

## No Risk – no trust in cyber physical systems! Modelle und Möglichkeiten zur Risikominimierung im automatisierten Bahnbetrieb durch Verifizierung von Schulungsformaten mittels Eye-Tracking Tools

Autor\*innen: Thomas Kreamsner MA. BA., Forschung Burgenland, Ing. Andrea Prochazka BSC. MA. MA. MSC., Forschung Burgenland, Dipl. Ing. in Elke Szalai MA., Fachhochschule Burgenland, Prof.in (FH) Mag.a (FH) Dr.in Sabrina Luimpöck, BA., Fachhochschule Burgenland

**Abstract.** Ziel ist es die Sicherheit im automatisierten Bahnbetrieb durch die Verifizierung von Schulungsformaten mittels Eye-Tracking-Tools zu verbessern. Das Projekt "BESTE-AB" untersucht die Interaktion zwischen technischen Abläufen, Expertenwissen und menschlichem Verhalten, um ein sicheres Umfeld für den Betrieb autonomer Züge zu schaffen. Traditionelle Fehlerbewertungstools werden um soziale Faktoren erweitert, und Modelle wie "Persona" und "Roberta" werden genutzt, um die Erwartungen und Ängste des Personals zu erfassen. Die Schulungsmaterialien werden kontinuierlich aktualisiert, um den sich ändernden Anforderungen gerecht zu werden und das Vertrauen in autonome Fahrzeuge zu stärken. Die Methoden umfassen interaktive Formate, Eye-Tracking-Analysen und teilnehmende Beobachtungen, um die Bedürfnisse verschiedener Lerntypen zu identifizieren und die Schulungsmaterialien anzupassen.

**Keywords:** Sicherheit im Bahnbetrieb, Interaktion Mensch-Maschine, Verifizierung Schulungsunterlagen

## 1 EINLEITUNG

Das Forschungsprojekt "BESTE-AB" untersucht die Schnittstellen zwischen technischen Abläufen, Expertenwissen und sozialem Verhalten im Rahmen der Weiterentwicklung eines Industriestellwerks zur Steuerung des Vershubbetriebs und autonom fahrender Züge auf weniger genutzten Strecken. Während der Laufzeit von 2019 bis 2022 wurden Instrumente und Tools zur Sicherheit im Betrieb entwickelt, wobei Wissenstransfer und der Aufbau sicherer Übergabestrukturen eine Rolle spielten. Das Projekt identifizierte jedoch zahlreiche Fragen, die nicht abschließend bearbeitet werden konnten. Weitere Paper [1, 2] aus dem Projekt befassen sich mit Maßnahmen für einen reibungslosen, unfallfreien Ablauf, betonen die Bedeutung der Schulung aller Akteure und unterstreichen deren Rolle in sensorgesteuerten Anwendungen mit KI-Unterstützung in Cyber-Security-Umgebungen.

Bereits Im Ausgangsforschungsprojekt wurde deutlich, dass die Interaktion zwischen Menschen und Maschine von vielen Faktoren abhängig ist und eine hohe Störanfälligkeit aufweisen kann [1]. Dies bietet einen Hebel für Verbesserungsmaßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit, indem Akteure und ihre Wissensstände bekannt sind und Erwartungen an die Maschine klar definiert werden. Traditionelle Fehlerbewertungstools wie FMECA waren im BESTE-AB-Projekt passend, aber unzureichend, um die Interaktion zwischen Menschen und autonom fahrenden Zügen zu erfassen. Daher wurde die FMECA um soziale Faktoren erweitert, um eine umfassendere Risikobewertung zu ermöglichen. Schulungsmaterialien wurden entwickelt, basierend auf Erwartungen und Ängsten der Mitarbeiter gegenüber dem System, sowie technischen Aspekten wie dem Modell "Roberta" [2]. Diese Materialien wurden in verschiedenen Schulungsebenen implementiert, einschließlich Grundlagen-, vertiefenden- und Expertenschulungen, um sicherzustellen, dass alle Akteure angemessen geschult sind.

Das Hauptziel dieser Studie war herauszufinden, wie Schulungsmaterialien zu diesem Thema gestaltet sein sollten, um den größtmöglichen Lerneffekt zu erzielen. Erste Konzepte dieser Schulungsmaßnahmen liegen vor. Die finale Ausarbeitung soll in weiterer Folge mit Unterstützung von Eye-Tracking Methoden zur Verifizierung der beim Personal „angekommenen Inhalte“ erfolgen. Der nächste Forschungsschritt ist die Testphase erster Schulungsmaterialien mit Eye Tracking und die Ableitung von Verbesserungsvorschlägen für die finale Erstellung. Dazu wurden für dieses Paper folgende Forschungsfragen definiert:

- Welche Formate, Darstellungen und Erläuterungen eignen sich, um Trainings mit dem Fokus technische und soziale Fehlerabstellmaßnahmen in der Interaktion zwischen Menschen und Maschine im automatisiertem Bahnbetrieb zu optimieren?
- Wie müssen die Materialien aufbereitet sein, damit eine Verifizierung der zu vermittelnden Inhalte mittels Eye Tracking möglich ist?

## 2 METHODEN

Im Rahmen des Forschungsforums wurde ein erster Umsetzungsschritt zur Erstellung von Schulungsunterlagen in einem interaktiven Format in einem vorbereiteten Setting durchgeführt. Das Eye-Tracking wurde eingesetzt, um herauszufinden, welche Arten von Lerninhalten - Text, Bild und Text & Bild - am meisten Aufmerksamkeit erregen.

Eye Tracking ist eine apparative Beobachtungsmethode zur Analyse von Blickbewegungen in Studien. Dazu wird den Proband:innen eine sogenannte Eye-Tracking-Brille aufgesetzt, mit der die Blickbewegungen analysiert werden [3, 4].

