



Mehr als grüne Welle: Wie mit KI in Landau Verkehrsflüsse und Emissionen optimiert werden

Im Forschungsprojekt AIAMO wurde neben der Großstadt Leipzig mit Landau in der Pfalz bewusst eine Mittelstadt unter 100.000 Einwohnern als Pilotregion gewählt – eine Stadt, die urbane Dynamik mit ländlichem Umfeld verbindet und damit typische Herausforderungen kleinerer Kommunen im Mobilitätsmanagement repräsentiert. Rund 37.000 Pendlerbewegungen täglich laut pendleratlas.de sorgen insbesondere auf den Hauptachsen im motorisierten Individualverkehr (IV) für deutliche Verkehrsspitzen und hohe Emissionen. Besonders betroffen sind die Ost-West- und Nord-Süd-Verbindungen durch die Stadt, etwa entlang der L 509 und K 7. Kommt es im übergeordneten Straßennetz – etwa auf der A 65, B 10 oder B 38 – zu Sperrungen oder Einschränkungen, kann der innerstädtische Verkehr in Landau schnell stark gestört werden.

Im Fokus von AIAMO steht deshalb die Entwicklung und Erprobung einer umweltsensitiven, KI-gestützten Verkehrssteuerung. Ziel ist es, auf Basis aktueller Daten und intelligenter Prognosen den Verkehrsfluss zu stabilisieren, Staus zu vermeiden und Emissionen zu senken. Landau zeigt dabei exemplarisch, wie auch kleinere Städte mit Hilfe digitaler Technologien zukunftsfähige Lösungen entwickeln können – und leistet Pionierarbeit für viele Regionen mit ähnlicher Struktur.

Typische Engpässe – Bahnübergänge und begrenzte Netzreserven

Ein zentraler Engpass im Straßennetz der Stadt ist die höhengleiche Querung der Bahntrasse entlang der L 509 und weiterer Straßen. Unabhängig vom aktuellen Verkehrsaufkommen sperren hier regelmäßig Bahnschranken die Verbindung – teils für mehrere Minuten, wenn Züge eine gesicherte Durchfahrt benötigen.

Diese temporären Blockaden wirken sich unmittelbar auf den Verkehrsfluss aus – insbesondere auf den Betrieb des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV). Kommt der IV zum Stillstand, sind erhebliche Verspätungen im Busverkehr kaum zu vermeiden. Fällt diese Situation mit einer Umleitung durch eine gesperrte Umgehungsstraße zusammen, sind Verspätungen von 20 Minuten und mehr durchaus erwartbar.

Landau weist damit eine für Mittelstädte durchaus typische Ausgangslage auf. Um der Verkehrsnachfrage gerecht zu werden, ver-

fügt die Stadt neben einem Bahn- und Busnetz auch über ein Fuß- und Radwegenetz sowie natürlich über Lichtsignalanlagen (LSA), mit denen der Verkehrsfluss gesteuert werden kann. Ziel ist es, alle Verkehrsteilnehmer – Busse, Einsatzfahrzeuge, Fußgänger sowie Radfahrer – gezielt zu berücksichtigen oder im Bedarfsfall zu priorisieren. Gleichzeitig soll der Verkehrsfluss möglichst wenig gestört werden, um die Leistungsfähigkeit des Netzes hoch und den Schadstoffausstoß gering zu halten.

