

# Beschleunigt, bitte!

Dipl.-Ing. Markus Mahler, Kassel

Für einen gesteigerten Fahrkomfort für die Fahrgäste und einem effizienten Einsatz von Fahrzeugen und Personal ist es insbesondere im innerstädtischen Verkehrsgeschehen üblich, Straßenbahnen und Busse an signalisierten Kreuzungen bevorzugt zu behandeln. Diese ÖPNV-Beschleunigung bei verkehrsunabhängig gesteuerten Lichtsignalanlagen soll nun rundum erneuert werden mit Hilfe von ITS – Intelligent Transport Systems, kooperativen intelligenten Verkehrssystemen. Nicht zuletzt auch wegen der immer öfter formulierten Kritik [1], dass die 40 Jahre alte Analogfunktechnik, mit der zurzeit noch vielerorts die Beschleunigungswünsche von Bussen und Bahnen abgesetzt werden, massive Sicherheitslöcher für eine Manipulation von Ampeln schaffen.

Die Digitalisierung schreitet im Straßenverkehr voran. Auch wenn die eine oder andere Richtungsentscheidung über die richtigen oder besten Übertragungswege ausstehen oder vertagt wurden [2]. Nichtsdestotrotz rüsten mittlerweile immer mehr Städte ihre Infrastruktur mit WLANp(ETSI G5 802.11p)-Komponenten aus, um die für sie vorteilhafte Datenhoheit zu behalten und den Weg für die V2X-Anwendungen zu ebnen (V2X: Vehicle to Everything Communication). Auf diesem Weg zur weiteren Digitalisierung des Verkehrssektors ist allerdings nach wie vor ein „Henne-Ei-Problem“ vorhanden: Die Fahrzeughersteller geben zu bedenken, dass es momentan zu wenig Infrastruktur gibt, die V2X-Kommunikation kann. Deshalb ist es bisher uninteressant, entsprechende Applikationen in ihre Multimedia-Bordsysteme zu implementieren. Die Infrastrukturbetreiber, meistens Städte oder Landesbehörden, argumentieren, dass es wenig hilft, flächendeckend ITS-Komponenten für V2X-Anwendungen zu installieren oder nachzurüsten. Es gibt kaum Fahrzeuge, die hiermit etwas anfangen können. Immerhin hat Volkswagen mit den Modellen des Golf 8, dem ID 3 und ID 4 hier eine entsprechende fahrzeugseitige Kommunikationslösung verbaut.

Ein möglicher Weg aus dem „Henne-Ei-Dilemma“ könnte sein, die veraltete analoge Funktechnologie zur Beschleunigung

des ÖPNV in den Städten abzulösen. Mit dieser Initiative könnten mehrere Themen angegangen werden. Zum einen würde das autonome und vernetzte Fahren (AVF) ein gutes Stück vorangebracht werden. Es wären schon Anwendungen und Erfolge sichtbar, ohne dass gleich die gesamte Infrastruktur einer Stadt in kürzester Zeit umgestellt werden müsste. Eine gemeinsame Initiative von Baulastträgern und Verkehrsbetrieben könnte in einer Region in einer gemeinsamen Aktion das Thema vernetztes Fahren voranbringen. Vielerorts würden sogar Fördermittel zur Verfügung stehen. Die Schließung der oben aufgeführten Sicherheitslücken, die Beschleunigung des ÖPNV's an signalisierten Kreuzungen über diese neue Technologie zu realisieren, gäbe es gleich mit dazu.

## Zwei-Stufen-Vorschlag der Bundesanstalt für Straßenwesen

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) hat in einem Bericht Anfang 2022 ein zweistufiges Verfahren vorgeschlagen [3]. Hierin wird in der ersten Stufe das Datentelegramm, was heute noch analog in einem frequenzmodulierten Verfahren übertragen wird, in eine sogenannte CAM-Nachricht

eingebettet und digital über WLANp (ETSI G5 802.11p) übertragen. Für diesen ersten Schritt müssen „nur“ die Sende- und Empfangsgeräte auf der Ortsseite und auf der Fahrzeugseite ausgetauscht werden. Die entsprechende Software, die Planungssysteme und insbesondere die verkehrsunabhängige Steuerung im Steuergerät, die die Lichtsignale ansteuert, bleibt in ihrer jetzigen Form erhalten und muss nicht angepasst werden.

