

## **Signalisierung einer Feuerwehrstraße mit Fuzzy-Logik**

### **Kurzfassung der Diplomarbeit von Jens Eipel**

Die Einsatzfahrt eines Löschzugs unterliegt im Bereich von Knotenpunkten und Streckenzügen mit hoher Verkehrsdichte vielseitigen Behinderungen. Die Vorfahrt eines Feuerwehrlöschzugs, unabhängig vom aktuellen Signalzustand, führt zu Gefahrenzuständen und Beeinträchtigung des Verkehrsflusses. Daher soll eine speziell auf die Interessen der betroffenen Personengruppen abgestimmte Steuerung einer Feuerwehrstraße am Beispiel eines Straßenzugs in Darmstadt entworfen werden. Vorrangiges Ziel der Feuerwehr ist es, den Einsatzort möglichst schnell und sicher zu erreichen. Ziel bzgl. der motorisierten Verkehrsteilnehmer ist insbesondere die Minimierung der Beeinträchtigung der Reisezeit und die Verkehrssicherheit. Die Belange der Feuerwehr bilden dabei einen Zielkonflikt mit den Zielen anderer Verkehrsteilnehmer und Anwohner.

Mit dem Ziel der Entwicklung einer Signalsteuerung mittels Fuzzy-Logik wird im Zuge einer Literaturrecherche zunächst der generelle Einsatz von Fuzzy-Logik auf dem Gebiet der Lichtsignalsteuerung untersucht. Es wird festgestellt, dass Fuzzy-Logik in der verkehrsabhängigen Lichtsignalsteuerung oder der Steuerung von Wechselverkehrszeichen nur sehr vereinzelt eingesetzt wird. Trotzdem zeigen Feldversuche, dass mittels Fuzzy-Logik insbesondere verkehrsabhängige Steuerungen realisierbar sind. Diese Tatsache wird durch ein Fuzzy-Logik Modul der Firma Siemens zur Integration in vorhandene konventionelle Steuerungsprogramme unterstrichen.

Im Hinblick auf die zu entwickelnde Signalsteuerung einer Darmstädter Feuerwehrstraße werden zunächst die vorhandenen Beschleunigungsmittel der Darmstädter Feuerwehr untersucht. Die Einsatzfahrten der Feuerwehr werden hauptsächlich durch zwei je ca. 300 m lange Feuerwehrstraßen, ausgehend von der Brandschutzzentrale in Richtung Norden und Süden, unterstützt. Im Zuge des Ausrückens der Feuerwehr werden dort, je Lichtsignalanlage, die definierten Feuerwehrphasen durch die Leitzentrale z.T. kameraüberwacht manuell ein- und ausgeleitet. Zusätzlich wird durch die Leitzentrale der Straßenabschnitt vor der Feuerwehrausfahrt für die Dauer der Ausfahrt des Löschzugs gesperrt. Die Leitzentrale bedient sich dabei einer Kabelverbindung zu den entsprechenden Steuergeräte der Lichtsignalanlagen.

Aufgrund der speziell großen Nord-Süd Ausdehnung des Einsatzgebietes der Darmstädter Feuerwehr sind Erweiterungen der Feuerwehrstraßen unter Anwendung verbesserter Signalsteuerungsverfahren und Integration weiterer Lichtsignalanlagen geplant. So soll der Vorgabe der einzuhaltenden Hilfsfrist Rechnung getragen werden. Die vorgenommene Untersuchung möglicher Steuerungen führt zur Unterscheidung folgender Verfahren:

- Fixe Zeitfenstersteuerung: Ein- und Ausleitung der Feuerwehrphasen in einem festgelegten zeitlichen Abstand nach Ausrücken der Feuerwehr.
- Positionsabhängige Zeitfenstersteuerung: Ein- und Ausleitung der Feuerwehrphasen in Abhängigkeit von der aktuellen Position des ersten bzw. letzten Fahrzeugs des Löschzugs.

Aufgrund der geplanten Länge der Feuerwehrstraße wird die "positionsabhängige Zeitfenstersteuerung" bevorzugt. Dazu sind die Feuerwehrfahrzeuge mit einem möglichst ausfallsicheren und präzisen Ortungssystem wie GPS oder DGPS auszustatten. Die gesamte

Steuerungsmaßnahme wird hinsichtlich durchzuführender Maßnahmen an einzelnen Knotenpunkten in drei Zeitabschnitte unterteilt.

- Pre-Event-Phase: Wahl des Zeitpunktes der Initiierung der Feuerwehrphase anhand kontinuierlich beobachteter Eingangsparameter (z.B. Position, Rückstaulängen)
- Feuerwehrphase: Durchführung der Feuerwehrphase bei anschließender, staugradabhängiger Wahl der nächsten Phase.
- Phase des Postmanagements: (Verkehrsabhängige) Optimierung der durch die Feuerwehrphase beeinträchtigten verkehrlichen Verhältnisse sowie ggf. die Wiederherstellung der Grünen Welle. Das Postmanagement kann durch Implementierung der Steuerungsmaßnahme in die lokale Steuerung der Signalanlage oder mittels zentral koordinierter Steuerung durch Gebietsrechner umgesetzt werden.

Nach Definition der Zielsetzung, Analyse der lokalen Gegebenheiten, Untersuchung der technischen Möglichkeiten, Untersuchung der Strukturierung möglicher Steuerungsmaßnahmen sowie der Festlegung von möglichen Messwerten (z.B. Staulängen, Verkehrsdichte), wird im zweiten Teil der Arbeit die Lichtsignalssteuerung einer Feuerwehrstraße u.a. mit Hilfe von Fuzzy-Logik entwickelt. Die Feuerwehrstraße umfasst ausgehend von der Darmstädter Brandschutzzentrale den Knotenpunkt Bismarckstr./Kasinostr., weiterführend auf der Kasinostr. bis zur Frankfurter-Str., insgesamt sechs mit Feuerwehrphase zu versehende Lichtsignalanlagen. Die programmierte Logik wird modular in ein mikroskopisches Verkehrssimulationsprogramm (AIMSUN) integriert und übernimmt sowohl während als auch z.T. nach der Einsatzfahrt der Feuerwehr die Steuerung aller Lichtsignalanlagen der Feuerwehrstraße. Die für die einzelne Teillogiken benötigten Eingangswerte (z.B. Staulänge) werden hauptsächlich durch programmalgorithmische Aufarbeitung von Messungen zahlreicher Belegungs- und Geschwindigkeitsdetektoren realisiert.

Die Maßnahmen zur Steuerung der Feuerwehrstraße werden mittels folgender Teillogiken und -maßnahmen umgesetzt:

- Rechtzeitige, spätest mögliche Initiierung der Feuerwehrphase durch kontinuierliches Ermitteln der Position und Nummer des ersten Feuerwehrfahrzeugs, des Abstandes zu allen Knotenpunkten sowie der in Fahrtrichtung des Löschzugs herrschenden Staulängen an Knotenpunkten (vgl. "Pre-Event-Phase"). Die Entscheidung über das Einleiten der Feuerwehrphasen wird hierbei durch eine Fuzzy-Logik getroffen.
- Deaktivierung der Feuerwehrphase im Lichtsignalprogramm einer jeden Lichtsignalanlage nach der jeweiligen Knotenpunktüberfahrt des letzten Feuerwehrfahrzeugs oder nach Ablauf der festgelegten Maximaldauer der Feuerwehrphase. Die anschließend freizugebende Signalgruppe wird anhand einer groben Staulängenmessung zweier definierter Fahrtrichtungen ermittelt.
- Postmanagement: Reaktivierung der Grünen Welle durch Wiederherstellung der ursprünglichen Versatzzeiten der Fixzeitprogramme integrierter Lichtsignalanlagen. Im Zuge dessen werden durch selektive Phasenverlängerungen in Fahrtrichtungen mit hohem Ausnutzungsgrad der Freigabezeit sowohl Staulängen abgebaut als auch eine Verlängerung der Umlaufzeit vorgenommen. Die angewendete verkehrsabhängige Steuerung kann dabei mehrere verlängerte Umläufe andauern und endet mit der Korrektur der Versatzzeit zwischen den Knotenpunkten. Mit dem Ziel erfolgreicher Reaktivierung der Grünen Welle werden dabei die Staulängen in der Hauptrichtung berücksichtigt. Das Verfahren zur selektiven Verlängerung der Freigabezeiten basiert auf Fuzzy-Logik.

Nach Durchführung mehrerer Simulationsläufe mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen und Auswertung der umfangreich erzeugten Messdaten ergeben sich hinsichtlich der genannten Zielsetzungen folgende Ergebnisse:

- Die rechtzeitige Einleitung der Feuerwehrphase gilt als erfolgreich. Der Löschzug wird im Zuge dessen durch gestaute Fahrzeuge i.d.R. nicht behindert.
- Die Versatzzeiten zwischen den Signalanlagen werden erfolgreich wiederhergestellt. Nach Durchführung der Maßnahme ergeben sich i.d.R. hierdurch messbar kürzere Staulängen sowie kürzere Reisezeiten.
- Der Abbau von Rückstauungen durch die zeitweilig verkehrsabhängige Steuerung im Anschluss an die Feuerwehrphase scheint sich i.d.R. positiv auf die Fahrzeugströme der Nebenrichtungen auszuwirken. Die gemessenen Reisezeiten und Staulängen werden, begünstigt durch die vorgenommenen Steuerungsmaßnahme, von wenigen Ausnahmen abgesehen, vermindert.

Zusätzlich wird im Rahmen der Steuerungsentwicklung festgestellt, dass der Einsatz von Fuzzy-Logik auf dem Gebiet der Lichtsignalsteuerung nur unter genauer, anwendungsspezieller Prüfung auf Vorteile gegenüber der Methoden "scharfer" bzw. funktionsbasierender Logik, vorzuziehen ist.