■ Verfasser



**Dr.-Ing.
Mario Krumnow**

Schlothauer Et Wauer
Ingenieurgesellschaft für
Straßenverkehr mbH



**Dipl.-Ing.
Andreas Schmid**

SWARCO Traffic Systems
GmbH

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

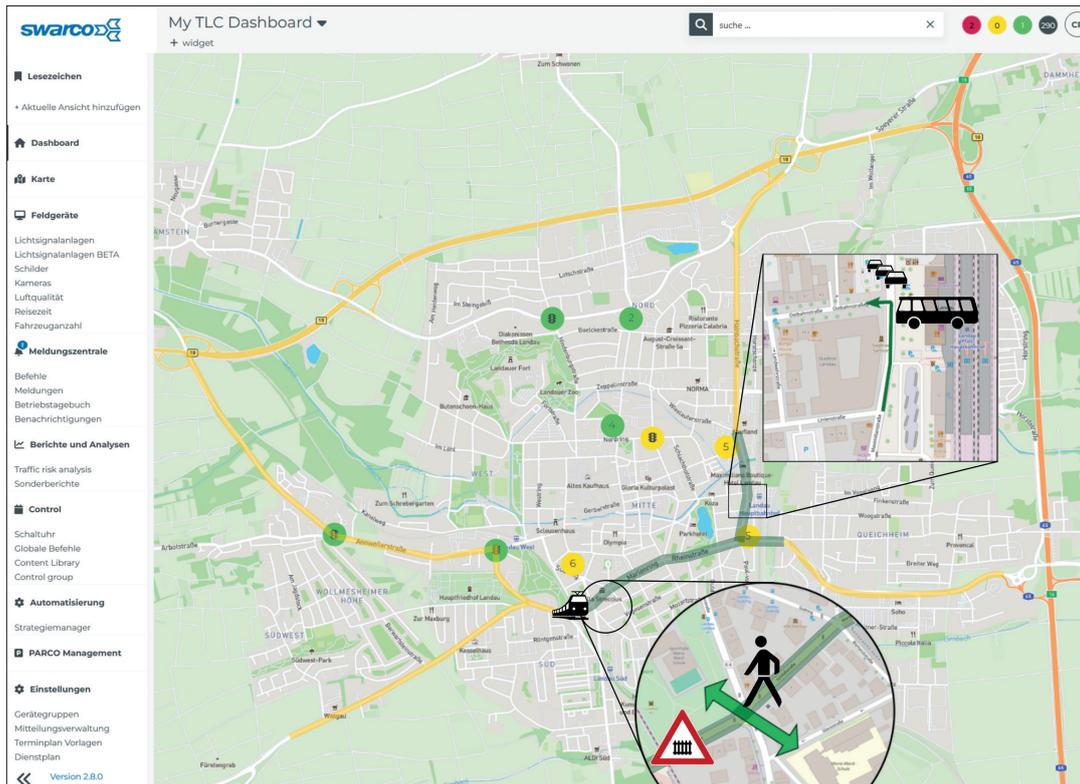


Bild 1: Die Hauptverkehrsachsen und Bahnübergänge in Landau bilden kritische Korridore und sind deshalb zentrale Elemente im KI-basierten Verkehrsmodell von AIAMO (Quelle: SWARCO/ Schlothauer Et Wauer)

Digitale Zwillinge als Grundlage für prädiktive Verkehrssteuerung

Auf Basis der beschriebenen Ausgangslage entwickelt und erprobt das Forschungsprojekt AIAMO konkrete Lösungsansätze für ein intelligentes, umweltsensitives Mobilitätsmanagement. In Landau steht dabei der Aufbau eines „Digitalen Zwillings Verkehr“ im Mittelpunkt – eines datenbasierten Abbilds der aktuellen Verkehrslage, das kontinuierlich aktualisiert und dessen Erzeugung mit KI unterstützt wird.

Wie jedes Verkehrsmodell bildet auch dieser Digitale Zwilling Verkehr die reale Verkehrswelt sowohl mit dem Angebot (hier: das Straßennetz mit aktuellen Einschränkungen und der aktiven Steuerung) wie auch der Nachfrage (Verkehrsmengen, Quell-Ziel-Beziehungen, Verkehrsmittelwahl) ab. Ergebnis sind Kenngrößen wie Verkehrsbelastungen, Reisezeiten oder Geschwindigkeiten im Netz.

