

Von der Verkehrsdispersion zum nachhaltigen Mobilitätsorganismus

Kommunen stehen vor komplexen Herausforderungen: Das Mobilitätsaufkommen wird bis 2050 weiter steigen, gleichzeitig müssen CO₂-Emissionen deutlich sinken und die Luftqualität in Städten verbessert werden. Allein die Umstellung auf emissionsfreie Antriebe reicht dafür nicht aus. Stattdessen braucht es einen umfassenden Wandel, bei dem Mobilität nicht mehr aus vielen zufälligen Einzelinteraktionen besteht, sondern zu einem integrierten Gesamtsystem zusammenwächst.

Heute dominiert noch die Verkehrsdispersion, also das zufällige Agieren isolierter Akteure und Systeme. Künftig sollen diese ineinandergreifen und ein lernendes, ressourcenschonendes und adaptives Ganzes bilden: den nachhaltigen Mobilitätsorganismus.

Auch wenn das Connected Car mit permanentem Uplink in Neuwagen längst Realität ist und Verkehrsdaten heute nicht mehr nur über Schleifenmessungen, sondern auch anonym über die Bewegung von Mobiltelefonen ausgewertet werden, fehlen bislang viele Datenquellen, um dieses Zielbild Wirklichkeit werden zu lassen.

Genau hier setzt das vom ehemaligen Bundesministerium für Verkehr und Digitales geförderte Forschungsprojekt AIAMO an. Ziel ist es, eine flexible und sichere Infrastruktur zu schaffen, die Mobilitäts- und Umweltdaten standardisiert, interoperabel und in Echtzeit verfügbar macht und für innovative KI-Anwendungen aufbereitet. Moderne High-Performance-Verbindungen wie 5G – und perspektivisch 6G – spielen dabei eine Schlüsselrolle, um Datenströme aus unterschiedlichsten Quellen effizient zu verarbeiten und auszutauschen.

Das Projekt AIAMO versteht Mobilität somit bereits heute als ganzheitliches, vernetztes System, das Umwelt- und Verkehrsdaten kombiniert, damit ein nachhaltiger, integrierter Mobilitätsorganismus entsteht.

Auf dem Weg zum Netz der Zukunft

Während 3G den Durchbruch des mobilen Internets brachte, 4G das Internet of Things beschleunigte und 5G datenintensive Cloud-Anwendungen ermöglichte, wird 6G die Grundlage für ein daten-

basiertes Mobilitätsmanagement schaffen. Im Projekt AIAMO wird untersucht, wie zukünftige Kommunikationsinfrastrukturen mit Umweltsensorik, Verkehrsdaten und KI-Methoden kombiniert werden können, um nachhaltige und sichere Mobilitätslösungen zu entwickeln.

6G ermöglicht neben deutlich höheren Bandbreiten (bis zu 200 Gbit/s) und geringeren Latenzen (unter 1 ms) auch neuartige Fähigkeiten, wie eine zentimetergenaue Positionierung. Diese Eigenschaften liefern eine wichtige Basis, auf der Anwendungen wie digitale Zwillinge aufgebaut werden können. Für AIAMO bedeutet dies: Daten aus Umweltmessstationen, Verkehrssystemen oder Wetterdiensten lassen sich künftig noch präziser erfassen und nahezu in Echtzeit in die Integrationszone einspeisen.

Neben der exakten Positionsbestimmung eröffnet 6G mit Integrated Sensing and Communication (ISAC) zusätzliche Möglichkeiten zur Umgebungserfassung. Die Radiowellen können dann auch zur Detektion von Objekten, Bewegungen oder Gefahrenstellen eingesetzt werden, unabhängig davon, ob ein Mobilgerät vorhanden ist (device-free sensing). Dies ermöglicht zu erforschen, wie bspw. Verkehrsdaten sinnvoll ergänzt werden könnten.

