

Entwicklung intelligenter Mobilitätsdienste im realen Verkehrsumfeld in der Anwendungsplattform Intelligenter Mobilität

Dr.-Ing. Lars Schnieder, Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik
Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig
Tel.: 0531 2953444
Fax: 0531 2953402
E-Mail: lars.schnieder@dlr.de; karsten.lemmer@dlr.de

Abstract: Mit der Anwendungsplattform Intelligente Mobilität (AIM) steht am Institut für Verkehrssystemtechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) ein umfassender Baukasten für die Entwicklung und prototypische Erprobung intelligenter Mobilitätsdienste zur Verfügung. Mit dem langfristigen Betrieb der Forschungsinfrastruktur bis über das Jahr 2028 geht das DLR weit über den Rahmen konventioneller Forschungsprojekte mit temporär betriebenen Anlagen hinaus. Die geschaffene Forschungsinfrastruktur steht für gemeinsame Projekte mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft zur Verfügung. Die Wiederverwendung vorhandener Bausteine führt zu einer Kosten- und Zeitersparnis in der praktischen Demonstration wissenschaftlicher Erkenntnisse. In diesem Beitrag werden die verfügbaren Technologiebausteine von AIM dargestellt und auf die besonderen Herausforderungen des Betriebes einer Forschungsinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum eingegangen.

Stichworte: intelligente Verkehrssysteme, Forschungsinfrastruktur, Fahrerassistenz

1 Eine Plattform für die Verkehrsforschung

AIM ermöglicht im Vergleich zu bestehenden Testfeldern verkehrswissenschaftliche Forschung in einer neuen Qualität und Dimension [SL2012].

- *Räumliche Dimension:* Als Forschungsplattform in der Dimension einer ganzen Region und Stadt betrachtet AIM Forschungsfragestellungen zur urbanen Mobilität in ihrem regionalen Kontext auf mikroskopischer und makroskopischer Ebene.
- *Repräsentativität:* Die Region ist mit allen Verkehrsträgern an großräumige Verkehrsnetze angeschlossen und verfügt über ein gut ausgebautes Verkehrswegenetz für den öffentlichen Personennahverkehr auf Straße und Schiene.
- *Zugänglichkeit:* AIM ist eine in die Produktivumgebung des Verkehrsmanagements eingebettete Forschungsinfrastruktur. AIM ermöglicht die durchgängige Forschung und Entwicklung von der Demonstration erster forschungsgeleiteter Prototypen bis zum Test marktreifer Produkte im öffentlichen Straßenraum.

- *Langfristiger Betrieb:* Die Wiederverwendbarkeit reduziert Investitionen in projektspezifische Infrastruktur und minimiert Risiken durch die Verwendung bereits getesteter Funktionen. Vorhandene verkehrsbehördliche Genehmigungen beschleunigen die Forschung. Der langfristige Betrieb ermöglicht Längsschnittstudien und reproduzierbare Ergebnisse.
- *Methodische Einbettung:* Das in AIM verfügbare Technologieportfolio ist methodisch stringent verknüpft. Ergebnisse empirischer Datenerhebungen werden bruchlos in Modelle überführt. Der sukzessive Übergang von der Simulation in die Realität ist möglich.
- *Konvergenz von Simulation und Realität:* Anlagenkomponenten im öffentlichen Straßenraum korrespondieren mit virtuellen Abbildern. Im Labor werden frühzeitig valide Ergebnisse von Prototypentests erzielt. Simulationsmodelle werden durch den Abgleich von Simulation und Realität kontinuierlich verbessert.
- *Multimodalität:* Im urbanen Raum erfordert der Wechsel zwischen verschiedenen Verkehrssystemen eine ganzheitliche Mobilitätsassistenz. AIM integriert konsequent alle Modalitäten des motorisierten und nicht-motorisierten Verkehrs, bzw. individueller und kollektiver Mobilität. AIM verknüpft verkehrsträgerübergreifend vorhandene Datenbasen.
- *Unabhängigkeit:* Das DLR ist als Großforschungseinrichtung unabhängig von wirtschaftlichen Interessen, strikt der Neutralität verpflichtet und gewährleistet im Rahmen seines Forschungsauftrags die wissenschaftliche Objektivität und Transparenz wissenschaftlicher Erkenntnisse.

2 Verfügbare Technologiebausteine

AIM verfügt über ein breites Spektrum unterschiedlicher Anlagenkomponenten, die in Forschungsprojekten bedarfsorientiert miteinander kombiniert werden. Abb. 1 gibt einen Überblick über das vorhandene Technologieportfolio. Die einzelnen Bausteine, die jeweils aus weiteren Komponenten bestehen, sind hinsichtlich des in der Verkehrsforschung etablierten methodischen Vorgehens miteinander verknüpft.



Abbildung 1: methodische Einbettung des Technologieportfolios

2.1 Erhebung empirischer Daten im Feld

Für die *Erhebung empirischer Daten* stellt AIM infrastrukturseitige Komponenten und Fahrzeugplattformen zur Verfügung.

- Die *Forschungskreuzung* erlaubt die infrastrukturgestützte Erfassung von Fahrzeugtrajektorien und stellt diese für wissenschaftliche Analysen zur Verfügung. Abb. 2 zeigt exemplarisch einen von vier ausgerüsteten Masten für die Analyse von Bewegungsmustern des motorisierten Individualverkehrs.
- Der *Forschungsbahnübergang* stellt infrastrukturseitige Sensorik zur Untersuchung des Fahrerverhaltens bereit, um Empfehlungen für Assistenz und Automation an Bahnübergängen abzuleiten (vgl. [SGL2013]).
- Die *Fahrzeugflotte* stellt einen Baukasten für die kampagnenspezifische Ausrüstung von Versuchsträgern zur Untersuchung intelligenter Verkehrssysteme bereit.
- Eine Plattform für *Naturalistic Driving Studies* ermöglicht die Untersuchung des individuellen Fahrerverhaltens in ihrem natürlichen Umfeld.
- Die Integration *mobiler Dienste* erlaubt neben der Erprobung neuer Konzepte der Mobilitätsassistenz die Erhebung empirischer Daten des Nutzerverhaltens.



Abbildung 2: Sensoren zur Verkehrslageerfassung im öffentlichen Straßenraum

2.2 Virtuelle Abbilder von Ausschnitten der Stadt

AIM stellt *virtuelle Abbilder* der Teile der städtischen Straßenverkehrsinfrastruktur bereit, die auch im öffentlichen Straßenraum mit Anlagenkomponenten ausgestattet sind.

- Ein *Werkzeugverbund des Verkehrsmanagements* fusioniert Daten aus verschiedenen Quellen zu einer Gesamtverkehrslage, um eine vergleichende Analyse prognostizierter Verkehrsszenarien zu ermöglichen (vgl. [BBE11], [Hei2011]).
- *Virtuelle Referenzstrecken* für den Kraftfahrzeugverkehr und den öffentlichen Personenverkehr auf Straße und Schiene schaffen einen Rahmen für die humanzentrierte Entwicklung neuer Konzepte der Verkehrsautomation. Abb. 3 zeigt exemplarisch detailgetreu modellierte Landmarken zur authentischen Visualisierung urbaner Szenarien in der Fahrsimulation (vgl. [RFG11]).

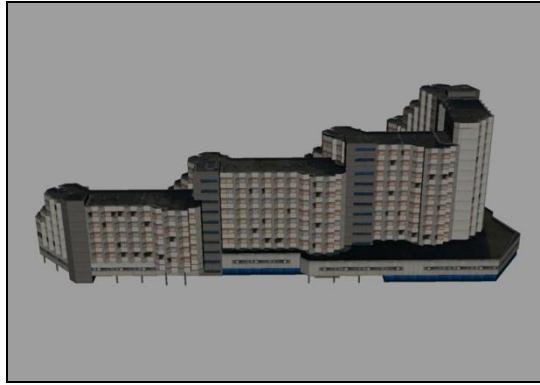


Abbildung 3: Landmarken zur detailgetreuen Abbildung urbaner Szenarien

2.3 Sukzessive Überführung von der Simulation in die Realität

AIM erlaubt im Anschluss an die prototypische Demonstration neuer Ansätze der Verkehrsautomation ihre *sukzessive Überführung von der Simulation in die Realität*:

- *MoSAIC* (Modular and Scalable Application Platform for ITS Components) erlaubt über die Kopplung bestehender Simulatoren die Untersuchung kooperativer Fahrerassistenzsysteme.
- Ein *Modulares Mockup* ermöglicht den flexiblen Aufbau neuartiger Fahrzeugkonzepte und macht diese einer Untersuchung im dynamischen Fahrsimulator zugänglich.

2.4 Praktische Erprobung im Feld

Die Anlagenteile für die *praktische Erprobung im Feld* ebenso wie die *Forschungskreuzung* sind das nach außen sichtbarste Element von AIM.

- Eine 12km lange *Referenzstrecke* für die Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation mit insgesamt 35 ausgerüsteten Knoten gestattet Feldtests kooperativer Assistenzsysteme (vgl. Abb. 4, Antennenaufbau an der Kreuzung Hagenring/Gliesmaroder Straße). Seit August 2011 werden u.a. Zustandsgrößen der Lichtsignalanlagen über ein W-LAN für Automotive-Anwendungen (IEEE 802.11p) ausgestrahlt (vgl. [FHL11]).
- *Weitere Anlagenteile* umfassen eine intelligente Fahrspur (iLane) sowie die wissenschaftliche Betrachtung von Shared Space-Konzepten (iShared Space).
- *Hochgenaue Ortungsinformationen* für urbane Räume stehen Dank einer geeigneten Fahrzeugplattform trotz Mehrwegeausbreitung und Abschattung von GPS-Signalen im Bereich innerörtlicher Straßen zur Verfügung.



Abbildung 4: Sensoren zur Verkehrslageerfassung im öffentlichen Straßenraum

2.5 Datenmanagement und Backend-Systeme

Das Institut für Verkehrssystemtechnik verfügt über umfangreiche Expertise zum Datenmanagement [KN08][KN08]. Durch den Aufbau eines leistungsfähigen Backendsystems wird in AIM die strukturierte Auswertung der im Feld und in den Simulatoren erhobenen Daten gewährleistet. Darüber hinaus integriert AIM umfangreiche Datenbasen externer Partner.

3 Ziele und Elemente der Betriebsorganisation

Der Betrieb einer Großforschungsanlage im öffentlichen Straßenraum bringt hohe Anforderungen mit sich. Die für den Betrieb einer Großforschungsanlage im öffentlichen Straßenraum zentralen Anforderungen an den Betrieb der Anlage in Abb. 5 im inneren Kreis dargestellt. Den Anforderungen werden im Rahmen des Aufbaus einer Betriebs- und Instandhaltungsorganisation Elemente gegenübergestellt, durch die diese erfüllt werden. Die aus den Anforderungen abgeleiteten Lösungsansätze der Betriebs- und Instandhaltungsorganisation werden im folgenden Abschnitt erläutert.



Abbildung 5: Ziele und Elemente der Betriebsorganisation

3.1 Sicherheit

Die *Sicherheit des Straßenverkehrs* darf durch den Betrieb einer Großforschungsanlage im öffentlichen Straßenraum sowie die Durchführung von Forschungsaktivitäten nicht negativ beeinflusst werden. Hierfür ist bereits im Aufbau der Anlage im öffentlichen Straßenraum eine technische Rückwirkungsfreiheit nachzuweisen. Für etwaige Änderungen und Modifikationen der verkehrstechnischen Infrastruktur (beispielsweise das Einbringen geänderter Signalzeitenpläne für spezifische Forschungsfragestellungen) sind klar definierte Dokumente, Rollen und Verantwortlichkeiten für die Erwirkung verkehrsbehördlicher Genehmigungen abzustimmen. Dies schließt ggf. simulative Nachweise zur Dokumentation der verkehrstechnischen Unbedenklichkeit der forschungsgeleiteten Verfahren und Algorithmen mit ein. Zur Wahrung der Verkehrssicherungspflichten werden regelmäßige Inspektionen vorgesehen. Im Falle von Modifikationen sowie präventiven und korrektiven Instandhaltungstätigkeiten werden die Maßnahmen in geeigneter Weise im Verkehr gesichert.

3.2 Qualität

Die *Einhaltung definierter Qualitätsparameter* im Betrieb ist eine aus der besonderen Rolle der Großforschungsanlage als Mess- und Prüfmittel resultierende Anforderung. Die Anlage muss stets innerhalb der spezifizierten und zulässigen Parameter arbeiten. Ein Beispiel hierfür ist die Einhaltung einer garantierten Sendereichweite der Infrastruktureinrichtungen für die Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation. Hierfür sind bereits im Aufbau der Anlage geeignete Werkzeuge für die Anlagenüberwachung und -diagnose implementiert worden. Diese erlauben eine

kontinuierliche Überwachung der räumlich im Stadtgebiet verteilten Forschungsinfrastruktur und vereinfachen durch gezielte Diagnose die Disposition korrekativer Maßnahmen. Durchgeführte Änderungen an Hard- und Software werden ebenso wie durchgeführte Kalibrationen sensorischer Einrichtungen in geeigneter Weise revisionssicher dokumentiert.

3.3 Flexibilität

Eine Forschungsinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum muss eine *Flexibilität der Anpassung an die Forschungsprojekte* aufweisen. Forschungsprojekte weisen per Definition einen Neuheitsgrad auf. Die genauen Anforderungen an die konkrete funktionale und gerätetechnische Ausprägung des Testfeldes offenbaren sich meist erst im Verlaufe des Forschungsvorhabens und werden gegebenenfalls iterativ verfeinert. Da nicht alle Anforderungen möglicher zukünftiger Projekte für den langen Zeitraum des geplanten Betriebs vorhergesehen werden kann, sieht der Betrieb der Anlage einen Basis-Service-Level vor. Für den Zeitraum konkreter Testkampagnen wird der Service-Level der betroffenen Anlagenteile bedarfsgerecht an die spezifische räumliche und zeitliche Konstellation der Testaktivitäten angepasst. Gleichfalls werden die initial definierten Service-Levels gegebenenfalls auf der Grundlage vorliegender Betriebserfahrungen angepasst.

3.4 Wirtschaftlichkeit

Die *Wirtschaftlichkeit des Betriebs* von Großforschungsanlagen ist für das Institut für Verkehrssystemtechnik ein selbstverständlicher Anspruch. Durch die Einbeziehung von Systemherstellern und etablierter Instandhaltungsdienstleister werden Synergien zur Instandhaltung der Anlagen des städtischen Verkehrsmanagements (Personalressourcen, technische Geräte, Lagerhaltungsprozesse) nutzbar. Für die konkrete Ausgestaltung der Service-Level-Ziele und die Vorhaltung von Ersatzkomponenten gilt die Maxime „so wenig wie möglich, so viel wie nötig“. Etwaig erforderliche Abweichungen werden den einzelnen Forschungsvorhaben verursachungsgerecht zugeordnet und diesen gegenüber transparent abgerechnet.

3.5 Verfügbarkeit

Für eine verlässliche Bedienung der Anforderungen von Forschungsvorhaben ist eine *Verfügbarkeit der Forschungsinfrastruktur* zu gewährleisten. Die Anlage muss den geplanten Projektaktivitäten im vereinbarten funktionalen, räumlichen und zeitlichen Umfang zur Verfügung stehen. Das zentrale Element hierbei ist die gegenseitige Synchronisation von Forschungs- und Instandhaltungsaktivitäten durch abgestimmte Test- und Instandhaltungskalender. Um Ausfallzeiten zu minimieren, sind kurze Zugriffszeiten vereinbart. Als kritisch definierte Komponenten sind im Lager verfügbar oder haben eine mit den entsprechenden Lieferanten vereinbarte kurze Lieferzeit.

3.6 Zugriffs- und Datenschutz

Das Thema *Zugriffsschutz* ist für eine im öffentlichen Verkehrsraum betriebene Forschungsinfrastruktur eine zentrale Fragestellung. Dies gilt zum einen hinsichtlich des einzuhaltenden rechtlichen Rahmens des *Datenschutzes*. Insbesondere beim Betrieb einer

Forschungsinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum ist das Recht der Bürgerinnen und Bürger auf informationelle Selbstbestimmung ist zu wahren. Die aus dem gesetzlichen Regelungen (BDSG, Bundesdatenschutzgesetz) resultierenden Rechte der Betroffenen sind sorgfältig gegen den Nutzen der Forschung abzuwägen. Zu diesem Zweck wurden die Datenschutzbeauftragten des DLR und des Landes Nordrhein-Westfalen frühzeitig in das Projekt mit eingebunden. Datenschutzkonzepte stellen sicher, dass ohne unbillige Einschränkung von Persönlichkeitsrechten der Bürgerinnen und Bürger ausreichend Daten für Forschungszwecke zur Verfügung stehen. Darüber hinaus ist die Forschungsinfrastruktur vor unberechtigtem Zugriff von außen zu schützen. Mit dem IT-Provider wurden Sicherheitskonzepte erstellt und intern abgestimmt. Dies umfasst die Implementierung geeigneter technischer und organisatorischer Maßnahmen wie Firewalls, mechanischen Zugriffsschutz sowie Überwachungseinrichtungen wie beispielsweise eine Intrusion Detection in den einzelnen Schalthäusern.

4 AIM wächst mit seinen Aufgaben

Nach dem Abschluss der Aufbauphase wird die Großforschungsanlage AIM projektgetrieben um weitere Komponenten und Funktionen ergänzt. Das entwicklungsleitende Paradigma ist hierbei die Kooperation im Rahmen gemeinsamer Forschungsvorhaben. Die gemeinsame Definition von Forschungsprojekten resultiert in Arbeitspaketen mit konkreten fachlichen Inhalten und Zielterminen. Im Dialog mit dem DLR identifizieren die Projektpartner die für die Umsetzung des Forschungsvorhabens erforderlichen Technologiebausteine aus AIM und schließen hierüber eine konkrete Nutzungsvereinbarung. Das DLR schreibt auf dieser Basis die AIM-Roadmap zur konkreten inhaltlichen und terminlichen Ausgestaltung der Erweiterung von AIM fort. Auf diese Weise wächst mit jedem durchgeführten Projekt die verfügbare funktionale und infrastrukturelle Basis von AIM. Bereits heute profitieren unsere Partner im Rahmen von Forschungsvorhaben von der verfügbaren technologischen Basis.

5 Literatur

- [BBE11] Behrisch, Michael; Bieker, Laura; Erdmann, Jakob; Krajzewicz, Daniel: SUMO – Simulation of Urban MObility: An Overview. In: Proceedings of SIMUL 2011, The Third International Conference on Advances in System Simulation. SIMUL 2011, 23.-28. Okt. 2011, Barcelona.
- [FHL11] Frankiewicz, Tobias; Hinsberger, Arno; Lorenz, Tobias; Hilt, Hans-Josef; Weber, Sebastian; Wieker, Horst; Köster, Frank: Standortbestimmung und Integration von ITS Roadside Stations für die Anwendungsplattform Intelligente Mobilität. AAET - Automatisierungssysteme, Assistenzsysteme und eingebettete Systeme für Transportmittel, 09.-10.02.2011, Braunschweig, Deutschland.

- [KN08] Köster, Frank; Noyer, Ulf: Leistungsfähiges Datenmanagement als Rückgrat einer menschenzentrierten Entwicklung von Automation/Assistenz. In: 24. VDI/VW-Gemeinschaftstagung - Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme (24), Seiten 219-226. VDI Verlag GmbH. 24. VDI/VW-Gemeinschaftstagung, 2008-10-29 - 2008-10-30, Wolfsburg.
- [SL2012] Schnieder, Lars; Lemmer, Karsten: Anwendungsplattform Intelligente Mobilität – eine Plattform für die verkehrswissenschaftliche Forschung und die Entwicklung intelligenter Mobilitätsdienste. Internationales Verkehrswesen (64) 4/2012, S. 62-63.
- [SGL2013] Schnieder, Lars; Gripenkoven, Jan; Lemmer, Karsten; Wang, Wei; Lackhove, Christoph: Aufbau eines Forschungsbahnübergangs im Rahmen der Anwendungsplattform Intelligente Mobilität. Signal und Draht (105) 06/2013, S. 25-28.
- [Hei2011] Heinrichs, Matthias: TAPAS: Travel-Activity-Pattern Simulation - Parallelisiertes Mikroskopisches Verkehrsnachfragemodell. In: Next Generation Forum 2011, Seite 74. Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V.. Next Generation Forum 2011, 26.-27. Sep. 2011, Oberpfaffenhofen, Deutschland.
- [RFG11] Richter, Andreas; Friedl, Hartmut; Guraj, Vitalij; Ruppert; Thomas; Köster, Frank: Developing a toolchain for providing automatically highly accurate 3D database. Verlag der Bauhaus-Universität Weimar. ConVR2011, 03.-04. Nov. 2011, Weimar, Deutschland.