

Thorsten Haag

Brandamtsrat

Berufsfeuerwehr Wiesbaden

Reduzierung von Eintreffzeiten durch verkehrsbeeinflussende Maßnahmen

Facharbeit gemäß § 21 VAP2.2-Feu NRW

Wiesbaden, 08.08.2020

Aufgabenstellung

Reduzierung von Eintreffzeiten durch verkehrsbeeinflussende Maßnahmen

Die Eintreffzeit der Feuerwehr, die gemäß AGBF-Schutzziel max. 8 Minuten betragen soll, kann auch durch Maßnahmen zur Beeinflussung des Straßenverkehrs verringert werden. Stellen Sie den aktuellen Stand von Forschung und Technik zu diesem Thema dar und bewerten Sie, welche dieser Maßnahmen sich aus Sicht einer kommunalen Feuerwehr am besten eignen, um den Grad der Schutzzieleerreichung zu verbessern.

Hinweis:

In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich eingeschlossen, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Kurzfassung

Die Anfahrtszeit der Einsatzkräfte zur Einsatzstelle ist Bestandteil der Hilfsfrist. Diese wird zwar in den einzelnen Ländern unterschiedlich definiert, ist aber immer ein Merkmal der Qualitätssicherung. Mit zunehmender Verkehrsdichte in den Städten sowie durch städtebauliche Veränderungen verlängert sich die Fahrzeit zur Einsatzstelle trotz Inanspruchnahme von Sonder- und Wegerechten, vor allem zu den Hauptverkehrszeiten, teilweise erheblich. Nach eigener Feststellung bleiben die Einsatzfahrzeuge im Rückstau vor Ampeln und Hindernissen regelrecht stecken oder müssen bei Rotlicht an der Kreuzung stehen bleiben, da Verkehrsteilnehmer im Querverkehr die Einsatzfahrzeuge zu spät erkannt haben.

Die vorliegende Facharbeit beschäftigt sich deshalb mit der Thematik der Reduzierung von Anfahrtszeiten, als zentraler Bestandteil der Eintreffzeit. Hierzu wird der aktuelle Stand aus Forschung und Technik beleuchtet und dabei der Fokus auf die baulichen und technischen Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung gelegt. Hierbei werden insbesondere Anlagen zur Verkehrsbeeinflussung durch Lichtsignalanlagen (LSA) betrachtet und sowohl die bereits existierenden Versuchsanlagen verschiedener Hersteller als auch die zwei aktuelle Forschungsprojekte SIRENE und HALI aus diesem Bereich beleuchtet. Die in den Recherchen bei Herstellern und Verkehrsexperten gewonnenen Erkenntnisse werden durch den Erfahrungsbericht einer Kommune mit einer solchen Anlage ergänzt und zu einem Gesamtbild zusammengeführt, das den momentanen Sachstand widerspiegelt. Alle Erkenntnisse und aktuellen Erfahrungen werden zur Beurteilung der Frage nach einem relevanten Zeitgewinn durch den Einsatz derartiger Maßnahmen herangezogen.

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Aufbau der Arbeit und Methoden	2
3	Theoretischer Hintergrund.....	3
3.1	Die Hilfsfrist als wesentliches Qualitätskriterium	3
3.2	Einflussfaktoren auf die Anfahrtszeit	5
4	Verkehrsbeeinflussende Maßnahmen zur Reduktion der Anfahrtszeit.....	6
4.1	Bauliche Maßnahmen	6
4.2	Technische Maßnahmen.....	8
5	Stand von Forschung und Technik.....	10
5.1	Aktuelle Technik zur Beeinflussung von Lichtsignalanlagen	10
5.1.1	Statische Systeme.....	10
5.1.2	Dynamische Systeme.....	11
5.2	Forschungsprojekte.....	14
5.2.1	Forschungsprojekt SIRENE.....	14
5.2.2	Forschungsprojekt HALI	15
6	Bewertung der Maßnahmen.....	17
7	Zusammenfassung und Ausblick	21
	Literaturverzeichnis.....	23
	Abbildungsverzeichnis	25
	Abkürzungsverzeichnis	26
	Eidesstattliche Erklärung	27

1 Einleitung

Die vielfältigen Aufgaben der Feuerwehr haben sich, ähnlich wie bei Polizei und anderen Hilfsorganisationen, die alle unter der Abkürzung BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben) zusammengefasst werden, in den letzten Jahren stetig verändert. Moderne Fahrzeugtechnik, innovative Rettungs- und Schutzausrüstung und neue Verfahrensweisen im Einsatz bei Brandbekämpfung, Hilfeleistung, medizinischer Versorgung, aber auch bei der Verfolgung von Straftaten haben Einfluss auf die tägliche Einsatzpraxis.

Die verschiedenen Innovationen dienen den BOS unter anderem dazu, die Erreichung der Schutzziele zu verbessern, u. a. durch die Reduktion der Eintreffzeit an der Einsatzstelle. Zu Beginn eines Einsatzes zählt jedoch nicht nur die Schnelligkeit, auch das sichere Eintreffen der Retter am Einsatzort ist entscheidend. Nicht selten werden Einsatzfahrzeuge in Unfälle mit anderen Verkehrsteilnehmern verwickelt. Eine Studie der Bundesanstalt für Straßenwesen (BOCKTING 2007) belegt, dass Fahrer von Einsatzfahrzeugen während einer Einsatzfahrt einem achtfach höheren Risiko ausgesetzt sind, in einen Unfall mit Schwerverletzten verwickelt zu werden. Für Einsatzkräfte ist die Vorstellung, infolge eines Unfalls selbst Hilfe zu benötigen, aus Sicht des Verfassers, unerträglich.

Ein nicht unerhebliches Augenmerk bei der stetigen Verbesserung von Einsatztechnik und -taktik muss deshalb auch auf die Anfahrt zur Einsatzstelle gerichtet werden. Schnelligkeit und Sicherheit hängen dabei wesentlich vom Verkehrsaufkommen ab und sind deshalb insbesondere im städtischen Verkehr ein bedeutender Faktor. Der größte Verkehrszuwachs ist in den Großstädten bzw. Ballungsgebieten zu verzeichnen (vgl. UMWELTBUNDESAMT 2020). Dies liegt u. a. an der Verfügbarkeit von Arbeitsplätzen, Studienangeboten, den Angeboten an Freizeitaktivitäten und einer zumeist höheren Lebensqualität. Eine zunehmende Verstädterung, ein höherer Anspruch der Menschen an die persönliche Mobilität prägen diesen Effekt und machen das Thema Verkehrsbeeinflussung auf Einsatzfahrten zu einem vielfältigen Forschungsbereich.

Um eine möglichst optimale Reaktion auf ein Hilfeersuchen sicherzustellen, wird in den meisten Rettungsleitstellen die Alarm- und Ausrückeordnung mit Softwaresystemen so umgesetzt, dass möglichst die Einsatzmittel alarmiert werden, die den Einsatzort innerhalb der gesetzlich vorgeschriebenen Hilfsfrist erreichen können. Einige der Faktoren, die den Zeitbedarf der anschließenden Einsatzfahrt beeinflussen, können aktuell dabei nur unzureichend berücksichtigt werden. Hierzu gehören z. B. Staus durch erhöhtes Verkehrsaufkommen, Baustellen und sonstige Verkehrsbehinderungen, wie Demonstrationen sowie witterungsbedingte Störungen. Intelligente Systeme, die Fahrer von Einsatzfahrzeugen unterstützen und dabei sowohl die Schnelligkeit als auch die Sicherheit verbessern, sind deshalb zukunftsorientierte Mittel, den Grad der Schutzzieleerreichung zu verbessern.

2 Aufbau der Arbeit und Methoden

Im ersten Kapitel der vorliegenden Facharbeit erfolgte eine erste fachliche Einordnung des Themas durch den Verfasser. Insbesondere lässt sich hier sowohl der Wunsch der Feuerwehren nach stetiger Optimierung ihrer Einsatzfähigkeit sowie des Zielerreichungsgrades bei der Hilfsfrist, als auch das bemerkenswerte Innovationspotential in Forschung und Technik, erkennen.

Im vorliegenden Kapitel soll der grundsätzliche Aufbau der Facharbeit skizziert und zugleich ein Ausblick auf das methodische Vorgehen bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung gegeben werden. Hierzu lässt sich ergänzen, dass der aktuelle Prüfungsjahrgang den rahmengebenden Aufbau aller vorgelegten Facharbeiten harmonisiert hat, um dem Leser die schnelle Orientierung zwischen den einzelnen Fachbeiträgen zu erleichtern.

In Kapitel drei soll die durch die Aufgabenstellung vorgegebene und als technischer Standard etablierte Empfehlung der Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten (AGBF BUND 2015:1) im Hinblick auf den eingeführten Begriff der „Eintreffzeit“ einer notwendigen und weiterführenden Betrachtung unterzogen werden.

Im weiteren Vorgehen (Kapitel 4) werden die zunächst in einer Internetrecherche ermittelten Einzelmaßnahmen zur Beeinflussung des Straßenverkehrs, die im Anschluss im Dialog mit Herstellern, anwendenden Kommunen und Feuerwehren, sowie mit dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Institut für Verkehrsforschung) aufgegriffen und vertieft wurden, zusammengefasst. Im nächsten Schritt wird der aktuelle Stand von Forschung und Technik sachlogisch folgend beschrieben und dabei der Fokus auf die Beeinflussung von Lichtsignalanlagen gelegt. Mit Vorstellung der beiden, für die Aufgabenstellung der vorliegenden Facharbeit maßgeblichen, nationalen Forschungsprojekte schließt das fünfte Kapitel ab.

In Kapitel sechs bewertet der Verfasser in einem abschließenden Schritt die Ergebnisse hinsichtlich des praktischen Nutzens der angebotenen bzw. in Entwicklung befindlichen technischen Lösungen für die Feuerwehr einer Kommune. Die Arbeit endet im siebten Kapitel mit einem persönlichen Fazit sowie einem Ausblick auf zukünftige Entwicklungen im Bereich der verkehrsbeeinflussenden Maßnahmen.

3 Theoretischer Hintergrund

Die Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren (AGBF Bund) hat bereits im September 1998 und mit Fortschreibung im November 2015, die Empfehlung Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten (vgl. AGBF 2015) veröffentlicht. In diesem als technischer Standard etablierten Papier wird die Hilfsfrist als eines von vier wesentlichen Qualitätskriterien benannt (AGBF 2015: 1). Dieser allgemeinen Feststellung musste der Verfasser der vorliegenden Facharbeit sachlogisch Rechnung tragen und den mit der Aufgabenstellung eingeführten Begriff „Eintreffzeit“ einer notwendig gewordenen und weiterführenden Betrachtung unterziehen.

