



Schlüsselrolle Künstliche Intelligenz – die Zukunft des ÖPNV in Smart Cities

Dr. Roxana Hess und Katja Rische, INIT GmbH

Der ÖPNV ist von entscheidender Bedeutung, um die Mobilität der Menschen sicherzustellen und dabei gleichzeitig die Verkehrsbelastung, Luftverschmutzung und den Energieverbrauch zu reduzieren. Doch traditionelle öffentliche Verkehrssysteme stoßen gerade in urbanen Zentren immer wieder an ihre Grenzen. Hier setzt die Idee der Smart Cities an, in denen vernetzte Technologien, Digitalisierung, Künstliche Intelligenz (KI) und Datenanalyse eine elementare Rolle spielen und auch den ÖPNV effektiver, effizienter und nachhaltiger gestalten können.

In diesem Artikel werden die Aktivitäten der INIT, einem weltweit führenden Anbieter für IT-Lösungen im öffentlichen Nahverkehr mit Sitz in Karlsruhe, vorgestellt und gezeigt, wie der Einsatz von KI in ihren Produkten den ÖPNV in Smart Cities revolutionieren kann.

Das Karlsruher Unternehmen arbeitet bereits erfolgreich mit KI und hat einige seiner Lösungen mit Echtzeitdaten aus Bussen und Bahnen trainiert. Die so trainierten Algorithmen können heute schon im Livebetrieb Abfahrtsprognosen präzisieren und zukünftig sogar Disponenten in der Leitstelle mit Lösungen unterstützen, indem intelligente Assistenzsysteme optimale Routen vorschlagen, die beispielsweise kurzfristig Staus umgehen oder auf der Basis vergangener Maßnahmen dem Leitstellenpersonal die auf die jeweilige Situation angepasste Maßnahme vorschlagen. KI ebnet außerdem den Weg für einen ÖPNV, der sich flexibel an die Bedürfnisse der Fahrgäste anpasst und sie in den Vordergrund stellt.

Training mit Echtzeitdaten

Die Grundlage von Künstlicher Intelligenz bilden Daten. Und die sind bereits jetzt schon reichlich vorhanden. Ob historische oder Echtzeit-Verkehrsdaten, Daten aus dem Ticketing, der Fahrplanauskunft oder dem Betriebsleitsystem der Verkehrsbetriebe: Die gesammelten Daten sind mittlerweile so detailliert und umfangreich, dass sie für das Training von Algorithmen weiterverwendet werden können. Die Anwendung von KI auf diese Daten kann Veränderungen und Trends präziser und in kürzerer Zeit aufzeigen. Das ermöglicht verbesserte Abfahrtsprognosen, eine optimale Routenplanung sowie schnelle Reaktionen auf aktuelle Ereignisse wie Unfälle oder Staus.

Verlässlichere Abfahrtsprognosen dank Maschinellem Lernen

In einem Pilotprojekt von INIT und dem Verkehrsunternehmen Golden Gate Bridge, Highway & Transportation District in San Francisco wurde beispielsweise mithilfe einer KI-basierten Softwarelösung der österreichischen INIT Tochter inola die Genauigkeit der Abfahrtsprognosen von Bussen erheblich verbessert. ML-Core, das Softwareprodukt von inola, stellt Prognosen auf Basis historischer Daten und Echtzeitinformationen zur Verfügung. Es verwendet innovative Algorithmen zur Mustererkennung und kann große Datenmengen (Big

Data) verarbeiten. Das Auswertungs- und Statistiksystem von INIT sammelt die Betriebsdaten und bereitet diese mit vielen weiteren Informationen wie Fahrzeiten auf. Auf dieser Datengrundlage aufbauend, stehen dem ML-Core unterschiedliche Methoden zur automatischen Mustererkennung und Zeitprognose zur Verfügung. Die jeweils beste Methode wird von der Software automatisch erkannt und eingesetzt. Verschlechtert sich die Prognosequalität, wird automatisch ein Neutraining des ML-Modells angestoßen. Somit werden Veränderungen im Verkehrsfluss oder Linienänderungen sofort erkannt und abgebildet. Mit herkömmlichen Prognoseverfahren wäre dies nicht möglich.

Auf der Basis des trainierten Modells berechnet ML-Core eine Fahrtzeitprognose für alle Fahrtabschnitte. Aus diesen Einzelwerten werden dann die neu prognostizierten Abfahrtszeiten für die Haltestellen zusammengesetzt und an die diversen angeschlossenen Systeme weitergegeben. Dabei werden auch aktuelle Verkehrseinschränkungen oder die Fahrtdauer der unmittelbar vorausfahrenden Fahrzeuge berücksichtigt. Fahrgäste können direkt die Live-Prognosen einsehen, so wird die Fahrt noch besser planbar. Die Konsequenz: Die Zufriedenheit der Fahrgäste steigt, denn dadurch gibt es keine Sprünge in der Ankunftsprognose mehr.

