC-Modell aus verschiedenen Disziplinen wie Linguistik, Kommunikation und Sprachenlernen hervorgebracht. In der Praxis betrachtet das Modell WTC sowohl die Vorbereitung des Sprachenlernens als auch die Kommunikation. Das Modell stellt die Wahrscheinlichkeit dar, dass ein Lernender die Sprache in authentischer Interaktion mit anderen Personen verwendet, wenn die Gelegenheit dazu besteht. Das Modell ist mit sechs Schichten (Layer) dargestellt: Die ersten drei zeigen die situationsspezifischen Einflüsse auf WTC zu einem gegebenen Zeitpunkt, und die letzten drei Schichten, repräsentieren stabile, dauerhafte Einflüsse auf den Lernprozess zum Erlangen der Sprachkompetenz.

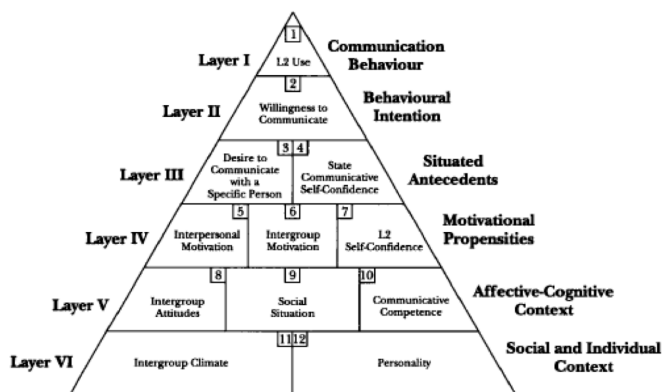


Abb. 3. Das WTC-Modell, aufgeteilt in sechs Schichten, welche die situationsspezifischen Einflüsse auf das Modell und die dauerhaften Einflüsse auf den Lernprozess repräsentieren. (MacIntyre et al., 1998: 547)

Im Hinblick auf die Planung und die Didaktik ist die vorliegende Forschungsarbeit auf diesem Modell aufgebaut.

2.2 Der natürliche Ansatz beim Sprachenlernen

Der Linguist und Didaktiker Krashen (1983, 1987, 1988) ist für den *natürlichen Ansatz* (natural approach) beim Sprachlernen bekannt. Dieses Herangehen gründet sich auf das sogenannte *Fünf-Hypothesen-Modell*. Für Krashen erfolgt das Sprachlernen nicht durch explizites Grammatiklernen, sondern intuitiv beim Sprachgebrauch. (*Acquisition Hypothesis*)

Die *Acquisition Hypothesis* basiert auf der natürlichen und persönlichen Benutzung der mündlichen Sprache in der Praxis, durch sinnvolle Interaktionen. Die Sprachbenutzung ist induktiv und vom Unterbewusstsein gesteuert, das heißt, das man lernzentrierte Tätigkeiten anbietet, durch die die Lernenden auch einen gewissen Spielraum zum Experimentieren haben. Die realistische Lern-Arbeits-Szenarien werden in der Sprache geübt. Der Fokus liegt auf der Kommunikation, um die Sprachkompetenz im Fachbereich zu meistern.

Das Erwerben von Sprachkompetenz ist nur möglich durch sprachliche Inputs, die leicht über dem aktuellen Sprachniveau des Lernenden liegen (*Input Hypothesis*). Der bewusstgemachte Sprachkompetenzerwerb dient nur zur Überprüfung der Richtigkeit des Erlernten (*Monitor Hypothesis*). Jene Abfolge, die in den sprachlichen Strukturen der Muttersprache erworben werden, ist auch beim Erlernen einer Fremdsprache die natürlichste (*Natural Order Hypothesis*). Motivation, Bedürfnisse, Haltungen und Emotionen beeinflussen das Lernen, sie können es behindern, aber auch fördern. Sie wirken als affektiver Filter (*Affective Filter Hypothesis*). Für die Planung der Didaktik werden wir uns auf dieses Fünf-Hypothesen-Modell beziehen, um die Erfahrung des Erlernens der neuen Sprache möglichst «natürlich» anzubieten.

2.3 Die didaktische Planung

Das didaktische Design des Sprachenlernens für Lokführer wird so geplant, dass es nicht zu einer zusätzlichen kognitiven Belastung für den Lokführer kommen wird, sondern - im Gegenteil -, dass es das Engagement und den Stolz des Lokführers beim Erlernen der neuen Sprache in den eigenen realistischen Arbeitsweltszenarien unterstützt. Die ausgewählte didaktische Form wird in einer multimedialen und VR-Inszenierung durchgeführt, weil diese den Lernenden die Kommunikationskompetenz, sowie die Sprachkompetenz und die Selbstsicherheit (self-efficacy), unterstützen (Chi, Kang, Yaghmourian, 2017; Bandura 1993, 1997, 2001; Ullman, Lovelett, 2018).

2.4 Die Gestaltung von Lernszenarien

Dieses Projekt sieht die Benützung von verschiedenen Medien vor: Text, Grafik, Multimedia und Virtual-Reality-Simulation vor. Die Lokführer werden auch interaktive Elemente benutzen, um die italienische Sprache durch Dialog-basierte Lernszenarien zu erkennen, zu lernen und zu beherrschen. Eine Kombination von Präsenzunterricht und E-Learning wird geplant.