6G wird damit nicht als isolierte Technologie verstanden, sondern als Infrastrukturbaukasten. Durch eine kontinuierliche Datenintegration, KI-gestützte Analysen von Bewegungsmustern und Visualisierungen in 3D-Modellen entsteht ein digitales Abbild der physischen Umgebung, das zur Vorhersage von Verkehrssituationen, zur Emissionsreduktion oder für präventive Warnsysteme genutzt werden kann. Millimeterwellen und Beamforming-Techniken ermöglichen eine präzisere Unterscheidung von Fahrzeugtypen. In AIAMO lassen sich diese Daten mit Umwelt- und Verkehrssensoren kombinieren, um den „Mobilitätsorganismus“ holistisch abzubilden. Ziel ist es, Verkehrsflüsse frühzeitig zu optimieren und so einen Beitrag zur Senkung von Emissionen, zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und zu einem effizienten, nachhaltigen und nutzerorientierten Mobilitätsmanagement zu leisten.

Umweltsensorik dort, wo sie gebraucht wird

Für ein modernes, datengetriebenes Mobilitätsmanagement reicht ein leistungsfähiges Netz allein nicht aus. Ebenso entscheidend ist Sensorik, die belastbare Daten liefert und damit die Grundlage für Entscheidungen bildet.

Verfasser



Romina Quaranta
Projektmanagement
T-Systems International



Martin Bäuml
Head of Digital
Sustainability Industry
Solutions
T-Systems International



Jens Mühlner
Head of Tribe Digital
Sustainability Solutions
T-Systems International

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

Emissionen und Luftschadstoffe lassen sich mit wenigen, mehrere Kilometer voneinander entfernten Messcontainern nicht ausreichend erfassen. Sie treten lokal begrenzt auf und verändern sich in feinen räumlichen und zeitlichen Skalen. Im Projekt AIAMO kommen deshalb flexible Sensorlösungen zum Einsatz, die lokale Luftqualität präzise erfassen können und ihre Daten in Echtzeit an die Integrationszone und darauf aufbauend für KI-gestützte Anwendungen übermitteln.

Die im Projekt genutzten Sensor Stationen der T-Systems wurden in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IIS entwickelt. Sie sind kompakt gebaut und lassen sich an typischen städtischen Infrastrukturen wie Laternen, Ampeln oder Gebäuden installieren. Bei Bedarf können sie kurzfristig an andere Standorte versetzt werden. Zur Qualitätssicherung durchlaufen die Stationen ein mehrstufiges Verfahren. Dieses umfasst Labor- und Feldtests durch den TÜV Rheinland, eine individuelle Kalibrierung sowie eine mehrwöchige Parallelmessung mit Referenzanlagen. Dadurch wird eine hohe Datenverlässlichkeit erreicht. Die Abweichung zu geeichten Messpunkten liegt im einstelligen Prozentbereich.

Die Sensorstationen erfassen ein breites Spektrum relevanter Umweltparameter. Dazu gehören Feinstaub (PM1, PM2,5 und PM10) sowie die Gase Stickstoffmonoxid (NO), Stickstoffdioxid (NO₂) und Ozon (O₃). Ergänzend werden Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchtigkeit gemessen. Diese Kombination ermöglicht ein detailliertes Bild der lokalen Luftqualität, das im Projekt AIAMO zur Entwicklung datenbasierter Entscheidungsgrundlagen für Kommunen genutzt wird.

Kohlendioxid im Blick – Mobilität bewusst gestalten

Kohlendioxid ist ein zentraler Faktor für das Klima und die Lebensqualität in Städten. Im Verkehr lassen sich Kohlendioxid-Emissionen nicht vermeiden, da sie bei jeder Form motorisierter Mobilität entstehen. Entscheidend ist daher, wie diese Emissionen erfasst, analysiert und reduziert werden können, sowohl durch individuelle Entscheidungen als auch im Rahmen betrieblicher und kommunaler Strategien.

Im Rahmen von AIAMO wird das Konzept des Low Carbon Mobility Management (LCMM) weiter erprobt und durch KI-Komponenten erweitert. Ziel von LCMM ist es, den CO₂-Ausstoß von Fahrten transparent zu machen und dadurch eine Grundlage für eine nachhaltige Steuerung von Mobilität zu schaffen. LCMM nutzt KI-gestützte Verfahren, die Routen nicht nur nach Zeit oder Distanz bewerten, sondern auch nach ihrem Emissionsprofil. Neben festen Fahrzeugparametern fließen dabei Faktoren wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Bremsverhalten und Stillstandszeiten in die Berechnung ein.