Mit KI zu zuverlässigeren Auslastungsinformationen und mehr Fahrgastkomfort

Die Kenntnis darüber, wie voll ein Bus oder eine Bahn werden wird, erlaubt Fahrgästen, ihre Reisepläne entsprechend anzupassen und gegebenenfalls auf eine weniger ausgelastete Verbindung auszuweichen. Dafür sind zuverlässige Informationen über die Auslastung der Fahrzeuge in Echtzeit erforderlich, wie sie INITs System zur Auslastungsinformation und Fahrgastlenkung liefert. Die technologische Herausforderung liegt dabei in der Bereitstellung einer soliden Datenbasis zur Bestimmung des erwarteten Besetztes eines Fahrzeugs.

Die aktuelle Auslastung wird mithilfe von Fahrgastzählsensoren anhand der übertragenen Ein- und Aussteigerzahlen nach jeder Abfahrt von einer Haltestelle ermittelt, mit Fahrplandaten verknüpft und auf Plausibilität geprüft. Damit liegt eine tatsächlich gemessene Anzahl der Fahrgäste in einem Fahrzeug vor. Unter

Heranziehung der Fahrzeugkapazitäten wird die aktuelle Auslastung berechnet und abgespeichert.

Für die Ermittlung einer in der Zukunft liegenden Auslastung kommt ein patentiertes Verfahren und ein KI-Algorithmus zum Einsatz. Damit wird im Hintergrundsystem der Echtzeit-Besetzgrad mit dem aus historischen Daten gewonnenen typischen Ein- und Ausstiegsverhalten an der Folgehaltestelle korreliert. Auf diese Weise findet auch die Zahl der voraussichtlichen Aussteiger Berücksichtigung.

Im Forschungsprojekt Mobile Data Fusion arbeitete INIT an der Nutzung weiterer Datenquellen für die Besetzgradprognose, für den Fall, dass die Fahrzeuge nicht mit Zählsensoren ausgestattet sind. Infrage kommen dafür beispielsweise WLAN- und Bluetooth-Signale von Smartphones oder Anfragen an die Verbindungsauskunft und die Mobilithek des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV), ein offenes Datenportal, das Mobilitäts-, Geo- und Wetterdaten zur Verfügung stellt.

Besonders entscheidend ist die Bereitstellung von Auslastungsinformationen über verschiedene Fahrgastinformationskanäle, wie beispielsweise Verkehrsunternehmens-Apps oder -Websites. Auf diese Weise haben Fahrgäste die Möglichkeit, ihre Reisepläne entsprechend anzupassen und gegebenenfalls auf weniger stark frequentierte Verbindungen auszuweichen. Dies trägt wiederum zu einer gleichmäßigeren Auslastung bei.

Forschungsfeld KI

Der Einsatz von künstlicher Intelligenz ist ebenfalls Teil zahlreicher Forschungsprojekte, an denen INIT beteiligt ist und die bei der Weiterentwicklung der unternehmenseigenen Produkte und Lösungen unterstützen. Ein Leuchtturmprojekt in diesem Zusammenhang ist das Verbundvorhaben KARL [1]. Es beschäftigt sich mit den Auswirkungen von künstlicher Intelligenz auf das Arbeitsumfeld und die Betriebsorganisation mit dem Ziel, menschenzentrierte, transparente und lernförderliche KI-unterstützte Arbeits- und Lernsysteme zu konzipieren und praktisch zu erproben.

Unter der Leitung der Hochschule Karlsruhe untersucht das überwiegend aus Karlsruher Partnern bestehende Konsortium diese Fragestellung anhand von acht Anwendungsfällen aus den Bereichen Mobilität, wissensintensive Dienstleistungen



© INIT | Kerstin Groh

(Literaturrecherche, intelligente Lernsysteme) und IKT-Systeme, produzierendes Gewerbe sowie Bildung. INIT leitet einen der Mobilitäts-Use-Cases und arbeitet mit der Hochschule Karlsruhe, dem Forschungszentrum Informatik (FZI) und dem Unternehmen lavrio.solutions daran, mithilfe von KI die Arbeit von Disponenten in einer ÖPNV-Leitstelle zu unterstützen.

Digitaler Vorschlagsassistent für die Leitstelle

Die Arbeit in der Leitstelle ist meist von Stress und Zeitdruck geprägt. Denn sobald eine Störung auftritt, muss in kürzester Zeit eine Reihe von Entscheidungen mit teilweise weitreichenden Konsequenzen getroffen werden. Diverse Prozesse von der Unfallmeldung an die Polizei, über die Fahrerkommunikation, die Herstellung eines möglichst funktionalen Ersatzbetriebs bis hin zur Fahrgastinformation gilt es anzustoßen. Viele dieser Maßnahmen werden auf der Basis langjähriger Erfahrung ausgeführt. Im Rahmen des Forschungsprojektes KARL entsteht ein Vorschlagsassistent mit konkreten Handlungsempfehlungen, der das Personal in der Leitstelle entlasten und zu weniger Einschränkungen im Nahverkehr beitragen soll.