Kurzfristprognosen in Echtzeit

Das Besondere im Forschungsprojekt AIAMO ist, dass der Digitale Zwilling in Landau nicht aufwendig manuell, sondern mit Hilfe von KI auf Basis historischer Verkehrsdaten automatisiert kalibriert wird. In einer ersten Ausbaustufe liefert der Digitale Zwilling kontinuierlich sogenannte Kurzfristprognosen – also eine Fortschreibung der aktuellen Situation ohne zusätzliche Maßnahmen. Diese „Do-Nothing-Szenarien“ werden im Verkehrsrechner MyCity von SWARCO dargestellt und unterstützen die Einschätzung, wie sich der Verkehr in den nächsten Stunden entwickelt – z. B. ob eine eher stabile oder eher kritische Entwicklung zu erwarten ist.

Kommunen erhalten damit ein Werkzeug zur frühzeitigen Information und zur Ableitung geeigneter Gegenmaßnahmen. In späteren Ausbaustufen lassen sich mit dem Digitalen Zwilling verschiedene Handlungsalternativen simulieren oder automatisiert Maßnahmen auslösen – z. B. mit dem MyCity Strategy Manager. Der Ansatz des stufenweisen Vorgehens ermöglicht es, Investitionen schrittweise

zu tätigen und Erfahrungen aus der ersten Phase direkt in die nächste einfließen zu lassen.

Dynamische Grünphasen mit dem Offset-Optimizer

Ein weiterer zentraler KI-Baustein in AIAMO ist der Offset-Optimizer – ein Verfahren zur dynamischen Koordination von LSA entlang stark belasteter Korridore. In Landau wird dieses System entlang der Ost-West-Achse pilotiert. Ziel ist es, die Grünzeit-Versätze an aufeinanderfolgenden Knotenpunkten so zu justieren, dass möglichst wenige Halte entstehen und der Verkehr flüssiger fließt.

Der Einsatz der KI folgt dabei einem klar definierten Rahmen:

- Ihr Einfluss ist auf bestimmte Parameter (z. B. Versatzeiten) gezielt begrenzt und kontrollierbar.

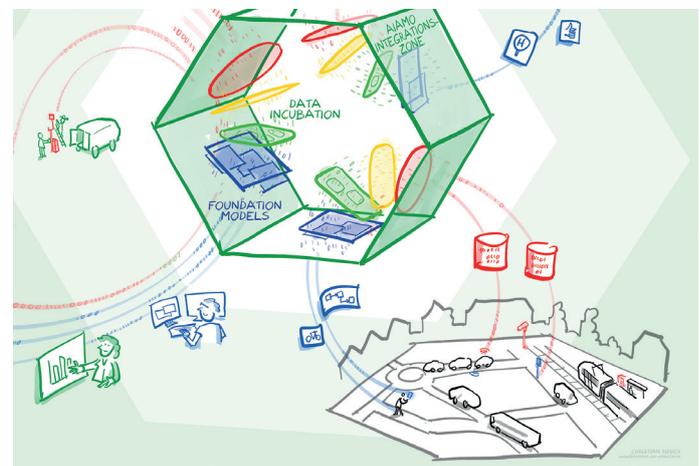


Bild 2: AIAMO bietet ein wachsendes Baukastensystem, mit dem Städte datenbasiert, skalierbar und schrittweise in die Zukunft ihrer Mobilitätssteuerung investieren können. Quelle: AIAMO / Christian Ridder



Bild 3: Besonders von Verkehrsspitzen und hohen Emissionen sind in Landau die Ost-West- und Nord-Süd-Verbindungen durch die Stadt betroffen (Foto: Stadt Landau in der Pfalz)

- Das Verfahren baut auf bestehenden Signalprogrammen und Steuerungssystemen auf.
- Sie wird dort eingesetzt, wo klassische, deterministische Verfahren schnell an Grenzen stoßen – etwa bei einer Vielzahl möglicher Steuerungsvarianten.