Die Emissionen werden durch den ISO 23795-1 standardisierten Algorithmus präzise ermittelt, wodurch Einsparungen gegenüber standardisierten Durchschnittswerten (z. B. WLTP-Referenz) ausgewiesen und in Form von Zertifikaten dokumentiert werden. Solche Zertifikate könnten perspekti-



Bild 1: Modellansicht des Sensor Station Gateways (Foto: T-Systems International)



Bild 2: Die LCMM-App mit Fahrerfeedback während der Testfahrten in Leipzig (Foto: T-Systems International)

visch in bestehende Handelsmechanismen integriert werden. Zertifikatshandel ist ein Steuerungsmechanismus, der in anderen Industrien bereits etabliert ist und auch für den Mobilitätssektor denkbar ist.

Für AIAMO bedeutet das: Emissions- und Tripdaten lassen sich mit weiteren Umwelt- und Verkehrsdaten kombinieren. Damit können kommunale Szenarien analysiert werden, etwa wie sich unterschiedliche Verkehrsmaßnahmen auf den CO₂-Ausstoß auswirken würden. Unternehmen und Kommunen erhalten so transparente Entscheidungsgrundlagen, die ökologische Ziele, ökonomische Effizienz und regulatorische Anforderungen miteinander verbinden.

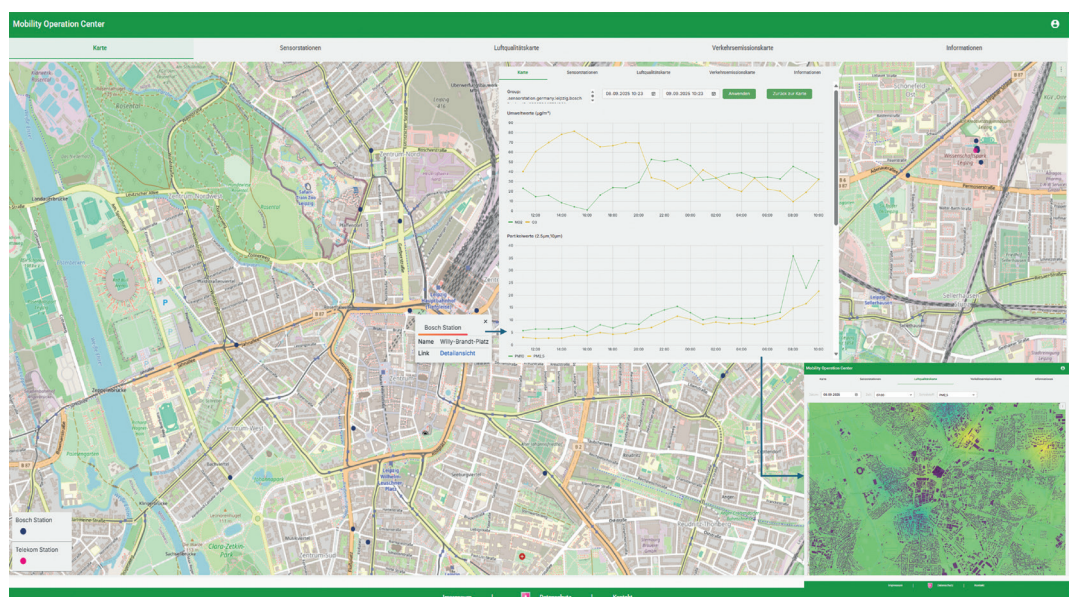


Bild 3: Zu sehen sind ausgewählte Immissionsauswertungen aus dem Mobility Operation Center (Quelle: T-Systems International)



(Grafik: T-Systems International)

Mobility Operation Center als Schaltstelle der vernetzten Mobilität

Das von T-Systems entwickelte Dashboard dient als gemeinsames Frontend für die Pilotregionen Leipzig und Landau in der Pfalz sowie die Projektpartner. Es stellt ausgewählte Daten aus der Integrationszone dar und macht sie für Kommunen sowie Fachanwender zugänglich.

In der aktuellen Entwicklungsstufe können die Standorte und Messwerte der Sensorstationen von T-Systems und Bosch analysiert werden. Hinzu kommen Visualisierungen aus den im Projekt entstehenden digitalen Zwillingen. So zeigt der digitale Zwilling „Umwelt“ mithilfe eines Ausbreitungsmodells in Form einer Heatmap, wie sich Schadstoffe abhängig von Wetter und Wind über ein Stadtgebiet verteilen. Der digitale Zwilling „Verkehr“ bietet ergänzend Einblicke in aktuelle Verkehrsdaten und die damit verbundenen Emissionswerte.

Die Integrationszone ist dabei die Schaltstelle für die Zusammenführung und Harmonisierung der Datenquellen. Das Dashboard übernimmt die Rolle der Visualisierung: Es stellt die verknüpften Daten verständlich dar und ermöglicht es den Städten, Zusammenhänge zwischen Verkehr, Emissionen und lokaler Immissionslage zu erkennen. Auf dieser Basis lassen sich konkrete Fragestellungen untersuchen, etwa die Wirkung von Tempolimits, Umleitungen oder Baustellen. So entsteht eine Informationsgrundlage, mit der kommunale Entscheidungsträger fundierter planen können.

Im Rahmen von AIAMO ist das Dashboard damit vor allem ein Visualisierungs- und Analysewerkzeug. Perspektivisch kann es jedoch als Basis für ein umfassendes Mobility Operation Center (MOC) verstanden werden. In einem solchen Center werden Visualisierung, Simulationen, KI-gestützte Empfehlungen und die Ausführung von Maßnahmen zusammengeführt. Damit kann die kommunale Steuerung von Verkehr und Umwelt noch aktiver gestaltet werden, etwa durch adaptive Verkehrslenkung, dynamische Umweltzonen oder optimierte Baustellenkoordination.

Digitale Zwillinge sind die Bausteine der Stadt der Zukunft

Im Projekt AIAMO entstehen mit den Digitalen Zwillingen „Umwelt“ und „Verkehr“ – die Daten aus den Sensorstationen und LCMM integrieren – zwei Modelle, die Luftqualität, Verkehrsflüsse und die daraus resultierenden Emissionen abbilden.

Um das volle Potenzial digitaler Zwillinge auszuschöpfen, braucht es Technologien, die eine Interoperabilität einzelner Teilmodelle ermöglichen. Erst durch die Kopplung von Verkehr und Umwelt (u. a. auch Energie, Stadtplanung) entsteht ein vernetztes Abbild urbaner Mobilitätssysteme, welches durch KI statische Darstellungen zu dynamischen Analyse- und Prognosemodellen weiterentwickelt. Innerhalb von AIAMO macht die Kopplung beider Modelle deutlich, wie Verkehr und Umwelt ineinandergreifen, und ermöglicht es, Szenarien zu simulieren und Handlungsoptionen abzuleiten. Visualisiert im Dashboard entsteht so eine praxisnahe Grundlage für

kommunale Entscheidungen zu Luftreinhaltung, Verkehrssteuerung und nachhaltiger Mobilität.

Digitale Zwillinge sollten aktiv als strategisches Steuerungsinstrument von Kommunen genutzt werden. Mit jedem zusätzlichen Datenpunkt wächst ihre Aussagekraft und im Zusammenspiel mehrerer Teilzwillinge entsteht ein umfassendes Abbild urbaner Systeme. So lassen sich Wechselwirkungen beobachten, Szenarien planen und Maßnahmen vorrausschauend gestalten. Damit werden digitale Zwillinge zu einem zentralen Baustein für nachhaltige Stadtentwicklung und zukunftsfähige Mobilität.

Die Mobilität von morgen beginnt heute

Nachhaltige Mobilität entsteht nicht durch einzelne Technologien, sondern durch das Zusammenspiel vieler Bausteine, von Sensorik und CO₂-Transparenz bis hin zu digitalen Zwillingen. AIAMO zeigt, dass diese Ansätze bereits heute praktisch einsetzbar sind und konkrete Entscheidungshilfen für Städte liefern.

Die Transformation ist damit kein fernes Zukunftsprojekt, sondern eine Aufgabe der Gegenwart. Entscheidend wird sein, Technologien nicht nur zu entwickeln, sondern sie realistisch in kommunale Abläufe zu integrieren und dauerhaft zu betreiben. Nur so kann aus Pilotprojekten eine belastbare Grundlage für eine nachhaltige Mobilität entstehen. Für T-Systems ist ein Mitwirken an diesem Wandel essenziell, da klassische Netztechnik mit IT-Lösungen verknüpft wird, um einen intelligenten und nachhaltigen Mobilitätsorganismus zu entwickeln.

Gefördert durch:

 Bundesministerium für Digitales und Staatsmodernisierung
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