Eine weitere Grundlage für das vorliegende Projekt bildet die *science of instruction* von Mayer (2001; Inglese et al., 2007). Er hat zwölf Prinzipien, die das Design von didaktischen Multimedia-Darstellungen prägen, definiert. Diese sind: 1. *Kohärenzprinzip*: Lernende lernen besser, wenn Fremdwörter, Bilder und Geräusche ausgeschlossen sind; 2. *Signalprinzip*: Lernende lernen besser, wenn Hinweise hinzugefügt werden, die die Organisation des essentiellen Materials hervorheben; 3. *Redundanzprinzip*: Lernende lernen besser mit Grafiken und Erzählungen als mit Grafiken,

Erzählungen und Bildschirmtext; 4. *Räumliches Kontiguitätsprinzip*: Lernende lernen besser, wenn entsprechende Wörter und Bilder auf der Seite oder dem Bildschirm nahebeieinander präsentiert werden; 5. Prinzip der *zeitlichen Kontiguität*; Lernende lernen besser, wenn entsprechende Wörter und Bilder gleichzeitig und nicht nacheinander präsentiert werden; 6. *Segmentierungsprinzip*: Lernende lernen besser, wenn eine Multimedia-Lektion in Segmenten gezeigt wird, statt in einer kontinuierlichen Einheit. 7. *Bevor-Training-Prinzip*: Lernende lernen besser aus einer Multimedia-Lektion, wenn sie die Namen und die Merkmale der wichtigsten Konzepte kennen. 8. *Modalitätsprinzip*: Lernende lernen besser von Grafiken und Erzählungen als von Animation und Bildschirmtext; 9. *Multimedia-Prinzip*: Lernende lernen besser mit Wörtern und Bildern, als nur mit Wörtern. 10. *Personalisierungsprinzip*: Lernende lernen besser, wenn Wörter im Gesprächsstil statt im formalen Stil präsentiert werden; 11. *Sprachprinzip*: Lernende lernen besser, wenn die Erzählung in Multimedia-Lektionen mit einer freundlichen menschlichen Stimme gesprochen wird, und nicht mit einer Maschinenstimme; 12. *Bildprinzip*: Lernende lernen nicht unbedingt besser, wenn in einer Multimedia-Lektion das Bild des Sprechenden dem Bildschirm hinzugefügt wird.

Seitens der Lernenden sind für den Erfolg dieses Projekts folgende Faktoren grundlegend: a) die *Kommunikationsbereitschaft*, b) die *Attraktivität der Aufgabe*, c) die *Fähigkeit, innovative Aufgaben zu lösen* und d) die *Notwendigkeit, die Sprache direkt zu verwenden*. Wenn die Lernenden motiviert sind, in einer neuen Sprache zu kommunizieren, fühlen sie sich sicherer und erfolgreicher, vorausgesetzt, dass sie über die notwendigen sprachlichen Werkzeuge verfügen. Zu den spezifischen Faktoren, die die Kommunikationsbereitschaft beeinflussen können, gehören u.a. die Zugehörigkeit und das Selbstvertrauen. Werden diese beeinträchtigt, kommen Ängste auf, wodurch die Lernenden werden weniger bereit sind, zu kommunizieren. Zudem wird ihre Motivation negativ beeinflusst (MacIntyre et al., 1998). Covington (1992) weist darauf hin, dass die Angst vor negativer Rückmeldung oder eigenem Versagen dazu führen können, dass die Lernenden die neue Sprache nicht anwenden. Dies beeinträchtigt wiederum die Kommunikationsbereitschaft und letztendlich die Motivation.

Im Fokus der Forschung befindet sich auch das Erlernen von Handlungskompetenzen (Schwan und Riempp, 2004; Hasler et al., 2007; Merkt et al., 2011). Deswegen ist die Segmentierung der Lernmaterialien in kleine, diskrete Segmente für das Lernen von Vorteil, weil die Lokführer mehr Kontrolle über die transitorischen Informationen haben (Mayer, Chandler, 2001; Hasler et al., 2007; Inglese et al. 2007). Wir sind der Meinung, dass jeder Dialog der sechzehn Szenarien auf Papier und auch mit einer audiovisuellen Multimedia-Version dargestellt werden muss. Dieses didaktische Setting wird den Lokführern ermöglichen, die Geschwindigkeit des Zuhörens individuell anzupassen und mit den dargestellten Dialogen zu interagieren. Sie werden mit ihren individuellen kognitiven Bedürfnissen kalibriert, um die selbstkontrollierte Informationsverarbeitung zu unterstützen (Merkt et al., 2011). Jeder Dialog wird eine

Situation und einen Arbeitsprozess darstellen, um das kognitive Verstehen der dargestellten Situation zu erleichtern (Schwan et al., 2000).

Die Forschung hat gezeigt, dass grafische Hinweise dem Lernenden helfen können, transiente Informationen besser zu verarbeiten, indem sie die relevanten Aspekte einer Präsentation hervorheben (de Koning et al., 2007). Aus diesem Grund soll jede Dialogsituation grafische Hinweise enthalten, welche die Aufmerksamkeit des Lernenden auf sich ziehen sollen. Aus Forschungsarbeiten geht hervor, dass Geräte, die einen Touchscreen zur Interaktion verwenden, das Verständnis von Inhalten positiv beeinflussen (Dube, McEwen, 2015; Sim, 1997). Die Dialoge werden sich in ihrer Komplexität unterscheiden. Nach dem Start mit einfacheren Aufgaben wird die Schwierigkeit der Szenarien zunehmen und die Komplexität der Aufgaben erhöht.