Technologische Basis: Der Digitale Zwilling

Grundlage des Offset-Optimizers ist ein speziell entwickelter Digitaler Zwilling des betrachteten Streckenabschnitts. Die Kalibrierung des Modells erfolgt automatisiert und KI-gestützt – unter Einbeziehung historischer Detektionsdaten sowie Emulatoren der einzelnen LSA-Steuerungen (Signalprogramme, Verkehrsadaptivität). So entsteht ein realitätsnahes, simulationsfähiges Abbild des Verkehrsablaufs, das als Trainingsumgebung für das Reinforcement Learning dient.



Bild 4: Störungen im Individualverkehr wirken sich unmittelbar auf den Verkehrsfluss und insbesondere auf den Betrieb des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) aus (Foto: Stadt Landau in der Pfalz)

In dieser Umgebung lernt der Offset-Optimizer selbstständig, wie sich die Versatzzeiten optimal wählen lassen – innerhalb definierter Grenzen (z. B. ± 5 Sekunden). Nach Abschluss der Trainingsphase wird das erlernte Wissen auf das reale Verkehrsnetz übertragen. Dort analysiert der Offset-Optimizer kontinuierlich den aktuellen Verkehrszustand und passt die Versatzzeiten dynamisch an, um den Verkehrsfluss bestmöglich zu unterstützen.

Das Verfahren erweitert die bestehende MyCity-Adaptive-Netzsteuerung von SWARCO um eine lernfähige Komponente. Während die adaptive Steuerung bereits heute makroskopische Prognosen nutzt, um vorab geeignete Steuerprogramme zu aktivieren, übernimmt der Offset-Optimizer in einem nächsten Schritt die feingranulare dynamische Anpassung innerhalb dieser Programme – abgestimmt auf die reale Belastungssituation.

Derzeit wird die Wirksamkeit des Verfahrens in Landau sowohl am Digitalen Zwilling als auch im realen Pilotnetz untersucht. Die Erwartungen: Weniger Halte, gleichmäßigere Verkehrsflüsse, kürzere Reisezeiten – und ein weiterer Schritt hin zu einer effizienten, umweltsensitiven Steuerung im Bestand.

KI-Detektion: Vom Messquerschnitt zu Bewegungsanalyse

Die traditionelle Art Verkehrsdetektion in der Steuerung anzuwenden ist immer noch geprägt vom Konzept eines Messquerschnitts. Für viele Zwecke ist das ausreichend, robust und wohl erprobt. Einige Anwendungen nutzen auch eine Klassifizierung der Detektion: Welche Fahrzeugklasse hat die Anforderung ausgelöst oder wie schnell bewegte sich das auslösende Fahrzeug.

Viele im Markt übliche Sensoren können schon heute mehr: Kameras (sichtbares Licht, Infrarot), Radar oder Lidar liefern nicht nur den Belegungsstatus, sondern erkennen einzelne Objekte im Verkehrsraum. Sie erfassen Position, Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung und – mithilfe von KI – auch die Objektklasse: Pkw, Lkw, Bus, Fahrrad, Fußgänger. In konventionellen Anwendungen werden diese Daten bislang oft wieder auf einfache Messfelder zurückgerechnet. Die verfügbaren Informationen gehen dabei weitgehend verloren.

Im Projekt AIAMO wird hier ein anderer Weg verfolgt: Statt einer Rückrechnung in feste Querschnitte werden die vollständigen Bewegungsdaten der Objekte genutzt. Die Sensorinformationen werden direkt den Fahrspuren im Kreuzungsbereich zugeordnet und kontinuierlich analysiert. Daraus entstehen in Echtzeit neue Datentypen für die Steuerung, z. B.:

- Wie viele Pkw befinden sich aktuell auf dem Rechtsabbiegerstreifen (Haltelinie 3)?
- Wann erreicht das erste Fahrzeug die Linie? Wann das Letzte?
- Wie lang ist die Warteschlange – und wie schnell wächst sie?
- Befinden sich noch Fußgänger auf der Querung?
- Kommt ein Bus? Wo genau befindet er sich? Ist er bereits durch?

