

Künstliche Intelligenz im Mobilitätsmanagement: Revolution oder Risiko?

Städte stehen vor einer gewaltigen Herausforderung: Klimaneutralität, bessere Luftqualität und ein effizienteres Verkehrsmanagement – und das am besten alles gleichzeitig realisieren. Bei der Suche nach Lösungen setzen Leipzig und Landau in der Pfalz als Pilotregionen im vom Bundesministerium für Digitales und Verkehr geförderten Forschungsprojekt AIAMO auf Künstliche Intelligenz als Schlüsseltechnologie. Doch wie verändert KI die Verkehrssteuerung wirklich? Kann sie Staus reduzieren, Emissionen senken und dabei auch noch den öffentlichen Nahverkehr stärken? Oder birgt sie unvorhersehbare Risiken? Der folgende Beitrag gibt Einblicke in ein ambitioniertes Vorhaben, das die Mobilität in deutschen Städten grundlegend verändern wird.

Umweltsensitive Verkehrssteuerung für gute Luftqualität in Leipzig

Leipzig gehört zu den 100 europäischen Modellkommunen, die schnelle Klimaneutralität anstreben. Das Ziel besteht darin, erfolgreiche Strategien zu entwickeln, zu erproben und auf andere Städte zu übertragen. Innovative Lösungen, die die spezifischen Herausforderungen der Region ansprechen, werden in Leipzig im Rahmen der „Digitalen Agenda“ zielführend und ämterübergreifend entwickelt und implementiert. Leipzig ist eine wachsende Stadt mit einem dynamischen urbanen Umfeld, in dem sich die Bedürfnisse der Bevölkerung rasch verändern. Besonders deutlich wird dies durch den signifikanten Anstieg der Einwohnerzahl in den letzten Jahren. Dieser Zuwachs führt zu einem steigenden Bedarf an Wohnraum, Infrastruktur und Verkehrsnetzen, wobei der Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) im Fokus steht.

EU-Grenzwerte für Luftqualität stellen eine Herausforderung dar

Die Stadt Leipzig steht – wie viele andere Kommunen – vor der Herausforderung, die ab 2030 geltenden strengeren EU-Luftqualitäts-grenzwerte, insbesondere für Stickoxide und Feinstaub, einzuhalten. Die Luftverschmutzung stellt ein ernsthaftes gesundheitliches Risiko dar und erfordert gezielte Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen.

Zur Umsetzung der geforderten Grenzwert-Anpassungen für Feinstaub und Stickoxide wurden zahlreiche Maßnahmen in Gang gesetzt, die Luftqualität zu untersuchen und nachhaltig zu verbessern. Hierfür innovative Lösungen zu entwickeln, ist einer der Schwerpunkte im Forschungsprojekt AIAMO, an dem neben den Verantwortlichen bei der Stadt Leipzig vor allem die AIAMO-Projektpartner Bosch, T-Systems, das Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) beteiligt sind. Der Auf- und Ausbau eines KI-gestützten, inter- und multimodalen Verkehrsmanagements soll maßgeblich zu Einhaltung der EU-Vorgaben beitragen und gleichzeitig die städtische Strategie zum

■ Verfasser



Dr. Thomas Trabert

Projektkoordination
Helmholtz Zentrum für
Umweltforschung (UFZ)



Andreas Schmid

Head of Market Solutions
SWARCO

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

Aufbau Digitaler Zwillinge im Mobilitätsbereich unterstützen. Ziel ist, die Bereiche der Stadt, in denen steigendes Verkehrsaufkommen zu einer höheren Umwelt- und Verkehrsbelastung führen könnte, zu untersuchen und Varianten zur Gegensteuerung vorzuschlagen. Gezielt werden dabei Hotspot-Bereiche, also Gebiete mit erhöhter Verkehrs- und Umweltbelastung, durch KI-gestützte Simulationen abgebildet.