3.1 Die Hilfsfrist als wesentliches Qualitätskriterium

In dem Empfehlungspapier der AGBF wird Folgendes zitiert:

„[...] Die Erfahrungen der Feuerwehren mit kritischen Wohnungsbränden zeigen, dass Personen- und Sachschäden mit zunehmender Entwicklungsdauer des Brandes exponentiell zunehmen [...]“ (AGBF 2015: 2).

Im Rahmen ihrer Ausführungen zur Funktionsstärke¹ bietet die AGBF Bund in ihrem zuvor zitierten Papier eine graphische Darstellung an, aus welcher sich ein gemeinsamer Zeitraum für die Alarmierung und Anfahrt der ersten zehn Funktionen ablesen lässt. Dieser wird mit acht Minuten dimensioniert und dient dem Verfasser der vorliegenden Facharbeit als Referenzwert für den mit der Aufgabenstellung eingeführten Begriff „Eintreffzeit“ sowie seiner Quantifizierung.

Gestützt wird diese fundamentale Annahme durch die unter dem Gliederungspunkt „Hilfsfrist“ definierten Zeitpunkte und den sich daraus ergebenden Zeitabschnitten der benannten Quelle (vgl. AGBF 2015: 2). Die Zeitpunkte „Alarmierung der Einsatzkräfte“ (Punkt 5) und „Ausrücken der Einsatzkräfte“ (Punkt 6) begrenzen dabei den Zeitabschnitt „Ausrückezeit“ und die Punkte 6 und 7 (Eintreffen der Einsatzkräfte) den Zeitabschnitt „Anfahrtszeit“. Damit sind definitionsgemäß die rahmengebenden Parameter des zuvor eingeführten Referenzwertes eingehalten.

Gemäß der Aufgabenstellung der vorliegenden Facharbeit ist bei der thematischen Auseinandersetzung jedoch nur auf solche Maßnahmen abzustellen, die eine Beeinflussung des Straßenverkehrs darstellen. Demnach müssen sich sämtliche nachfolgenden Bemühungen auf eine Auseinandersetzung mit dem Zeitabschnitt „Anfahrtszeit“ konzentrieren.

In den einzelnen Ländern werden die Hilfsfristen unterschiedlich definiert und sind lediglich in fünf Ländern in einen Rechtsrahmen gefasst (vgl. Abbildung 1). Nach ihr richtet sich u. a. die Dichte des Netzes an Feuerwehrstandorten sowie die Personal- und Einsatzmittelvorhaltung. Aus Abbildung 1 lassen sich dazu die länderspezifischen Dimensionierungen der Hilfsfristen entnehmen.

¹ Angabe einer notwendigen Anzahl an Einsatzpersonal (Einsatzfunktionen) (vgl. AGBF 2015, S. 3)

Dabei lässt sich die Hilfsfrist in drei wesentliche Zeitabschnitte unterteilen:

- die Gesprächs- und Dispositionszeit in der Leitstelle
- die Ausrückezeit der Einsatzkräfte
- und die Anfahrtszeit bis zum Einsatzort (vgl. AGBF 2015: 3)

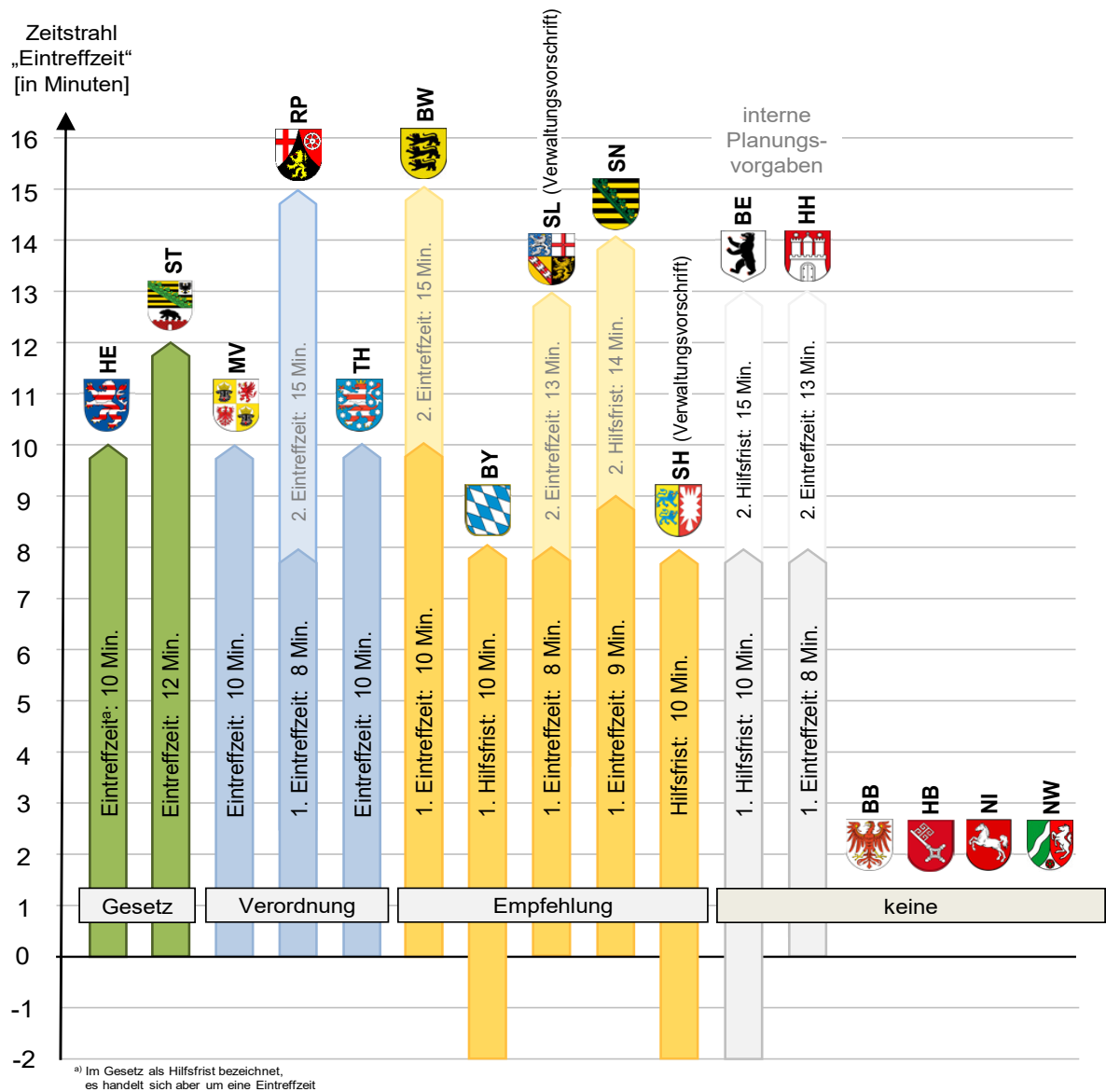


Abbildung 1: Gegenüberstellung der gesetzlichen Grundlagen zur Hilfsfrist (LINDEMANN 2020)

3.2 Einflussfaktoren auf die Anfahrtszeit

Die Länge der Anfahrtszeit wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst. Exemplarisch ist dies die Uhrzeit des Alarms, da sich die Verkehrslage tagsüber wesentlich von der Nachtzeit unterscheidet. Insbesondere in der Hauptverkehrszeit im urbanen Raum (Rushhour) wird sich die Anfahrtszeit der Rettungskräfte erhöhen, so die Erfahrung des Verfassers. Aber auch die Anzahl von notwendigen Brems- und Beschleunigungsvorgängen, z. B. an Kreuzungen und Lichtsignalanlagen (LSA), zählt zu diesen Einflussfaktoren.

Der Ausgleich eines Zeitverlustes bei der Anfahrtszeit ist nur mit erhöhtem Aufwand an Personal und Gerät umsetzbar. So müssten z. B. die Abstände von Feuer- und Rettungswachen verringert bzw. die Anzahl erhöht werden. Da dies aus wirtschaftlichen Gründen zumeist ausscheidet, müssen alternative Möglichkeiten zur Verbesserung der Anfahrtszeit in Betracht gezogen werden.

Auch der Empfehlung der AGBF Bund für Qualitätskriterien für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten ist der Hinweis zu entnehmen, dass der Erreichungsgrad² des Qualitätskriteriums „Hilfsfrist“ abhängig von Verkehrseinflüssen ist (vgl. AGBF 2015: 4). Dazu weist sie die Anfahrtszeit als einen von der Feuerwehr „[...] beeinflussbaren und dokumentierbaren [...]“ Zeitabschnitt explizit aus (AGBF 2015: 3).

² „[...] Prozentualer Anteil der Einsätze [...] bei dem die Zielgröße [...] eingehalten wird.“ (AGBF, S. 4). Dabei ist der Erreichungsgrad Gegenstand eines politischen Beschlusses (vgl. AGBF, S. 4).

4 Verkehrsbeeinflussende Maßnahmen zur Reduktion der Anfahrtszeit

Im Rahmen der kommunalen Verkehrsentwicklungsplanung werden Entscheidungen und Maßnahmen getroffen, die das Verkehrsgeschehen einer Kommune maßgeblich beeinflussen. Der aktuelle Trend geht dabei dahin, dass der Individualverkehr (Pkw und Lkw) soweit als möglich aus den Innenstädten herausgenommen wird, um so mehr Raum für andere Fortbewegungsarten, z. B. den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV), sowie für Fuß- und Radwege zu schaffen (vgl. BMZ 2020).

Aus Sicht einer kommunalen Feuerwehr müssen Verkehrsentwicklungsplanungen für Verkehrsbewegungen und -umstrukturierungen deshalb gemeinsam mit allen beteiligten Institutionen abgestimmt werden, um eine Optimierung der Anfahrtszeit für Einsatzfahrzeuge zu erreichen. Eine Rechtsvorschrift für die kommunale Verkehrsentwicklungsplanung existiert bisher nicht. Diesbezügliche Vorstöße sind unter Experten umstritten (vgl. UMWELTBUNDESAMT 2020).