Damit kann die Steuerung zukünftig proaktiv und vorausschauend reagieren – also nicht erst, wenn das Fahrzeug an der Haltelinie eintrifft. Erste Pilotanwendungen in Landau zeigen die Vorteile: So können etwa Fußgängerfreigaben verkürzt werden, wenn sich niemand mehr auf der Fahrbahn befindet. Oder Grünzeiten für den IV direkt nach einem Busvorrang freigegeben werden – zugunsten des Gesamtflusses. Diese Logiken lassen sich direkt im LISA-Arbeitsplatz für Verkehrsingenieure abbilden. In der erweiterten „C-ITS Biblio-

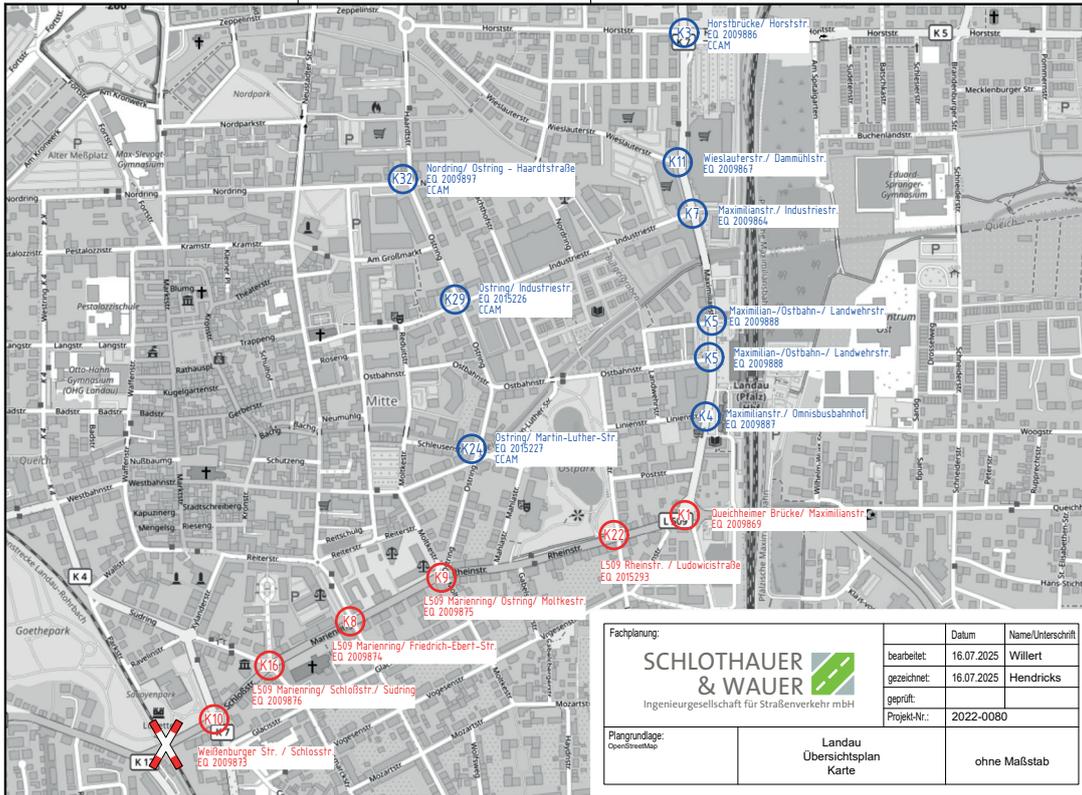


Bild 5: Kreuzungen an stark belasteten Hauptverkehrsadern in der AIAMO-Pilotregion Landau in der Pfalz (Quelle: Schlothauer & Wauer)

theK" von LISA gibt es eigene Funktionen, mit denen erfasste und klassifizierte Bewegungsdaten von Verkehrsteilnehmern genutzt werden können.