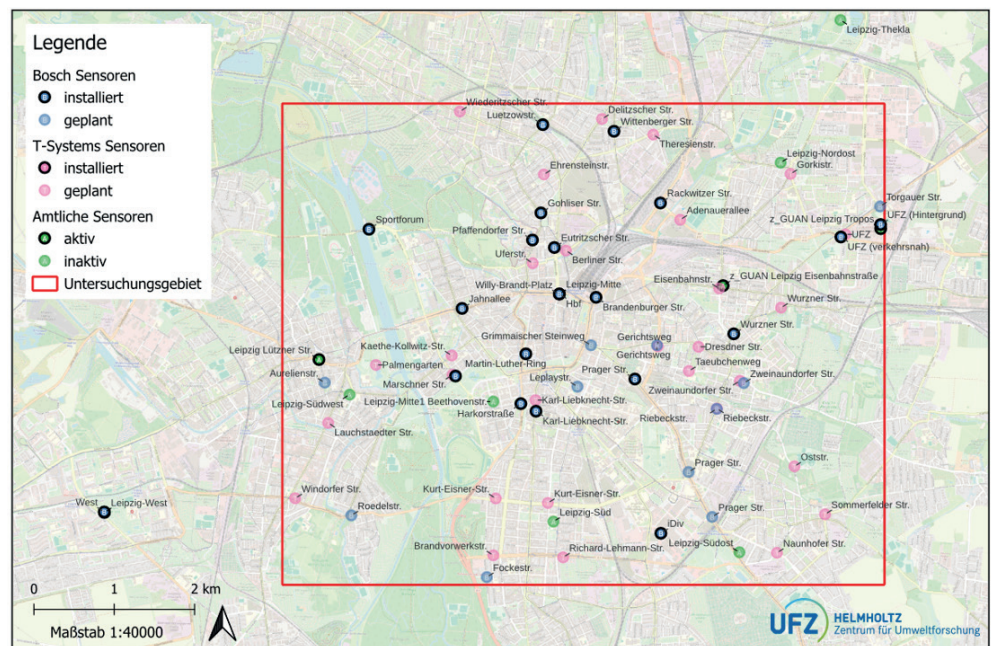


Bild 1: Umweltmessnetz der Pilotregion Leipzig (Quelle: UFZ)