Um den Grad der Schutzzielerreichung für die Feuerwehr zu verbessern, können verkehrsbeeinflussende Maßnahmen in die Kategorien organisatorisch, baulich und technisch gegliedert werden. Da aufgrund der Aufgabenstellung zur Reduzierung der Anfahrtszeit tatsächlich nur bauliche und technische Maßnahmen eine wesentliche Rolle spielen, werden hier exemplarisch nur einige organisatorische Maßnahmen aufgeführt, die durch Regelungen bei Ausbildung und Einsatzorganisation Einfluss auf die Anfahrtszeit an der Einsatzstelle nehmen können.

- Verkürzung der Ausrückezeit durch Voralarm, effektiver Zeitvorteil bis zu 60 Sekunden (HESSEMER 2013).
- Senkung des Unfallrisikos bei Einsatzfahrten durch modulare Fahrerschulung mit einem simulierten Fahrsicherheitstraining (VFDB 2017).
- Fortführung der Öffentlichkeitskampagnen der Innenministerien zur Vorbereitung der Rettungsgassen (vgl. HMDIS 2018).
- Einführung eines generellen Überholverbotes für Lkw bei Staubildung auf Bundesautobahnen (BAB) durch den Gesetzgeber.

4.1 Bauliche Maßnahmen

Die Erstellung von urbanen Mobilitätsplänen in den Städten und deren Fortschreibung, gewinnt für Städte, die eine nachhaltige urbane Mobilitätsplanung betreiben, immer mehr an Bedeutung. Sie sind für moderne Kommunen innovativ und zukunftsorientiert (vgl. BMZ 2014). Auch wenn die Gestaltung der Infrastruktur der Verkehrswege zum Teil nachteilige Auswirkungen auf die Belange der Feuerwehr hat, erkennt diese zumeist die berechtigten Anliegen der Städteplaner an. Es ist dabei nicht von der Hand zu weisen, dass z. B. aufgrund von Verkehrsberuhigungsmaßnahmen unter anderem eine Senkung der Unfallzahlen erreicht wurde und somit ein hohes Ziel, der Schutz von Leben und Gesundheit der Bürger, erreicht wird (vgl. FRÖHLEN 2010). Gerade weil ein nachhaltiger urbaner Mobilitätsplan auf bestehenden Planungsdokumenten aufgebaut wird, müssen alle Verantwortlichen, so auch die Feuerwehr, bei der Strategie

„kommunales Mobilitätsmanagement“ mit einbezogen werden (vgl. LANDESREGIERUNG NRW 2018).

Dabei ist es unbestritten, dass vorhandene Busspuren in Zukunft z. B. als „Umweltspuren“ für Busse und Fahrräder weiter ausgebaut und umfunktioniert werden können. Im Kontext der Feuerwehr kann hierbei sogar ein Synergieeffekt erzielt werden. So besteht für Einsatzfahrzeuge die Möglichkeit, diesen Fahrstreifen bei Einsatzfahrten mitzubenutzen. Diese Idee, die in Deutschland zunehmend an Bedeutung gewinnt, findet ihren Ursprung in den Großstädten der USA, wo diese Art des städtebaulichen und verkehrstechnischen Doppelnutzens schon seit Jahren praktiziert wird. Die speziellen Fahrspuren („Fire-Lanes“), die auch von schwächeren Verkehrsteilnehmern, wie Fahrradfahrern, mitbenutzt werden dürfen, haben sich bewährt und sind aus den US-amerikanischen Städten kaum weg zu denken.

Auch die (versuchsweise) autonome Steuerung von Fahrzeugen (wie z. B. City-Bussen) wird sich in modernen Großstädten zukünftig noch verstärken (vgl. BMZ 2020). Aus dieser Betrachtung heraus muss berücksichtigt werden, dass für die dafür benötigten baulichen Strukturen, wie Ausweichbuchten, erstellt werden, an denen Rettungsfahrzeugen Vorrang gewährt werden kann.

Einen weiteren kritischen Punkt bei Einsatzfahrten, insbesondere unter Inanspruchnahme von Sonder- und Wegerechten, stellen Kreuzungen dar, an denen der Querverkehr bevorzugt ist. Ausweichmanöver, starkes Abbremsen oder gar Auffahrunfälle im Querverkehr sind auch hier häufig die Folge von übersehenen Einsatzfahrzeugen oder Fehlreaktionen der Verkehrsteilnehmer. Dem Verfasser ist bewusst, dass die Anzahl dieser Konfliktpunkte in einem Kreisverkehr weitaus geringer sind. Zudem bleibt dort auch ein gewisser Verkehrsfluss erhalten, was Kreisverkehre grundsätzlich wirtschaftlicher abschneiden lässt als gewöhnliche Kreuzungen (DLR VERKEHR 2020). Aus Sicht der Feuerwehr sollte bei der Errichtung eines Kreisverkehrs jedoch ein Überfahren der Insel möglich sein, um enge Kurvenradien bei erhöhter Geschwindigkeit zu vermeiden.

Gleiches gilt in verkehrsberuhigten Zonen, die durch Hindernisse für die Einfahrt von Kraftfahrzeugen gesperrt sind. Hier müssen die Belange der kommunalen Feuerwehr berücksichtigt werden. Hierzu zählt beispielsweise die Möglichkeit, Hindernisse durch die Rettungskräfte versenkbar zu gestalten. Damit ließe sich ein weiträumiges Umfahren des verkehrsberuhigten Gebietes umgehen und die Anfahrtszeit verkürzen.

In Großstädten erleben derzeit Straßenbahnen eine verkehrstechnische Renaissance. Ihr Netz wird weiter ausgebaut und modernisiert. Dieser Umstand muss nicht zwangsläufig von Nachteil für Einsatzfahrzeuge sein. Wenn die Feuerwehren frühzeitig in die Planungen eingebunden werden, kann ein vorteilhafter Verlauf des Gleisbettes mittig zwischen den Richtungsfahrbahnen geplant werden, der ohne Höhenversatz zur Straße verläuft und somit von Einsatzfahrzeugen befahren werden kann. Gesamtheitlich lassen sich bauliche Maßnahmen zur Reduzierung der Anfahrtszeit für die Feuerwehr nur langfristig verwirklichen (HAAG 2010).

4.2 Technische Maßnahmen

Grundsätzlich ist auch eine Reihe von technischen Möglichkeiten vorhanden, die den Fahrzeugen von Feuerwehr und Rettungsdienst ermöglichen, Einfluss auf den Straßenverkehr zu nehmen. Im weitesten Sinne könnte man hierzu auch Blaulicht und Martinshorn der Einsatzfahrzeuge zählen, die allen Verkehrsteilnehmern signalisieren, „sofort freie Bahn zu schaffen“ (BMVI 2020a).

Blaulicht und Martinshorn stellen demnach eine sehr einfache Variante der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation dar, die auch als car2car- (c2c) bzw. vehicle2vehicle- (v2v) Kommunikation bezeichnet wird. Komplexere Systeme, die Daten zwischen Fahrzeugen austauschen, sind Gegenstand der aktuellen Fahrzeugentwicklung und ermöglichen perspektivisch auch den automatischen Austausch kritischer Informationen (z. B. bei der Annäherung an eine Gefahrenstelle). Die Fahrzeuge kommunizieren dabei jedoch nicht akustisch, sondern mit Hilfe moderner Kommunikationsstandards, wie beispielsweise einer drahtlosen Netzwerkverbindung (WLAN) oder über das Mobilfunknetz.

Ein weiteres Beispiel für eine einfache Fahrzeug-zu-Fahrzeug Kommunikation ist ein Pilotprojekt im Land Hessen, welches im August 2018 gestartet wurde. Bei diesem Projekt werden Lkw-Fahrer über CB-Funk in acht Sprachen gleichzeitig vor herannahenden Einsatzfahrzeugen gewarnt, so dass genügend Zeit zum Wiedereinscheren und zur Bildung einer Rettungsgasse bleibt. Die entsprechenden Sender sind in den Einsatzfahrzeugen fest verbaut und senden die Nachricht „Achtung! Bilden Sie eine Rettungsgasse, es folgen Einsatzfahrzeuge!“ selbständig und gleichzeitig in Dauerschleife über die acht international gängigen CB-Kanäle aus (HMDIS 2018).

Für Fahrzeuge der BOS können sich aus der in der Entwicklung befindlichen digitalen car2car-Kommunikation diverse Möglichkeiten ergeben, die Anfahrtszeit zu verkürzen. Hierzu zählt beispielsweise die Möglichkeit, ein „digitale Blaulicht“ einzuschalten, um so den vorausfahrenden Verkehr auf ein sich näherndes Sonderrechtsfahrzeug hinzuweisen. Entsprechende Ideen werden bei den Fahrzeugherstellern schon seit etlichen Jahren vorangetrieben (vgl. Abbildung 2) und sind auch Gegenstand der aktuellen Forschung (vgl. Kap. 5.2). Eine Markteinführung, geschweige denn eine Marktdurchdringungen entsprechender Systeme ist aber derzeit noch nicht absehbar.



Abbildung 2: Beispiel für Fahrzeug-zu-Fahrzeug (car2car) Kommunikation (DAIMLER AG 2020)

Ebenso ist es möglich, dass Einsatzfahrzeuge nicht nur mit anderen Fahrzeugen, sondern auch mit der Umwelt bzw. Infrastruktur kommunizieren, beispielsweise mit Lichtsignal- oder anderen Verkehrsbeeinflussungsanlagen. Dies wird als Fahrzeug-zu-Umwelt-Kommunikation (auch car2x, c2x, v2x) bezeichnet, wobei die o. g. Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation ein Sonderfall der car2x Kommunikation darstellt.

Eine Kommunikation von Fahrzeugen mit der Infrastruktur ist ebenfalls nicht neu. Bereits seit etlichen Jahren werden solche Systeme beispielsweise in Fahrzeugen der ÖPNV eingesetzt, um Busse und Straßenbahnen an Lichtsignalanlagen (LSA) gegenüber dem Individualverkehr zu bevorzugen. Hierbei erhält der ÖPNV das Vorrecht, das Grünsignal oder eine verlängerte Grünphase anzufordern. Ziel dieser Bevorrechtigung ist, dass die Verkehrsmittel des ÖPNV möglichst Fahrplankonform ihre Haltestellen erreichen.



Abbildung 3: Beispiel für Fahrzeug-zu-Infrastruktur Car2X Kommunikation (Daimler AG 2020)

Ähnliche Bevorrechtigungstechniken können heute auch bei der Feuerwehr und dem Rettungsdienst eingesetzt werden, wobei die Zielsetzung hier eine andere ist. Der Zeitvorteil durch die „grüne Welle“ soll zu einer höheren Durchschnittsgeschwindigkeit und damit zu einer Verkürzung der Anfahrtszeit führen. Gleichzeitig ist das Einfahren in Ampelkreuzungen beim Signal „rot“ auch immer mit einem erhöhten Unfallrisiko verbunden, welche durch eine Einflussnahme auf die Ampelphasen reduziert werden kann.