Dazu wird der Vorschlagsassistent mit historischen Daten aus dem ITCS (Intermodal Transport Control System), dem zentralen Betriebsleitsystem, trainiert.

Diese umfassen die Daten aus den Fahrzeugen, die Fahrzeugpositionen, Fahrplandaten und die jeweils ausgelösten dispositiven Maßnahmen. Der mit KI-Verfahren trainierte Assistent schlägt dann Maßnahmen vor, die genau auf die jeweilige Situation zugeschnitten sind. Die Verknüpfung mit dem ITCS sorgt dafür, dass dispositive Maßnahmen automatisch ausgelöst werden können, wenn die Disponenten den KI-Vorschlag annehmen. Es handelt sich folglich um ein KI-gestütztes Vorschlagswesen, das die Disponenten entlastet, ihnen aber gleichzeitig die volle Kontrolle über die Vorgänge lässt. Ein besonders wertvoller Einsatzbereich des Systems kann die Einarbeitung von neuem Leitstellenpersonal oder die Unterstützung von Disponenten mit wenig Erfahrung (zum Beispiel Ersatz-Disponenten) sein. So hilft der Vorschlagsassistent dabei, den Betriebsablauf zu optimieren.

Herausforderungen im Projektablauf

Trotz umfangreicher Datenlage stellt eine der größten Herausforderungen immer noch der Aufbau einer konsistenten und umfassenden Datenbasis dar, anhand derer die KI sinnvoll trainiert werden kann. Denn die Informationen sind oft in unterschiedlichen proprietären Systemen vorhanden, die eine Integration erschweren. Des Weiteren erreichen die Informationen die Leitstelle über verschiedene

Kanäle, wie Funk oder Telefon oder auch von externen Stellen, zum Beispiel Polizei oder Feuerwehr. Hierüber erhalten die Disponenten Informationen zu Unfällen und beispielsweise gesperrten Streckenabschnitten. Selbstverständlich werden diese Informationen dokumentiert, jedoch aufgrund extremen Zeitdrucks gegebenenfalls wenig strukturiert und unter Umständen vermischt mit personenbezogenen Daten, was eine automatisierte Auswertung erschwert oder zum Teil unmöglich macht. Nicht digitalisierte Kanäle wie Funk oder Telefon sind überdies für die KI nicht nutzbar. Diesen Herausforderungen versucht man momentan mithilfe umfassender Datenaufbereitung und Integration weiterer zusätzlicher Datenquellen zu begegnen. Dabei wird derzeit der Mehrwert der einzelnen Datenquellen evaluiert und erforscht, welche Auswirkungen diese auf das KI-Modell beziehungsweise auf die Ergebnisse des Vorschlagsassistenten haben.

Weitere Schritte

Im Verlauf des Forschungsprojektes werden in Rücksprache mit dem Leitstellenpersonal der Albtal-Verkehrs-GmbH in Karlsruhe die Anforderungen an den Vorschlagsassistenten weiter konkretisiert und gegebenenfalls weitere Informationsquellen einbezogen. Ziel ist es, Disponenten bestmöglich zu unterstützen,

ohne sie bei weiteren wichtigen Tätigkeiten abzulenken wie zum Beispiel der Kommunikation mit einem in einen Unfall verwickelten Fahrer. Im Vordergrund steht dabei die Praxistauglichkeit im stressigen Alltag in der Leitstelle.

Nachhaltig, nahtlos und intermodal mobil mit KI-Methoden

In einem weiteren Forschungsprojekt – DaKiMo – wird unter Leitung des Fraunhofer IOSB gezeigt, wie Mobilitätsdaten von Endnutzern, Kommunen und Verkehrsbetrieben mithilfe von künstlicher Intelligenz aufbereitet und mit weiteren Daten, etwa zur Verkehrslage oder Witterung, angereichert werden können, um intelligente Informationsdienste für Bürger und Wirtschaft zu schaffen. Das Ziel ist es, eine ressourceneffiziente, intermodale und nachhaltige Mobilität zu fördern und so einen Beitrag zur Verkehrswende zu leisten. Soll dies gelingen, muss die Nutzung einer intermodalen Verbindungskette (wie zum Beispiel die Kombination von [Leih-]Fahrrad, ÖPNV und e-Scooter) mindestens genauso einfach und angenehm sein wie der Griff zum eigenen Autoschlüssel.

