

Steuerungsstrategien für VBA im Kontext von Fahrzeug-Infrastruktur-Kommunikation

FA 3.522

Forschungsstellen: Ingenieurbüro Schwietering, Aachen
 Technische Universität München, Institut für Verkehrstechnik (Prof. Dr.-Ing. F. Busch)
 Theis Consult GmbH, Aachen
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Berlin

Bearbeiter: Schwietering, C. / Lößbering, D. / Spangler, M. / Gabloner, S. / Busch, F. / Roszak, C. / Dobmeier, S. / Neumann, T.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Bonn

Abschluss: Dezember 2018

1 Problemstellung und Zielsetzung

Zur Steigerung der Verkehrssicherheit und der Leistungsfähigkeit des Verkehrsablaufs auf Autobahnen werden in Deutschland verkehrstechnische Maßnahmen zur Datenerhebung und Steuerung des Verkehrsablaufs durch telematische Hardware und zentralenseitige Software in einer VBA durchgeführt. Für VBA sind die Möglichkeiten der Beeinflussung heute in der Regel an örtliche Infrastruktur gebunden, das heißt, es müssen Erfassungs- und Anzeigeeinrichtungen längs des Straßenverlaufs installiert sein. In Zukunft kann dieser Informationsverbund mithilfe der C2I-Technologie (Car to Infrastructure) optimiert werden.

Neben Positionsdaten können über kooperative Systeme (C2I) erweiterte fahrzeuggenerierte Informationen über Verkehrs-, Fahrbahn- und Umfeldzustände übertragen werden. Damit lassen sich bisher nicht ausreichend detektierte Bereiche des Straßennetzes in die Schaltstrategien von VBA einbeziehen und ein räumlich sowie zeitlich höher auflösendes Zustandsbild generieren. Die möglichen Maßnahmen in VBA könnten damit ebenso hochauflösender, vielfältiger und wirksamer werden.

In zahlreichen Forschungsprojekten, zum Beispiel simTD, EcoMove, URBAN oder C-Roads, sind Aspekte der C2I-basierten Verkehrsbeeinflussung untersucht worden. Es hat sich gezeigt, dass die bestehende zentralenseitige Algorithmik um den C2I-Datenpool sinnvoll erweitert werden kann.

Bislang wurden erste Applikationen zur Demonstration des Potenzials von kooperativen Systemen in den genannten Projekten implementiert. Diese evaluieren aber vorrangig die eingesetzte Technik. Eine strukturierte Analyse des Potenzials aus verkehrstechnischer Sicht und die Entwicklung von Anwen-

dungsszenarien sowie die Integration von C2I in die Verkehrsbeeinflussung fehlen derzeit.

Diese Lücke soll durch dieses Projekt geschlossen werden. Das Projekt hat daher die Erarbeitung der notwendigen Arbeitsschritte für die Integration von C2I-Technologie in die VBA und die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Überführung in die Praxis zum Ziel. Im Rahmen des Projekts werden ausschließlich kollektive Szenarien betrachtet. Die Funktionalität zur Realisierung von individuellen Beeinflussungsstrategien kann/wird seitens der Fahrzeugindustrie kommen.

2 Untersuchungsmethodik

Im Rahmen einer Grundlagenerhebung wurde zunächst der Stand der Technik bezüglich der Themenbereiche C2I-Technologie und Verkehrsbeeinflussung erhoben. Ziel war die Darstellung der derzeit umgesetzten Maßnahmen sowie der Detektions- und Anzeigemöglichkeiten, um zu prüfen, inwieweit diese durch die Integration von C2I erweitert beziehungsweise verbessert werden können.

Darauf aufbauend wurden die Potenziale der Integration der C2I-Technologie in die Verkehrsbeeinflussung analysiert.

Parallel zu der Erhebung des Potenzials wurden mögliche Anwendungsfälle für die Integration der C2I-Technologie in die VBA definiert. Die Erweiterungen der Anwendungsfälle und Funktionen der VBA durch die Integration fahrzeugseitiger Informationen aus C2I können zu einer weiteren Automatisierung zur und verkehrstechnischen Funktionserweiterung der durchgeführten Prozesse in der VBA führen. Aus den Anwendungsfällen wurde ein gemeinsamer Situations- und Maßnahmenkatalog aufgestellt, der die funktionale Kommunikationsbasis zwischen der C2I-Technologie und der VBA darstellt.