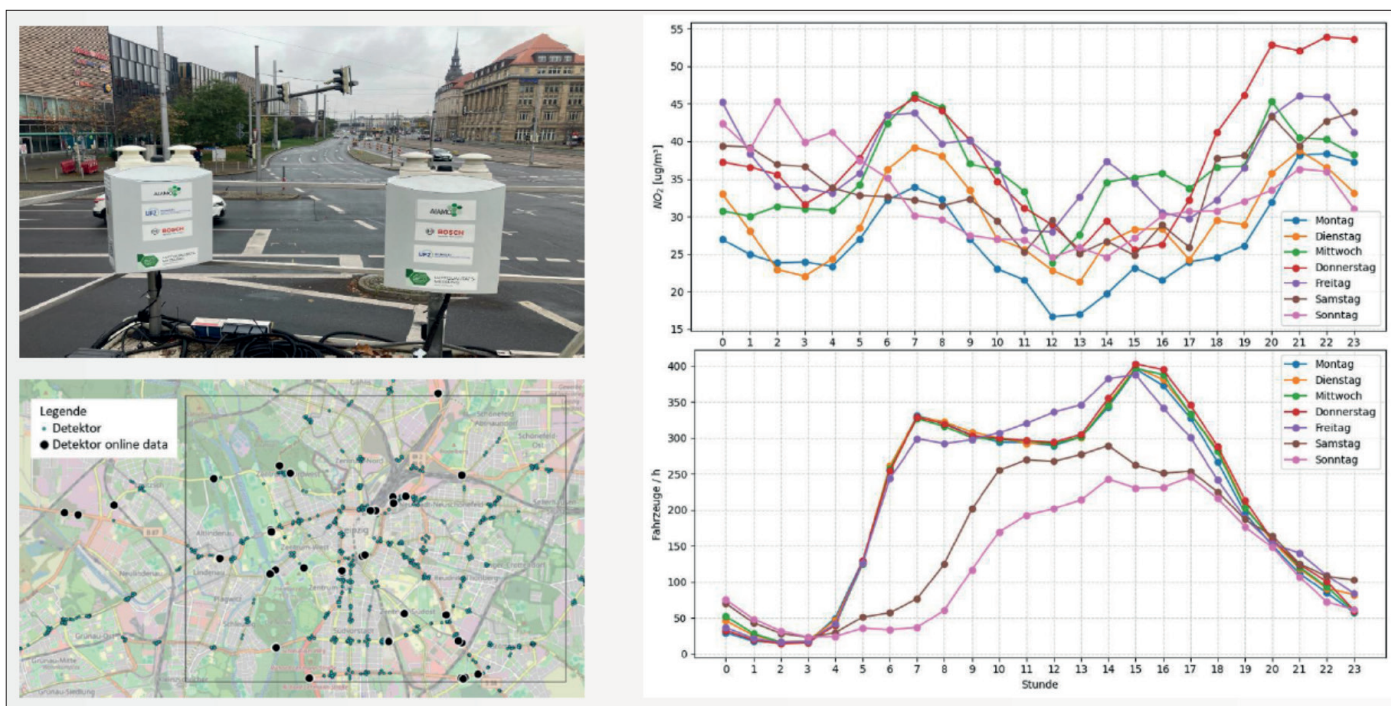


Bild 2: Typischer Wochenverlauf (gemittelt) der Luftqualität (NO₂, oben) und der Fahrzeuge pro Stunde (unten) des Umweltmessnetzes Leipzig. Die gemittelten Werte beziehen sich auf einen Zeitraum vom 10.6. bis 5.8.2024 (Quelle: UFZ/DLR)

Aufbau eines Umweltdatenmessnetzes

Als zentrale Datengrundlage wird in Leipzig zur Überwachung der Luftqualität im Rahmen des Forschungsprojekts ein umfassendes, sensorbasiertes Umweltdatenmessnetz mit Hilfe von Messgeräten von Bosch und T-Systems installiert, das etwa 50 Luftqualitätssensoren umfasst. Auf Basis von Echtzeitdaten, einschließlich relevanter Verkehrsdaten, wird derzeit unter der Federführung des UFZ, gemeinsam mit dem Institut für Verkehrssystemtechnik des DLR ein umweltsensitives Verkehrsmanagement entwickelt. Damit sollen zukünftig der Verkehr in umweltsensiblen Zonen effizient gesteuert und bei Überschreitung von Luftqualitätsgrenzwerten gezielte Maßnahmen ergriffen werden können. Dazu gehören z. B. die Anpassung des Tempolimits, der Verkehrsmengen, die Steuerung des Zuflusses sowie die Förderung umweltfreundlicher Verkehrsmittel und dabei insbesondere die Stärkung des ÖPNV. Ein weiterer wichtiger Ansatz ist die Entwicklung eines Szenarien-basierten Verkehrsmanagements, wie z. B. die gezielte Verkehrssteuerung bei Großereignissen und Events oder bei temporären Baustellen. Darüber hinaus soll die Entwicklung Digitaler Zwillinge für Verkehr (Federführung DLR) und Umwelt (Federführung Bosch) sowie deren Verbindung untereinander entscheidend zur Erreichung der genannten Ziele und langfristig zur Verbesserung des Verkehrsflusses, der Lebensqualität und der Nachhaltigkeit in der Stadt beitragen. Die konkrete Umsetzung und Ausgestaltung der Digitalen Zwillinge wird in der nächsten Ausgabe der Straßenverkehrstechnik noch detaillierter vorgestellt und vertieft.

Die Szenarien der umweltsensitiven Verkehrssteuerung wurden in enger Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern und den lokalen Experten (Amt für Umweltschutz sowie Mobilitäts- und Tiefbauamt) sowie dem Referat Digitale Stadt Leipzig (Projekt Connected Urban Twins) erarbeitet.

KI-gestützte Verkehrssteuerung in Landau in der Pfalz

Landau in der Pfalz gehört als Mittelstadt mit weniger als 100.000 Einwohnern zu einer Kategorie urbaner Räume, die sowohl durch

städtische als auch ländliche Strukturen geprägt sind. Besonders herausfordernd ist die hohe Anzahl an Ein- und Auspendlern, die zu Verkehrsspitzen auf den Hauptverkehrsachsen führt. Insbesondere zu den Stoßzeiten kommt es zu stockendem Verkehr, der sich negativ auf die Umwelt und die Effizienz des Verkehrsflusses auswirkt. Während Leipzig im AIAMO-Projekt vor allem für die umweltsensitive Verkehrssteuerung steht, liegt der Fokus in Landau i. d. Pfalz auf der Optimierung der Verkehrsflüsse mithilfe von KI.

Bild 3 zeigt die von Belastungsspitzen geprägten Streckenzüge. Im Westen befindet sich auch ein beschränkter Bahnübergang, der den Verkehrsfluss zusätzlich unterbricht.