Abb. 4. Der Fahrsimulator vermittelt den Lernenden das Gefühl, an ihrem Arbeitsplatz tätig zu sein. Diese Virtuelle Realität, verbunden mit interaktiven Vorgängen ist notwendig, um realitätsnahes Verhalten der Lokführer hervorzurufen und damit ihre Sprachkompetenzen bezogen auf Ihre Berufstätigkeit bewerten zu können.

2.5 Der Einsatz von Virtual-Reality (VR)

Virtual Reality (VR) wird heute aufgrund der zunehmenden Verfügbarkeit entsprechender Technologien in Bereichen wie Medizin, Militär, Feuerwehr, Polizei sowie für Schulungen und Trainings in der Luftfahrt angewendet. Darüber hinaus werden in die VR-Trainingsszenarien spielerische Elemente integriert, die ernsthafte Problemstellungen in ansprechende Lernerfahrungen verwandeln (Bertram et al. 2015; Chittaro, 2017; Buttussi, Chittaro, 2018; Chittaro et al, 2018).

In Studien werden die Vorteile von VR-Anwendungen und *Serious Games* in der Aus- und Weiterbildung aufgezeigt (Merchant et al. 2014; Girard et al. 2013). Chittaro (2017)

analysierte zum Beispiel das Sicherheitswissen der Passagiere als Schlüsselfaktor für die Überlebenschance in der zivilen Luftfahrt. Die Fluglinien stellen Sicherheitsinformationen zur Verfügung, um die Fluggäste über die Sicherheitsvorschriften (gemäss Broschüre und Sicherheitsvideo) zu informieren. Da ernsthafte Zweifel an ihrer Wirksamkeit bestehen wurden Forscher aufgefordert, Lösungsansätze zu erarbeiten, um die Wirksamkeit der Sicherheitsmedien in Passagierflugzeugen zu erhöhen. Dabei wurden drei Medien verglichen: die Sicherheitskarte (Broschüre), das Sicherheitsvideo sowie die interaktiven Komponenten. Die Ergebnisse zeigten, dass das Video mit interaktiven Elementen gegenüber der Sicherheitskarte und dem Video allein die höchste Wirksamkeit aufweist. Gemäss Buttussi und Chittaro (2018) wird mehr Forschung benötigt, um zu verstehen, welche Eigenschaften dieser Anwendungen die Wirksamkeit der Sicherheitsbotschaft beeinflussen. Sie konnten aufzeigen, dass es bei der Effektivität von *Serious Games* einen Wissenszuwachs für das Erlernen von Sicherheitsverfahren gibt. Darüber hinaus erhöhte sich die Fähigkeit zur Selbstwirksamkeitskontrolle und die Teilnehmer waren sicherer in ihrer Fähigkeit, mit der simulierten Situation umzugehen. Sie berichteten von Engagement und Präsenz, das heisst, wie das Gefühl „dort zu sein“, mit positivem Einfluss auf Emotionen und auf das Lernen.

Bertram et al. (2015) zeigten, dass Wissen, Fähigkeiten und Einstellungen, die während des virtuellen Trainings gewonnen wurden, tatsächlich auf reale Situationen übertragen werden können. Sie forschten im Bereich des Rettungsdienstes für das Bewältigen komplexer Aufgaben in der deutschen Polizeiausbildung. Diese Studien zeigen, dass es ein großes Potenzial gibt, Ergebnisse aus verschiedenen Trainingsszenarien für die Ausbildung bei der Eisenbahn anzupassen. Wie bereits erwähnt, gibt es im Bereich der Eisenbahnbildung bis heute noch wenig Ergebnisse aus der Forschung. Mit diesem Projekt soll im Hinblick auf das Aneignen und Erhalten von Sprachkompetenzen von Lokführern ein Beitrag geleistet werden.

3. ANWENDUNG VON SIMULATOREN

3.1 Vorteil des Einsatzes von Simulatoren.

Im Eisenbahnwesen werden Simulatoren heute vorwiegend zu Ausbildungszwecken eingesetzt. Forschung im Bereich der menschlichen Faktoren und unter Einsatz von Simulatoren ist bei der Bahn – im Gegensatz zur Luftfahrt – heute noch relativ selten anzutreffen.

Unter Anwendung von Simulatoren können jedoch nicht messbare Faktoren, welche typischerweise im Zusammenhang mit menschlichen Entscheidungen und menschlichem Verhalten auftreten, untersucht werden. Dabei können bestimmte Szenarien mit Probanden so oft wiederholt werden, bis mit den erhobenen Daten eine repräsentative Stichprobe erreicht wird, die Verteilung von Fehlhandlungen ermittelt und mittels statistischer Methoden ausgewertet werden kann.



Abb. 5. Der Fahr Simulator der Schweizer Lokomotive vom Typ Re 460 wird heute für die Untersuchung komplexer Problemstellungen im Eisenbahnbetrieb eingesetzt.