Aufbauend auf den Potenzialen und Anwendungsszenarien wurden Anforderungen an die Systeme VBA und C2I definiert.

Die daraus abgeleiteten Forderungen wurden in Handlungsempfehlungen strukturiert und zeitlich geordnet, sodass eine schrittweise Einführung der Integration von C2I-Technologie in die VBA möglich wird. Dabei wurden zunächst die Schritte identifiziert, die mit einem überschaubaren Aufwand umgesetzt werden können, um erste Erfahrungen zu sammeln und die Integration von C2I in VBA zielgerichtet weiter umzusetzen. Die Erarbeitung der Handlungsempfehlungen wurden mit Praxispartnern und Experten abgestimmt.

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Potenziale

Zur Ermittlung der Potenziale wurden die Nutzungsmöglichkeiten aller C2I-Daten von Fahrzeugen auf Autobahnen untersucht und analysiert. Dabei wurden bewusst idealtypische Rahmen-

bedingungen (zum Beispiel Vollausstattung aller Fahrzeuge mit C2I-Technologie) angenommen, wie sie zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht umgesetzt sind beziehungsweise zur Verfügung stehen, um möglichst viele Potenziale zu erfassen und einer Analyse unterziehen zu können.

Zur Potenzialerhebung wurden alle bereits definierten und standardisierten, wie auch eventuell erst zukünftig verfügbaren, verkehrlich relevanten Daten betrachtet, die Fahrzeuge während der Fahrt erheben.

Die größten Potenziale werden nach Experteneinschätzung in der flächendeckenden fahrzeugseitigen Informationsbereitstellung und der flächendeckenden fahrzeugseitigen Datenerfassung gesehen. Eine flächendeckende Ausstattung mit C2I-Technologie und die damit verbundene Informationsverfügbarkeit zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass Fahrzeuge zukünftig die betreiberseitige telematische Infrastruktur ergänzen und eventuell teilweise ersetzen können.

Zusätzlich steht mit dem fahrzeugseitigen HMI (Human Machine Interface/Benutzerschnittstelle) eine fahrzeugseitige Aktorik bereit, die verkehrlich relevante Informationen flächendeckend an den Verkehrsteilnehmer weitergeben kann. Das gilt auch in den Bereichen, in denen keine herkömmliche telematische Infrastruktur existiert, weil dort beispielsweise keine VBA zur Verfügung stehen.

Auch wenn das Fahrzeugkollektiv noch nicht vollständig aus mit C2I-Technologie ausgestatteten Fahrzeugen besteht, kann davon ausgegangen werden, dass diese Informationen, ab einer bestimmten Ausstattungsrate, einen starken Einfluss auf das Fahrzeugkollektiv haben werden und damit den Nutzen der C2I-Technologie frühzeitig zu erschließen beginnen.

3.2 Anwendungsszenarien

Es wurden 44 Anwendungsszenarien definiert, in denen Mehrwert aus der Interaktion zwischen den Systemen VBA und C2I generiert werden kann. Die Anwendungsszenarien decken den kompletten Fahrtverlauf vom Einfahren auf die Autobahn bis zum Verlassen ab.

Wesentliche Komponenten dieser Anwendungsszenarien im Sinne der Verkehrssteuerung sind die Detektion der darin beschriebenen Situationen und die daraufhin umzusetzenden Maßnahmen zur Bewältigung der Situation.

Bei der Bewertung der Umsetzbarkeit der Datenerfassung beziehungsweise der Beeinflussungsstrategien im System C2I wurde davon ausgegangen, dass das System flächendeckend und für das gesamte Fahrzeugkollektiv (Vollausstattung) zur Verfügung steht. Dabei ist zu beachten, dass über einen langen Zeitraum nach Markteinführung von C2I ein Mischverkehr aus ausgestatteten und nicht ausgestatteten Fahrzeugen beziehungsweise Fahrzeugen mit unterschiedlicher Ausstattungs-

ausprägung (die nur einen Teil der möglichen Funktionalität abdeckt) zu erwarten ist. Dieser Umstand wird die Umsetzbarkeit und den Nutzen der beschriebenen Anwendungsszenarien einschränken und dazu führen, dass bestimmte Anwendungsszenarien nicht sinnvoll eingesetzt werden können. Manche der beschriebenen Anwendungsszenarien sind erst bei Vollausstattung umsetzbar. So ist das System C2I nur bei Vollausstattung des gesamten Fahrzeugkollektivs in der Lage, alle für die Verkehrsbeeinflussung relevanten Kenngrößen wie Verkehrsstärke und Verkehrsdichte zuverlässig zu erheben.