Die zweite Stufe soll nach dem Vorschlag der BASt nach einiger Zeit folgen. Hier wird ein Paradigmenwechsel vollzogen. Bei dem sogenannten R09.14 oder R09.16 (und entsprechend weitere Derivate dieser Telegrammform wie R09.17, R09.18 et cetera) Datentelegramm der bisherigen Anforderungsform wird eine Ortsinformation gepaart mit Informationen zu der Fahrt als Linien, Kurs und Routeninformation gesendet. Eigentlich benötigt die Steuerung aber für eine passende Reaktion eine Restfahrzeit. Nämlich wie lange benötigt das Fahrzeug noch, bis es die Lichtsignalanlage erreicht gepaart mit einer Information, welche Signalgruppe die Freigabe erhalten soll.

Wie dies in Zukunft geschehen kann und welche Vorteile dieser Paradigmenwechsel

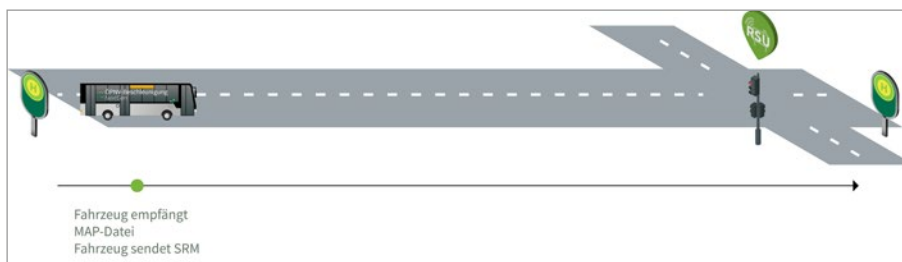


Abb. 1: Empfang der MAP-Nachricht, Senden der SRM-Nachricht.

Grafiken: s.a.d. Systemanalyse und -Design GmbH

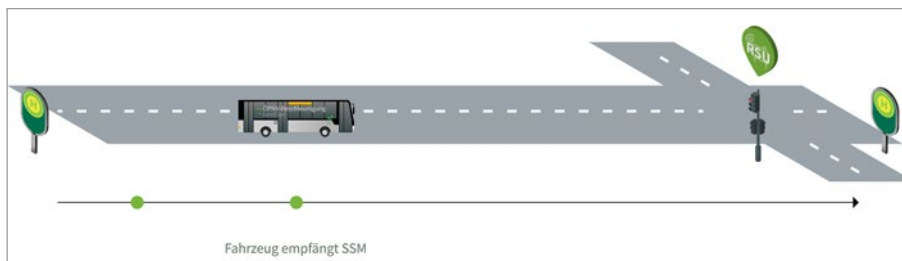


Abb. 2: Empfang der Bestätigungsnachricht SSM.

in Bezug auf ein vernetztes Fahren hat, soll hier etwas näher betrachtet werden. Es ist durchaus eine Überlegung wert, den ersten von der BAST empfohlenen Schritt zu überspringen und gleich auf Schritt zwei umzustellen. Dies muss aber jeder Betreiber von Lichtsignalanlagen zusammen mit den Verkehrsbetrieben selbst entscheiden. Zudem kommt es auf die jeweilige Situation an.

Im Schritt zwei wird nun, wenn das Fahrzeug sich auf den Knotenpunkt zubewegt, eine MAP-Nachricht von einer On-Board-Unit im Fahrzeug empfangen, die von einer Road Side Unit (RSU) in der Nähe oder direkt am Knotenpunkt ausgestrahlt wird. Die MAP-Nachricht enthält maschinenlesbar die gesamte Knotenpunktgeometrie der signalisierten Kreuzung, insbesondere die Einfahrts- und Ausfahrtspuren.

Die Abbildung 1 zeigt, wie eine Logik im Fahrzeug die Einfahrts- und die Ausfahrtsspur erkennt, die es durch die Kreuzung nehmen möchte und ermittelt mit Hilfe dieser Verbindung die zugehörige Signalgruppe, für die es eine bevorzugte Freigabe haben möchte. Diese Information wird mit der prognostizierten Ankunftszeit am Knotenpunkt in eine SRM-Nachricht (Signal Request Message) gepackt und ausgesendet. Damit ist der Beschleunigungswunsch abgesetzt.

Die Road-Side-Unit quittiert den Beschleunigungswunsch mit einer SSM-Nachricht (Signal Status Message, Abb. 2), womit der erste Rückkanal in das anfordernde Fahrzeug aufgemacht wurde. Hiermit wird der Beschleunigungswunsch von der ortsseitigen Infrastruktureinrichtung bestätigt.

