

Nutzen und Kosten nicht vollständiger Signalisierung unter besonderer Beachtung der Verkehrssicherheit

FA 3.373

Forschungsstelle: Dr. Brenner Ingenieurgesellschaft mbH,
Stuttgart

Bearbeiter: Schulze, W. / Frost, U.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und
Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Juli 2007

1 Einleitung

Nicht vollständig signalisierte Knotenpunkte sind, wie eine bundesweite Umfrage bei Städten und Straßenbauverwaltungen ergab, fester Bestandteil im öffentlichen Straßennetz. Über die Kapazität, die Einsatzgrenzen und insbesondere die Verkehrssicherheit dieser Anlagen lagen bislang jedoch nur wenige Erkenntnisse vor. Im vorliegenden Forschungsauftrag sollten deshalb mithilfe von Verkehrsbeobachtungen, umfangreichen Simulationen zum Verkehrsablauf und einer auf polizeilichen Unfalldaten beruhenden Verkehrsunfallanalyse die Grundsatzfragen zur Kapazität und Verkehrssicherheit nicht vollständiger Signalisierungen geklärt werden.

Unter nicht vollständig signalisierten Knotenpunkten werden Knotenpunkte verstanden, bei denen verschiedene, aber nicht alle Verkehrsbeziehungen, signaltechnisch geregelt sind. Ein Kennzeichen nicht vollständig signalisierter Knotenpunkte sind wartezeitbedingte Eingriffsmöglichkeiten durch Nebenströme.

Auf eine bundesweit angelegte, stichprobenhafte Umfrage gingen Meldungen zu rund 300 Knotenpunkten mit nicht vollständiger Signalisierung ein. Aus diesen wurden für die Untersuchung sechs typische Beispielknotenpunkte für Verkehrs-

beobachtungen und -simulationen ausgewählt. Dabei handelte es sich um vier Inner- und zwei Außerortsknotenpunkte mit je einem Fahrstreifen je Richtung. Die nachfolgend dargestellten Erkenntnisse sind deshalb auf Knotenpunkte im Zuge zweistreifiger Richtungsfahrbahnen nicht übertragbar.

2 Verkehrsablauf

Mithilfe von Videobeobachtungen zum Verkehrsablauf an den 6 ausgewählten Beispielknotenpunkten konnten die wesentlichen Kenngrößen für den Aufbau und die Eichung der Simulationsmodelle erhoben werden. Hierzu zählen insbesondere die Verkehrsstrombelastungen, die Häufigkeit der Rotphasen für die Hauptrichtung, deren auslösendes Ereignis sowie die Standzeiten der Fahrzeuge aus der Nebenrichtung an der Sichtlinie.

Für das Ableiten von Einsatzgrenzen für die nicht vollständige Signalisierung wurde der Verkehrsablauf an den sechs Beispielknotenpunkten in mikroskopischen und maßstäblichen Simulationsmodellen nachgebildet. Grundlage waren die Bestandsgeometrie und die der nicht vollständigen Signalisierung zugrunde liegenden Steuerungen. Nach einer Eichung der Modelle anhand der jeweiligen örtlichen Verkehrssituation wurden die Belastungsverhältnisse an den sechs Beispielknotenpunkten in Schrittweiten von 100 Kfz/h (Haupttrichtung) und 50 Kfz/h (Nebenrichtung) variiert, um Aussagen zur Verkehrsqualität und zur Kapazität an den nicht vollständig signalisierten Beispielknotenpunkten zu ermöglichen.

Grundlage für die Beurteilung waren in Anlehnung an das HBS 2001 die mittleren Verlustzeiten in der Nebenrichtung sowie die mittlere Gesamtverlustzeit. Als Bezugsgröße wurde der für unsignalisierte Knotenpunkte definierte obere Wartezeitgrenzwert der Qualitätsstufe D ($t_w = 45$ s) herangezogen. Dieser stellt

diejenige Schranke dar, ab welcher für unsignalisierte Knotenpunkte alternative Lösungsansätze zur Verkehrsabwicklung genutzt werden sollten.

Aus den nachfolgend dargestellten Kennlinien für Verlustzeiten von 45 s bei variierender Belastung in Haupt- und Nebenrichtung (Bild 1 und Bild 2) wird deutlich, dass folgende Faktoren einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität nicht vollständiger Signalisierungen haben:

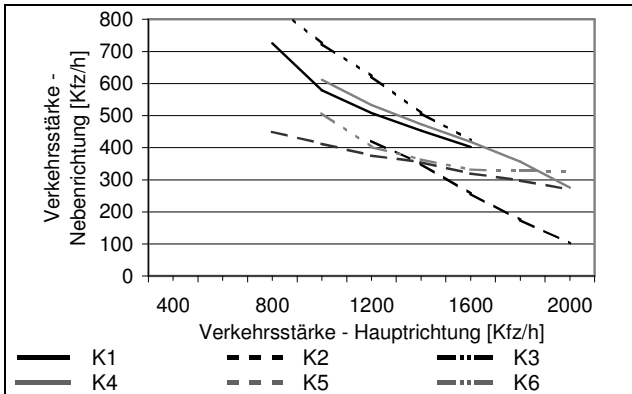


Bild 1: Kennlinien für eine mittlere Verlustzeit von 45 s in der Nebenrichtung bei unterschiedlichen Belastungssituationen in Haupt- und Nebenrichtungen

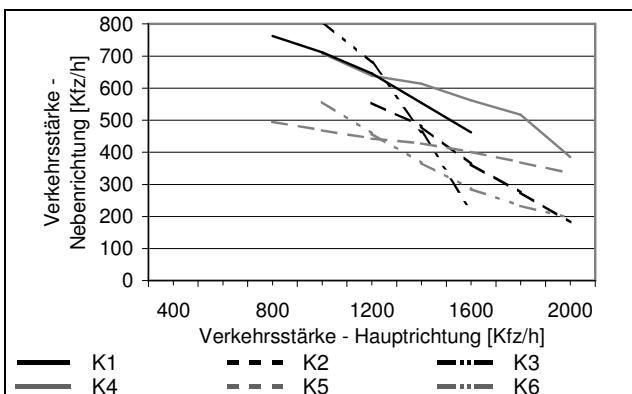


Bild 2: Kennlinien für eine Gesamtverlustzeit von 45 s bei unterschiedlichen Belastungssituationen in Haupt- und Nebenrichtungen

- **Die Verkehrsbelastung:**
- Anhand der Beispielknotenpunkte konnte gezeigt werden, dass mit der nicht vollständigen Signalisierung Knotenpunkte mit einer Belastung von bis zu 2 000 Kfz/h in der Hauptrichtung und zwischen 100 Kfz/h und 300 Kfz/h in der Nebenrichtung noch mit ausreichender Verkehrsqualität bedient werden können. Bei einer Halbierung der Belastung können in etwa doppelt so viele Fahrzeuge in der Nebenrichtung bedient werden, ohne dass sich die Gesamtverlustzeiten wesentlich verändern. Nur in Einzelfällen kann die o. g. Kapazität der Hauptrichtung nicht erreicht werden, weil unabhängig vom Verkehrsaufkommen der Nebenrichtung auch stark frequentierte Fußgängerfurten bedient werden müssen.
- **Die Zusammensetzung der Verkehrsströme in der Nebenrichtung:**
- Die Linkseinbieger benötigen als Strom dritter Ordnung

im unsignalisierten Zustand besonders große Zeitlücken für ihr Fahrmanöver. Je größer der Anteil der Linkseinbieger an der Gesamtbelastung der Nebenrichtung ist, desto länger sind die Verlustzeiten in der Nebenrichtung und desto häufiger kommt es bei nicht vollständiger Signalisierung zu einer wartezeitbedingten Unterbrechung der Haupttrichtung. Bei einem hohen Anteil an Linkseinbiegern ist deshalb vom unteren der vorgenannten Grenzwerte für die Nebenrichtung auszugehen.

- **Die Steuerungsparameter:**
- Niedrige Wartezeitschwellwerte wirken sich günstig für die Bedienung der Nebenrichtung aus, ohne dass es in der Folge zu einer ungünstigen Entwicklung der Gesamtverlustzeiten kommen muss.
- Entscheidend für die Höhe der Gesamtverlustzeiten ist u. a. die Dauer der Unterbrechung der Haupttrichtung. Vergleichsweise ungünstig ist die Kapazität dort, wo die Haupttrichtungen in Abhängigkeit von der Belastungssituation in der Nebenrichtung für längere Zeit gesperrt werden.
- Die verkehrsabhängige Bemessung der Freigabezeitdauer der Haupttrichtung wirkt bei hohen Belastungen in der Haupttrichtung wie ein entsprechend hoher Wartezeitschwellwert für die Nebenrichtung. Generell wird eine solche Bemessung zumindest für Außerortsknotenpunkte empfohlen. Sie verhindert, dass in der Haupttrichtung auftretende Pulks bei Überschreiten des Wartezeitschwellwerts der Nebenrichtung auseinander gerissen werden. Letzteres kann insbesondere bei höheren Geschwindigkeiten zu kritischen Situationen und gegebenenfalls zu Auffahrunfällen führen.