Bei der Bewertung der Umsetzbarkeit der Datenerfassung beziehungsweise der Beeinflussungsstrategien im System VBA wurde davon ausgegangen, dass eine klassische Ausstattung gemäß MARZ 1999 beziehungsweise dem Stand der Technik (inklusive zum Beispiel Seitenstreifenfreigabe, Zuflussregelung) vorliegt. Manche sinnvollen Erweiterungen könnten auch über eine erweiterte Ausstattung der VBA ("VBA+") realisiert werden. Der Erweiterung sind indes Grenzen gesetzt. Beispielsweise ist eine räumliche Erweiterung im gleichen Funktionsumfang wirtschaftlich nur vertretbar, wenn ein entsprechender Nutzen nachgewiesen werden kann. Eine Umrüstung der Bestandssysteme, beispielsweise um zusätzliche Schildinhalte, erscheint jedoch wirtschaftlich nicht angemessen. Eine Verdichtung der Sensorik und Aktorik muss ebenfalls zunächst wirtschaftlich bewertet werden. Eine softwareseitige Funktionserweiterung erscheint jedenfalls wirtschaftlich angemessen und daher umsetzbar.

Eine wirtschaftliche Bewertung der Umsetzbarkeit ist im Rahmen dieses Projekts nicht leistbar. Voraussetzungen einer solchen Bewertung sind die Aufstellung von Anforderungen an die Beteiligten sowie eine Einschätzung der Prioritäten der beschriebenen Erweiterungen im Sinne von Handlungsempfehlungen.

3.3 Anforderungen an die C2I- und VBA-Technologie

Aufbauend auf den Potenzialen und den Anwendungsszenarien wurden Anforderungen an die C2I- und VBA-Technologie spezifiziert. Die Anforderungen wurden als High-Level-Spezifikation dokumentiert. Diese müssen bei einer praktischen Umsetzung detailliert und projektspezifisch konkretisiert werden.

Damit die C2I-Technologie sinnvoll in der kollektiven Verkehrsbeeinflussung genutzt werden kann, muss diese bestimmte Voraussetzungen an die Sensorik und die daraus ermittelten Kenngrößen sowie an die Aktorik (HMI – Human Machine Interface) erfüllen. Diese wurden in insgesamt 59 Anforderungen an die Sensorik sowie 32 Anforderungen an die Aktorik dokumentiert. Die Anforderungen an die Sensorik umfassen die Definition von erforderlichen Kenngrößen und die Bildung von Situationen beziehungsweise Verkehrsinformationen, die für das kollektive Verkehrsmanagement von Belang sind. Darüber

hinaus werden Anforderungen an die Datenaufbereitung, Plausibilisierung und die Verortungsinformation definiert.

Die C2I-seitige Aktorik muss in der Lage sein, standardisierte und für das kollektive Verkehrsmanagement relevante Maßnahmen und Informationen in geeigneter Darstellung an die Verkehrsteilnehmer weiterzugeben. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich zeitlich-räumlich überlagernde Informationen priorisiert und konsistent zu den über die kollektive VBA übermittelten Informationen und Weisungen weitergegeben werden.

Um die C2I-Technologie in das System VBA zu integrieren, muss auch das System VBA erweitert und angepasst werden. Dazu wurden insgesamt 65 Anforderungen an die Systemarchitektur, die Datenfassung und -aufbereitung, die Situationserkennung, das Maßnahmenpektrum sowie systemübergreifende Anforderungen definiert.

Durch die Integration der Daten/Informationen aus der fahrzeugseitigen Sensorik sowie durch die Möglichkeit, verkehrsrelevante Informationen direkt in das Fahrzeug zu publizieren, ergibt sich zusätzlicher Nutzen im Zusammenspiel der Systeme VBA und C2I.