Während sich das Fahrzeug auf den Knotenpunkt zubewegt, können Updates (Abb. 3) der prognostizierten Ankunftszeit durch weitere SRM-Nachrichten gesendet werden, sofern sich die Fahrzeit verändert.

Mit dem Empfang einer SPaT-Nachricht (Signal Phase and Time) kann die momentane und prognostizierte Schaltzeit an dem vorausliegenden Knotenpunkt maschinenlesbar empfangen werden (Abb. 4). Der zweite Kommunikationskanal ins Fahrzeug eröffnet. Diese Informationen können im Fahrzeug in einer Art Fahrerassistenzsystem (FAS) visualisiert und dem Fahrpersonal zur Verfügung gestellt werden, damit entsprechend die Fahrdynamik angepasst werden kann.



**Zum Autor**

**Dipl.-Ing. Markus Mahler** ist Geschäftsführer der Firma s.a.d Systemanalyse und Design GmbH, die sich seit über 20 Jahren mit dem Thema ÖPNV-Beschleunigung an signalisierten Knotenpunkten beschäftigt. Seit Ende 2016 kam das Thema Autonomes und Vernetztes Fahren hinzu, insbesondere die DSRC (Distance Short Range Communication) über ETSI G5 WLANp. Mahler ist aktuell Mitglied im Arbeitskreis 3.3.1 der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen „Empfehlungen für den Technologiewechsel C-ITS an Lichtsignalanlagen“.

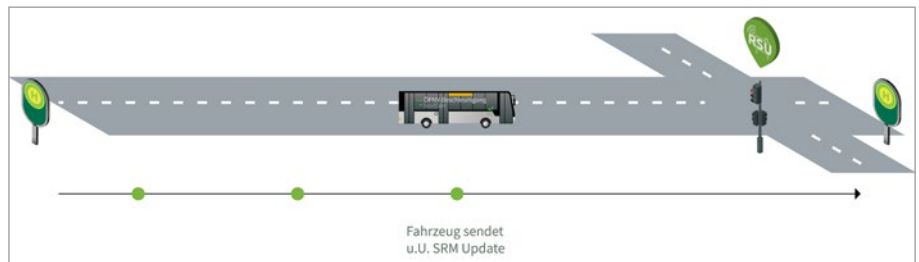


Abb. 3: Update der prognostizierten Ankunftszeit.

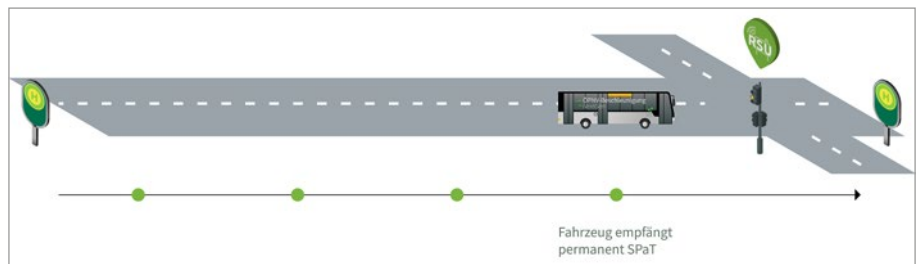


Abb. 4: Schaltzeitprognose wird mit Hilfe der SPaT übertragen.

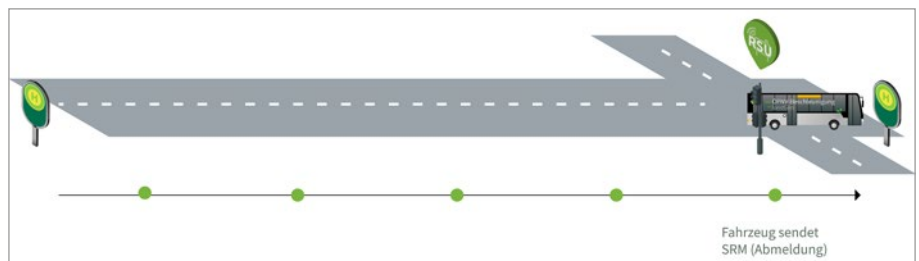


Abb. 5: Fahrzeugabmeldung beim Überqueren der Haltelinie.

Beim Überqueren der Haltelinie wird eine Abmeldung vom Fahrzeug an die Infrastruktureinrichtung gesendet (Abb. 5), so dass die verkehrabhängige Steuerung der Lichtsignalanlage dieses Fahrzeug nicht weiter berücksichtigen muss, da es den Einflussbereich verlassen hat.

Anhand dieses schematisch skizzierten Ablaufs des Absetzens eines Beschleunigungswunsches mit der neuen WLANp-Technologie sind einige Vorteile sichtbar geworden.

Neben der signierten digitalen Übertragung, die einen Missbrauch extrem erschwert und nahezu unmöglich macht, gibt

es einige weitere positive Aspekte. Das Fahrzeug selbst fordert die gewünschte Signalgruppe an, für die es eine bevorzugte Freigabe erhalten möchte. Es müssen nicht mühsam und fehlerträchtig viele Tabellen in der Steuerung des Steuergerätes gepflegt und abgelegt werden. Das Fahrzeug kann seine eigene Fahrdynamik in die Ankunftsprognose einfließen lassen.

Mit dem bisherigen Verfahren der R09.1x-Datentelegramme sind die mannigfaltigen Fahrzeugparks des Öffentlichen Personennahverkehrs in einer Stadt nicht abbildbar. Der fast überall vorhandene Fuhrpark reicht in der Regel von einem 12 Meter langen Omnibus bis hin zu einer

Autorenbeleg Dipl.-Ing. Markus Mahler, nur für persönliche Nutzung. DW Media 2023.

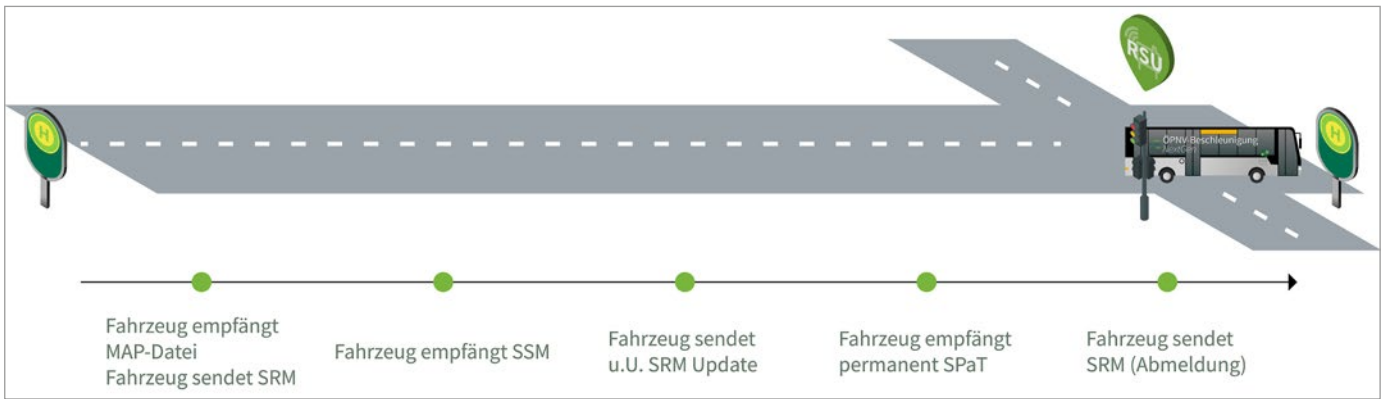


Abb. 6: Übersicht über den gesamten An- und Abmeldeprozess.

70 Meter langen in Doppeltraktion fahrenden Straßenbahn. Mit dem neuen Verfahren können diese Umstände berücksichtigt werden. Es ist möglich, weitere Parameter wie Wetterverhältnisse, Tageszeiten, Tagesarten (Wochentag, Feier- und Sonntage), Schulferien et cetera einfließen zu lassen.

Es gehen umfangreiche Informationen zurück an und in das Fahrzeug, die ausgewertet und visualisiert werden können. Es entstehen ganz neue Möglichkeiten, diese dem Fahrpersonal beispielsweise als Fahrerassistenzsystem zur Verfügung zu stellen. Inwieweit dies geschieht, bleibt den Bedürfnissen und dem Geldbeutel der Verkehrsbetriebe überlassen; die Informationen sind aber jetzt vorhanden.

Die Integration von anderen Verkehren, wie zum Beispiel Fahrzeuge der Feuerwehr und Krankenfahrzeuge, die mit eingeschaltetem Sondersignal unterwegs sind, ist in Zukunft leicht möglich.

Gerade der Ausbau des Öffentlichen Personennahverkehrs in den Städten mit der damit notwendigen einhergehenden Erhöhung der Fahrzeuge erfordert eine technisch ausgeklügelte Erfassung und

Steuerung der Fahrzeuge insbesondere an signalisierten Knotenpunkten. Die Erhöhung der Fläche für das Mehr an Fahrzeugen ist innerstädtisch selten möglich. Im Zuge der fortschreitenden Verkehrswende kommt die aufkommende Digitalisierung im Straßenverkehr gerade zur rechten Zeit.

**Fazit**

Das zukünftige digitale Absetzen eines Beschleunigungswunsches über die europäischen normierten Nachrichten SRM und SSM mit Schließung der Sicherheitslücken durch den Einsatz einer PKI (Public Key Infrastructure) bedeutet sowohl für die Betreiber von Lichtsignalanlagen als auch für die Verkehrsbetriebe einen riesengroßen Schritt nach vorn. Die Digitalisierung des Straßenverkehrs hin zum vernetzten Fahren ist letztendlich ein wichtiger Baustein für die Verkehrswende. Dieses Anforderungsverfahren ist für die Fahrzeuge mit Sondersignal und für andere Verkehrsarten, wie zum Beispiel Fahrradfahrer einsetzbar. Wie immer bei der Einführung einer neuen Technologie, wenn gleichzeitig eine bestehende ältere Technologie abgelöst werden soll und beide Technologien eine Zeit parallel betrieben werden müssen, ist

die Wahl einer klugen Migrationsstrategie enorm wichtig. Die Migration selbst ist oft der aufwendigste Teil im Projekt. Klar ist heute schon, dass die Migration in diesem Bereich je nach Größe der Stadt und Anzahl der umzustellenden Lichtsignalanlagen und ÖPNV-Fahrzeuge eher mehrere Jahre als ein paar Monate in Anspruch nimmt. Im Jahr 2028 wird die Bundesnetzagentur die zu vergebenden Funkfrequenzen im 2-Meter-Band neu sortieren, den Kanalabstand ändern und damit neue Frequenzen festlegen. Wer bis dahin eine neue Lösung für das heutige analoge Funken in diesem Bereich benötigt, sollte jetzt starten.

**Literatur/Anmerkungen**

- [1] Zum Beispiel heise investigativ vom 7.12.2022.
- [2] heise investigativ 2022: Viele Ampeln sind per Funk einfach manipulierbar [www.heise.de/hintergrund/heise-Investigativ-Viele-Ampeln-sind-per-Funk-einfach-manipulierbar-7367885.html](http://www.heise.de/hintergrund/heise-Investigativ-Viele-Ampeln-sind-per-Funk-einfach-manipulierbar-7367885.html), 4.2.2023 um 16:35h.
- [3] Europäisches Parlament: BERICHT über eine europäische Strategie für kooperative intelligente Verkehrssysteme. [www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0036\\_DE.html?redirect](http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2018-0036_DE.html?redirect), 4.2.2023 um 16:40h.
- [4] BAST: Bundesanstalt für Straßenwesen: [www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/2022-2021/2022-02.html](http://www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/2022-2021/2022-02.html) C2X-basierte Priorisierung des öffentlichen Verkehrs an Lichtsignalanlagen, 4.2.2023 um 16:30h

**Zusammenfassung/Summary**

**Beschleunigt, bitte!**

Vierzig Jahre nach der Einführung der analogen Funkanforderung zur Beschleunigung von Bussen und Bahnen mittels der R09.1x-Datentelegrammfamilie ist es an der Zeit, eine Nachfolgetechnologie einzuführen. Mit der Hilfe von C-ITS-Komponenten (kooperative intelligente Verkehrssysteme) und Infrastruktur-Kommunikation (V2X-Communication) steht eine spannende und leistungsfähige Technologie zur Verfügung. Doch es ist nicht nur der einfache Austausch der Übertragungstechnik vom frequenzmodulierten Analogfunk hin zum zertifikatsbasierten Digitalfunk, der ansteht. Es ist an der Zeit, den Paradigmenwechsel von einem meldepunktorientierten, ortsbezogenen Verfahren hin zu einer fahrzeugautonomen signalgruppenorientierten Anforderung anzutreten. Hierzu gehört neben etwas Mut und einem langen Atem auch eine gute Migrationsstrategie.

**Please, accelerate!**

Forty years after the implementation of the analogue radio requirement to accelerate rail and buses via R09.1xdata telegram family, it is now time to implement a follow-up technology. With the help of C-ITS-components (cooperative intelligent transport systems) and infrastructure communication (V2X-communication), an exciting and powerful technology is available. But it is not only the simple exchange of transmission technology from frequency-modulated analogue radio to certificate-based digital radio which is on the agenda. It is now time, to start a paradigm change from a reporting point-oriented location-based procedure to a vehicle autonomous signal-group requirement. Besides some courage and patience, this also requires a good migration strategy.