Zur Verdeutlichung der Einsatzbereiche der unterschiedlichen Signalisierungsformen wurde der Verkehrsablauf an den Beispielknotenpunkten zusätzlich für den unsignalisierten Zustand sowie für den Zustand bei Vollsignalisierung simuliert. Aus der Gegenüberstellung der Ergebnisse für die unterschiedlichen Signalisierungsformen wird Folgendes deutlich (Bild 3 und Bild 4):

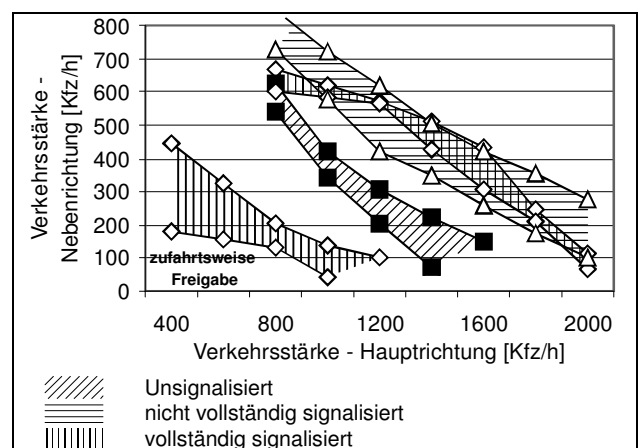


Bild 3: Hüllkurven der Kennlinien für eine mittlere Verlustzeit von 45 s in der Nebenrichtung bei unterschiedlichen Belastungssituationen in Haupt- und Nebenrichtung - innerorts

- Mit einer nicht vollständigen Signalisierung kann innerorts wie außerorts der Verkehr deutlich leistungsfähiger abgewickelt werden als im unsignalisierten Zustand.

- Durch eine Vollsignalisierung lassen sich gegenüber einer nicht vollständigen Signalisierung in der Regel keine zusätzlichen Kapazitätsreserven mobilisieren. Es konnten keine Vorteile gegenüber der nichtvollständigen Signalisierung nachgewiesen werden.
- Wenn aus Gründen der Verkehrssicherheit für die Vollsignalisierung ein Mehrphasensystem erforderlich wird, nimmt die Kapazität der Signalanlage in aller Regel ab. Besonders ungünstig wird die Kapazität, wenn Sicherheitserwägungen oder beengte örtliche Verhältnisse dazu führen, dass der Verkehr der Hauptrichtung bei Vollsignalisierung in unterschiedlichen Phasen bedient werden muss und eine zufahrtsweise Regelung erfolgt. In diesem Fall ist eine nicht vollständige Signalisierung besonders vorteilhaft.

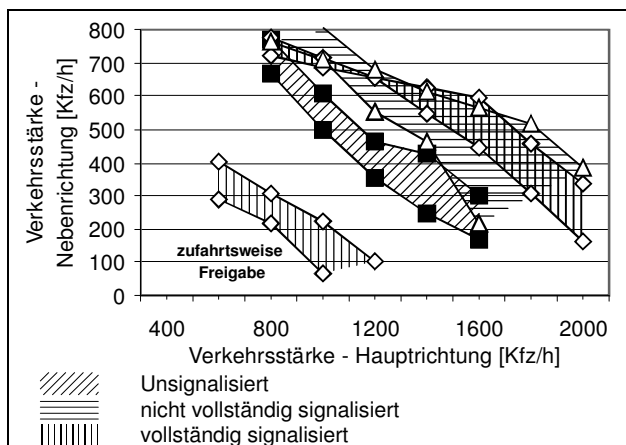


Bild 4: Hüllkurven der Kennlinien für eine mittlere Gesamtverlustzeit von 45 s bei unterschiedlichen Belastungssituationen in Haupt- und Nebenrichtung innerorts

3 Wirtschaftlichkeit

Wenn Knotenpunkte unsignalisiert nicht mit hinreichender Verkehrsqualität betrieben werden können, stellt die nicht vollständige Signalisierung eine kostengünstige Alternative zur Vollsignalisierung dar. Die Investitionskosten für die nicht vollständige Signalisierung liegen bei 35 bis 70 Prozent der Investitionskosten für die Vollsignalisierung. Unter Berücksichtigung der Betriebskosten ergeben sich bei einer nicht vollständigen Signalisierung gegenüber der Vollsignalisierung jährliche Einsparungsmöglichkeiten in Höhe von netto € 3 500 - netto € 5 500.