Die Nutzung KI-gestützter Detektion in dieser Form erweitert nicht nur den zeitlichen Vorlauf der Steuerung, sondern auch deren räumlichen Wirkungsbereich. Daten wie Warteschlangenlängen oder Buspositionen, die bisher nur grob geschätzt oder gar nicht verfügbar waren, stehen nun präzise und aktuell bereit – ein entscheidender Fortschritt für die verkehrsadaptive Regelung.

Zukünftig können diese Daten auch direkt in modellbasierte oder KI-gestützte Steuerungsverfahren eingebunden werden. Anstatt erweiterte Funktionen zu Bewegungsdaten manuell in Logiken zu interpretieren, können Modell- und KI-basierte Anwendungen dies automatisiert machen. Verkehrsingenieure können die eingesparte Zeit dort investieren, wo sie am dringendsten gebraucht wird: in die Schaffung der verkehrssicheren Grundlage der Steuerung.

Weitere KI-Anwendungen: Schrankenprognose und Umweltdaten

KI kommt im Projekt AIAMO nicht nur in der Lichtsignalsteuerung zum Einsatz. In Landau wird zusammen mit dem Partner rms GmbH ein Verfahren erprobt, mit dem sich Zeitpunkte von Bahnstrankenschließungen auf Basis kombinierter Fahrplandaten und Verkehrsmessungen prognostizieren lassen. Diese Unterbrechungen zählen zu den zentralen Engpässen im Straßennetz und beeinträchtigen regelmäßig den Verkehrsfluss – insbesondere im ÖPNV.

Die Lösungsperspektive: Gelingt eine belastbare Vorhersage, kann die Verkehrssteuerung künftig gezielt auf bevorstehende Schließvorgänge reagieren – etwa durch Anpassung der Lichtsignalprogramme oder priorisierte Abfertigung des Busverkehrs im Vorfeld. Damit schließt AIAMO in Landau eine strategische Lücke zwischen kurzfristiger Detektion, mittelfristiger Prognose und operativer Reaktion im Verkehrsnetz.

Ein weiterer Anwendungsbereich ist die Umweltanalyse. Sensoren der Projektpartner T-Systems und Bosch erfassen in Landau zukünftig kontinuierlich Umweltdaten. Die Ergebnisse fließen in den Digitalen Zwilling sowie in ein Dashboard von T-Systems ein und ermöglichen eine integrierte Betrachtung von Verkehrsfluss, Emissionslage und Wirkzusammenhängen – ein weiterer Baustein für datenbasierte, umweltsensitive Steuerungsstrategien.

Fazit

AIAMO zeigt am Beispiel Landau, wie sich KI gezielt und praxisnah für ein modernes, umweltsensitives Mobilitätsmanagement auch unter den Bedingungen einer Mittelstadt mit begrenzten Netzreserven, komplexer Infrastruktur und hohem Pendleraufkommen einsetzen lässt.

Die in Landau in der Realisierung befindlichen ersten Ausbaustufen – vom Digitalen Zwilling mit Kurzfristprognosen über den lernfähigen Offset-Optimizer bis zur KI-basierten Detektion – zeigen, dass intelligente Technologien nicht zwingend große Infrastruktureingriffe benötigen. Sie lassen sich in bestehende Systeme integrieren, schrittweise ausbauen und gezielt auf lokale Bedingungen abstimmen. In Summe entsteht ein wachsendes Baukastensystem, mit dem Kommunen datenbasiert, skalierbar und schrittweise in die Zukunft ihrer Mobilitätssteuerung investieren können.

Landau steht damit exemplarisch für viele Städte dieser Größenordnung: Die Herausforderungen sind bekannt – aber mit KI lassen sich neue, flexible und wirkungsvolle Antworten darauf entwickeln.

Gefördert durch:

