

Ist klimaneutraler, pünktlicher und vernetzter ÖPNV eine Gleis-9³/₄-Phantasie oder Ziel des Mobilitätsmanagements von morgen?

Ein umweltsensitives Mobilitätsmanagement als tragende Säule in der Umweltpolitik erfordert die Beteiligung aller Akteure der Mobilitätsbranche. Einer dieser Akteure ist der Öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV). Mit seinen Angeboten im Stadt-, Land- und Regionalverkehr füllt dieser meist die Lücke zwischen den Mobilitätsmodalen Gehen, Radfahren, E-Scooter-Nutzung und motorisiertem Individualverkehr (MIV).

Häufig genutzt wird der ÖPNV jedoch nur im städtischen Raum. Die typischen Ursachen für die Nichtnutzung zu identifizieren, hilft, die Bedarfe der Gesellschaft zu erkennen. Dieses Wissen bietet zusätzlich Impulse für die Weiterentwicklung des ÖPNV. Voraussetzung sowohl für Bedarfsanalysen als auch für zukunftsweisende, KI-gestützte Mobilitätssteuerung ist die Bereitstellung von Daten aus dem ÖPNV. Damit bleibt saubere, verlässliche und intermodale Mobilität kein realitätsferner Wunsch.

Die Rolle des ÖPNV im umweltsensitiven Mobilitätsmanagement

Hauptgründe für die Nichtnutzung des ÖPNV-Angebots sind geringe Versorgungsqualität bzgl. Erreichbarkeit der Haltestellen und zu seltene Abfahrtszeiten sowie mangelnde Verlässlichkeit gekennzeichnet durch Fahrtausfälle und Verspätungen. Dagegen liegt das Potenzial des ÖPNV in der Transportkapazität, die eine bessere Emissionsbilanz je Fahrgastkapazität erzielen kann. Dieses Potenzial gilt es unter Berücksichtigung der ÖPNV-Anforderungen zu heben.

Ein optimales Mobilitätsmanagement bezieht folglich die Bedarfe des ÖPNV in seine Entscheidungen ein, um dessen Potenzial zu verwirklichen. Zu den Entscheidungen gehören u. a. ÖPNV-Verkehrsmittelwahl, Tempolimits, Verkehrslenkung und Lichtsignalanlagen-schaltungen. Im Regelbetrieb empfiehlt sich, Verkehrsmittel mit geringem CO₂-Ausstoß einzusetzen, um lokale Emissionen möglichst niedrig zu halten. Neuanschaffungen von Elektrobussen in einem mit Ladesäulen ausgestatteten Umfeld kann die ÖPNV-Attraktivität erhöhen.

Das Verkehrsnetz ist jedoch permanenten Veränderungen unterworfen, die in Wechselwirkung alle Akteure betreffen und herausfordern. Ist eine Strecke wegen Straßen- oder Gleisbatterneuerung gesperrt, hat das Auswirkungen auf den ÖPNV-Betrieb und auf die Bereitschaft

der Menschen, Bus, Tram oder Zug weiterhin zu nutzen oder auf sie umzusteigen.

Die zentrale Forderung des ÖPNV lautet, dass Maßnahmen der Verkehrslenkung nicht zu Lasten des ÖPNV und letztlich des Fahrgastes gehen dürfen. Beeinträchtigungen wie Verlängerungen der Reisezeiten werden vom Fahrgast schlecht toleriert – es droht der Umstieg vom ÖPNV in den MIV und damit eine weitere Verschlechterung des Verkehrsflusses sowie der Luftqualität in den betroffenen Gebieten.

Bauliche und verkehrsplanerische Maßnahmen erfordern folglich auch die Betrachtung der Effekte auf die ÖPNV-Qualität. Kompromisse zwischen der Belastung des ÖPNV und des MIV scheinen unerlässlich zu sein. Andererseits kann eine gezielte Bevorzugung des ÖPNV einen wirksamen Anreiz für die Nutzung dieses gemeinschaftlichen Verkehrssystems schaffen. Spezifische Anreizsysteme können zur Nutzung des ÖPNV und anderer umweltfreundlicher Mobilitätsmodale motivieren (vgl. Straßenverkehrstechnik 3/2025 S. 224 und 11/2025 S. 731).