Adaptive Ampelsteuerung durch bestärkendes Lernen

Im Rahmen des Forschungsprojekts AIAMO wird in Landau in der Pfalz eine KI-gestützte Optimierung des Verkehrsflusses erprobt. Die Ampelschaltungen der Hauptfahrtrichtungen auf den wichtigsten Verkehrsachsen werden adaptiv in Abhängigkeit von der aktuellen Verkehrssituation angepasst, um den Verkehrsfluss zu optimieren. Die Umschaltzeitpunkte (im Speziellen die Versatzzeiten) für die „grüne Welle“ passen sich also dynamisch an die Verkehrsdichte an, ohne dass die Umlaufschaltungen an Einzelkreuzungen verändert werden. Der innovative Ansatz besteht darin, die Signalphasen an den Lichtsignalanlagen (LSA) dynamisch und KI-gestützt optimal aufeinander sowie das Verkehrsaufkommen abzustimmen. Dadurch wird der bestehende Programmablauf der Ampelschaltungen nicht grundlegend verändert, sondern passend zur realen Situation feinjustiert. Dieser Eingriff zielt auf eine verbesserte Durchflussrate und reduzierte Anzahl unnötiger Stopps und Anfahrvorgänge, was sich positiv auf den Kraftstoffverbrauch und die Emissionswerte auswirkt.

Die Optimierung erfolgt durch den Einsatz von bestärkendem Lernen (Reinforcement Learning), das auf Basis eines mikroskopischen Simulationsmodells trainiert wird. Dieses Modell bildet den zu beeinflussenden Verkehrskorridor ab (z. B. Layout der Straßen mit Fahrspuren oder Haltelinien) und wird mit realen Detektormesswerten der LSA gespeist. So werden authentische Verkehrssituationen in der Simu-

lation nachgebildet, die als Ausgangspunkt für den Lernprozess der KI dienen. Die KI „erlernt“ für die unterschiedlichen Szenarien der Realität, welche Parameterwahl zum optimalen Ergebnis (z. B. Reduktion der Halte im Streckennetz) führt. Während des tatsächlichen Betriebs kommt dann ausschließlich das angelernte Modell zur Anwendung, die Verkehrssimulation wird nur während der Trainingsphase benötigt.

KI-gestützte Verkehrssteuerung

Zur Verbesserung der Erfassung der Ist-Situation soll an Kreuzungen auch eine KI-gestützte, Trajektorien-basierte Erfassung des Verkehrs erfolgen. Im Unterschied zur bisherigen Nutzung von KI-gestützter Kameraerfassung werden Messdaten nicht allein auf herkömmliche Werte wie Präsenz, Geschwindigkeit oder Fahrzeugklasse an einem Messquerschnitt generiert. Vielmehr werden die Bewegungsdaten einzelner Fahrzeuge über den gesamten erfassten Messbereich erhoben und sowohl für die Kalibrierung des digitalen Zwillings als auch zur Verkehrssteuerung zur Verfügung gestellt. Daten umfassen Informationen wie Anzahl der Fahrzeuge samt deren Entfernungen zum Haltepunkt sowie die Geschwindigkeit – im Sekundenraster. Auch die Quell-Ziel-Beziehung (wie wurde die Kreuzung durchfahren) kann auf dieser Basis direkt gemessen werden und so die sonst übliche Schätzung ersetzen bzw. die Kalibrierung unterstützen.

Im Rahmen der Umsetzung der KI-gestützten Verkehrssteuerung für Landau in der Pfalz wurden bereits wesentliche Schritte realisiert:

- Bestimmung des relevanten Verkehrskorridors für die adaptive Steuerung
- Identifikation und technische Erfassung der relevanten LSA inklusive ihrer verkehrstechnischen Unterlagen (VTU)
- Sammlung und Aufbereitung von Verkehrszählenden der Stadt Landau i. d. Pfalz
- Entwicklung eines Simulationsmodells für den Korridor
- Integration der erhobenen Zählenden als Eingangsgrößen für die Simulation
- Verknüpfung des Simulationsmodells mit einem Machine-Learning-Algorithmus
- Definition einer Belohnungsfunktion zur Bewertung der KI-Steuerung und erste Testläufe

Neben der Verbesserung des Verkehrsflusses ist auch eine Integration des querenden Bahnverkehrs in die Steuerung angedacht. Ein beschränkter Bahnübergang im Westen der Stadt führt regelmäßig zu Unterbrechungen in der Verkehrsbewegung, was die Notwendigkeit einer intelligenten Anpassung der Ampelschaltungen weiter unterstreicht. Hier könnte eine KI-gestützte, vorausschauende Steuerung dazu beitragen, die Wartezeiten an der Bahnshranke zu minimieren und die Verkehrsdynamik auf den Hauptachsen stabil zu halten.