Parallel hierzu kann die rechtzeitige Beeinflussung einer LSA auch dafür sorgen, dass der Rückstau vor der Ampelanlage schon vor dem Eintreffen der Fahrzeuge abgeflossen ist oder zumindest einzelne Fahrspuren geräumt wurden. Die Eingriffe in die Steuerung der LSA sind dabei komplexer, als es auf den ersten Blick erscheint, da beispielsweise tageszeitabhängige Schwankungen in der Länge des Rückstaus vor der LSA auftreten, die berücksichtigt werden müssen, wenn der Verkehr gänzlich abfließen soll.

Aus technischer Sicht bestehen diverse Möglichkeiten, die Bevorrechtigungen von Fahrzeugen der Feuerwehr- und des Rettungsdienstes an LSA umzusetzen. Diese Möglichkeiten werden im Kapitel 5 ausführlich dargestellt.

5 Stand von Forschung und Technik

Im folgenden Kapitel wird der Stand von Forschung und Technik im Hinblick auf die Beeinflussung des Straßenverkehrs dargestellt. Der Fokus liegt dabei auf Systemen, die insbesondere dazu dienen, durch die Einwirkung auf die Steuerung von Lichtsignalanlagen (LSA) eine kürzere Anfahrtszeit der Einsatzkräfte zu erzielen. Neben auf dem Markt erhältlichen Produkten werden hierzu auch zwei aktuelle Forschungsprojekte vorgestellt.

5.1 Aktuelle Technik zur Beeinflussung von Lichtsignalanlagen

Technische Systeme zur Bevorrechtigung von Einsatzfahrzeugen an LSA werden in unterschiedlicher Form bereits weltweit eingesetzt. Die Verfahren können dabei bezüglich ihrer Steuerstrategie in statische und dynamische Systeme eingeteilt werden. Bei den dynamischen Systemen gibt es zudem unterschiedliche Möglichkeiten, wie die Anmeldung für eine Bevorrechtigung an den betroffenen LSA erfolgen kann und über welche Kanäle dabei kommuniziert wird.

5.1.1 Statische Systeme

Bei statischen Systemen wird eine bestimmte Signalphase bzw. ein bestimmtes Signalbild (die „grüne Welle“) an einer oder mehreren LSA zentral angesteuert (z. B. von der Leitstelle). Damit wird für Einsatzfahrzeuge die priorisierte Überquerung von Kreuzungen auf vorher festgelegten und nicht veränderbaren Routen ermöglicht. Die Rücknahme des Steuerungseingriffs erfolgt dann nach einem festgelegten Zeitraum automatisch, per Knopfdruck oder durch Abmeldung des letzten Fahrzeugs.

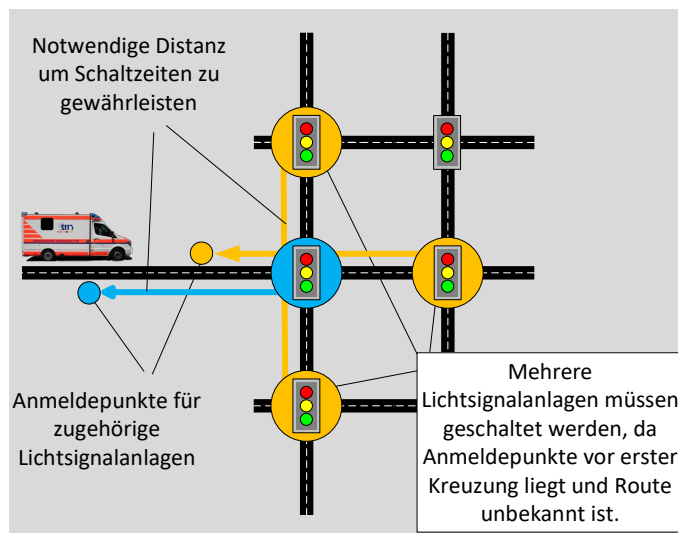
Das FEUDU-System (Feuerwehrdurchfahrtsprogramm) wurde bereits Mitte der 1960er Jahre von der Firma Siemens als statisches Bevorrechtigungssystem speziell für Feuerwehrfahrzeuge entwickelt. Hierbei werden die Hauptanfahrtsrouten von einer oder mehrerer Feuer- und Rettungswachen berücksichtigt. Dieses System findet nach wie vor bei einigen Feuerwehren Verwendung. Beispielsweise haben die Berufsfeuerwehr Nürnberg und die Stadt Bamberg die Anfahrtsrouten aller Feuerwachen mit FEUDU ausgestattet. (vgl. FRÖHLEN 2010).

Da Ausrücke- und Fahrzeiten entlang der festgelegten Fahrstrecke variabel sind, müssen die Eingriffszeiten in die LSA entlang der festgelegten Route einen Sicherheitspuffer enthalten und sind deshalb entsprechend lange programmiert. Hierdurch ergeben sich nicht unerhebliche Auswirkungen für den Querverkehr. Dies gilt auch für den Fall, wenn die Einsatzfahrzeuge nicht auf der geplanten Route fahren, dort aber trotzdem die Ampeln geschaltet werden.

5.1.2 Dynamische Systeme

Bei dynamischen Systemen wird die bevorrechtigende Signalphase mit der Überquerung eines definierten Anmeldepunktes (Position auf der Straße vor der LSA) durch das Einsatzfahrzeug bei der LSA automatisiert angefordert. Das Überqueren dieses Anmeldepunktes wird dabei technisch ermittelt, z. B. durch permanente Ortung des Fahrzeugs per Global Positioning System (GPS), wobei nachfolgend auch weitere mögliche Anmeldemethoden dargestellt werden.

Die Anmeldung eines sich nähernden Einsatzfahrzeugs kann entweder dezentral an der Steuerung der einzelnen Ampelanlage oder aber zentral an einem Steuerungsrechner/Verkehrsleitrechner aller LSA empfangen werden. Die Anmeldung an der LSA muss dabei mit einem gewissen Vorlauf erfolgen, damit ausreichend Zeit bleibt, um rechtskonform in den laufenden Signalzeitplan der Ampelanlage einzugreifen und den Fahrweg für das Einsatzfahrzeug auf Grün zu schalten, bevor dieses die Kreuzung erreicht hat.



Hieraus folgt, dass insbesondere im innerstädtischen Bereich mit kurz aufeinanderfolgenden LSA, ggf. auch auf LSA Einfluss genommen werden muss, die das Einsatzfahrzeug nicht mehr passiert, weil es vorher abbiegt. Dies hängt damit zusammen, dass der Anmeldepunkt der nächsten Ampel aufgrund der Vorlaufzeit vor der ersten Ampel liegt (siehe Abb. 4) und die Route des Einsatzfahrzeugs i. d. R. nicht bekannt ist (vgl. DAMM & KLEMMT 2019).

Abbildung 4: Funktionalität von Priorisierungssystemen (FW Braunschweig 2019)

Bezüglich der Übermittlung der Anmeldeanforderungen an die LSA gibt es verschiedene Lösungen, die nachfolgend aufgelistet sind:

Optische Anmeldung

Bei der optischen Anmeldung gibt ein am Fahrzeug montierter Sender ein fest kodiertes Blitz- oder Blinksignal (entweder im Bereich des sichtbaren Lichtes oder im Infrarotbereich) ab, welches von einem Empfänger an der LSA erkannt und in einen Schaltbefehl umgewandelt werden kann. Der Steuerimpuls kommt zustande, wenn eine Sichtverbindung zwischen dem am Mast der LSA montierten Empfänger und dem Sender besteht und die Codierung von Sender und Empfänger übereinstimmen.

Optische Systeme kommen insbesondere im nordamerikanischen Raum zum Einsatz, wo der Straßenverlauf oftmals gerade auf eine LSA zuläuft und das Straßennetz insgesamt geometrisch aufgebaut ist. Eine Anmeldung an speziellen Anmeldepunkten erfolgt bei diesem Verfahren nicht, da der Sender permanent eingeschaltet ist und die Anlage reagiert, wenn das Signal vom Empfänger erkannt wurde.

Akustische Anmeldung

Einsatzfahrzeuge geben während der Alarmfahrt ein charakteristisches Tonsignal (z. B. Martinhorn) ab. Somit kann eine LSA auch akustisch mittels tonabhängiger Detektion beeinflusst bzw. gesteuert werden. „THE SONEM 2000“ der Firma Traffic Systems LCC stellt ein solches System dar. Ein Richtmikrofon, welches in der Nähe der LSA eingerichtet ist, fängt das abgegebene Tonsignal des Einsatzfahrzeuges auf. Detektiert nun eine Auswertungssoftware eine berechnete Anforderung, wird über das Steuergerät der LSA auf Grün geschaltet. Die Abmeldung bzw. Rücknahme der Anforderung erfolgt über die Abschwächung des Tonsignals. Durch die Messung der Schallausbreitung kann die Fahrtrichtung der Einsatzfahrzeuge bestimmt werden. (FRÖHLEN 2010).

Eine Serienanwendung dieses oder anderer gleichartiger Systeme im deutschsprachigen Raum ist nicht bekannt, wenngleich sie den Vorteil hätten, dass am Sonderrechtsfahrzeug selbst keine Veränderung vorgenommen werden müssten und alle Fahrzeuge der BOS gleichermaßen Einfluss auf LSA nehmen könnten.

Satellitengestützte Anmeldung

Die modernste Art der Bevorrechtigung stellen satellitengestützte Systeme dar. Größter Vorteil dieser Technik ist die permanente Positionsbestimmung und die damit einhergehende Fahrtrichtungsbestimmung sowie die Möglichkeit, die Zeit bis zum Eintreffen an der LSA zu bestimmen. Außerdem ist es bei diesen Systemen nicht erforderlich, am Anmeldepunkt spezielle Hardwarekomponenten zu installieren.

Die angebotenen Systeme unterscheiden sich im Wesentlichen in der Art der Übertragung der GPS-Daten und in der Ansteuerung der LSA. Lösungen werden sowohl von europäischen als auch von US-amerikanischen Herstellern angeboten, wobei nachfolgend aufgrund der besonderen Rahmenbedingung nur Produkte betrachtet werden, die für den deutschen Markt vorgesehen sind. Exemplarisch gehören hierzu:

- Traffic Green Light, Fa. Green Way System GmbH
- Sitraffic Stream, Fa. Siemens
- C-ITS/V2X, Fa. Swarco Traffic System GmbH
- STGPS FreeWay, Fa. Stührenberg GmbH.