3.2 Auswahl der Szenarien

Für die vorliegenden Fallstudien werden 16 Lern- und Trainingsszenarien aus dem Lokführeralltag inklusive der zugehörigen Kommunikationssituationen sowie mit Text und Grafik als Arbeitsmittel für den Präsenzunterricht entwickelt:

Tabelle 1. Lern- und Trainingsszenarien für die Sprachschulung von Lokführern (ERF, BLS, 2018)

Nr.	Thema	Thema italienisch
1	Anruf/Gesprächsbeginn	chiamata-inizio della conversazione
2	Missverständnisse vermeiden	evitare dei malintesi
3	Rangierbewegung	manovra
4	Fahrbereitschaft	pronto per la partenza
5	Vor dem Signal	davanti al segnale
6	Signalstörung	perturbazione al segnale
7	Bremsstörung	perturbazione al freno
8	Sammelformular	formulario d'ordini collettivi
9	Unregelmässigkeit	irregolarità
10	Triebfahrzeugdefekt	difetto alla macchina
11	Alarm ZKE (Zugkontrollleinrichtung)	allarme ICT
12	Gefahrgut	merce pericolosa
13	Freisetzung von gefährlichen Stoffen	emissione di sostanze pericolose
14	Durchsagen	annuncio ai viaggiatori
15	Auf dem Perron	sul marciapiede
16	Notruf	chiamata d'emergenza

Diese sechzehn realistischen Lernszenarien (Lokführertätigkeiten in Dialogen) werden mit Text, Grafik, Multimedia und VR dargestellt, um die Selbstsicherheit, die Sprachkompetenz und den professionellen Stolz der Lokführer zu fördern. Die aufgabenbasierten (*task based*) Elemente werden durch eine Dialog-orientierte (*dialogue*

based) Struktur dargestellt, um die Motivation bei den Lernenden zu steigern.

Gleichzeitig sollen auf einer Plattform ähnliche 16 Situationen durch eine multimediale Darstellung (Grafik mit Audio und Text) und VR angeboten werden. Die Lernenden nehmen am Präsenzunterricht teil, um die Basis der Sprache aufzubauen. Zusätzlich lernen und verfestigen sie die Sprache durch ein Selbststudium. Die Inhalte werden in Schwierigkeitsstufen aufgeteilt.

Für die realitätsnahe Kommunikation während den Fallstudien ist es unerlässlich, dass die betriebliche Leitung durch einen Fahrdienstleiter entsprechender Muttersprache (hier: italienisch) durchgeführt wird. Ihm zur Seite steht der Operator des Simulators sowie ein Experte im Fachbereich der Lokführer, welcher auch die Bewertung der Handlungen des Probanden bzw. Lernenden vornimmt.

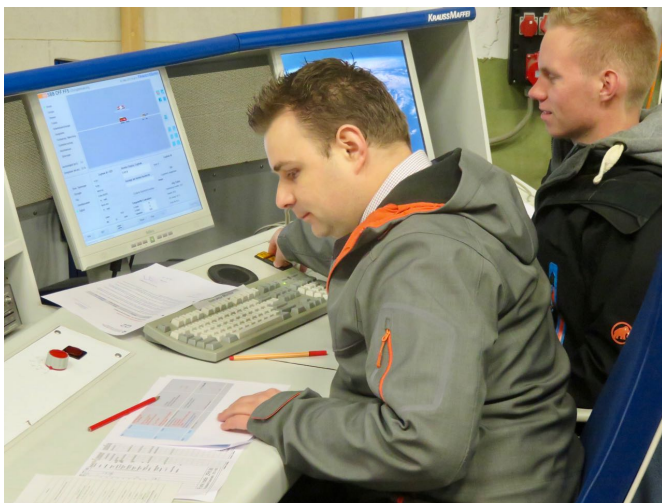


Abb. 6. Der Fahrsimulator erlaubt das Erheben sowohl quantitativer als auch qualitativer Daten. Für die Simulation der Szenarien wird ein detailliertes Drehbuch erstellt, welches auch dem Experten als Bewertungsgrundlagen bestimmter Handlungen dient.

3.3 Stichprobe

Das Projekt ist in drei Phasen aufgeteilt: Die erste Phase widmet sich der Gestaltung und Entwicklung von Grundlagen für die Sprachschulung anhand der vorgestellten 16 Situationen. Diese Ausbildungsmittel auf Papier und in elektronischer Form werden den Lokführern zur Verfügung gestellt, um sich auf die offizielle Prüfung vorzubereiten. Diese wird nach etwa drei bis sechs Monaten nach Beginn der Sprachschulung auf dem Fahrsimulator vom Typ Re 460 durchgeführt.

Die zweite Phase - die Nutzung des Simulators - wird in zwei Abschnitte aufgeteilt: erstens als Pilotprojekt mit sechs Lokführern, aufgeteilt in Gruppen nach Sprachniveau (A1, Anfänger; A2: Anfänger mit praktischer Erfahrung sowie B1: Fortgeschrittene). Die Ergebnisse aus dem Pilotprojekt fließen in das Forschungsdesign für die Entwicklung des definitiven Tests auf dem Simulator ein.

Tabelle 2. Stichprobe der erforderlichen Lokführer für das Pilotprojekt zur Erprobung der Fallstudien auf dem Simulator

Anzahl	Sprachniveau	Bemerkung
2	A1	Grundkenntnisse (Anfänger)
2	A2	Grundkenntnisse mit Erfahrung
2	B1	Fortgeschrittenen Kenntnisse

Die dritte Phase – der definitive Test – soll mit zwanzig Lokführern durchgeführt werden (zehn mit Sprachniveau A1, fünf mit A2 und fünf mit B1). Diese Phase wird als offizielle Sprachprüfung ausgelegt. Auch hier werden Daten gesammelt und gemäss Forschungsfrage und Forschungsmethoden analysiert.

Tabelle 3. Stichprobe der erforderlichen Lokführer für die Anwendung von Fallstudien auf dem Simulator

Anzahl	Sprachniveau	Bemerkung
10	A1	Grundkenntnisse (Anfänger)
5	A2	Grundkenntnisse mit Erfahrung
5	B1	Fortgeschrittenen Kenntnisse

3.4 Datenerhebung und Auswertung

Die Forschung kombiniert ein experimentelles Design mit Leistungsmessungen mittels Simulatoren unter realitätsnahen Bedingungen. Die Leistung wird durch die Kommunikation der Lokführer in italienischer Sprache, durch das Verhalten des Lokführers (Wahrnehmung, Entscheidung, Handlung), durch Messung der Situation Awareness sowie mittels quantitativer Daten (Aufzeichnungen des Simulators) sowie qualitativer Daten (Fragebogen) bewertet. Darüber hinaus wird die Biodynamik der Lernenden betrachtet, um die Beziehungen zwischen ihrer Selbstsicherheit und ihrer Körperreaktionen zu untersuchen. Mittels qualitativer Datenerhebung (Fragebogen) werden zu Beginn der Fallstudien demografische Daten über die Teilnehmenden sowie Angaben zum WTC-Modell (Bereitschaft, in einer Zweitsprache zu kommunizieren) und über ihre Sprachkompetenzen erhoben.

Quantitative Datenerhebung: Messung und Auswertung bestimmter Parameter (Zeiten, Zustände von Fahrzeug und Infrastruktur) durch den Simulator. Vergleich mit Erfahrungswerten sowie statistischen Werten.

Qualitative Datenerhebung: Beobachtung der Probanden durch Experten und Bewertung ihrer Leistung sowie Befragung der Probanden mittels strukturierter Fragebogen.

Situation Awareness: Messbarkeit des Situationsbewusstseins mittels Erhebungsbogen und Selbstbewertung durch den Probanden.

Beurteilung der Sprachanwendung durch Sprachanalyse (voice recognition) sowie physiologisch bedingte Reaktionen bei der Benützung des Simulators (z.B. Messung des Blutdrucks).

Für die Auswertung stehen einerseits qualitative Daten zur Verfügung, welche mittels Fragebogen bei den Lernenden sowie durch Experten auf dem Drehbuch der Übungen auf

dem Simulator erhoben wurden. Andererseits sind grosse Mengen quantitativer Daten des Simulators auszuwerten. Dort werden mit einer Abtaste von einer Sekunde sämtliche Zustände des Fahrzeugs und der Infrastruktur erfasst. Mit Hilfe dieser Daten können wichtige Erkenntnisse zum Verhalten der Lernenden wie Reaktionszeiten, Geschwindigkeitsveränderungen, Bedienungsvorgänge auf dem Fahrzeug usw. gewonnen werden. Diese Erkenntnisse bilden die Grundlage für die Bewertung des Erfolgs der Sprachschulung.

Zusammenfassend sollen mittels quantitativer und qualitativer Methoden der zusätzliche Nutzen (Mehrwert) der Didaktik durch das subjektive Lernen und die Zusicherung des Lernens, den Transfer der Sprache, die Wirksamkeit der Didaktik, die Praxistauglichkeit der Lernszenarien, das situative Selbstbewusstsein (Situation Awareness) sowie die Motivation und die Akzeptanz durch die Lernenden bewertet werden.

3.5 Die Forschungsmethode

Auch die subjektiven Wahrnehmungen der Lokführer hinsichtlich der Lernszenarien und des Engagements sollen erhoben und ausgewertet werden. Gemäß der *Social Cognitive Theory* (Bandura, 1997, 2001), besteht die Fähigkeit, eine neue Sprachkompetenz auszuführen, in der Überzeugung, dass man ein erforderliches Verhalten erfolgreich ausführen kann.

Chang und Liao (2009) zeigen auf, dass die Lernerfahrung eine positive Einstellung fördern muss, die das Verhalten des Lernenden auch in einem Notfall beeinflussen kann. Unterschiedliche Menschen mit ähnlichen Fähigkeiten können je nach ihrer Überzeugung, dass sie ein erforderliches Verhalten erfolgreich ausführen können, unterschiedliche Leistungen erbringen. Insbesondere wurden in früheren Untersuchungen positive Assoziationen zwischen Sicherheitstraining, Selbstwirksamkeit und Einstellungen gefunden (Grau et al., 2002; Katz-Navon et al., 2007). Die Erhöhung der Selbstwirksamkeit ist besonders bei denjenigen Lokführern wichtig, die unmissverständlich in einer anderen Sprache kommunizieren müssen. (Für die Wirksamkeit einer Kommunikation, siehe O'Keefe, 2015).