Neue Perspektiven für das Mobilitätsmanagement in Städten und Kommunen

Die in Leipzig und Landau in der Pfalz erprobten Verfahren können

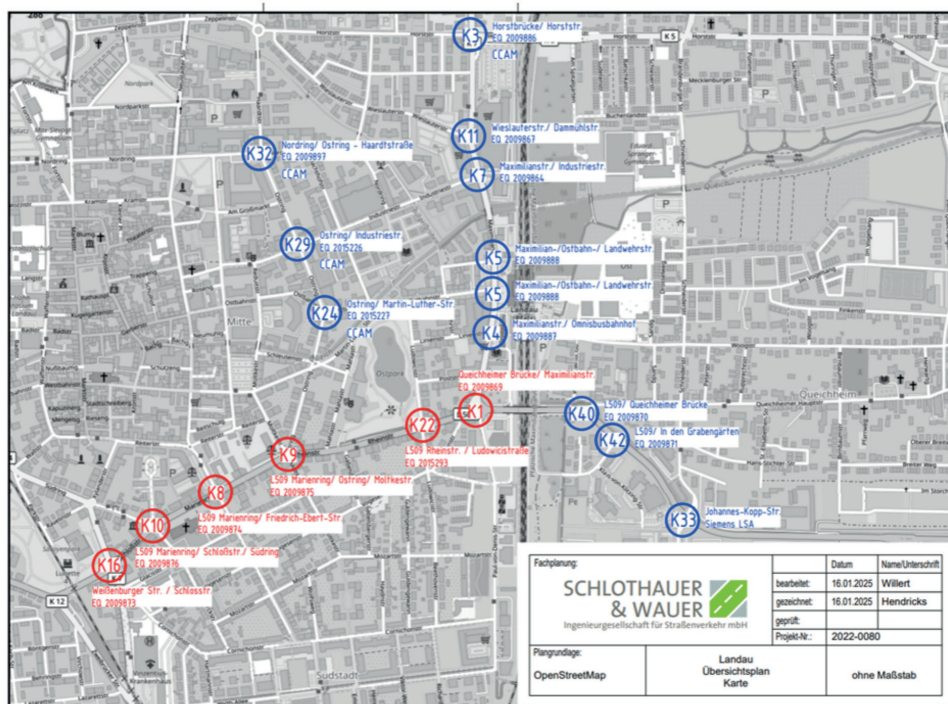


Bild 3: Kreuzungen an stark belasteten Hauptverkehrsachsen in der AIAMO-Pilotregion Landau in der Pfalz (Quelle: Schlothauer & Wauer)

künftig als Blaupause für vergleichbare Mittelstädte dienen, die mit ähnlichen Verkehrsproblemen konfrontiert sind. Ein Schlüsselfaktor für den Erfolg von AIAMO ist die enge und konstruktive Zusammenarbeit mit den Kommunen durch fachspezifische Ansprechpartner und Zugang zur städtischen Infrastruktur in den Pilotregionen.

Das Forschungsprojekt zeigt, wie KI neue, niedrigschwellige Lösungen für die komplexen Herausforderungen mittelgroßer Städte und Kommunen bietet. Die erprobten Methoden in Leipzig und Landau in der Pfalz dienen als Referenz und Basis für eine effiziente, datenbasierte Verkehrssteuerung, die sowohl Umweltaspekte als auch wirtschaftliche Faktoren berücksichtigt.

Durch den AIAMOnexus – eine Kombination aus der Integrationszone zur Datenverknüpfung und leistungsstarken AI Foundation Models – entsteht eine robuste Grundlage für zukunftsfähige KI-Anwendungen im Mobilitätsmanagement. Diese Modelle ermöglichen eine präzisere Analyse von Verkehrsflüssen, optimieren Steuerungsmechanismen und tragen durch Daten-Augmentierung sowie synthetische Ergänzungen zur Schließung von Datenlücken bei.

AIAMO nutzt KI nicht nur zur besseren Auswertung von Messdaten, sondern auch zur Automatisierung und Optimierung verkehrlicher Prozesse. Besonders in Verbindung mit Digitalen Zwillingen und Reinforcement Learning können Verkehrssteuerungssysteme adaptiver, nachhaltiger und wirtschaftlicher gestaltet werden. So eröffnet das Projekt Städten neue Wege, Mobilität effizienter zu managen – ohne zusätzliche Risiken für den Verkehr oder die Umwelt.

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