Die Systeme verfügen i. d. R. über eine Fahrzeugeinheit „On-Board-Unit (OBU)“, in der per GPS die Fahrzeugposition bestimmt wird und die Kommunikation mit der Verkehrsinfrastruktur übernimmt. Relevante Positionen sind hierbei Vor- und Hauptanmeldepunkte bzw. Abmeldepunkte einzelner LSA. Bei einigen Produkten ist diese Einheit auch mit einem Navigationsgerät gekoppelt, so dass die Route des Einsatzfahrzeugs bekannt ist und nur Einfluss auf LSA auf dieser Route genommen wird (Traffic Green Light). Als OBU kann bei Sitraffic Stream System auch das System RescueTrack (Fa. Convexis) genutzt werden, welches bei vielen Feuerwehren und Rettungsdiensten bereits zur Ortung, Navigation und Einsatzdatenübermittlung eingesetzt wird. Hieraus ergibt sich der Vorteil, dass keine zusätzlichen OBUs eingebaut werden müssen.

Eine Beeinflussung der LSA erfolgt in der Regel nur bei Einsatzfahrten mit Sonderrechten. Meldet sich ein Einsatzfahrzeug an der LSA zur Bevorrechtigung an, wird das vorhandene Programm unterbrochen und ein spezieller Signalplan für die Feuerwehr gestartet, der im Vorfeld individuell von Verkehrsingenieuren erstellt werden muss. Häufig werden hierbei alle Richtungen auf Rot geschaltet, außer der Richtung, aus der sich das Einsatzfahrzeug nähert. Hierdurch werden ggf. auch Verkehrsströme behindert, die keinen Einfluss auf das Einsatzfahrzeug hätten (vgl. FRÖHLEN 2010).

Abhängig vom System kommuniziert die Fahrzeugeinheit entweder dezentral mit einer an der LSA angebauten Einheit, der sog. Road-Site-Unit (RSU), die dann an jeder zu beeinflussenden LSA montiert sein muss (C-ITS/V2X, STGPS FreeWay), oder aber direkt mit einem zentralen Verkehrsleitrechner, der wiederum Einfluss auf die Steuerung der einzelnen LSA nimmt (Sittraffic Stream). Dezentrale Systeme können mit Hilfe der erhältlichen RSUs an Ampelanlagen verschiedener Hersteller angebunden werden, während Sittraffic Stream nur mit zentral gesteuerten LSA aus dem Hause Siemens funktioniert und deshalb für Kommunen interessant ist, die ein bereits ein derartiges System von Ampelanlagen im Einsatz haben.

Die Kommunikation erfolgt dabei über verschiedene Kommunikationstechniken, beispielsweise Mobilfunk (GPRS, 3G, LTE), Bündelfunk/Betriebsfunk, WLAN oder Infrarot, wobei jede Technik individuelle Vor- und Nachteile hat (beispielsweise Reichweite, Übertragungsgeschwindigkeit etc.).

Grundsätzlich ist die Installation satellitengestützter Systeme zur Beeinflussung von Ampelanlagen mit einem erheblichen finanziellen Aufwand verbunden, was auch erklärt, warum derartige Systeme bei kommunalen Feuerwehren in Deutschland nur vereinzelt zum Einsatz kommen. Dieser folgt aus der Notwendigkeit zur Installation von Hardwarekomponenten (OBU, RSU) in Einsatzfahrzeugen und im System der Lichtsignalanlagen sowie aus der Notwendigkeit, spezielle Signalpläne für die Feuerwehr zu erstellen und an den einzelnen LSA zu implementieren.

Gleichzeitig sind die vorhandenen Systeme noch mit Nachteilen behaftet, da die Anmeldepunkte fest definiert sind und beispielsweise nicht berücksichtigen, ob der Rückstau vor einer roten Ampel lang oder kurz ist oder ob die Ampel beim Eintreffen des Einsatzfahrzeugs ohnehin Grün zeigen würde. Bei einem langen Rückstau wäre eine frühere Anmeldung hilfreich, damit der Verkehr abfließen kann, würde ohnehin Grün angezeigt, wäre überhaupt kein Eingriff erforderlich.

Außerdem wird bei den meisten Systemen die Route des Einsatzfahrzeugs nicht berücksichtigt, was dazu führt, dass ggf. auch Ampelanlagen beeinflusst werden, die durch das Einsatzfahrzeug gar nicht passiert werden.

5.2 Forschungsprojekte

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt Fachbereich Verkehr (DLR-Verkehr) arbeitet seit Jahren intensiv am Thema Bevorrechtigung an Lichtsignalanlagen (LSA) für Fahrzeuge der BOS. Aktuell beschäftigen sich zwei Forschungsprojekte des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) unter Federführung des DLR mit diesem Thema (vgl. VFDB 2019).

5.2.1 Forschungsprojekt SIRENE

Das Forschungsprojekt „SIRENE“ (Secure and Intelligent Road Emergency NEtwork) behandelt die gezielte Beschleunigung von Einsatzfahrzeugen im urbanen Umfeld durch die Beeinflussung von LSA in Kombination mit einem intelligenten Routing. An diesem Forschungsprojekt beteiligt sind unter anderem die Feuerwehr Braunschweig, DLR-Verkehr, diverse Gesellschaften für Verkehrsplanung sowie Verkehrs- und Kommunikationstechnik. Das Konsortium besteht seit September 2017 und wird vom BMVI finanziell gefördert. Die Projektlaufzeit wurde auf Ende 2020 terminiert. Die innovative Besonderheit des Forschungsprojektes ist die Kombination eines dynamischen Routings mit der Beeinflussung von LSA unter Nutzung moderner car2x Fahrzeugkommunikationstechnologie (WLAN).

Nach der Zuteilung eines Einsatzauftrags an ein Einsatzfahrzeug soll vom SIRENE-System zunächst die optimale Route zum Einsatzort berechnet werden. Das vom System errechnete Routing berücksichtigt dabei zum einen statische Hindernisse (z. B. Baustellen) aber auch die dynamische Verkehrslage (z. B. Staus). Die so ermittelte Route wird dem Einsatzfahrzeug übermittelt und auf dem Navigationsgerät angezeigt. Befährt das Einsatzfahrzeug diese Route, werden nur die entlang der Fahrstrecke gelegenen LSA geschaltet, der Verkehr auf den nicht vom Einsatzfahrzeug befahrenen Streckenabschnitten wird dadurch nicht unnötig belastet.

Außerdem wird im Rahmen des Projektes am zuvor erwähnten „digitalen Blaulicht“ geforscht, dass die Autofahrer durch eine Anzeige im Display des Armaturenbrettes auf ein sich näherndes Einsatzfahrzeug hinweist. Die Kommunikation erfolgt dabei über car2x-Kommunikation. Kündigt sich das Einsatzfahrzeug beispielsweise an einer LSA an, sendet diese wiederum eine Nachricht an die Fahrzeuge im Umfeld. So werden ausgestattete Fahrzeuge frühzeitig gewarnt, ggf. noch bevor sie ein Einsatzfahrzeug sehen oder hören und können hierdurch schneller ausweichen und eine Rettungsgasse bilden.

Das Testfeld ist darauf ausgerichtet, ein möglichst breites Spektrum an technischen Möglichkeiten zu untersuchen. Beim Projekt SIRENE sind dafür sowohl ein zentraler als auch ein dezentraler Steuerungsansatz im Systemdesign implementiert (vgl. Abbildung 5). Der zentrale Ansatz basiert auf der Ansteuerung der LSA über einen Verkehrsleitrechner. Dieser wiederum erhält die Information, wann welche LSA geschaltet werden muss, über die Schnittstelle zum SIRENE-Backbone. Unter Berücksichtigung der Verkehrslage führt dieser Backbone die Routenberechnung durch und überwacht die tatsächlich gefahrene Route des Einsatzfahrzeuges. Der dezentrale Ansatz basiert

auf einer direkten Kommunikation einer On-Board-Unit (OBU) im Einsatzfahrzeug mit der LSA zum Zweck der Anforderung einer Priorisierung. Straßenseitig sind die LSA zu diesem Zweck mit Road-Side-Units (RSU) ausgestattet, die auch Daten übertragen können um die Reichweite zu verlängern. Diese Möglichkeit wird „Hopping“ bezeichnet. Die direkte Kommunikation erfolgt über einen für die car2x-Kommunikation definierten WLAN-Standard.

Durch die Ausstattung der Einsatzfahrzeuge mit einer OBU wird sowohl eine Kommunikation mit dem SIRENE-Backbone als auch mit der straßenseitigen Infrastruktur ermöglicht. Parallel hierzu übernehmen die OBUs die Anzeige der Fahrtroute auf einem über WLAN verbundenen Tablet.

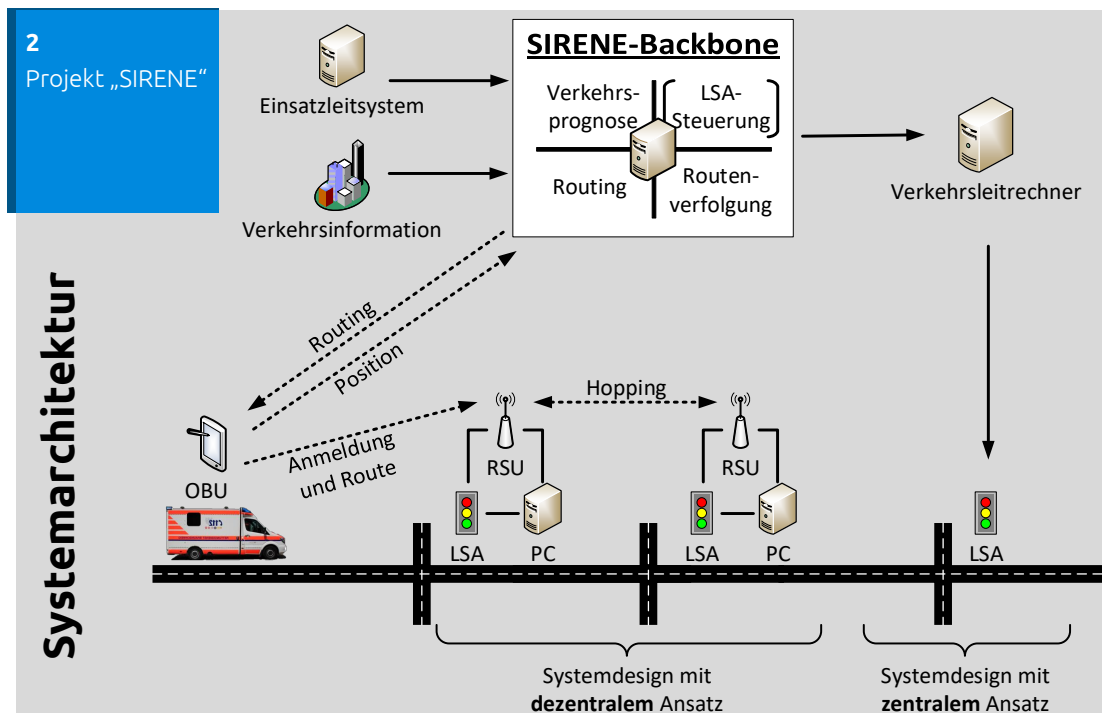


Abbildung 5: Systemarchitektur Forschungsprojekt SIRENE (DLR 2018)