Dazu muss die Systemarchitektur des Systems VBA entsprechend angepasst werden. Das MARZ 2018¹ enthält hierzu bereits einen Architekturvorschlag.

Das Level der Datenaggregation sollte sich künftig eher an der Objektbildung und "Objektverfolgung" durch Zeit und Raum anstatt an zyklischen Zeit- und äquidistanten Raumintervallen orientieren. Dennoch sollten ein sinnvoller Grundzyklus und Raumabstand zur VBA-Konfiguration (insbesondere zu den AQ-Abständen) passen. Zudem ist eine angemessene Raumdiskretisierung festzulegen. Ein Denkansatz wäre, bei homogenen Dichten große Abstraten zu wählen, bei vielen Dichtewellen kleine Abstraten. Dabei ist die räumliche Diskretisierung auch von den Beeinflussungsmaßnahmen abhängig. Beim Thema Objektbildung und -verfolgung besteht Forschungsbedarf.

Das zusätzliche verkehrstechnische Potenzial aus Sicht des Systems VBA kann erst dann abgerufen werden, wenn die Algorithmen der Situationserkennung erweitert werden. Hier wird Forschungsbedarf gesehen, entsprechende neue Algorithmen zu entwerfen, die mit fahrzeugseitig generierten Daten operieren können, und vorhandene Algorithmen gegebenenfalls gezielt zu erweitern und zu verbessern.

Für einige vorgeschlagene Maßnahmen beziehungsweise Maßnahmenenerweiterungen wird empfohlen, zunächst wissenschaft-

lich zu untersuchen, ob sich der erwartete Vorteil tatsächlich erzielen lässt.

Ebenso sollte der Maßnahmenkatalog erweitert werden. Dieser kann auch Maßnahmen enthalten, die nicht über die Aktorik der VBA umgesetzt werden können. Auch hier besteht Forschungsbedarf, um zusätzliche, verkehrstechnisch sinnvolle und wirksame Maßnahmen zu konzipieren und geeignete Publikationsmöglichkeiten zu entwerfen.

3.4 Handlungsempfehlungen

Aufbauend auf den Anforderungen an die Systeme C2I und VBA wurden Handlungsempfehlungen erarbeitet, wie eine Integration der C2I-Technologie in die kollektive Verkehrsbeeinflussung erfolgreich umgesetzt werden kann. Die Handlungsempfehlungen gliedern sich in Empfehlungen für die Umsetzung der Anforderungen an die beiden Systeme, Empfehlungen für die technische Umsetzung einer Kooperation, organisatorische Empfehlungen sowie einem Vorschlag zur Gruppierung von umzusetzenden Anwendungsszenarien in einer sinnvollen zeitlichen Abfolge.

Die Anforderungen an die Systeme C2I und VBA wurden in den Handlungsempfehlungen strukturiert und zeitlich geordnet, sodass eine schrittweise Einführung der Integration von C2I-Technologie in die Verkehrsbeeinflussung möglich wird. Dies wird als sinnvoll angesehen, um zunächst mit einem überschaubaren Aufwand Erfahrungen sammeln zu können und die Integration anschließend zielgerichtet weiter umzusetzen. Die erarbeiteten Handlungsempfehlungen beschreiben die erforderlichen Schritte für eine erfolgreiche Integration der C2I-Technologie in die kollektive Verkehrsbeeinflussung. Von großer Bedeutung ist dabei, dass Vertreter beider Technologien auf Initiative der Vertreter der VBA-Technologie in den Dialog treten und den Mehrwert herausarbeiten, der sich für beide Seiten durch eine Kooperation ergibt.

Für eine erfolgreiche Integration der C2I-Technologie in die kollektive Verkehrsbeeinflussung wurden offene Forschungsfragen identifiziert, die zuvor geklärt werden müssen. Neben einer international einheitlichen Darstellung von Informationen und Beeinflussungsstrategien ist zu klären, in welcher Qualität die C2I-seitig erhobenen Daten vorliegen müssen, damit sie Eingang in das kollektive Verkehrsmanagement finden können. Zudem müssen neue Situationserkennungsalgorithmen entwickelt werden, die fahrzeugseitige Daten verarbeiten können. Außerdem muss der Nutzen zusätzlich vorgeschlagener Maßnahmen und Beeinflussungsstrategien bewertet werden und Maßnahmenumsetzungen/-darstellungen erarbeitet werden.

