

# Steuerungsstrategien in städtischen Straßennetzen

R. Ringel<sup>1</sup> und W. Schnabel<sup>2</sup>

Technische Universität Dresden  
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr  
Lehrstuhl Straßenverkehrstechnik  
Mommsenstraße 13  
01062 Dresden

**Kurzfassung:** Die Lichtsignalsteuerung bildet das Grundgerüst der städtischen Verkehrsorganisation. Im Beitrag wird bezüglich der Steuerungstechnik von Lichtsignalanlagen auf folgende Aspekte eingegangen:

- Grad der Berücksichtigung der einzelnen Verkehrsarten/-mittel (ÖPNV, Kraftfahrzeug-, Fußgänger- und Radverkehr)
- Bedeutung von Koordinierungen
- Verkehrszustände im Straßennetz (Auslastung der Straßenverkehrsanlagen)
- Eignung und Zweckmäßigkeit von Kenngrößen zur Qualitätsbeschreibung (Wartezeit, Kraftstoffverbrauch).

Eingesetzte Steuerungsverfahren werden auf der Grundlage von Simulationsuntersuchungen bewertet. Außerdem werden praktische Untersuchungsergebnisse zum Verkehrsablauf in koordinierten Straßenzügen, vor allem unter dem Gesichtspunkt des Kraftstoffverbrauchs, dargelegt.

Solange das Netz nicht übersättigt ist, lässt sich nur durch die Koordinierung von Lichtsignalanlagen ein flüssiger und energetisch günstiger Verkehrsablauf für starke durchgehende Verkehrsströme im Straßennetz erreichen.

---

<sup>1</sup>E-mail: [Robert.Ringel@gmx.de](mailto:Robert.Ringel@gmx.de)

<sup>2</sup>E-mail: [Werner.Schnabel@mailbox.tu-dresden.de](mailto:Werner.Schnabel@mailbox.tu-dresden.de)

# 1 Problemstellung

Die Qualität des Verkehrsablaufs in städtischen Straßennetzen wird maßgeblich von den eingesetzten Steuerungsstrategien und den angewandten Steuerungsverfahren der Lichtsignalanlagen beeinflusst.

Da bei Lichtsignalsteuerungen auf Grund notwendiger Sperrungen von Knotenpunktzufahrten und Fußgängerfurten zwangsläufig gewartet werden muss, liegt es nahe, die Wartezeiten zu minimieren. Für Festzeitsteuerungen von Einzelknotenpunkten ist dazu von WEBSTER [1] eine ausgezeichnete Lösungsmethodik angegeben worden. Durch die Verbesserung der Steuergerätetechnik und der Verkehrsdatenerfassung war es möglich, verkehrsabhängige Steuerungen einzurichten. Ein Algorithmus zur Optimierung der Wartezeiten des Kraftfahrzeugverkehrs – ebenfalls für Einzelknotenpunkte – ist von MILLER [2] entwickelt worden. Der zunehmende Einsatz von Lichtsignalanlagen in Städten führte folgerichtig zum Aufbau von Netzsteuerungen.

Parallel mit der Entwicklung der gesamten Technik der Lichtsignalsteuerung ist eine nahezu ständige Erhöhung des Kraftfahrzeugverkehrs auf den Hauptverkehrsstraßen in unseren Städten einhergegangen. In Spitzenverkehrszeiten weisen LSA-Knotenpunkte für die Hauptverkehrsströme meist keinerlei Kapazitätsreserven mehr auf, so dass verkehrsabhängige Steuerungen wieder in Festzeitsteuerungen zurückfallen.

Da Kraftfahrzeuge in der Regel mengenmäßig an Knotenpunkten am häufigsten auftreten, sind Lichtsignalsteuerungen fast ausschließlich auf diese Verkehrsart ausgerichtet worden. Erhebliche Wartezeiten von Bussen und Bahnen an Lichtsignalanlagen haben dazu geführt, den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zu priorisieren [3]. Neben den Belangen des ÖPNV und des Kraftfahrzeugverkehrs sind aber unbedingt die des Fußgänger- und Radverkehrs zu berücksichtigen. In den RiLSA, 1992 [4] heißt es zu dieser Problematik:

„Da sowohl die Fußgänger, die Radfahrer, die Betreiber und die Fahrgäste öffentlicher Verkehrsmittel als auch die Kraftfahrer jeweils für sich fordern, dass durch die Lichtsignalanlage ein sicherer, zügiger und angenehmer Verkehrsablauf gewährleistet wird, kommt es häufig zu Zielkonflikten, weil die für sich berechtigten Vorstellungen der einzelnen Gruppen in der Regel nicht gleichzeitig erfüllt werden können.“

Die Qualität des Verkehrsablaufs wird in der Verkehrstechnik nach einem sechsstufigen Bewertungsschema beschrieben. Dabei verkörpern die Stufen E und F unbefriedigende bis sehr schlechte Qualitätsverhältnisse. Wie die Qualitätseinstufung für die einzelnen Verkehrsarten im „Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ [5] erfolgt, zeigt Tab. 1. Die Festlegung der Grenzwerte für die mittleren Wartezeiten ist dabei so getroffen worden, dass den umweltfreundlichen Verkehrsarten ÖPNV, Fußgänger- und Radverkehr eine höhere Bedeutung beigemessen worden ist.

**Tabelle 1:** Grenzwerte der Qualitätsstufen für die abzufertigenden Verkehrsteilnehmergruppen bzw. -arten an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlagen

Qualitätsstufe	zulässige mittlere Wartezeiten [s]			
	ÖPNV (Strab, Bus)	Kfz- verkehr <sup>1)</sup>	Fahrrad- verkehr	Fußgänger- verkehr <sup>2)</sup>
A	≤ 5	≤ 20	≤ 15	≤ 15
B	≤ 15	≤ 35	≤ 25	≤ 20
C	≤ 25	≤ 50	≤ 35	≤ 25
D	≤ 40	≤ 70	≤ 45	≤ 30
E	≤ 60	≤ 100	≤ 60	≤ 35
F	> 60	> 100	> 60	> 35

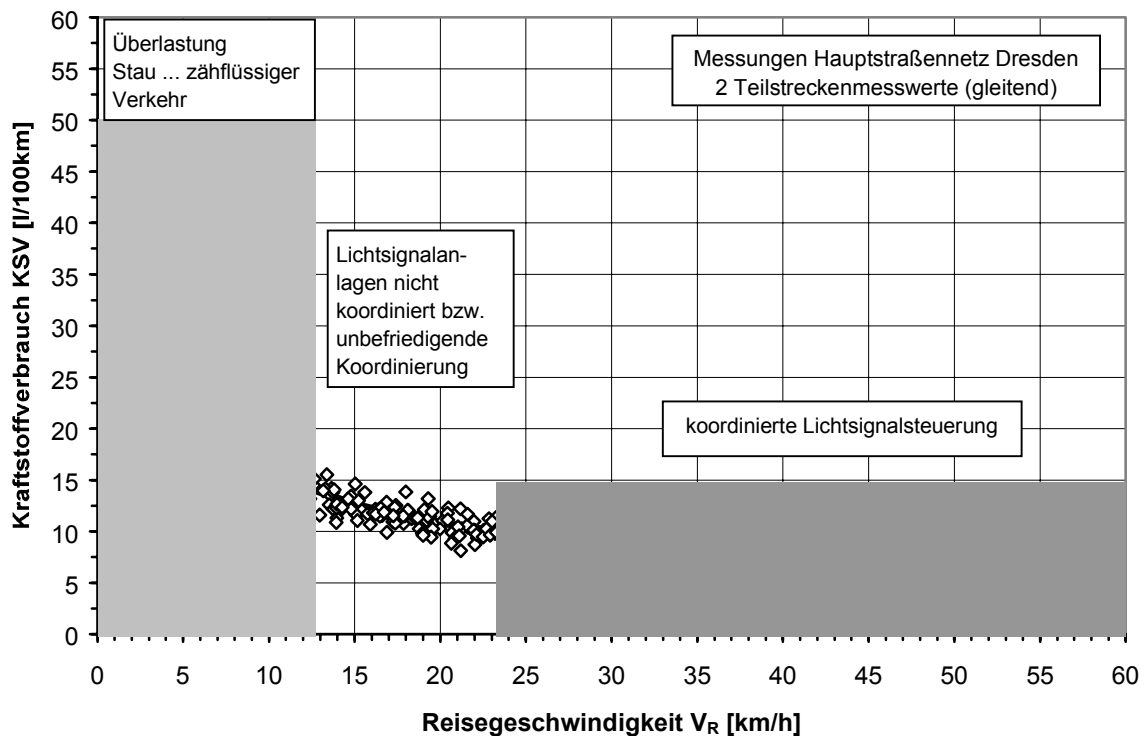
<sup>1)</sup> nicht koordinierte Zufahrten