Obwohl das Projekt SIRENE noch nicht abgeschlossen ist, kann bereits ein positives Zwischenergebnis formuliert werden: Die bisherigen Auswertungen zeigten, dass LSA-Priorisierungen für einzelne Kreuzungen zwar prozentual eine deutliche Zeitersparnis bedeutet, absolut gesehen aber nur einen recht moderaten Effekt hat. Um Einsatzfahrten signifikant zu beschleunigen, zeigte sich die Erforderlichkeit, ein Netz aus priorisierten LSA zu implementieren. Das SIRENE-System bietet genau hierfür eine Lösung, die zugleich den restlichen Verkehr nicht unnötig mit Störungen belastet (DLR 2018).

5.2.2 Forschungsprojekt HALI

Das Forschungsprojekt „HALI“ demonstriert die Vorteile der Beeinflussung von LSA durch Einsatzfahrzeuge in einem komplexen innerstädtischen und mit Verkehrsaufkommen hoch belasteten Testfeld in Berlin Moabit. HALI ist eine Abkürzung aus dem

Finnischen („Hälytys Ajoneuvojen Liikennevalvontatutetus“), was übersetzt „Ampelsteuerung für Einsatzfahrzeuge“ bedeutet. Eine Praxiserprobung wird dabei unter realen Einsatzbedingungen in Zusammenarbeit mit der Berliner Feuerwehr und der Polizei durchgeführt.

Eines der kennzeichnenden Elemente des HALI-Projektes ist, dass die notwendige Positionsbestimmung der Einsatzfahrzeuge nicht per GPS erfolgt, welches nach Angaben der Projektverantwortlichen in dicht bebauten Innenstadtbereichen aufgrund von Mehrwegeausbreitung und plötzlich auftretenden Abschattungen der Satellitensignale oftmals nicht hinreichend präzise sei. Die Positionssignale könnten zudem durch manipulative Eingriffe (sog. „Jamming“) gestört oder verfälscht (sog. „Spoofing“) werden. „HALI Berlin“ arbeitet daher auf Basis des Europäischen Satellitennavigationssystems Galileo und dessen PRS-Dienstes (Public Regulated Service), einem speziellen, kryptographisch geschützten Navigationsdienst, der u. a. Behörden mit Sicherheitsaufgaben zur Verfügung steht. (DLR-VERKEHR 2018).

Im innerstädtischen Testfeld Berlin Moabit wurden für das Projekt mehrere LSA technisch so angepasst, dass sie die Schaltanforderungen des HALI-Server empfangen können. Ein zentraler HALI-Server empfängt die Positionen der einzelnen Einsatzfahrzeuge und berechnet auf Basis der aus dem Einsatzleitrechner bekannten Zielorte dieser Fahrzeuge eine optimierte Routenempfehlung. Entlang der vorgeschlagenen Einsatzrouten werden die einzelnen LSA, in Abhängigkeit der aktuellen Fahrzeugpositionen, dynamisch und über mehrere Knotenpunkte hinweg vom HALI-Server zentral geschaltet, wobei sogar auf mögliche Abweichungen der Fahrzeuge vom Routenvorschlag reagiert werden kann. Eine Information der vorgeschlagenen Route wird den Einsatzkräften zudem, zusammen mit einer Bestätigungsmeldung der geschalteten Bevorrechtigungen, in das Fahrzeug übertragen.

Innerhalb des Projektes wird auch daran geforscht, die Anmeldung des Einsatzfahrzeugs noch dynamischer zu gestalten und dabei zu berücksichtigen, welche Ampelphase beim Eintreffen des Einsatzfahrzeugs gezeigt werden würde. Bei aktuellen Systemen erfolgt bei Annäherung eines Einsatzfahrzeugs durch den Start des Feuerwehrprogramms immer ein Steuerungseingriff. Dieser wäre ggf. nicht erforderlich, wenn bekannt ist, dass die LSA zum Zeitpunkt des Eintreffens des Einsatzfahrzeugs ohnehin Grün anzeigt.

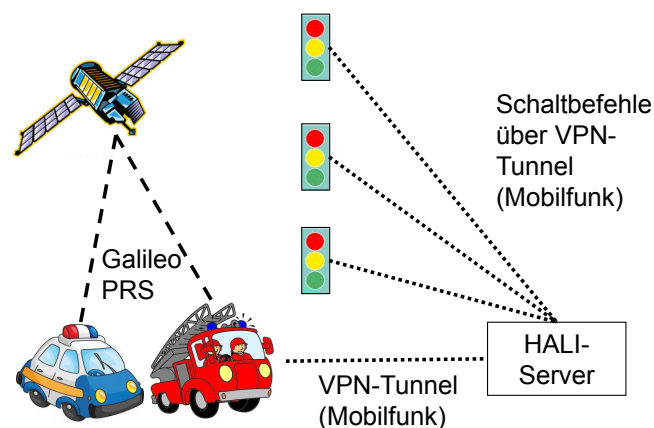


Abbildung 6: Darstellung der Komponenten des HALI-Gesamtsystems (DLR 2018)

6 Bewertung der Maßnahmen

Grundsätzlich gibt es für die Belange der BOS diverse Möglichkeiten, Einfluss auf den Straßenverkehr zu nehmen, um so die Anfahrtszeit zu reduzieren. Wie in Kapitel 4 dargestellt, sind dies neben den baulichen Maßnahmen aktuell insbesondere technische Systeme, die einen Einfluss auf Lichtsignalanlagen (LSA) entlang der Fahrstrecke der Einsatzfahrzeuge erlauben.

Der Einfluss für eine kommunale Feuerwehr auf bauliche Maßnahmen zur Verkehrsbeeinflussung ist grundsätzlich eher auf lange Sicht möglich und dann auch nur, wenn die Feuerwehr in diese Planungen überhaupt eingebunden wird. Aktuell versuchen viele Städte eher, den Individualverkehr durch verkehrsberuhigende Maßnahmen zu reduzieren und hierdurch für andere Verkehrsmittel attraktiver zu machen. In diesem Zielkonflikt wird es vielerorts nicht einfach sein, die Interessen der Feuerwehr angemessen zu berücksichtigen, wenngleich diese auch von sehr großer Bedeutung sind.

Betrachtet man eher einen kurzfristigen Zeitraum, ist es aus Sicht einer kommunalen Feuerwehr vermutlich einfacher, durch technische Maßnahmen Einfluss auf den Verkehr zu nehmen. In Ermangelung weiterer serienreifer Technik spielt im urbanen Umfeld dabei insbesondere die Einflussnahme auf die Steuerung von LSA die wesentliche Rolle. Perspektivisch ist zu erwarten, dass die Weiterentwicklung bei der Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Kommunikation weitere Möglichkeiten, wie beispielsweise das digitale Blaulicht, eröffnen wird.

Grundsätzlich stellt sich dabei die Frage, welcher Zeitvorteil sich durch die Beeinflussung von LSA überhaupt ergeben kann. FRÖHLEN (2010) betrachtete eine Hauptverkehrsstraße mit drei aufeinanderfolgenden Lichtsignalanlagen auf einer Gesamtstrecke von 1,4 Kilometern. In einer rechnerischen Betrachtung verglich er die Durchfahrtszeit eines Löschgruppenfahrzeugs in zwei verschiedenen Fällen. Im ersten Fall zeigte die erste LSA Grün und die beiden anderen LSA Rot. Im Fall zwei waren alle LSA Grün geschaltet. Rechnerisch ergab sich durch die zusätzlichen Abbrems- und Beschleunigungsvorgänge sowie das Befahren der Kreuzungsbereiche in Schrittgeschwindigkeit eine Zeitdifferenz von 48 Sekunden zwischen Fall 1 und Fall 2.

Auch im Rahmen des Projektes HALI (siehe auch 5.2.2) wurden diverse Kreuzungen im Bereich des Testfeldes betrachtet. Die Auswertung einer Simulation ergab, dass mit einer Zeitersparnis von 40 Sekunden gerechnet werden kann (SCHMIDT 2018). Dabei wurde hervorgehoben, dass hier Streuungen möglich sind und der größte Effekt besteht, wenn eine große Zahl beeinflussbarer LSA vorhanden ist.

Bedenkt man, dass im Bereich der Brandschutzbedarfsplanung häufig eine Anfahrtszeit von ca. 6,5 bis 7 Minuten zugrunde gelegt wird, um innerhalb der Hilfsfrist wirksame Hilfe einleiten zu können, ist eine Ersparnis von ca. 40 Sekunden nicht unerheblich. Nach Auffassung des Verfassers kann entweder eine Verkürzung der Hilfsfrist oder aber eine Vergrößerung des vom Wachstandort innerhalb der Hilfsfrist erreichbaren Gebietes resultieren. Auch sorgt die Bevorrechtigung der Einsatzfahrzeuge dafür, dass die Anfahrtszeit aufgrund der geringeren Streuung zuverlässiger vorhersehbar ist

und weniger starken Schwankungen unterliegt. Außerdem muss hervorgehoben werden, dass sich das Unfallrisiko mit dem Querverkehr und damit die Sicherheit der Einsatzfahrt erheblich reduziert.

Im Rahmen einer zweitägigen Exkursion nach Ludwigsburg hatte der Verfasser Gelegenheit zur intensiven Auseinandersetzung mit dem car2x-System der Fa. Swarco, das dort seit 2018 (einschließlich Pilotphase) im Einsatz ist und im Rahmen eines geförderten Projektes immer weiter ausgebaut und optimiert wird. Neben der Feuerwehr gibt es weitere Bedarfsträger, die in das System integriert sind. So sind z. B. die Busse der Verkehrsbetriebe mit On-Board-Units (OBU) ausgestattet, die Einsatzfahrzeuge von Rettungsdienst und THW sollen folgen.

Allerdings müssen bei der Softwareprogrammierung der Ampelphasen nicht nur die vorgesehenen bevorrechtigten Fahrzeuge berücksichtigt werden, sondern auch andere Verkehrsteilnehmer, wie z. B. Radfahrer auf speziellen „Radschnellwegen“ durch die Stadt und Fußgänger, die möglichst geringe Wartezeiten an roten Ampeln haben sollen.

Die Frage der Gestaltung von Bevorrechtigungen ist also nicht nur eine technische, sondern sehr häufig auch eine politische. Mit der Zahl der zu integrierenden Nutzer steigen allerdings auch die Zahl der Variablen in der Programmierung, damit auch die Komplexität der Schaltungen und letztendlich auch die gefühlte „Fehlerquote“, wenn bevorrechtigte Nutzer nicht im vorgesehenen Maße von der Ampelschaltung berücksichtigt werden, da ein sog. Nutzerkonflikt bei der Bevorrechtigung entstanden ist. Dieser kann auftreten, wenn beispielsweise ein Linienbus eine Bevorrechtigung der LSA angefordert hat, bevor dies kurze Zeit später ein Einsatzfahrzeug tut. Sobald die Software in den Modus „Linienverkehr“ gesprungen ist und dies an der LSA umsetzt, steht die Anforderung eines Einsatzfahrzeuges dahinter zurück, obwohl dieses eine höhere Anforderungspriorität besitzt.

Ein ähnliches Problem entsteht, wenn mehrere Einsatzfahrzeuge in größerem Abstand (z. B. nachgeforderte Einheiten) die gleiche LSA passieren wollen. Nach einer priorisierten Anforderung muss die Steuerung zunächst drei Normalzyklen durchlaufen, bevor eine erneute Priorisierung angefordert werden kann. Dieser negative Effekt kommt noch in anderen Situationen zum Tragen, z. B. wenn bei Folgeeinsätzen eines Einsatzfahrzeuges die gleiche LSA innerhalb kurzer Zeit nochmals in einer anderen Fahrtrichtung passiert werden muss oder wenn Einsatzfahrzeuge unterschiedlicher Organisationen zur gleichen Einsatzstelle anrücken und dabei die LSA aus verschiedenen Richtungen passieren wollen.

Ein sehr wichtiger Punkt ist in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, dass bei der Priorisierung von Ampelschaltungen grundsätzlich beachtet werden muss, dass Einsatzkräfte der Freiwilligen Feuerwehr auf dem Weg zum Feuerwehrhaus in den verlängerten Rotphasen des Querverkehrs einer bevorrechtigt geschalteten LSA behindert werden könnten und dadurch ein Zeitverlust bei der Einsatzbereitschaft dieser Einheiten entstehen kann.

Derartige Sonderfälle können jedoch ggf. innerhalb der Programmierung gelöst werden. Da intelligente Ampelsteuerungen innerhalb einer Kommune üblicherweise nicht nur für die Feuerwehr eingerichtet werden, hat im Anforderungskatalog an die Softwareprogrammierung die möglichst geringe Störung anderer Verkehrsteilnehmer durch bevorrechtigte Fahrzeuge zumeist einen hohen Stellenwert. Ein „Dauerrot“ für Querverkehr und Fußgänger wird von den politischen Gremien in den seltensten Fällen akzeptiert. Die Konsequenz hieraus ist die Maßgabe, dass die Bevorrechtigung entlang der Fahrstrecke in Abhängigkeit von der Entfernung selektiv an der jeweils direkt voraus liegenden LSA erfolgen muss. Kreuzen sich zwei Straßen mit ansteuerbaren LSA entsteht hierbei die Problematik, dass die Steuerung nicht erkennen kann, ob das Einsatzfahrzeug geradeaus fahren oder abbiegen möchte. Entlang der nicht gewählten Richtung wird dann ggf. die Bevorrechtigung unnötig ausgelöst und das Abmeldesignal beim Passieren bleibt ebenfalls aus. Nach einer solchen Schaltung ohne tatsächlichen Bedarf muss die Software nach einem definierten Zeitintervall per sog. „Zwangslöschung“ in den Normalbetrieb zurückgesetzt werden. Solche vermeidbaren Fehlschaltungen könnten sich z. B. durch eine vorausgehende Übermittlung der geplanten Fahrstrecke („Routing“) durch die Leitstelle an die Einsatzfahrzeuge sowie an alle auf der Route liegenden LSA vermeiden lassen. Mit Einführung von neuen Mobilfunktechnologien (z. B. 5 G-Technik) werden hierfür in der Zukunft bessere technische Voraussetzungen geschaffen.

Bezüglich der Zeitersparnis für Einsatzfahrzeuge durch bevorrechtigte LSA-Steuerung lässt sich derzeit noch keine eindeutige Aussage treffen, da die meisten laufenden Pilotprojekte in den einzelnen Kommunen, so auch z. B. in der Stadt Ludwigsburg, hierfür eine noch zu kurze Laufzeit aufweisen und die Systeme sich noch in ständiger Anpassung befinden, wodurch kein durchgängiger „Normalzustand“ entstehen kann. Es fehlt deshalb zurzeit noch an verwertbaren Vergleichszahlen. Allerdings lässt sich schon heute bestätigen, dass die Alarmfahrten von den Einsatzkräften als erheblich stressfreier empfunden werden und subjektiv das Unfallrisiko gesunken ist, so der Eindruck des Verfassers der vorliegenden Facharbeit.

Ob und mit welchem Aufwand Maßnahmen zur Beeinflussung von LSA in einer Kommune umsetzbar sind, hängt von vielen Faktoren ab, insbesondere aber von der Art der vorhandenen LSA. So benutzen bereits einige Feuerwehren und Rettungsdienste zur Ortung, Navigation und Einsatzdatenübermittlung das System RescueTrack. In Verbindung mit Sitraffic Stream System der Fa. Siemens ergibt sich hierbei der Vorteil, dass keine zusätzlichen On-board-Units beschafft und in die Einsatzfahrzeuge eingebaut werden müssen.

Über die Kosten für die Einführung von Produktsystemen zur Beeinflussung von LSA können zum Stand der Recherche für diese Arbeit keine eindeutigen Aussagen getroffen werden. Dies ist laut Aussage von Herstellern der Tatsache geschuldet, dass es sich bei den aktuellen Systemen um Anlagen im Testbetrieb handelt, die noch nicht zur Serienproduktion entwickelt sind. Die derzeit in Betrieb befindlichen Anlagen in Kommunen, die mit teils großem Aufwand individuell konfiguriert wurden, sind in aller Regel aus staatlich geförderten Projekten entstanden und über den Versuchszeitraum kontinuierlich gewachsen.

Gleiches gilt z. B. auch für die LSA in Ludwigsburg, wie im Gespräch mit dem dortigen Projektverantwortlichen bestätigt wurde. Derzeit sind in Ludwigsburg ca. 100 LSA auf den Hauptachsen des innerstädtischen Straßennetzes in die Anlage integriert, die Netzdichte wurde über den Versuchszeitraum stetig erhöht. Das gesamte Produktsystem besteht dabei fast ausschließlich aus individuell gefertigten Komponenten, die zum Teil bei jeder Anpassung verändert werden mussten.

Aus dem Forschungsprojekt HALI in Berlin ist bekannt, dass pro Kreuzung ca. 10.000 € als Kostenvolumen anzusetzen sind. Bei diesem Projekt ist jedoch zu berücksichtigen, dass es auf dem deutlich präziseren europäischen „Galileo“-System anstelle des bisher üblichen „GPS“ zur Satellitenortung zurückgreift. Des Weiteren musste für dieses Projekt die Steuerungssoftware am Verkehrsleitrechner umfangreich angepasst werden. Man kann deshalb davon ausgehen, dass die Kosten bei HALI eher am oberen Rand der Kostenspanne angesiedelt sind.

Im Rahmen der Recherche des Verfassers weisen die Hersteller darauf hin, dass eine Kostenschätzung insbesondere für die Planung und Entwicklungsleistung von der Größe und Komplexität der LSA abhängig ist. Aus derzeitiger Sicht wurden Kosten, zwischen 2000,- € bis 10.000,- € pro Kreuzung mit jeweils vier Zufahrten, genannt. Für die einmalige Erweiterung des Verkehrsleitrechners wird eine Kostenschätzung von bis zu 40.000,- € beziffert. Die Kosten für die im Einsatzfahrzeug systemrelevante On Board Units (OBU) sind hierbei nicht berücksichtigt.

Die oben dargestellten Zahlen zeigen, dass die Errichtung eines flächendeckenden Systems aus durch Einsatzfahrzeuge beeinflussbaren LSA, mit einem sehr hohen Kostenaufwand verbunden ist. Dies erklärt auch, warum bisher in Deutschland nur wenige Städte über solche umfangreiche Systeme verfügen, obwohl ein Nutzen im Hinblick auf die Verkürzung der Anfahrtszeit nachweisbar ist. Vermutlich wird die Zahl der Nutzer derartiger Systeme steigen, wenn der Aufwand bei der Umsetzung, sowohl in technischer als auch in finanzieller Hinsicht, aufgrund der Weiterentwicklung der Technik sinkt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich bemerken, dass im urbanen Raum die Optimierung von Anfahrtszeiten der Feuerwehr aufgrund der immer höheren Verkehrsdichte zunehmend an Bedeutung gewinnt. Bestimmend für den Zeitverlust auf der Anfahrt zur Einsatzstelle im dichten innerstädtischen Verkehr sind dabei mehrere Faktoren. Neben den technischen Umgebungsbedingungen, wie z. B. Ampelschaltungen, die oftmals über flüssigen oder stockenden Verkehr entscheiden, kommen auch die bauliche Gestaltung der Verkehrsflächen oder das generelle Verhalten der Verkehrsteilnehmer bei herannahenden Einsatzfahrzeugen zum Tragen.

Als flankierende und schnell umzusetzende Maßnahmen können deshalb öffentlichkeitswirksame Werbekampagnen dienen, mit denen Pkw- und Lkw-Fahrer dazu sensibilisiert werden, Rettungsgassen frühzeitig zu schaffen. In der Vergangenheit konnte in mehreren Ländern die Wirksamkeit solcher Maßnahmen bestätigt werden (vgl. BMVI 2020b).