Für die Einbindung des ÖPNV in Maßnahmenplanung und die umweltsensitive Verkehrslenkung sind hochwertige, valide Daten nötig. Diese bilden die Basis für Verkehrssimulationen und -modelle. Darüber hinaus können Daten mittels KI-Verfahren bewertet und die Eintrittswahrscheinlichkeit von bestimmten Zuständen im Verkehr ermittelt werden.

ÖPNV-Daten in der Mobilitätsplanung

Die ÖPNV-Auskunft der Neuzeit ist digital. Fahrplanbücher werden nur noch vereinzelt erstellt, lediglich die Aushänge an Haltestellen erinnern an die Zeit gedruckter An- und Abfahrtszeiten. Die digitalisierten Daten zu Fahrten und Fahrtverbindungen lassen sich heute in den Apps und in browserbasierten Auskünften der ÖPNV-Anbieter – seien es Verbünde, Nahverkehrsorganisationen oder Verkehrsunternehmen – leicht erhalten (Bild 1).

Die Vielfalt der ÖPNV-Anbieter macht es notwendig, die Daten strukturell zu vereinheitlichen – nur so können sie über Gemeinde- und Ländergrenzen hinweg für die Reiseplanung genutzt werden und eine nahtlose Mobilität mit ÖPNV-Verkehrsmitteln ermöglichen. Unter der Dachorganisation DELFI (Durchgängige Elektronische Fahrgastinformation e.V.) setzen sich Verkehrsexperten der Bundesländer für die Umsetzung und Einhaltung von Konventionen in den Bereichen Fahrplanung und Echtzeit-Auskunft ein.

■ Verfasserin



ITS Germany e.V.
Projektbüro AIAMO
D-52064 Aachen
www.aiamo.de

Dr. rer. nat. Christine Langhanns

Teamleiterin Data Analytics
rms GmbH
(Rhein-Main-Verkehrsverbund
Servicegesellschaft)

Das Verkehrsnetz ist jedoch permanenten Veränderungen unterworfen, die in Wechselwirkung alle Akteure betreffen und herausfordern. Ist eine Strecke wegen Straßen- oder Gleisbatterneuerung gesperrt, hat das Auswirkungen auf den ÖPNV-Betrieb und auf die Bereitschaft

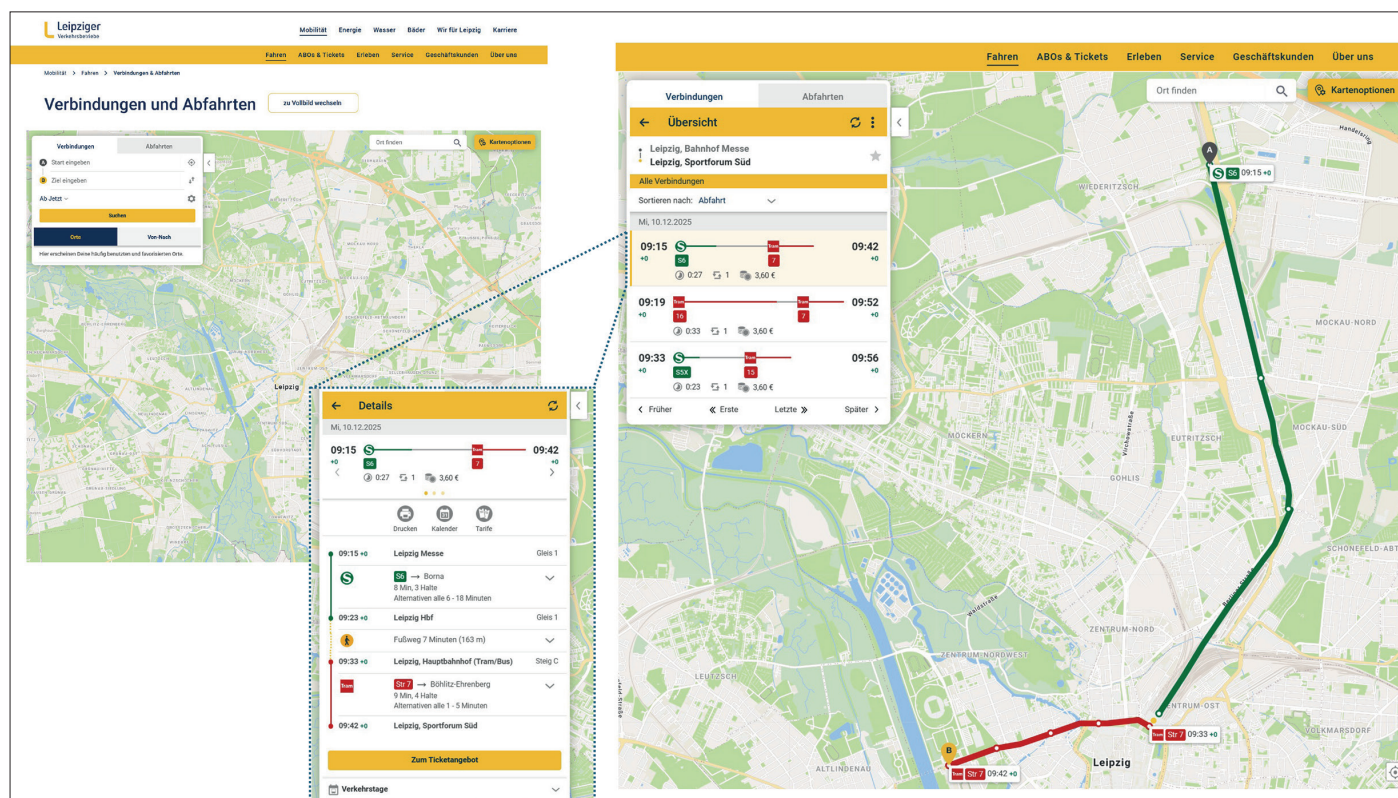


Bild 1: Beispielhafte Darstellung der Verwendung von Fahrplan- und Echtzeit-Prognosedaten der Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) in der browserbasierten Kundenkommunikation. Von links nach rechts: Nach Eingabe der Start- und Zielhalte sowie der gewünschten Abfahrts- oder Ankunftszeit in die Benutzeroberfläche werden die Fahrtoptionen inklusive der prognostizierten Pünktlichkeit angezeigt und durch eine Kartendarstellung ergänzt

Zu den Konventionen in der Fahrplanung zählt bspw. die eindeutige Zuordnung einer Haltestellennummer zu einer eindeutigen Georeferenz, um Fahrten und Haltepunkte korrekt verorten zu können. Dies ist die Voraussetzung für die automatisierte Berechnung einer Reiseroute, die eine optimale Wegführung beinhaltet und Umstiege sinnvoll ausweist.

Für Mobilitätsplaner und -berater sind Fahrplandaten von besonderem Interesse, da sie als Grundlage für Qualitätsanalysen des ÖPNV in einer Region dienen. Ausgehend von Haltestellen lassen sich Rückschlüsse auf die ÖPNV-Erreichbarkeit innerhalb von definierten Distanzen im Umkreis oder präziser über Fußwegeroutings ziehen.

Anhand der Fahrplantaktung spezifiziert sich die Mobilitätsqualität dieser Haltestelle. Ein 5- bis 10-Minutentakt ist deutlich komfortabler als stündliche oder noch seltenere Abfahrten. Unter Einbindung proprietärer Daten, die Siedlungsstrukturen (z. B. Bevölkerungsdichte) auf Adressebene beinhalten, lässt sich die Relevanz des vorhandenen ÖPNV-Angebots einschätzen.

Deutschlandweite Fahrplandaten

DELFI bietet die Fahrplandaten aus dem gesamten Bundesgebiet zum kostenfreien Download über die Mobilithek des Bundes in zwei Formaten an: GTFS (General Transit Feed Specification) und NetEx (Network Transport Exchange). GTFS ist ein praktisches Tabellenformat, das Kerninformationen wie Linien, Abfahrts- und Ankunftszeiten sowie Haltestelleninformationen inkl. Geokoordinaten enthält. Das NetEx-Format ist ein leistungsfähiger Datenstandard, der neben Fahrplandaten auch detaillierte Informationen zu den eingesetzten Verkehrsmitteln enthalten kann.

Der deutschlandweite Sollfahrplandatenatz wird von DELFI zweimal wöchentlich aktualisiert. So können auch kurzfristige Änderungen, etwa aufgrund von Baustellen, zeitnah berücksichtigt werden.

Echtzeit-Prognosedaten

Ein weiterer Standard der Auskünfte ist die Abbildung der aktuellen Verkehrssituation über Echtzeit-Prognosemeldungen mit deutschlandweiter Bereitstellung über die RegioCluster von DELFI. Sobald eine Fahrt durch das Personal gemeldet ist, erscheint die entsprechende Abfahrtsprognosemeldung in den Auskunftssystemen.