Im Rahmen des Projekts bringt INIT ihre Expertise zu den Datenstrukturen im Öffentlichen Nahverkehr ein und liefert Daten aus dem täglichen ÖPNV-Betrieb. Diese werden gemäß der erarbeiteten Anforderungen über maschinelle Lernverfahren aufbereitet, was zu einer Verbesserung der Prognosen, zum Beispiel für Besetzungsgrade und Fahrtzeiten, führt und den ÖPNV planbarer macht. Umgekehrt werden über DAKIMO weitere Datenquellen eingebunden, die neue Services ermöglichen und von denen beispielsweise der Fahrgast durch Bereitstellung in den ÖPNV-Fahrzeugen über Anzeiger oder App profitiert. So sollen die Services auch Fahrgäste unterstützen, die mobilitätseingeschränkt oder mit Gepäck oder Kinderwagen unterwegs sind, wenn zum Beispiel defekte Infrastruktur ein Weiterkommen an Haltestellen verhindert.

Beide Forschungsprojekte, sowohl KARL als auch DaKiMo, werden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.

Kundenfreundlicher und effizienter Bedarfsverkehr vom ersten bis zum letzten Kilometer

INITs integrierte Buchungs-, Dispositions- und Optimierungslösung für Bedarfsverkehre ist ein weiteres Beispiel für den Einsatz von künstlicher Intelligenz zur Verbesserung des ÖPNV. Das Thema First/Last Mile spielt eine große Rolle im Bestreben, im Zuge der Mobilitätswende mehr Fahrgäste für den ÖPNV zu begeistern. Denn für die Fahrgäste wird eine reibungslose Beförderung vom Ausgangsort der Reise, wie etwa der Wohnung, zum Startpunkt des jeweiligen Verkehrsmittels (First Mile) sowie vom Zielpunkt des jeweiligen Verkehrsmittels (etwa Hauptbahnhof) bis zum eigentlichen Reiseziel (Last Mile) immer entscheidender für die Nutzung des ÖPNV. Das hat zur Folge, dass für Verkehrsbetriebe abgestimmte Bedarfsverkehre, etwa im ländlichen Bereich oder auch in Schwachlastzeiten des Stadtverkehrs, immer wichtiger werden.

Auch bei INITs Bedarfsverkehrslösung spielt künstliche Intelligenz eine wichtige Rolle, denn: Ein KI-basierter Optimierungsalgorithmus verknüpft die Fahrtwünsche der Fahrgäste effizient und kundenfreundlich. Die hohe Performance erlaubt kurze Buchungsfristen auf Basis der Echtzeit-Fahrzeugpositionen sowie On-Demand-Verkehr mit virtuellen Haltestellen, Adressen oder Geokoordinaten. Durch die Vorgabe von Fixpunkten (zur strategischen Positionierung des Fahrzeugs, etwa Betriebshof oder Bahnhof) und -zeiten können mit der Bedarfsverkehrslösung die Anforderungen von Bedarfs- und Linienverkehr erfüllt werden.

Fazit

Öffentlicher Nahverkehr ist im Wandel. Verkehrsunternehmen sind als Mobilitätsdienstleister ihrer Region gefordert, mithilfe moderner Informationstechnologie diesen Wandel fahrgastfreundlich voranzutreiben. Maschinelles Lernen und künstliche Intelligenz sind wichtige Hilfsmittel für mehr Fahrgastzufriedenheit und Effizienz. Die Vision einer nahtlos vernetzten und hochgradig optimierten Mobilitätslandschaft rückt näher, und der ÖPNV steht im Zentrum dieser digitalen Transformation in Richtung smarter und lebenswerter Städte.

Quellen:

- [1] Kompetenzzentrum KARL - Künstliche Intelligenz für Arbeit und Lernen in der Region Karlsruhe:
<https://kompetenzzentrum-karl.de/>
(Letzter Zugriff am 26.10.2023 um 11:55 Uhr)



Katja Rische
krische@initse.com

Katja Rische ist die treibende Kraft hinter den Online- und Social-Media-Aktivitäten der INIT GmbH. Sie entwickelt Content-Strategien, um relevante Informationen, Produktupdates und Erfolgsgeschichten über verschiedene Plattformen, darunter die Unternehmenswebseite, LinkedIn und X (ehemals Twitter), mit Interessierten zu teilen und damit die Präsenz des Unternehmens im digitalen Raum zu stärken



Dr. Roxana Hess
rhess@initse.com

Dr. Roxana Hess ist Teamleiterin des Forschungsteams bei der INIT und koordiniert die Forschungstätigkeiten rund um die aktuellen Themen in der Mobilitätsbranche. In verschiedenen Forschungsprojekten, unter anderem zu autonomem Fahren, intermodaler Mobilität und Barrierefreiheit, erprobt das Team neue Technologien mit dem Ziel, innovative IT-Systeme zur Optimierung des ÖPNV zu entwickeln.