Das Konzept *Transfer* weist auf die Anwendung von Wissen hin. Burke und Hutchins (2007) bestätigen, dass die Forschung zum *Transfer* sich auf drei Faktoren bezieht: individuelle Faktoren, Interventionsfaktoren und Umweltfaktoren, die den Transfer als „die Anwendung von geschultem Wissen und Fähigkeiten am Arbeitsplatz“ definieren. Als wichtige Variablen des Interventionsdesigns zeigten die Ergebnisse positive Übertragungseffekte für Lernziele, Inhaltsrelevanz, Praxis und Feedback, Verhaltensmodellierung und Beispiele. Bei einer Literaturrecherche zu *Transfer*, wurde klar, dass ein Mangel an Studien zum Transfer von virtuellem Training in die Realität feststellbar ist.

Im Rahmen des vorliegenden Projekts werden auch die Aspekte der Effektivität von Virtual Reality und der Simulator-basierten Sprachlernszenarien untersucht. Dazu gehören die Faktoren Sprachkompetenz und Wissenstransfer.

Bertram et al. (2015) haben darauf hingewiesen, dass zum Thema des Transfers von VR-Training in die Realität Studien fehlen. Für die Bewertung der Virtual-Reality-Multimedia-Training-Lernszenarien in Bezug auf den Transfer in die Realität, kann das Modell von Kirkpatrick (1976, 2006) angewendet werden. Er schlägt vier Faktoren vor, die als wichtige Ergebnisse einer Trainingsmethode zu bewerten sind: *Reaktionen, Lernen, Verhalten und Ergebnisse*. *Reaktionen* können als die Zufriedenheit von Auszubildenden mit dem Training (gemessen an Selbstberichten) beschrieben werden. *Lernen* bedeutet, das Wissen und die Verbesserung der Fähigkeiten durch das Training zu beweisen und zu verwenden. *Verhalten* fasst beobachtbare Änderungen in der Leistung zusammen. Alle organisatorischen oder personellen Veränderungen, wie reduzierte Kosten oder ein besseres Arbeitsklima, sind in den *Ergebnissen* enthalten. Für diese letzte Variable wollen wir einen Monat oder zwei Monate nach Studienabschluss qualitative Interviews durchführen.

Reaktionen

In Anlehnung an Kopp, Dvorak und Mandl (2003) und um die Motivation zu messen, werden unter Anwendung einer Likert-Skala von 1 bis 7 (1 = nicht bei allen, 7 = sehr), folgende Daten erhoben:

- Akzeptanz: „Ich würde meinen Kollegen empfehlen, an der Schulung teilzunehmen“;
- Zufriedenheit: „Ich bin mit dem Training zufrieden“;
- Um das Ausmaß des Engagements der Teilnehmenden zu messen, haben wir fünf Aussagen ausgewählt: „Es war langweilig“, „Es war fesselnd“, „Es hat Spaß gemacht“, „Die dargestellte Situation sah echt aus“, „Ich fühlte mich in die dargestellte Situation eingetaucht“.
- Relevanz: „Das Training hatte eine starke Verbindung zu meiner täglichen Arbeit“.

Lernen

- Subjektiver Lernerfolg: „Durch das Training habe ich Wissen über die Interaktion mit meinen Kollegen am Telefon gewonnen“.
- Sicherung des Lernens: „Das Training macht mich fit für zukünftige Interaktionen“.
- Realismus des Trainings: „Ich fühlte mich nicht wie in einem Training“.

Verhalten

Die wahrgenommene Wirksamkeit der Lernszenarien wird gemessen, indem die Befragten ihr Übereinstimmungsniveau mit zwei Punkten auf einer Likert-Skala bewerten (1 = überhaupt nicht, 7 = sehr).

Die Elemente werden im Hinblick auf die folgenden Aussagen strukturiert: „Sie sind bedeutsam für meine Arbeit“, „Sie sind effektiv für meine Arbeit“. Alle Antworten werden dann hinsichtlich Korrelationen und mittels statistischer Tests analysiert.

4. ERWARTETE ERGEBNISSE

Aus den Fallstudien werden neue Erkenntnisse über die Veränderung der Kommunikation zwischen Lokführer und Fahrdienstleiter vor dem Hintergrund der Automatisierung erwartet. Dabei steht vor allem die Untersuchung der Sicherheitsrelevanz von Sprachschwierigkeiten im Vordergrund. Die Ergebnisse aus den Fallstudien fließen in die Entwicklung neuer, fachspezifischer Methoden und Instrumente für die Sprachschulung von Lokführern und Fahrdienstleitern ein. Der Erfolg der Sprachschulung wird sowohl qualitativ als auch quantitativ gemessen:

- Beurteilung der sprachlichen Leistung durch den Fahrdienstleiter;
- Fachliche Beurteilung der Ergebnisse durch die Bewältigung der Szenarien;
- Messwerte aus dem Simulator, andere Messwerte (z.B. Zeitmessung);
- Ergebnisse aus Fragebogen und Erfolgskontrollen;
- Selbstbewertung durch den Teilnehmer.

Die Fallstudien sollen die Hypothese prüfen, dass mit der Entwicklung der Leittechnik, der Automatisierung von Signalisierungssystemen und dem damit verbundenen Verlust von Sprach- und Kommunikationskompetenz nicht akzeptable Risiken entstehen können. Mit der Weiterentwicklung der Sprachschulung, verbunden mit Kommunikations- und Prozesstrainings soll ein wichtiger Beitrag an die Sicherheit im interoperablen Eisenbahnverkehr geleistet werden.

