Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Partnerspezifischer Schlussbericht (gem. Nr 8.2 NKBF 98) Verbundprojekt safe.trAIn „sichere KI am Beispiel fahrerloser Regionalzug“	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Dr. Ralf Röhrig Dr. Robert Walter	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.03.2025
	6. Veröffentlichungsdatum 30.09.2025
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) TÜV Rheinland InterTraffic GmbH Am Grauen Stein, 51105 Köln	9. Ber. Nr. Durchführende Institution ACR/B 25/115-V1.0
	10. Förderkennzeichen 19I21039J
	11. Seitenzahl 20
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 53107 Bonn	13. Literaturangaben 0
	14. Tabellen 0
	15. Abbildungen 0
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	

18. Kurzfassung

1. Derzeitiger Stand von Wissenschaft und Technik

Zum Projektbeginn (2022) war der Einsatz von KI/ML-basierten Systemen in der Bahntechnik stark umstritten. Vor allem die mangelnde Vorhersagbarkeit ihres Verhaltens sowie fehlende ausgereifte Verfahren für Verifikation und Validierung wurden als Haupthindernisse identifiziert. Standards wie DIN EN 50716:2024 rieten explizit davon ab, KI/ML für sicherheitskritische Anwendungen zu nutzen. Gleichzeitig wurden hochautomatisierte, fahrerlose Schienenverkehrssysteme bislang nur in geschlossenen Umgebungen wie U-Bahnen eingesetzt. In offenen Systemen wie Regionalbahnen und S-Bahn-Netzen existiert aufgrund von Hindernissen und Streckengegebenheiten nach wie vor keine etablierte alternative Lösung zur Aufgabenwahrnehmung eines Triebfahrzeugführers.

2. Begründung/Zielsetzung der Untersuchung

Das Verbundprojekt Safe.TrAIn zielte darauf ab, die Grundlagen für die sichere und vertrauenswürdige Integration von KI/ML-Verfahren in sicheren Bahnanwendungen zu schaffen. Ziel war es, am Beispiel eines hinderniserkennenden GoA4-Systems (vollständig automatisiertes System) Entwicklungs- und Prüfkriterien zu erarbeiten, die sowohl den Sicherheitsanforderungen des Bahnsektors als auch den technischen Möglichkeiten von KI/ML gerecht werden. Ein Schwerpunkt lag bei der Anpassung bestehender Normen und der Entwicklung von Prüfmethoden speziell für KI/ML-basierte Sicherheitssysteme.

3. Methode

Das Projekt wurde als Konsortialprojekt unter Leitung der Siemens AG durchgeführt, wobei die TÜV Rheinland InterTraffic GmbH (TRIT) verantwortlich für die Ermittlung von Sicherheitsanforderungen und die exemplarische Prüfung eines Sicherheitsnachweises war. Vorgehen und Methodik umfassten:

1. **Analyse bestehender Normen:** Leitlinien und Standards wie CSM-VO, EN 50126, EN 50128, EN 50129 sowie neuere Standards wie DIN EN 50716 und ISO/PAS 8800 wurden untersucht und angewandt.
2. **Risikobewertung und Anforderungen:** Auf Basis verfügbarer Standards wurden Risikoakzeptanzkriterien und Maßnahmen abgeleitet.
3. **Prüfmethoden:** Es wurde geprüft, ob die entwickelten Verfahren nachvollziehbar, aussagekräftig und belastbar sind.
4. **Erstellung von Sicherheitsnachweisen:** Die TRIT führte exemplarische Sicherheitsbewertungen durch, basierend auf den ermittelten Angaben und Testverfahren.

4. Ergebnis

- Das Projekt zeigte, dass bestehende Regelwerke wie EN 50126 und EN 50129 prinzipiell auch bei KI/ML-basierten Systemen anwendbar sind, wenn diese erweitert oder situationsspezifisch interpretiert werden. Allerdings wurden klare Limitierungen des Lösungsansatzes aufgrund der Technologie- und Datenreife sichtbar:
- Sicherheitsnachweise basieren stark auf Tests, was bei komplexen Systemen (z. B. KI) nur eingeschränkt repräsentativ realisierbar ist.
- Die Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit von KI-Komponenten bleibt auf System- und Komponentenebene eingeschränkt.
- Tools zur Prüfung und Bewertung der KI waren teils unzureichend qualifiziert.
- Die Erkennungsleistung des Hinderniserkennungssystems war in Tests unzureichend, was die Nutzung im vorgesehenen Anwendungsfall ausschließt.
- Standards wie die DIN DKE SPECs 99002 und 99004 wurden im Rahmen des Projektes erarbeitet, um Terminologie und Prozesse für KI im Bahnbereich zu harmonisieren.

5. Schlussfolgerung/Anwendungsmöglichkeiten

- Das Projekt zeigt, dass für den Einsatz von KI/ML in sicherheitskritischen Bahnanwendungen fallbezogene Sicherheitsargumentationen und umfassende Prüfstrategien notwendig sind, um die hohen Anforderungen der Bahntechnik zu erfüllen. Es bleibt jedoch klar, dass etablierte Normen (z. B. EN 50126 und EN 50129) durch spezifische Ergänzungen – wie spezielle Abschnitte zur Bewertung von KI-basierten Unsicherheiten – angepasst werden müssen.
- Die gewonnenen Erkenntnisse und entwickelten Standards bilden eine Grundlage für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bahnsektor. Eine unmittelbare Anwendung des Safe.TrAIn-Ansatzes ist jedoch aktuell nur begrenzt möglich, da die technologische Reife und Nachweisführung insbesondere für KI-gestützte Hinderniserkennungssysteme noch nicht den erforderlichen Level erreicht haben.

19. Schlagwörter

20. Verlag	21. Preis