Zur Planung von Reiserouten ist es unabdingbar, Informationen zur Fahrt so früh wie möglich zu erhalten – sowohl aus Sicht der Kunden als auch für die Mobilitätsplanung. Dazu gehört das Stattfinden einer Fahrt mindestens zwei Stunden vor Abfahrt in Form einer Prognose. Entscheidend ist insbesondere die Kommunikation von Fahrt- und Haltausfällen, um Alternativen rechtzeitig planen zu können.

Im Verlauf der Fahrt werden die Prognosen in den Bordrechnern der Busse und Bahnen aktualisiert. Sie registrieren die Uhrzeit und die Position des Verkehrsmittels und setzen sie in Relation zum hinterlegten Fahrplan. Eine Abweichung vom Fahrplansoll von über einer Minute wird in der Auskunft als Verspätungen ausgegeben.

Prognose versus Ist

Um die Genauigkeit der Echtzeit-Prognosen einzuschätzen, werden Daten benötigt, die die Realität abbilden. Diese Ist-Daten entstehen ebenfalls während der Fahrt im Bordrechner der Verkehrsmittel. Sie müssen beim Verkehrsunternehmen spezifisch angefragt werden, um sie zur Evaluation der Prognosemeldungen verwenden zu können. Im Forschungsprojekt AIAMO werden die Ist-Daten der Leipziger Verkehrsbetriebe (LVB) der AIAMO Pilotregion Stadt Leipzig zur Verfügung gestellt. Somit lässt sich die Echtzeit-Prognosequalität sowohl über Differenzbildung analysieren als auch KI-basiert klassifizieren. An das AIAMO System angebunden werden diese veredelten und modellierten Daten über die Integrationszone des

AIAMOnexus, der Datenquellen aus unterschiedlichsten Bereichen, etwa lokale Sensordaten, Verkehrsinformationen sowie Wetterprognosen, verknüpft und sie für die Nutzung in leistungsfähigen KI-Anwendungen aufbereitet.

KI-Anwendungen von ÖPNV-Daten

Einsatz im Digitalen Zwilling Verkehr und in der Szenarienentwicklung

Im AIAMO-Projekt verwendet das DLR (Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum e.V.) für den „Digitalen Zwilling Verkehr“ Fahrplandaten und Echtzeit-Prognosen, die die Verkehrssituation in Echtzeit abbilden (vgl. Straßenverkehrstechnik 6/2025 S. 396 und 11/2025 S. 731). In Verkehrssimulationen wird der ÖPNV anhand dieser Daten als Verkehrsteilnehmer in die Berechnung der Verkehrslast einbezogen.

Des Weiteren lassen sich Maßnahmen im Straßenverkehr nicht nur auf zu erwartende Stauereffekte oder Verkehrsverlagerungen des MIV hin untersuchen, sondern auch bezüglich der Effekte auf den ÖPNV bewerten. Den ÖPNV in Entscheidungen zur langfristigen, aber auch kurz- und mittelfristigen Verkehrsplanung einzubeziehen, zeigt das Potenzial dieser SUMO-Simulation (Simulation of Urban Mobility). Verkehrsplaner können somit fundierte Entscheidung treffen, die eine bessere Luftqualität bei ausgewogener Belastung von MIV und ÖPNV sicherstellen.

KI-basierte Bewertung der Echtzeit-Prognosen in AIAMO

Voraussetzung für die Einschätzung der Verkehrslage ist eine verlässliche Echtzeitprognose. Da die GPS-Trackingdaten der Verkehrsmittel den meisten Betreibern nicht zur Verfügung stehen, werden die Echtzeitprognosen als Schätzung der Abfahrtszeit beaufschlüsselt. Der Prognosefehler, der anhand der Ist-Daten der LVB im Nachgang bestimmt wurde, liegt meist bei ± 1 Minute. Er kann aber auch deutlich größere Abweichungen mit unklarer Genese aufweisen. KI-basierte Klassifikationsmodelle sollen dabei helfen, die Plausibilität der Echtzeitprognose einzuschätzen. Die Klassifikationsmodellierung bezieht sich dabei nicht nur auf ÖPNV-Daten, sondern wird ergänzt durch Daten zur Straßenlage (z. B. Verkehrszählungen, Floating Car Data und abgeleitete Geschwindigkeiten; vgl. Straßenverkehrstechnik 11/2025 S. 776).