<sup>2)</sup> Zuschlag von 5 s bei Überquerung mehrerer Furten

## 2 Bedeutung von koordinierten Lichtsignalsteuerungen

Koordinierte Lichtsignalsteuerungen (Grüne Wellen) bieten die Möglichkeit, starke durchgehende Kraftfahrzeugströme auf Hauptverkehrsstraßen ohne wesentliche Behinderungen abzuwickeln. Allerdings lassen sich wegen ungleichmäßiger Knotenpunktabstände Koordinierungsunterbrechungen oft nicht vermeiden. Am günstigsten ist es dann, die stärker belegte Verkehrsrichtung (sog. Hauptrichtung) vollständig zu koordinieren und notwendige Brechungen auf die schwächer belegte Richtung (sog. Gegenrichtung) zu verlagern. Für die schwächere Richtung lassen sich meist Teilkoordinierungen einrichten, so dass die Behinderungen insgesamt minimal bleiben [6].

Umfangreiche Untersuchungen zur Funktionsfähigkeit und zur Qualität des Verkehrsablaufs in Grünen Wellen sind auf Hauptverkehrsstraßen in Dresden durchgeführt worden [7], [8]. In Bild 1 ist der generelle Zusammenhang zwischen Reisegeschwindigkeit und Kraftstoffverbrauch dargestellt. Hohe Reisegeschwindigkeiten und damit ein geringer Kraftstoffverbrauch lassen sich nur durch Koordinierungen erreichen (Bild 1, rechter Kurvenbereich).



**Bild 1:** Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Reisegeschwindigkeit im Stadtverkehr (Basis: Pkw-Kraftstoffverbrauchsmessungen Dresden [7])

Der wesentlichste Effekt der Koordinierung besteht darin, dass bei richtiger Signalabstimmung der energetisch ungünstige Haltevorgang entfällt. Bei einer Geschwindigkeit von  $V = 50$  km/h ergibt sich gegenüber der behinderungsfreien Durchfahrt allein durch den bloßen Haltevorgang (Bremsen und Anfahren) für einen Pkw ein zusätzlicher Kraftstoffverbrauch (Zyklusmehrverbrauch BZV) in der Größenordnung von  $BZV \approx 20$  ml/Halt. Setzt man diesen sog. Zyklusmehrverbrauch in Beziehung zum Leerlaufverbrauch beim eigentlichen Halten ( $BL \approx 11/h$  bzw.  $BL \approx 0,278$  ml/s) erhält man den Äquivalenzwert für einen Halt:

$$\boxed{\frac{BZV}{BL} = \frac{20 \text{ ml/Halt}}{0,2778 \text{ ml/s}}} \quad \rightarrow \quad \boxed{1 \text{ Halt} \hat{=} 72 \text{ s Haltezeit}}$$

Daraus wird ersichtlich, dass durch eine reine Warte- bzw. Haltezeitoptimierung an LSA-Knotenpunkten nur eine geringe Kraftstoffeinsparung erreicht werden kann. Als zweckmäßige Optimierungsgröße ist daher der Kraftstoffverbrauch, in den sowohl die Anzahl der Halte als auch die Größe der Haltezeit eingeht, anzusetzen. Tab. 2 zeigt noch einmal den Vorteil von Koordinierungen gegenüber Straßenzügen, dessen Lichtsignalanlagen nicht koordiniert sind.

**Tabelle 2:** Gemessene spezifische Kraftstoffverbrauchswerte (Pkw) bei unterschiedlichen Koordinierungsbedingungen

Qualität der Koordinierung	Kraftstoffverbrauch [l/100 km]	
	Normalverkehr	Spitzenverkehr
sehr gut (Radialstraße)	6,4 ... 8,1	8,5 ... 9,1
sehr schlecht (bzw. keine oder nur Teilkordinierungen von LSA)	10,8	13,8 ... 17,8

Die Bewertung von Koordinierungen erfolgt einfach nach dem Prozentsatz der Durchfahrten ohne Halt in den koordinierten Zufahrten bzw. der gesamten Strecke (Tab. 3).