5. MEHRWERT UND AUSBLICK

Mit dem vorliegenden Projekt wird die Anwendung von Simulatoren zu Forschungs- und Untersuchungszwecken in Verbindung mit der Ausbildung gefördert. Damit werden Forschungsmethoden angewandt, welche bisher vorwiegend aus dem Flugverkehr, nicht jedoch aus dem Bahnverkehr bekannt sind. Mit der hier beschriebenen Methode können genauere Ergebnisse erzielt werden, als dies auf linearem, mathematischem Weg möglich wäre. Basierend auf bestehenden Modellen und statistischen Methoden lassen sich quantitative und qualitative Daten auswerten und im Sinne der Sicherheit in Wert setzen.

Die hier beschriebene Anwendung von Fahrtrainern der Bahn lassen nicht darüber hinwegtäuschen, dass für umfassende Forschungstätigkeiten und ganzheitliche Untersuchungen menschlicher Einflussfaktoren noch kein geeignetes Instrumentarium zur Verfügung steht: Viele Unfalluntersuchungen zeigen, dass sicherheitskritische Fehler und Ereignisse oft aus der Interaktion zwischen Lokführer und Fahrdienstleiter entstehen. Demnach ist ein integriertes, holistisches Simulationsinstrumentarium erforderlich, bei welchem einer oder mehrere Lokführer zusammen mit den entsprechend tätigen Fahrdienstleitern an der gleichen Simulation beteiligt sind. Nur so ist es möglich, die Interaktionen und daraus resultierenden Auswirkungen dieser

beiden – auch in Zukunft noch wichtigen – Funktionen in der Betriebsführung der Eisenbahn in genügender Tiefe untersuchen zu können.

6. KURZES FAZIT UND PRAKTISCHE IMPLIKATION

Der Einsatz von Simulatoren ermöglicht einen sehr hohen Praxisbezug sowie eine Kombination mit fahrdienstlichem Prozesstraining (Inglese und Suter, 2017). Dies hat den Vorteil, dass die Sprachschulung mit Fachausbildung verbunden werden kann. Die Schulung wird unter Teilnahme mindestens eines Fahrdienstleiters mit entsprechender Muttersprache durchgeführt, der seine eigene Erfahrung einbringt und den Erfolg der Schulung bewertet.

Das Pilotprojekt wird auch für wissenschaftliche Arbeiten genutzt, um neue Erkenntnisse über die simulationsbasierte Sprachschulung sowie die Sicherheitsrelevanz von sprachlichen Schwierigkeiten in der Kommunikation zwischen Lokführer und Fahrdienstleiter gewinnen zu können.

7. LITERATUR

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy. The exercise of control*. New York: Freeman.
- Bandura, A., (2001). Social cognitive theory: an agentic perspective. *Annual Review Psychology*, 52, 1–26.
- Bandura, A. (1993). Perceived self-efficacy in cognitive development and functioning. *Educational Psychologist*, 28, 117-148.
- Bernet, R., Moser, S., Gaspard, C. (2018). ERF, *BLS unisce. BLS verbindet, BLS Réunit*.
- Bertram, J., Moskaliuk, J., Cress, U. (2015). Virtual training: making reality work? *Computers in Human Behavior*, 43, 284-292.
- Burke, L. A., & Hutchins, H. M. (2007). Training transfer: An integrative literature review. *Human Resource Development Review*, 6(3), 263–296.
- Buttussi, F., Chittaro, L. (2018). Effects of different types of virtual reality display on presence and learning in a safety-training scenario. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 1063-1076.
- Chang, Y., Liao, M. (2009). The effect of aviation safety education on passenger cabin safety awareness. *Safety Science*, 47, 1337–1345.
- Chi, M., Seokmin K., Yaghmourian, D. (2017) Why Students Learn More From Dialogue- Than Monologue-Videos: Analyses of Peer Interactions. *Journal of the Learning Sciences*, 26(1), 10-50.
- Chittaro L. (2017). A comparative study of aviation safety briefing media: card, video, and video with interactive controls. *Transportation Research Part C*, 85, 415-428.
- Chittaro L., Corbett, C., McLean G., Zangrando, N. (2018). Safety knowledge transfer through mobile virtual reality: a study of aviation life preserver donning. *Safety Science*, 102, 159-168.
- Chittaro, L., & Ranon, R. (2007). Web3D technologies in learning, education and training: Motivations, issues, opportunities. *Computers & Education*, 49(1), 3–18.
- Covington, M. V. (1992). *Making the grade: A self-worth*