Dazu wurde den Proband:innen ein Plakat gezeigt, in dem die Schulungsmaterialien unterschiedlich aufbereitet waren. Ein Teil des Plakats enthielt nur Bilder, ein Teil nur Text und ein Teil sowohl Text als auch Bilder. Mit Hilfe einer Eye-Tracking-Brille (Tobii Pro Glasses 3) und der Software iMotions wurde anschließend ausgewertet, wie lange welcher der genannten Bereiche des Plakates von den teilnehmenden Personen betrachtet wurde.

AOI metrics ...	Bild	Text	Text+ Bild
<b>Information</b>			
AOI duration (ms)	65023.7	65023.7	65023.7
AOI duration (%)	100	100	100
Size (cm2)	13406.3	13339.6	9630.8
Size (%)	50	49.8	35.9
Respondent base	3	3	3
<b>Fixation based metrics</b>			
Respondent ratio (%)	100	100	100
Revisit count	4.3	8	4.7
Fixation count	57	79.7	57.7
TFFF AOI (ms)	2360.9	3422.9	13754.9
Dwell time (ms)	10111.6	16082.4	11634.4
Dwell time (%)	18	23.4	17.4
First fixation duration (ms)	200.4	93.5	133.6

**Abb. 1:** Areas of Interest, n = 3

In **Abbildung 1** wurde ausgewertet, welche Bereiche des Plakats wie viel visuelle Aufmerksamkeit auf sich zogen. Die genannten Bereiche wurden als Areas of Interest (AOI) festgelegt.

Aus der Eye-Tracking-Analyse lässt sich erkennen, dass der Bereich mit reinen Textinhalten am längsten und als erstes betrachtet wurde. Auch die Anzahl der Revisits, also wie oft die Proband:innen erneut in das Feld geblickt haben, ist im Text-Bereich am höchsten.

Am kürzesten hielten die Teilnehmer:innen ihren Blick im „Bild“-Bereich mit 10.111 Millisekunden. Dieser Bereich wurde durchschnittlich auch als letztes fixiert und am wenigsten oft wiederholt betrachtet.

Die First fixation duration, also wie lange die erste Fixation in diesem Bereich gedauert hat, war hier jedoch deutlich am längsten mit 200 Millisekunden. Der „Text+Bild“-Bereich wurde sowohl am zweithäufigsten als auch am zweitlängsten betrachtet.

Neben dem Eye-Tracking wurde eine teilnehmende Beobachtung durchgeführt. Hierfür wurden die Teilnehmer:innen eingeladen, sich entsprechend der vorgegebenen Lerntypen selbst in Kleingruppen zusammenzufinden. Diese wurden nach Best-Practice-Beispielen für das einfache Lernen von Lerninhalten befragt.

Dabei wurden Mindmaps, Concept Maps, Storytelling und Präsentationen von der Gruppe „Bild“ genannt. Die Gruppe der Teilnehmer:innen, die bevorzugt anhand von Textinhalten lernt, gab an, normalerweise alle Inhalte schnell zu überfliegen und dann die wichtigsten Bereiche genau durchzusehen. Die Gruppe "Bild & Text" bevorzugt Mindmaps und Bilder mit Erklärungen.

### 3 CONCLUSIO

Das Projekt "BESTE-AB" betrachtet die Interaktion zwischen technischen Abläufen, Expertenwissen und menschlichem Verhalten, um ein sicheres Umfeld für den Betrieb autonomer Bahninfrastruktur zu gewährleisten. Durch die Erweiterung traditioneller Fehlerbewertungstools wie beispielsweise der FMECA um soziale Faktoren und die kontinuierliche Überprüfung und Aktualisierung der Schulungsmaterialien wird eine sichere Interaktion zwischen Menschen und Maschine angestrebt. Die Forschungsfrage beinhaltet die Optimierung von Schulungsformaten zur Fehlerabstellung und die Verifizierung der Inhalte mittels Eye Tracking, um das Vertrauen in autonome schienengebundene Fahrzeuge zu stärken. Die Methoden umfassen interaktive Formate, Eye-Tracking-Analysen und teilnehmende Beobachtungen, um die Bedürfnisse verschiedener Lerntypen zu identifizieren und die Schulungsmaterialien anzupassen.

Die Studie ergab, dass vor allem Text und Text in Kombination mit Bildern als Lernformate bei den teilnehmenden Personen am besten ankommen. Nur Bilder ohne Text werden nicht lange betrachtet. Darüber hinaus wurde in der Studie von den Proband:innen empfohlen, mit Mindmaps, Storytelling und Bildern zu arbeiten, um die Inhalte zu demonstrieren und umfassend zu erklären.

Diese Studie ist qualitativer Natur und sollte daher in weiteren Studien mit einer größeren Zielgruppe getestet werden.

#### 4 REFERENZEN

- [1] *C. Gnauer et al. (2021). Knowledge Based Training Derived from Risk Evaluation Concerning Failure Mode, Effects and Criticality Analysis in Autonomous Railway Systems. 5th International Conference on System Reliability and Safety (ICRSRS), Palermo, Ita.*
- [2] *C. Gnauer et al. (2022). Technical Aspects and Social Science Expertise to Support Safe and Secure Handling of Autonomous Railway Systems. ASTES Journal ASTESJ\_070632 (Paper DOI: 10.25046/aj070632)*
- [3] *Bojko, A. (2013). Eye tracking the user experience: A practical guide to research. Rosenfeld Media.*
- [4] *Holmqvist, K., & Andersson, R. (2017). Eye tracking: A comprehensive guide to methods. Paradigms and measures.*