**Tabelle 3:** Grenzwerte der Qualitätsstufen für den Kraftfahrzeugverkehr in koordinierten Zufahrten

Qualitätsstufe	Prozentsatz der Durchfahrten ohne Halt [%]
A	95
B	85
C	75
D	65
E	50*
F	50*

\* Koordinierung unwirksam

### 3 Steuerungsstrategien und Steuerungsverfahren

Wie das vorangegangene Kapitel gezeigt hat, sollten Lichtsignalanlagen auf Hauptverkehrsstraßen konsequent koordiniert werden. Schneiden sich Linienkoordinierungen, sind weitergehend Flächenkoordinierungen aufzubauen. Wie dabei zu verfahren ist, wird z.B. in [6] dargestellt.

Bricht der Verkehr in Spitzenzeiten in der Hauptrichtung zusammen (radiale Hauptverkehrsstraßen mit ausgeprägtem Flutrichtungsverkehr), erübrigt sich die Koordinierung für diese Verkehrsrichtung. Ist aber die Gegenrichtung nicht überlastet und weist einzelne Brechpunkte auf, so ist ein Äquivalenzprogramm vorzuhalten, das eine vollständige Koordinierung der Gegenrichtung beinhaltet. Für die Entwurfspraxis bedeutet das, dass für derartig kritische Zeitabschnitte mindestens zwei Signalprogramme aufzustellen sind.

Ist in koordinierten Straßenzügen gleichzeitig Straßenbahn- oder/und Busverkehr abzuwickeln, lassen sich bei normalen ungesättigten Verkehrsverhältnissen hohe Reisegeschwindigkeiten im ÖPNV erzielen. Um das komplizierte Koordinierungssystem nur in begrenztem

Maße zu beeinflussen, ist auf eine bedingte ÖV-Priorisierung zu setzen [3]. Die Führung von ÖPNV in Grünen Wellen ist ausführlich in [9] behandelt worden.

Um Schlussfolgerungen für Steuerungsstrategie und Steuerungsverfahren zu ziehen, wurden Simulationsuntersuchungen für Einzelknotenpunkte und für einen Teilabschnitt eines Straßenzuges bei

- Festzeitsteuerung mit nicht koordinierten Knotenpunktzufahrten,
- Festzeitsteuerung in Kombination mit koordinierten Zufahrten,
- vollverkehrsabhängiger Steuerung in Kombination mit Koordinierung von Zufahrten für unterschiedliche Belastungsfälle durchgeführt.

Die Untersuchungsergebnisse werden ausführlich im eigentlichen Vortrag dargestellt und diskutiert.

Unter der Voraussetzung, dass von den zu steuernden LSA-Knotenpunkten aktuelle Verkehrsstärkedaten vorliegen, ist es strategisch am zweckmäßigsten, für die in Frage kommenden Signalprogramme eine Aufwandsabschätzung vorzunehmen, um das optimale Programm zu ermitteln (aufwandsbezogene Signalprogrammauswahl). Am einzelnen Knotenpunkt kann darüber hinaus eine Optimierung des Verkehrsablaufs für die nicht koordinierten Zufahrten erfolgen.

## Literaturangaben

- [1] Webster, F. V.: Traffic Signal Settings. Road Research Technical Paper No. 39, London 1958
- [2] Miller, A. J.: Computer System for Traffic Networks. 2. International Symposium on the Theory of Traffic Flow. Publication No. 3, London 1963
- [3] FGSV (Hrsg.): Hinweise zur Bevorrechtigung des öffentlichen Personennahverkehrs bei der Lichtsignalsteuerung. Köln 1993
- [4] FGSV (Hrsg.): Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA). Köln 1992
- [5] FGSV (Hrsg.): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (Entwurf Sept. 2001).
- [6] Schnabel, W.: Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Technische Universität Dresden, Lst. Straßenverkehrstechnik 1997
- [7] Knote, T.; Lätzsch, L.: Kraftstoffverbrauchsmessungen im Hauptstraßennetz der Landeshauptstadt Dresden. Technische Universität Dresden, Lst. Straßenverkehrstechnik 1999
- [8] Brückner, N.; Lätzsch, L.; Schnabel, W.: Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr. Technische Universität Dresden, Lst. Straßenverkehrstechnik 2001
- [9] Ringel, R.; Schnabel, W.: ÖPNV-Abwicklung in koordinierten Straßenzügen. Tagungsband Heureka 99 – Optimierung in Verkehr und Transport. FGSV, Köln 1999