- perspective on motivation and school reform*. New York, NY, US: Cambridge University Press.
- de Koning, B.B., Tabbers, H., Rikers, R., Paas, F. (2007). Attention cueing as a means to enhance learning from an animation. *Applied Cognitive Psychology*, 21, 731–746.
- Dorrian, J., Roach, G., Fletcher, A., Dawson, D. (2007). Simulated train driving: fatigue, self-awareness and cognitive disengagement. *Applied Ergonomics*, 38, 155–166.
- Dube, A.K., McEwen, R.N. (2015). Do gestures matter? The implications of using touchscreen devices in mathematics instruction. *Learning and Instruction*, 40, 89–98.
- Girard, C. J. Ecalte, and A.Magnan, (2013). Serious games as new educational tools: how effective are they? A meta-analysis of recent studies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(3), 207–219.
- Grau, R.G., Martínez, I.M., Agut, S., Salanova, M. (2002). Safety attitudes and their relationship to safety training and generalised self-efficacy. *International Journal Occupational Safety Ergonomics*, 8, 23–35.
- Harper, H., Hedberg, J., Wright, R. (2000). Who benefits from virtuality? *Computer Education*, 34, 163–176.
- Inglese, T., Mayer, R., Rigotti, F. (2007). Using audiovisual TV interviews to create visible authors that reduce the learning gap between native and non-native language speakers. *Learning and Instruction*, 17, 67–77.
- Inglese, T., Suter, J. (2017). *Simulationsbasierte Sprachschulung für Lokführer. Konzept*. Verein Dynamisches Eisenbahn System Modell DESM, Goldiwil (Thun).
- Katz-Navon, T., Naveh, E., Stern, Z. (2007). Safety self-efficacy and safety performance. *International Journal Health Care Quality Assurance*. 20, 572–584.
- Kirkpatrick, D. (1976). Evaluation of training. In R. L. Craig (Ed.), *Training and development handbook* (2. Ed.). New York: McGraw-Hill.
- Kirkpatrick, D., Kirkpatrick, J. (2006). *Evaluating Training Programs – The four Levels*; Publisher: Berrett-Koehler Publishers.
- Kopp, B., Dvorak, S., & Mandl, H. (2003). *Evaluation des Einsatzes von Neuen Medien im Projekt, Geoinformation – Neue Medien für die Einführung eines neuen Querschnittsfachs*. München: Universität, Department Psychologie, Institut für Pädagogische Psychologie.
- Krashen, S.D., Terrell, T. (1983) *The Natural Approach. Language Acquisition in the Classroom*. Oxford: Pergamon;
- Krashen, S.D. (1987, 2009) *Principles and Practice in Second Language Acquisition*. Prentice-Hall.
- Krashen, S.D. (1988). *Second Language Acquisition and Second Language Learning*. Prentice-Hall.
- MacIntyre P. Dörnyei, Z., Clement, R., Noels, K. (1998). Conceptualizing Willingness to Communicate in a L2: A Situational Model of L2 Confidence and Affiliation. *The Modern Language Journal*, 82(4), 545–562.
- Mayer, R., Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal Educational Psychology*, 93, 390–397.
- Merchant, Z., Goetz, E., Cifuentes, T., Keeney-Kennicutt, W. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students’ learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computer Education*, 70, 29–40.
- Merkt, M., Weigand, S., Heier, A., Schwan, S. (2011). Learning with videos vs. learning with print: The role of interactive features. *Learning and Instruction*. 21, 687–704.
- Ninck, A., Bürki, L., Hungerbühler, R., und Mühlemann, H. (2004). *Systemik. Vernetztes Denken in komplexen Situationen*. 4. Auflage. Orell Füssli Verlag, Zürich.
- O’Keefe, D.J. (2015). *Persuasion: Theory and Research*, SAGE Publications, Thousand Oaks, CA.
- Schnieder, E. (2015). Der Mensch im Regelkreis. *DESM-Experimentalworkshop über die Analyse, Modellierung, Simulation und Training sicherheitsrelevanter Problemstellungen von Bahnen*, Deisswil.
- Schwager, M. (2013) *Risiken der Automatisierung für die Zusammenarbeit von Lokführer und Zugverkehrsleiter – Lösungsansätze für die Entwicklung eines gemeinsamen Verständnisses*. Bachelorarbeit. Fachhochschule Nordwestschweiz, Olten.
- Schwan, S., Garsoffky, B., Hesse, F.W. (2000). Do film cuts facilitate the perceptual and cognitive organization of activity sequences? *Memory & Cognition*, 28, 214–223.
- Schwan, S., Riempp, R. (2004). The cognitive benefits of interactive videos: learning to tie nautical knots. *Learning and Instruction*, 14, 293–305.
- Schweizerische Eidgenossenschaft. (2016) *Fahrdienstvorschriften FDV*. Bundesamt für Verkehr, Bern.
- Sims, R. (1997). Interactivity: a forgotten art? *Computer in Human Behaviour*, 13, 157–180.
- Stoller, N. (2013). *Situation Awareness von Lokführenden während sicherheitskritischer Ereignisse im Bahnverkehr*. Bachelorarbeit. Fachhochschule Nordwestschweiz, Olten.
- Suter, J., Stoller, N. (2014) Use of simulators to investigate complex issues relating to human factors. *10th Symposium on Formal Methods for Automation and Safety in Railway and Automotive Systems*, Braunschweig.
- Suter, J. (2014) *Gestaltung eines Eisenbahn-Systemmodells für die Untersuchung von komplexen soziotechnischen Problemstellungen*. Dissertation. Technische Universität Braunschweig.
- Tichon, J. (2007). The use of expert knowledge in the development of simulations for train driver training. *Cognition, Technology & Work*, 9, 177–178.
- Ullman, M., Lovelett, J. (2018) Implications of the declarative/ procedural model for improving second language learning: The role of memory enhancement techniques. *Second Language Research*, 34, 1, 39–65.
- Wilson, J., Norris, B. (2006). Human factors in support of a successful railway: a review. *Cognition, Technology & Work*, 8, 4–14.
- Zoer, I., Sluiter, J., Frings-Dresen, M. (2014). Psychological work characteristics, psychological workload and associated psychological and cognitive requirements of train drivers. *Ergonomics*, 57 (10), 1473–1487.