

Betreibermodell einer Forschungsinfrastruktur für die Entwicklung intelligenter Mobilitätsdienste im realen Verkehrsumfeld

Schnieder, Lars

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für
Verkehrssystemtechnik

Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig, 0531-2953444,
lars.schnieder@dlr.de

Krenkel, Ralf

BELLIS GmbH, Geschäftsbereich Verkehr

Taubenstraße 7, 38106 Braunschweig, 0531-383 3880,
ralf.krenkel@bellis.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 und neuer Verkehrsinfrastrukturkomponenten, sowie zugehöriger Software zur Verfügung. Mit dem langfristigen Betrieb der Forschungsinfrastruktur bis 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. Dieser Beitrag stellt die besonderen Herausforderungen eines dauerhaften Betriebes einer Forschungsinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum dar.

Forschungsinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum

Bei der Anwendungsplattform Intelligente Mobilität handelt es sich in wesentlichen Anteilen um eine Forschungsinfrastruktur (Sensorik- und Kommunikationseinrichtungen) im öffentlichen Straßenraum (vgl. [SGL13] und [SL12]). Die einzelnen Bausteine von AIM können zu einer geschlossenen Wirkungskette verknüpft werden, die sich bruchlos von der sensorischen Erfassung der Realität des Verkehrsablaufs über die Anwendung von Simulationen zur Prognose des zu erwartenden Verkehrszustands bis hin zu einer gezielten Beeinflussung des Verkehrsgeschehens erstreckt. Dies wird im Folgenden beispielhaft an drei der insgesamt über 20 Anlagenteile verdeutlicht.

Die *Forschungskreuzung* ist ein Multisensorsystem an einer vielbefahrenen Kreuzung im Gebiet der kreisfreien Stadt Braunschweig. Für die Erfassung von Fahrzeugtrajektorien auf der Kreuzungsinnenfläche wurden an vier Beleuchtungsmasten auf den Fahrbahnmittellinseln Video- und Radarsensoren installiert (vgl. Abbildung 1, links). Darüber hinaus wurden für die Erfassung des Bewegungsverhaltens nicht-motorisierter Verkehrsteilnehmer an zwei Fußgängerfurten Stereokamerasysteme in Betrieb genommen. Die Sensordatenverarbeitung und -fusion erfolgen in einem Schaltschrank in unmittelbarer Nähe zur Kreuzung. Die Sensorik der Forschungskreuzung erlaubt unter anderem dauerhafte wissenschaftliche Untersuchungen zu Beinaheunfällen im Verkehrsablauf.

Die *Referenzstrecke* für die Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation besteht aus einem mehr als 12km langen Streckenzug mit insgesamt 35 für den Betrieb kooperativer Fahrerassistenzsysteme ausgerüsteten Lichtsignalanlagen. Die einzelnen Kreuzungen sind für die Datenübertragung mit den W-LAN Standards IEEE 802.11p

(Kommunikation mit Kraftfahrzeugen) und IEEE 802.11 b/g/n (Kommunikation mit nicht-motorisierten Verkehrsteilnehmern) ausgestattet (vgl. Abbildung 1, rechts). Die Referenzstrecke erlaubt die prototypische Entwicklung zukünftiger kooperativer Systeme im Straßenverkehr wie zum Beispiel Assistenzkonzepte zum ressourcenschonenden Fahren unter Berücksichtigung zukünftiger Schaltzeitpunkte der nächsten Lichtsignalanlage (vgl. [FSK12]).



Abbildung 1: Sensorik der Forschungskreuzung (links), Einrichtungen zur Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation (rechts)

Mit dem *Forschungsbahnübergang* betreibt das DLR eine semi-stationäre messtechnische Einrichtung, die flexibel an verschiedene Einsatzorte verlegt werden kann. Der Forschungsbahnübergang dient der Untersuchung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer an Bahnübergängen im Rahmen langfristiger Studien. Durch die Ausführung als quasi mobiles Gehäusekonzept gelingt eine Untersuchung des Verkehrsverhaltens an einem breiten Spektrum unterschiedlicher Bahnübergänge. Dies schließt die vergleichende Betrachtung verschiedener Sicherungs- und Überwachungsarten sowie variierender Lageplanfälle mit ein (vgl. [SGL14]).

Mit dem dauerhaften Betrieb einer Forschungsinfrastruktur im öffentlichen Straßenraum bis hin zur Einbettung in vorhandene Systeme des städtischen Verkehrsmanagements geht AIM weit über Ansätze konventioneller Forschungsprojekte hinaus. Eine der wesentlichen Besonderheiten ist hier, dass Forschung im realen Verkehrsumfeld stattfindet und nicht in einer von Annahmen bestimmten Laborumgebung. Die hieraus resultierenden Anforderungen an einen Anlagenbetrieb müssen durch eine adäquate Aufbau- und Ablauforganisation zuverlässig umgesetzt werden, auch –oder gerade deshalb-, weil die Auswirkungen (Restriktionen) des Betriebs von AIM auf vertretbare Beeinträchtigungen des Verkehrsgeschehens reduziert werden sollte.

Ziele und Elemente der Betriebsorganisation

Der Betrieb einer Großforschungsanlage im öffentlichen Straßenraum bringt hohe Anforderungen mit sich. Die für den Betrieb im öffentlichen Straßenraum zentralen Anforderungen sind in Abbildung 2 im inneren Kreis dargestellt. Den Anforderungen werden im Rahmen des Aufbaus einer Betriebs- und Instandhaltungsorganisation Elemente gegenübergestellt, durch die diese erfüllt werden (vgl. [SL14]). Die aus den Anforderungen abgeleiteten Lösungsansätze der Betriebs- und Instandhaltungsorganisation werden im folgenden Abschnitt erläutert.

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 beim 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.



Abbildung 2: Ziele und Elemente des Betriebsmanagements

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 korrektiver Maßnahmen. Durchgeführte Änderungen an Hard- und Software werden ebenso wie durchgeführte Kalibrationen sensorischer Einrichtungen revisions sicher dokumentiert.

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 können, 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 modifiziert. Allem voran jedoch ist sicherzustellen, dass keine der forschungsbedingten Veränderungen der Anlagenteile der Lichtsignalanlagen die Sicherheitsanforderungen so beeinflusst, dass die Betriebsabläufe gefährdend verändert werden. Hier muss insbesondere bei den Verkehrsingenieuren bereits in der Planungs- und Umsetzungsphase besondere Sorgfalt walten.

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) genutzt. 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.

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. Modernste technische Infrastruktur des Instandhalters zur Ferndiagnose, sowie softwarebasierte Personal- und Materialdispositionssysteme erleichtern und unterstützen diesen Prozess.

Das Thema *Zugriffs- und Datenschutz* ist für eine im öffentlichen Verkehrsraum betriebene Forschungsinfrastruktur eine zentrale Fragestellung. Dies gilt insbesondere 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 zu wahren. Die aus dem Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) 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 eingebunden. Datenschutzkonzepte stellen sicher, dass ohne unbillige Einschränkung von Persönlichkeitsrechten der Bürgerinnen und Bürger ausreichend Daten für

Forschungszwecke zur Verfügung stehen. Darüber wird die Forschungsinfrastruktur vor unberechtigtem Zugriff von außen geschützt. Mit dem IT-Provider wurden Sicherungskonzepte 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.

Fazit und Ausblick

Mit AIM steht Partnern aus Wissenschaft und Industrie ein leistungsfähiges Portfolio an Bausteinen für anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung intelligenter Mobilitätsdienste, sowie den Test von neuen Infrastrukturkomponenten vor deren Markteinführung zur Verfügung. Diese Bausteine können in industriell oder institutionell geförderte Forschungsvorhaben eingebracht werden. Das vorhandene Spektrum von insgesamt 24 Teilanlagen wird hierbei bedarfsorientiert ergänzt. So wächst mit jedem Projekt die verfügbare Basis. Zukünftige Entwicklungsrichtungen von AIM gehen in Richtung eines Ausbaus des Testfeldes für das höherautomatisierte / hochautomatisierte Fahren. Weiterhin soll der geographische Umfang um eine Betrachtung verkehrlicher Szenarien auf Autobahnen ergänzt werden. Durch den Aufbau einer multimodalen Datenbasis steht darüber hinaus ein Instrumentarium für die Konzeption multimodaler Mobilitätsdienste zur Verfügung.

Literatur

- [FSK12] Frankiewicz, Tobias; Schnieder, Lars; Köster, Frank: *Application Platform for Intelligent Mobility Test Site Architecture and Vehicle2X Communication Setup*. 19. ITS World Congress. Wien. 22. – 26.10.2012.
- [SGL13] Schnieder, Lars; Gripenkoven, Jan; Lemmer, Karsten; Wang, Wei; Lackhove, Christoph: *Aufbau eines Forschungsbahnübergangs im Rahmen der*

- Anwendungsplattform Intelligente Mobilität.* In: Signal und Draht (105) 06/2013, S. 25-28.
- [SGL14] Schnieder, Lars; Gripenkoven, Jan; Lemmer, Karsten; Wang, Wei; Lackhove, Christoph: *Untersuchung des Verkehrsablaufs am Forschungsbahnübergang – Perspektiven der Erhöhung der Sicherheit an Bahnübergängen.* In: Eisenbahntechnische Rundschau, voraussichtlich Ausgabe 06/2014.
- [SL12] Schnieder, Lars; Lemmer, Karsten: *Anwendungsplattform Intelligente Mobilität – eine Plattform für die verkehrswissenschaftliche Forschung und die Entwicklung intelligenter Mobilitätsdienste.* In: Internationales Verkehrswesen (64) 4/2012, S. 62-63.
- [SL14] Schnieder, Lars; Lemmer, Karsten: *Entwicklung intelligenter Mobilitätsdienste im realen Verkehrsumfeld in der Anwendungsplattform Intelligenter Mobilität.* Internationales Verkehrswesen 66 (2014) 2, S. 2-4.