

AI4PT

KI im öffentlichen Verkehr



© AI4PT

Verbesserung der ÖPNV-Nutzung durch bessere Personenverteilung in den ÖPNV-Fahrzeugen

Mobilität Verkehr & Logistik



AIT Austrian Institute of Technology

Indicate Digital GmbH

Siemens Mobility Austria GmbH

jasmin.lampert@ait.ac.at

<https://www.ait.ac.at/themen/data-science-artificial-intelligence/projekte/ai4pt>

TRL ●●●●

Datenkomplexität ●●

Kosten & Energie ●●

Umfang ●●

Wirkung ●●●

Machbarkeit ●●●

● Gering, ●● Mittel, ●●● Hoch

ANWENDER

ÖV-Betreiber, Fahrzeughersteller, Mobilitätsanbieter



Eine Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr auf öffentliche Verkehrsmittel (ÖV) ist ein zentraler Hebel zur Reduktion von Treibhausgasemissionen. Neben den Ticketkosten zählen insbesondere Verspätungen, Überfüllung und eingeschränkter Komfort zu den wesentlichen Hemmnissen für eine stärkere Nutzung des ÖV.

AI4PT entwickelt datenschutzkonforme KI-Lösungen zur prädiktiven Analyse und Optimierung von Fahrgastverteilung und -flüssen im U-Bahn-Betrieb. Ziel ist es, bestehende Kapazitäten effizienter zu nutzen und die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs insbesondere auf hoch ausgelasteten Strecken mit engen Fahrplänen zu steigern.

Ein zentrales Hemmnis für KI-basierte Anwendungen im ÖV ist die begrenzte Verfügbarkeit qualitativ hochwertiger und gleichzeitig datenschutzkonformer Daten. AI4PT adressiert diese Herausforderung durch die Kombination kosteneffizienter kamerabasierter Systeme mit integrierter Objekterkennung (SmartCams) und vorhandener Fahrzeugsensorik in U-Bahn-Wagen.

Auf dieser Datengrundlage werden prädiktive KI-Modelle für die Vorhersage der Zugbelegung sowie für die Optimierung des Passagierflusses entwickelt und

in anwendungsnahen Proof-of-Concepts in Kooperation mit Wr. Linien evaluiert. Das AI4PT-System ist so ausgelegt, dass die entwickelte Architektur und die Modelle datenschutzgetreu auf weitere Fahrzeuge, Linien und urbane ÖV-Systeme übertragbar und skalierbar sind.



VERWENDETE KI-TECHNOLOGIE

Bilderkennung/Visuelle Inspektion

Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI

Nutzerverhaltenprognose





IMPLEMENTIERUNG

Während der Projektlaufzeit wird eine skalierbare Datenpipeline zur Erfassung, Vorverarbeitung und Analyse der Daten aus der vorhandenen Fahrzeugsensorik sowie der installierten kamerabasierten Systeme mit integrierter Objekterkennung (SmartCams) innerhalb eines U-Bahn-Wagens aufgebaut. Ziel ist die Datenverarbeitung weitgehend auf Edge-Systemen direkt im Fahrzeug durchzuführen, um Datenvolumen zu reduzieren, Latenzen zu minimieren und Datenschutzanforderungen bereits auf der Erfassungsebene zu berücksichtigen.

Auf dieser Basis wird eine datenschutzkonforme KI-Architektur für den U-Bahn-Betrieb entwickelt, die eine integrierte Nutzung der heterogenen Datenquellen ermöglicht. Das Training der KI-Modelle erfolgt mittels Federated-Learning-Methoden, sodass sensible Rohdaten lokal auf den jeweiligen Systemen verbleiben und ausschließlich modellrelevante Parameter ausgetauscht werden.

Auf Grundlage der entwickelten prädiktiven KI-Modelle werden zwei Proof-of-Concepts (PoCs) implementiert und anhand realer Daten aus einem Wiener U-Bahn-Wagen evaluiert:

- Vorhersage der Zugbelegung: Durch die Kombination von Fahrzeugsensordaten (z. B. Türzyklen, Fahrgastzähler) und anonymisierten Zählinformationen aus SmartCams werden zeit- und streckenabhängige Prognosemodelle zur Belegung von U-Bahn-Zügen entwickelt. Diese dienen als Grundlage für eine verbesserte Kapazitätsplanung und operative Entscheidungsunterstützung.
- Optimierung des Passagierflusses: Kamerabasierte Objekterkennung liefert aggregierte Informationen zu Ein- und Ausstiegsbewegungen sowie zu Aufenthaltsmustern im Fahrzeug- und Bahnsteigbereich. In Verbindung mit FL-basiert trainierten Modellen werden daraus prädiktive Analysen und Handlungsempfehlungen zur Optimierung des Passagierflusses abgeleitet, etwa zur Reduktion von Stauungen und zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität.

Durch den Einsatz von Federated-Learning-Techniken wird sowohl die Einhaltung regulatorischer Datenschutzanforderungen als auch die Skalierbarkeit und Übertragbarkeit der entwickelten Lösung auf weitere Fahrzeuge, Linien und urbane ÖV-Systeme sichergestellt.



LESSONS LEARNED

Grundsätzlich hat sich die Annahme bestätigt, dass es im Bereich des öffentlichen Nahverkehrs einen Mangel an qualitativ hochwertigen Daten gibt, was ein großes Hindernis bei der Entwicklung von KI-Anwendungen darstellt. Die AI4PT-Strategie auf kostengünstige kamerabasierte Systeme mit integrierter Objekterkennung (SmartCams) in Kombination mit vorhandenen U-Bahn-Fahrzeugsensoren zu setzen ist entsprechend gerechtfertigt.

In durchgeführten Gesprächen mit Stakeholder hat sich das Interesse an zuverlässigen Fahrgastprognosen bestätigt.

Da das Projekt noch nicht abgeschlossen ist (Projektende: Dez 2026), liegen zum aktuellen Zeitpunkt noch keine Ergebnisse aus den PoCs vor.





REGULIERUNGEN

Datenschutz-Grundverordnung (EU) 2016/679 (DSGVO)¹

Der Einsatz von kamerabasierten Systemen („SmartCams“) zur Optimierung der Fahrgastverteilung im ÖPNV erfordert die strikte Einhaltung der DSGVO, insbesondere hinsichtlich Zweckbindung, Datenminimierung, Speicherbegrenzung und Rechenschaftspflicht nach Art 5 DSGVO. Die Verarbeitung ist durch § 7 des Datenschutzgesetzes (DSG), der die Verarbeitung personenbezogener Daten für wissenschaftliche Forschungszwecke regelt, gerechtfertigt, wobei die Rechte der betroffenen Personen (Art 12–22) zu beachten sind. Datenschutz und Datensicherheit müssen durch „Privacy by Design“ sowie technische und organisatorische Maßnahmen wie Verschlüsselung nach Art 25 DSGVO und die Sicherheit der Verarbeitung gemäß Art 32 DSGVO gewährleistet werden. Im Rahmen des Projekts wurde ein Datenschutzkonzept und Datenschutzfolgeabschätzung (DSFA) im Sinne des Art 35 Abs 3 lit c DSGVO erstellt.

Verordnung über künstliche Intelligenz (EU) 2024/1689 (KI-VO)²

KI-Hochrisikosysteme gelten nach Art 6 Abs 2 iVm Anhang III Z 2 KI-VO als hochriskant, wenn sie als Sicherheitskomponente in kritischen Infrastrukturen eingesetzt werden und deren Ausfall erhebliche Gefahren oder Störungen verursachen könnte. Unter der Annahme, dass das geplante System zur Fahrgastoptimierung lediglich ein Analyse- und Optimierungsinstrument ist, liegt kein Hochrisiko-KI-System vor und es gelten nur die allgemeinen Anforderungen wie Transparenz und Dokumentation. Entscheidend ist jedoch, dass biometrische Identifikation oder Klassifizierung ausgeschlossen bleibt, andernfalls würde das System als Hochrisiko eingestuft und müsste die umfassenden Compliance-Anforderungen (Art 9 ff KI-VO) wie etwa die Einrichtung eines Risikomanagements, die Einführung eines Qualitätsmanagements und die Erstellung umfassender technischer Unterlagen erfüllen.

NIS-2-Richtlinie³

<https://www.nis.gv.at/fragen-und-antworten/nis-2-richtlinie/allgemeine-informationen-zu-nis-2.html>

Umsetzung durch Netz- und Informationssystemsicherheitsgesetz (NISG)

verpflichtet Betreiber kritischer Infrastrukturen wie etwa den Verkehrssektor, der zu den „Sektoren mit hoher Kritikalität“ zählt, zu umfassenden Maßnahmen im Bereich Cybersicherheit;

Risikomanagementmaßnahmen (Incident Reporting), Konzepte zum Risikomanagement und zur Sicherheit von Netz- und Informationssystemen, Dokumentation und regelmäßige Aktualisierung der Nachweise zur Einhaltung der Vorgaben

Diese Angaben stellen keine abschließende rechtliche Beurteilung dar. Sie dienen ausschließlich der allgemeinen Orientierung. Insbesondere können, abhängig vom konkreten Sachverhalt und der detaillierten Ausgestaltung der jeweiligen Use Cases, weitere rechtliche Regelungen einschlägig sein.

¹ Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), ABl L 2016/119, 1.

² Verordnung (EU) 2024/1689 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz und zur Änderung der Verordnungen (EG) Nr. 300/2008, (EU) Nr. 167/2013, (EU) Nr. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 und (EU) 2019/2144 sowie der Richtlinien 2014/90/EU, (EU) 2016/797 und (EU) 2020/1828 (Verordnung über künstliche Intelligenz), ABl L 2024/1689, 1.

³ Richtlinie (EU) 2022/2555 des Europäischen Parlaments und Rates vom 14. Dezember 2022 über Maßnahmen für ein hohes gemeinsames Cybersicherheitsniveau in der Union, zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 910/2014 und der Richtlinie (EU) 2018/1972 sowie zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2016/1148 (NIS-2-Richtlinie), ABl L 2022/333, 80.