4 Verkehrssicherheit

Für die wesentliche Frage der Verkehrssicherheit wurden polizeiliche Unfalldaten in Form von Unfallmeldebögen und Unfallsteckkarten zu über 25 Knotenpunkten mit nicht vollständiger Signalisierung gesammelt. Es wurden jeweils 3 Jahre vor und nach Errichtung der nicht vollständigen Signalisierung erhoben. Die Unfalldatensammlung beinhaltet über 450 polizeilich registrierte Verkehrsunfälle. An 12 Knotenpunkten (neun innerorts, drei außerorts) war ein Vorher-/Nachher-Vergleich möglich. Hauptursache hierfür ist die eingeschränkte Datenverfügbarkeit für das Jahr 2000 und frühere Jahre.

Die Verkehrsunfallanalyse erfolgte in Anlehnung an das Merkblatt für die Auswertung von Straßenverkehrsunfällen (FGSV, 2003). Die Ergebnisse des Vorher-/Nachher-Vergleichs stellen sich nach Ortslage und mit Hinweis auf den begrenzten Stichprobenumfang wie folgt dar.

5 Untersuchungsergebnisse

5.1 Ergebnisse innerorts

- Aus dem Vorher-/Nachher-Vergleich (vorher: unsignalisiert, nachher: nicht vollständig signalisiert) ergaben sich keine Hinweise darauf, dass Knotenpunkte mit nicht vollständiger Signalisierung weniger sicher sein könnten als unsignalisierte Knotenpunkte. Der Vergleich der Unfallkenngrößen zeigte sowohl positive als auch negative Beispiele. An fünf der neun Knotenpunkte nahm nach Einführung der nicht vollständigen Signalisierung die Unfallhäufigkeit (Anzahl der Unfälle im Dreijahreszeitraum, Unfallrate) zu, die Schwere der Unfallfolgen (Unfallkosten im Dreijahreszeitraum, Unfallkostenrate) hingegen ab.
- Der Vorher-/Nachher-Vergleich des Gesamtkollektivs der an den neun Knotenpunkten erhobenen Unfälle ergab für alle untersuchten Unfallkenngrößen eine positive Maßnahmenwirkung. Die Unfallhäufigkeit und die Schwere der Unfallfolgen nahmen im Dreijahreszeitraum nach Einführung der nicht vollständigen Signalisierung ab.
- Die Berücksichtigung von Kontrollgruppen zur Abschätzung der allgemeinen Unfallentwicklung erbrachte keine zusätzlichen Erkenntnisse, weil die Stichprobe für die Kontrollgruppen vergleichsweise gering ausfiel.
- Aus einem Vergleich mit gleichartigen unsignalisierten und vollsignalisierten Knotenpunkten aus dem räumlichen Umfeld ließ sich für die nicht vollständig signalisierten Knotenpunkte kein Sicherheitsdefizit ableiten.
- Für das Gesamtkollektiv der 23 nicht vollständig signalisierten Innerortsknotenpunkte wurde eine Unfallrate von $0,53 \text{ U}/10^6 \text{ Fz}$ und eine Unfallkostenrate von $8 \text{ €}/10^3 \text{ Fz}$ ermittelt.

5.2 Ergebnisse außerorts

- Bei zwei der drei untersuchten Außerortsknotenpunkte veränderte sich mit Einführung der nicht vollständigen Signalisierung das Unfallgeschehen negativ. Bei beiden Knotenpunkten waren jedoch Entwurfsgrundsätze für das Einrichten einer nicht vollständigen Signalisierung nicht beachtet worden, die im Zusammenhang mit der Unfallentwicklung stehen könnten.
- Aufgrund der zu geringen Fallzahlen und der offenen Fragen wird empfohlen, die Verkehrsunfallanalyse für die nicht vollständig signalisierten Außerortsknotenpunkte auf der Grundlage eines größeren Stichprobenumfangs zu vertiefen.

6 Folgerungen für die Praxis

Als Ergebnis der Untersuchung wird festgestellt, dass die nicht vollständige Signalisierung eine kostengünstige Alternative zur Vollsignalisierung darstellt, mit welcher auch bei hohen Belastungen eine leistungsfähige Abwicklung des Verkehrsablaufs möglich ist. Die Verkehrsunfallanalyse erbrachte für die Innerortsknotenpunkte keine Erkenntnisse, die gegen die Einführung einer nicht vollständigen Signalisierung sprechen. Eine repräsentative Aussage ist jedoch aufgrund der eingeschränkten Datengrundlage nicht möglich. Dies gilt insbesondere für die Außerortsknotenpunkte. Es wird deshalb empfohlen, die Untersuchungen zum Thema Verkehrssicherheit außerorts auf der Grundlage eines deutlich erweiterten Stichprobenumfangs zu vertiefen.