KI-basierte Eventbestimmung: Schrankenschließung in Landau in der Pfalz

In Landau i. d. Pfalz – einer weiteren AIAMO Pilotregion – trifft der

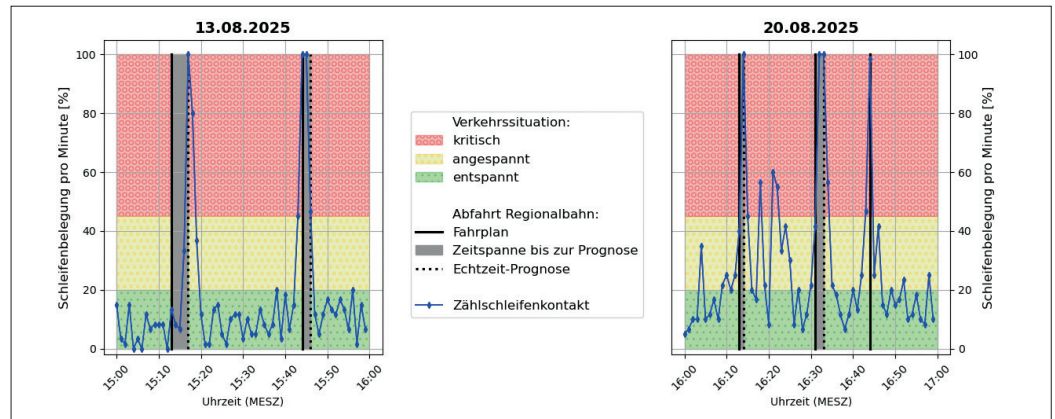


Bild 2: Verkehrssituation vor der Bahnschranke in der Schlosstraße in stadtauswärtiger Richtung in Landau i. d. Pfalz. 13.8.2025, 15:00 bis 16:00 Uhr (links): Entspannte Verkehrssituation und kurzfristige Stauereignisse um die prognostizierte Abfahrtszeit der Regionalbahn. 20.8.2025, 16:00 bis 17:00 Uhr (rechts): Überwiegend angespannte bis kritische Verkehrssituation mit Staubildung zwischen den prognostizierten Abfahrten

schienengebundene ÖPNV (hier: Regionalverkehr) auf straßengebundenen ÖPNV und MIV. Schrankenschließungen behindern den Straßenverkehr, sorgen für Staus, verlängern die Fahrzeit und belasten temporär die Luftqualität (Bild 2; vgl. Straßenverkehrstechnik 9/2025 S. 618).

Im AIAMO Projekt werden ÖPNV-Daten aus Fahrplan und Echtzeit-Prognosen sowie die Zählungen der Straßenverkehrssteuerung (z. B. Zählstreifen unter dem Straßenbelag) verwendet, um die Schrankenschließungen KI-basiert vorherzusagen, wenn sie für die Verkehrssteuerung relevant sind. Die Relevanz wird anhand der Gesamtbelastung des Straßennetzes im Schrankenbereich bestimmt. Ziel ist die rechtzeitige Anpassung der Lichtsignalsteuerung, um den Verkehrsfluss und die Luftqualität zu optimieren.

Fazit

Die Digitalisierung im Mobilitätssektor hat auch vor der ÖPNV-Branche nicht Halt gemacht. Von validen Daten und KI-Daten profitieren alle Beteiligten wie die umweltsensitive Mobilitätsplanung, Mobilitäts-App-Provider und ÖPNV-Nutzende. Eine hohe Datenqualität in den Auskünften bildet die Voraussetzung für gute Prognosen, gute Verkehrsplanung und damit auch für die Attraktivierung des ÖPNV als Mobilitätsoption der Gegenwart und Zukunft.

Bei genauer Betrachtung der Anwendungsfälle wird deutlich, dass KI-Lösungen zusätzlich zu den ÖPNV-Daten weitere Datenquellen benötigen. Straßengebundener ÖPNV, wie Bus oder Tram, ist bspw. in hohem Maße vom MIV und Wirtschaftsverkehr beeinflusst, weshalb u. a. Verkehrszählungen einzubeziehen sind. Mustererkennung durch KI-basierte Technologien ermöglichen dann Abbilder in digitalen Zwillingen, Vorhersagen und KI-basierte Situationsinterpretation. Dadurch wird ein umweltsensitives und intermodales Mobilitätsmanagement in Städten und Kommunen umsetzbar.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages