

Geschwindigkeitsvorgabe an Lichtsignalanlagen
Technische Aspekte und volkswirtschaftlicher Nutzen

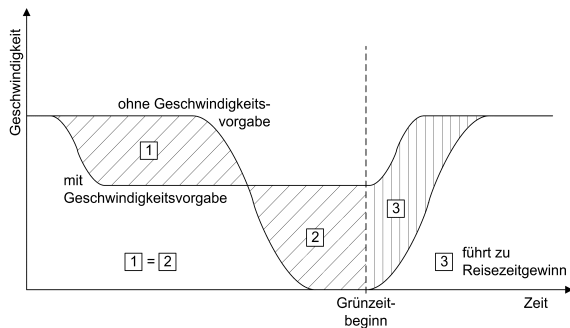
Andreas Richter

Verlag: Deutscher Universitäts-Verlag
ISBN: 3-8244-0828-7

Kurzfassung

Der Verkehrsfluss in innerstädtischen Straßennetzwerken ist von vielen Haltevorgängen geprägt. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein neuartiges System zu entwickeln, um diesen Verkehrsfluss zu verbessern und so Kraftstoff einzusparen. Dabei soll das System mit den bereits gängigen verkehrsdaptiven Verfahren zusammenwirken können und darf deshalb nicht in die Steuerung der Lichtsignalanlagen eingreifen.

Erreicht wird dieses Ziel durch eine Geschwindigkeitsvorgabe (GeVor) in den Zufahrten zu den Lichtsignalanlagen, die auf der Grundidee der Signaltrichter basiert. Dabei kann durch Vorgabe einer verringerten Geschwindigkeit ein Fahrzeug die Lichtsignalanlage erst bei Grün erreichen, statt bei Rot anhalten zu müssen. Die folgende Abbildung veranschaulicht diese Grundidee.



Auf solche Weise kann ein bedeutender Teil des Kraftstoffverbrauchs eingespart werden, der für eine Beschleunigung aus dem Stillstand notwendig wäre.

Bei diesem Vorgehen ist es von erheblichem Vorteil, eventuell auftretende Rückstaus berücksichtigen zu können. Dies gelingt durch eine Verkehrserfassung sowie die Fortschreibung der Verkehrslage mit einem internen GeVor-Flussmodell. Beides zusammen ermöglicht eine wirkungsvolle Prognose der Staulängen. Der Verkehrsfluss wird weiter durch ein zusätzliches Lookthrough-Verfahren verbessert, bei dem das Signalprogramm der übernächsten Lichtsignalanlage mit in die Berechnung der Geschwindigkeiten einbezogen wird.

Bei der Entwicklung dieses GeVor-Systems zeigte sich eine weitere Problematik bei der Umwandlung der Daten von Verkehrszählungen an Kreuzungen in die entsprechenden Verkehrsstärken zwischen den Ein- und Ausstiegspunkten eines betrachteten Straßennetzwerkes. Die Umwandlung derartiger Knoten- in Netzströme wurde mit zwei Methoden realisiert: als Lineares Programm (LP) und durch Simulation.

Mit dem GeVor-System kann erheblich Kraftstoff eingespart werden. Für einzelne Fahrzeuge sind das über 35 %, im Mittel einer Zufahrt über 15 %. Der Nutzen durch das GeVor-System ist im Wesentlichen abhängig von der Länge der Zufahrt, der Verkehrsstärke, den Signalprogrammen und deren Koordinierung sowie der Ausstattungsquote der Fahrzeuge mit dem System. Dabei wirken sich lange Zufahrten, hohe Verkehrsstärken, schlecht koordinierte Signalprogramme und große Ausstattungsquoten positiv auf den volkswirtschaftlichen Nutzen durch das GeVor-System aus.

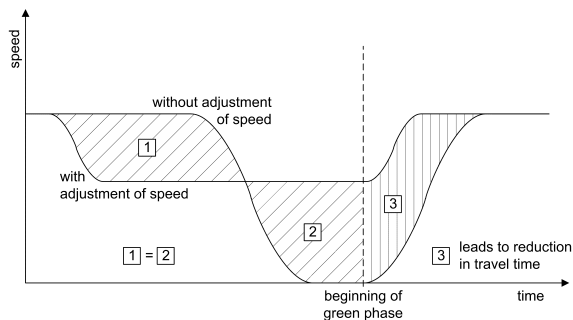
Der volkswirtschaftliche Gesamtnutzen durch Anwendung des GeVor-Systems in einer Zufahrt zu einer Lichtsignalanlage setzt sich aus den Nutzen durch eine Senkung der Betriebskosten, einer Verbesserung im Unfallgeschehen sowie einer Reduzierung der Klimabelastung zusammen. Im Rahmen einer volkswirtschaftlichen Analyse konnte für den Gesamtnutzen mehrerer realer Hamburger Zufahrten mit zwei Fahrstreifen Werte von teilweise über 25 000 € pro Jahr und Zufahrt ermittelt werden.

Abstract

In order to allow for more free flowing traffic and to reduce idle times, the signal programs from traffic lights are currently governed online by use of different methods. These have been implemented since the beginning of the 80's in urban traffic control systems (UTC systems), for example Scoot, which operates very successfully.

The goal of this dissertation is to analyse how varying traffic flow speed can yield an additional improvement to the flow of traffic. One input requirement is that any interference with the signal programs of the traffic lights is not allowed. In addition, the system should be capable of interacting with existing UTC systems.

The following example illustrates the basis of the novel GeVor-System¹:



A vehicle drives toward a traffic light at constant speed until it has to brake due to a red light. After stopping for a specific time interval, it accelerates until it has reached its target speed again. Alternatively, if the driver brakes

¹ GeVor, abbreviation for Geschwindigkeitsvorgabe, German for adjustment of speed

earlier, the driver will reach the traffic light later, possibly at the beginning of the green phase. Thus, a lower acceleration is needed because the speed difference up to the target speed is lower.

In this fashion, fuel savings as a result of lessened acceleration will be possible.

The algorithms and effects of such an appropriately configured controlled adjustment of speed at traffic lights are of substantial interest in the context of this dissertation. Here, an economic evaluation of the novel GeVor-System takes place alongside the technical analysis.

The GeVor-System reduces the fuel consumption and the emission of exhaust gases. In addition the system lessens the risk of traffic accidents by improved traffic flow with substantially reduced numbers of full stops. All these improvements also lead to an economic benefit. Under good conditions, these benefits amount to a total of 25 000 € per year and carriageway, as demonstrated on an existing double lane carriageway with traffic lights leading into in the city of Hamburg.

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	VII
Danksagung	IX
Kurzfassung	XI
Abstract	XIII
Inhaltsverzeichnis	XV
Abbildungsverzeichnis	XIX
Tabellenverzeichnis	XXIII
Abkürzungsverzeichnis	XXV
1 Einführung	1
2 Grundlagen der Verkehrstechnik	3
2.1 Begriffe	3
2.2 Rechengrößen	6
2.3 Simulationsmodelle für den Straßenverkehr	8
2.4 Ansätze zur mikroskopischen Simulation	11
3 Verkehrsadaptive Verfahren	17
3.1 Scoot	18
3.2 BALANCE	21

4	Ein neues System	27
4.1	Zielsetzung	27
4.2	Anforderungen an ein neues System	28
4.3	Grundidee der Geschwindigkeitsvorgabe	28
5	Stand der Technik	33
5.1	Geschwindigkeitssignale	33
5.2	Wolfsburger Welle	34
5.3	Weitere Forschungen zur Geschwindigkeitsvorgabe	38
5.4	Moderne Fahrerassistenzsysteme	39
5.5	Ein Blick in die Zukunft	40
5.6	Selbstorganisationseffekte	42
6	Bestandteile des GeVor-Systems	43
6.1	Mindestlänge einer geregelten Zufahrt	44
6.2	Zusammenspiel der Komponenten	47
6.3	Verkehrserfassung	49
6.4	Internes GeVor-Flussmodell	51
6.5	Berechnungsverfahren der Geschwindigkeitsvorgabe	58
6.5.1	Berechnung mit Verkehrserfassung	59
6.5.2	Berechnung ohne Verkehrserfassung	61
6.5.3	Lookthrough-Verfahren	63
6.5.4	Parallele Nutzung mit verkehrsadaptiven Verfahren	66
6.6	Datenübertragung in die Fahrzeuge	67
7	Teilprobleme	71
7.1	Das Hamburger Straßennetzwerk Sieveking	71
7.2	Simulation mit AIMSUN	75
7.3	Berechnung des Kraftstoffverbrauchs	83
7.4	Umwandlung der Knoten- in Netzströme	86
7.4.1	Methode LP	88
7.4.2	Methode Simulation	90
7.4.3	Vergleich der beiden Methoden	95
8	Technische Auswirkungen des Systems	97

8.1	Eine einfache Zufahrt	98
8.1.1	Rechnerischer Ansatz	102
8.1.2	Simulativer Ansatz	111
8.1.3	Vergleich der beiden Ansätze	113
8.2	Einfluss des Grünzeitanteils	114
8.3	Einfluss der Verkehrsstärke	117
8.4	Auswirkungen auf die Sättigungsverkehrsstärke	119
8.5	Eine verkürzte Zufahrt	121
8.6	Vorteile des Lookthrough-Verfahrens	124
8.7	Ausstattungsquote der Fahrzeuge	129
8.8	Schätzverfahren für die absolute Kraftstoffeinsparung	132
8.9	Zusammenfassung der technischen Auswirkungen	134
9	Volkswirtschaftliche Nutzenanalyse	137
9.1	Ergänzungen zum Netzwerk Sieveking	138
9.2	Nutzen einer ausgewählten Zufahrt	139
9.3	Nutzen der restlichen Zufahrten	150
9.4	Resümee zum volkswirtschaftlichen Nutzen	162
10	Zusammenfassung und Ausblick	165
A	Quellcodes und Erläuterungen	169
A.1	Mathematischer Ansatz mit OPL	169
A.2	Simulativer Ansatz mit Java	170
A.2.1	Quellcode	170
A.2.2	Beschreibung der Eingangsdateien	186
B	Verwendete Systeme	191
	Literaturverzeichnis	193