Durch die bauliche Veränderung innerstädtischer Verkehrswege können zwar die Bedingungen erheblich verbessert werden, dies scheidet jedoch in den meisten Fällen aus Kostengründen aus. Es zeigt sich damit, dass technische Lösungen zur Verkehrsbeeinflussung nicht nur flexibler an die örtlichen Bedürfnisse angepasst werden können, sondern aus Sicht einer kommunalen Feuerwehr einfacher umzusetzen sind. Eine Fokussierung auf die Realisierung von technischen Maßnahmen bedeutet deshalb zugleich, einen zukunftsorientierten Ansatz zu verfolgen, da Feuerwehrfahrzeuge, genau wie Steuerungen von Lichtsignalanlagen (LSA), zumeist in vorgeplanten Zeitintervallen beschafft und somit immer wieder auf die aktuelle Technik angepasst werden können. Auch bei den technischen Systemen, z. B. der Beeinflussung von LSA-Steuerungen, gibt es jedoch verschiedene Ansätze, die auf die individuellen Bedürfnisse einer Kommune ausgerichtet werden müssen.

Aufgrund der momentan noch sehr hohen Kosten ist es für die Verbreitung von Bevorrechtigungssystemen für Einsatzfahrzeuge an LSA wichtig, dass in naher Zukunft eine Serienreife erreicht werden kann, die die einzelnen Komponenten preiswerter macht und nur wenig individuelle Anpassung an den einzelnen Standorten erfordert.

Insgesamt kann hier festgehalten werden, dass keines der einzelnen Systeme für sich betrachtet universell in jeder beliebigen Kommune einsetzbar ist. Es ist vielmehr zu beachten, dass aufgrund der örtlichen Besonderheiten und der individuellen Verkehrsinfrastruktur in jeder Kommune die Prioritäten bei der Auswahl eines der Systeme sehr verschieden ausfallen.

In der Gesamtheit betrachtet, ist aus Sicht des Verfassers das Optimierungspotenzial bei der Eintreffzeit ohnehin nicht von einer einzigen Steuerungsmaßnahme abhängig. Es ist vielmehr das Zusammenspiel verschiedener Parameter, die eine deutlich spürbare Zeitersparnis erzielen lassen. So wäre z. B. die Kopplung von Voralarm, dynamischem Routing und LSA-Beeinflussung sowie der Einsatz des digitalen Blaulichts ein möglicher umfassender Lösungsansatz.

Perspektivisch betrachtet wäre es sicherlich auch von Vorteil, wenn sich Software und Systemkomponenten der unterschiedlichen Hersteller miteinander kombinieren lassen würden, um damit Kosten für Anschaffung und Ausbau zu reduzieren. Mit einem Kostenanreiz für die Kommunen könnte die Bereitschaft zur Anschaffung sicherlich noch erhöht werden. Die größte Herausforderung bei der Etablierung eines einheitlichen Standards wäre dabei die Entwicklung einer standardisierten Technik für die Road-Side-Unit (RSU), deren größtes Defizit derzeit u.a. die Reichweite ist.

Zusammenfassend betrachtet ist ein Bevorrechtigungssystem für LSA insgesamt eine lohnende Investition, wenn es zukunftsorientiert und ausbaufähig geplant sowie individuell an die örtlichen Verhältnisse angepasst wird. Hierbei muss die Maßgabe sein, Einsatzfahrzeuge möglichst ohne Bevorrechtigungskonflikte mit anderen Fahrzeugen (wie z.B. Busse) zu priorisieren und dabei gleichzeitig möglichst wenige Beeinträchtigungen (wie z.B. längere Wartezeiten) für den Individualverkehr zu erzeugen.

Es gilt derzeit abzuwarten, welche weiteren Zwischenergebnisse die laufenden Forschungsprojekte „SIRENE“ und „HALI“ bei der Reduzierung der Anfahrtszeiten für Einsatzfahrzeuge liefern. Für das kommende Jahr 2021 liegt dabei das spezielle Augenmerk auf dem Internationalen Kongress ITS (World Congress on Intelligent Transport System), der in Hamburg stattfindet. Diese jährlich stattfindende Veranstaltung hat den Schwerpunkt auf der Förderung von Intelligenten Transportsystemen. Ein von vielen angekündigten Schwerpunktthemen wird dabei das Real Time Routing sein, das zukünftig auch für die Bevorrechtigung von Einsatzfahrzeugen von Bedeutung sein kann.

Literaturverzeichnis

AGBF BUND – ARBEITSGEMEINSCHAFT DER LEITER DER BERUFSFEUERWEHREN (2015): Empfehlung für die Bedarfsplanung von Feuerwehren in Städten vom 16. September 1989, Fortschreibung vom 19. November 2015, Bonn 2015, S. 1.

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2020a): Das Bilden einer Rettungsgasse rettet Leben, 14. Februar 2020.
<https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/StV/Strassenverkehr/informationen-rettungsgasse.html>

BMVI - BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR UND DIGITALE INFRASTRUKTUR (2020b): Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) § 38 Blaues Blinklicht und gelbes Blinklicht, Berlin 2020.

BMZ – BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCH. ZUSAMMENARBEIT UND ENTWICKLUNG (2014): Handreichung zur Kommunalen Entwicklungspolitik, Heft Nr. 28.

BOCKTING, S. (2007): Verkehrsunfallanalyse bei der Nutzung von Sonder- und Wege-rechten gemäß StVO; Konzeptionelle Vorschläge zur Verbesserung der Aus- und Fortbildung.

DAMM, S. & KLEMMT, J. (2019): Routing und Priorisierung von Einsatzfahrzeugen im urbanen Verkehr der Zukunft, 66. Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., Ulm Mai 2019.

DLR VERKEHR – DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT INSTITUT FÜR VERKEHRSFORSCHUNG (2020): Handbuch Verkehr in Zahlen 48. Ausgabe 2019/2020.

DVR - DEUTSCHER VERKEHRSSICHERHEITSRAT E.V. (2015): Sicherheitsprogramm Ein-satzfahrzeuge.
https://www.dvr.de/site.aspx?url=html/betriebe_bg/sht_shp/840_10.htm
<http://www.verkehrsfachschule-markdorf.de/index.php/feuerwehr.html>

FRÖHLEN, M. (2010): Beeinflussung von Lichtsignalanlagen bei Sonderrechtsfahrten von Feuerwehr und Rettungsdienst, Bachelorarbeit Bonn 2010.

HAAG, T. (2010): Anforderungen an ein Feuerwehr-Vorbehaltsstraßennetz sowie Er-arbeitung eines Vorschlages für die Stadt Freiburg im Breisgau, Abschnittsarbeit im Rahmen des Vorbereitungsdienstes für den gehobenen feuerwehrtechnischen Dienst, Freiburg 2010.

HESSEMER, P. (2013): Brandschutz – Deutsche Feuerwehrzeitung, die gestufte Alar-mierung mit Voralarm, Ausgabe Februar 2013, S. 129-132.

HMDIS – HESSISCHES MINISTERIUM DES INNERN UND FÜR SPORT (2018): Pilot zur Sensi-bilisierung von Lkw-Fahrern für Rettungsgassen.
<https://www.hessen.de/pressearchiv/pressemitteilung/pilot-zur-sensibilisierung-von-lkw-fahrern-fuer-rettungsgassen-0>

LANDESREGIERUNG NORDRHEIN-WESTFALEN – DAS LANDESPORTAL (2018):

5. Landeslehrgang „Kommunales Mobilitätsmanagement“, Rhein-Sieg-Kreis April 2018.

<http://www.zukunftsnetz-mobilitaet.nrw.de/LehrgangKOMM>

LINDEMANN, T. (2020): Feuerwehrbedarfsplanung, Kohlhammer-Verlag.

SCHMIDT, W. (2018): Optimierung der Bevorrechtigung von Sondereinsatzfahrzeugen an Lichtsignalanlagen mithilfe von V2X Technologien, Studienarbeit Dresden 2018.

SCHMIDT, W. (2019): Optimierung der Bevorrechtigung von Sondereinsatzfahrzeugen an Lichtsignalanlagen mithilfe von V2X Technologien, Diplomarbeit Dresden 2018.

UMWELTBUNDESAMT (2020): Kommunale Verkehrsplanung; Integrierte Verkehrsentwicklungsplanung – Kommunen stellen weichen.

VFDB - VEREINIGUNG ZUR FÖRDERUNG DES DEUTSCHEN BRANDSCHUTZES E.V. (2017):

Merkblatt 06/05 „Fahrertraining für Einsatzfahrer“.

VFDB - VEREINIGUNG ZUR FÖRDERUNG DES DEUTSCHEN BRANDSCHUTZES E.V. (2019):

66. Jahresfachtagung der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V., Ulm Mai 2019

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gegenüberstellung der gesetzlichen Grundlagen zur Hilfsfrist.....	4
Abbildung 2: Beispiel für Fahrzeug-zu-Fahrzeug (car2car) Kommunikation.....	8
Abbildung 3: Beispiel für Fahrzeug-zu-Infrastruktur (Car2X).....	9
Abbildung 4: Funktionalität bestehender Priorisierungssysteme.....	11
Abbildung 5: Systemarchitektur Forschungsprojekt SIRENE.....	15
Abbildung 6: Darstellung der Komponenten des HALI Gesamtsystems.....	16

Abkürzungsverzeichnis

AGBF	Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren
BAB	Bundesautobahn
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMZ	Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
BOS	Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrttechnik
DVR	Deutscher Verkehrssicherheitsrat e.V.
FCD	Floating-Car-Daten
GHz	Gigahertz
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
HMdIS	Hessisches Ministerium des Innern und für Sport
LSA	Lichtsignalanlagen
LTE	Long Term Evolution
OBU	On Board Unit
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
PRS	Public Regulated Service
RSU	Roadsite Units
StVO	Straßenverkehrs-Ordnung
vfdb	Vereinigung zur Förderung des deutschen Brandschutzes e.V.
VAP2.2-Feu NRW	Verordnung über die Ausbildung und Prüfung für die Laufbahn des zweiten Einstiegsamtes der Laufbahngruppe 2 des feuerwehrtechnischen Dienstes im Land Nordrhein-Westfalen vom 29. September 2016
WLAN	Wireless Local Area Network

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Thorsten Haag, die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der von mir angegebenen Quellen angefertigt zu haben. Alle aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche gekennzeichnet.

Die Arbeit wurde noch keiner Prüfungsbehörde in gleicher oder ähnlicher Form vorgelegt.

Hofheim am Taunus, 08.08.2020

.....
Thorsten Haag