4 Fazit und Ausblick

Das Forschungsprojekt hatte die Erarbeitung von Handlungsempfehlungen für die Integration von C2I-Technologie in die

¹ Merkblatt für die Ausstattung von Verkehrsrechnerzentralen und Unterzentralen (MARZ 2018), BAST, 2018

Verkehrsbeeinflussung und die Überführung in die Praxis zum Ziel. Aufbauend auf einer Übersicht über die Technologien C2I und VBA wurde zunächst das Potenzial der C2I-Technologie hinsichtlich der Nutzung in der kollektiven Verkehrsbeeinflussung erhoben und dokumentiert. Zusammen mit Praxispartnern wurden Anwendungsszenarien erhoben und beschrieben, die das Potenzial einer Integration von C2I-Technologie in die Verkehrsbeeinflussung ausschöpfen.

Als wesentliche Anwendungen mit verkehrstechnischer Bedeutung und hohem Mehrwert für die VBA-Betreiber (kollektiver Nutzen) werden angesehen:

- Schnellere und zuverlässigere Ereignisdetektion sowie des Ereignisendes → Maßnahmen zur Absicherung des Ereignisses sowie zur Information des Verkehrsteilnehmers können schneller umgesetzt werden, umgesetzte Schaltungen werden nach Ereignisende zeitgerecht und ortspräzise aufgehoben.
- Neue, unabhängige Datenquelle wird erschlossen → Daten aus C2I-Technologie können zur Qualitätssicherung der VBA-Daten sowie zur Datenvervollständigung und Datenfusion (zeitlich/räumlich) herangezogen werden.
- Schnelle Informationsverbreitung → Kollektive Informationen können direkt ins Fahrzeug übertragen werden.
- Direkte Kommunikation mit dem Verkehrsteilnehmer (Kunden) wird ermöglicht → Dies schafft Transparenz und Vertrauen, indem Maßnahmen begründet und motiviert werden können.
- Fahrzeugseitiges System schafft höhere Glaubwürdigkeit → Damit höhere Akzeptanz und Befolgung kollektiver Maßnahmen, damit auch höhere Nutzeneffizienz.
- Präzise Stauendewarnung (zeitlich/räumlich) → Steigerung der Verkehrssicherheit.

Durch die Integration der C2I-Technologie in die kollektive Verkehrsbeeinflussung kann ein wertvoller Beitrag zur Steigerung der Präzision der Situationserkennung, des Situations- und Maßnahmenspektrums kollektiver Verkehrsbeeinflussung und damit ein besseres Ausschöpfen vorhandener verkehrstechnischer und verkehrssicherheitstechnischer Potenziale geleistet werden. Für eine erfolgreiche Integration müssen Vertreter der VBA-Technologie mit der Automobilindustrie als maßgebliche Treiber der C2I-Technologie in den Dialog treten und sich aktiv in den Standardisierungsprozess der C2I-Technologie einbringen, um die Belange der kollektiven Verkehrsbeeinflussung zu vertreten.

Die C2I-Technologie kann die VBA-Technologie langfristig nicht ersetzen, da maßgebliche verkehrliche Kenngrößen wie Verkehrsstärke und Verkehrsdichte erst bei Vollausstattung nahe-

zu aller Fahrzeuge mit C2I-Technologie zuverlässig erfasst werden können. Darüber hinaus wird die Kompetenz zur Beurteilung des Verkehrszustands und weiterer verkehrsbeeinflussender Bedingungen aus kollektiver Sicht weiterhin bei den Autobahnbetreibern liegen, insbesondere dann, wenn kollektive Verkehrsbeeinflussungsmaßnahmen umgesetzt werden, die verkehrsbehördlich angeordnet werden müssen. Die im C2I-System erhobenen Daten sowie die durch das C2I-System zur Verfügung stehenden Informationskanäle können aber die Effizienz kollektiver Verkehrsbeeinflussungsmaßnahmen maßgeblich steigern, sodass eine Integration beider Technologien befürwortet wird.