Knotenpunkte mit Lichtsignalanlagen

Dr.-Ing. Martin Schmotz

Gliederung

- Grundsätze
- Qualitätskriterien
- Bewertungsverfahren
- Fazit und Ausblick

S4.1	**Einleitung**	**S4-2**
S4.1.1	Aufgabe und Anwendungsbereich	S4-2
S4.1.2	Begriffe	S4-2
S4.1.3	Abkürzungen	S4-3
S4.2	**Maß zur Bewertung der Verkehrsqualität**	**S4-8**
S4.2.1	Qualitätskriterien	S4-8
S4.2.2	Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs	S4-8
S4.3	**Grundlagen**	**S4-10**
S4.3.1	Einflussgrößen	S4-10
S4.3.2	Verkehrsstrom- und Fahrstreifendefinition	S4-10
S4.3.3	Bestimmung der Verkehrsstärken	S4-11
S4.4	**Bewertung der Verkehrsqualität**	**S4-11**
S4.4.1	Verfahrensablauf	S4-11
S4.4.2	Sättigungsverkehrsstärke eines Fahrstreifens	S4-11
S4.4.3	Kapazität bei unbehindertem Abfluss	S4-15
S4.4.4	Kapazität der Linksabbieger bei bedingt verträglichem Abfluss	S4-15
S4.4.5	Kapazität der Rechtsabbieger bei bedingt verträglichem Abfluss	S4-22
S4.4.6	Verkehrsaufteilung auf die Fahrstreifen einer Zufahrt	S4-24
S4.4.7	Kapazität eines Mischfahrstreifens	S4-27
S4.4.8	Kapazität eines Fahrstreifens mit zusätzlichem kurzem Aufstellstreifen	S4-27
S4.4.9	Auslastungsgrad	S4-39
S4.4.10	Wartezeit	S4-40
S4.4.11	Rückstaulänge im Kraftfahrzeugverkehr	S4-49
S4.4.12	Koordinierung einer Folge von Lichtsignalanlagen	S4-53
S4.5	**Spezifische Parameter**	**S4-54**
S4.6	**Alternative Verfahren**	**S4-54**
S4.7	**Arbeitsschritte und Formblätter**	**S4-55**
Anhang		**S4-71**

Grundsätze

- Planung und Entwurf von Lichtsignalanlagen nicht mehr im HBS enthalten
  - Aufgabe der RiLSA
- Behandlung von Lichtsignalanlagen im Teil Stadt- und Landstraßen des HBS unter Berücksichtigung der nach RASt und RAL zulässigen Signalisierungen

Kapitel S4: LSA an Stadtstraßen

- kurze (überstaute) Fahrstreifen
- nicht gesicherte und (zeitweise) gesicherte Abbiegerströme
- Koordinierung

Kapitel L4: LSA an Landstraßen

- ausreichend lange Fahrstreifen
- gesicherte Abbiegerströme

Grundsätze

- Planung und Entwurf von Lichtsignalanlagen nicht mehr im HBS enthalten
  - Aufgabe der RiLSA
- Behandlung von Lichtsignalanlagen im Teil Stadt- und Landstraßen des HBS unter Berücksichtigung der nach RASt und RAL zulässigen Signalisierungen
- Qualitätsbeurteilung des Kfz-, Rad- und Fußgängerverkehrs aus Nutzersicht sowie der Fahrzeuge des ÖPNV
- Einsatzgrenzen der Berechnungsverfahren:
  - Knotenpunkte mit verkehrsabhängig gesteuerten Signalprogrammen
  - Knotenpunkte bei denen nicht alle Knotenströme durch Lichtsignale gesteuert sind
  - Sonderformen der Signalisierung gemäß den RiLSA
  - Bewertung durch alternative Verfahren

Qualitätskriterien

Wartezeit als maßgebendes Kriterium für die Bewertung der Verkehrsqualität

QSV	Kfz-Verkehr mittlere Wartezeit	ÖPNV auf Sonderfahrstreifen mittlere Wartezeit	Fußgänger- und Radverkehr maximale Wartezeit
A	≤ 20 s	≤ 5 s	≤ 30 s
B	≤ 35 s	≤ 15 s	≤ 40 s
C	≤ 50 s	≤ 25 s	≤ 55 s
D	≤ 70 s	≤ 40 s	≤ 70 s
E	> 70 s	≤ 60 s	≤ 85 s
F	- (q_B > Kapazität)	> 60 s	> 85 s

Änderungen gegenüber dem HBS 2001:

- Kfz-Verkehr: QSV F bei Überschreitung der Kapazität
- ÖPNV: Grenzwerte auch bei verkehrsabhängigen Steuerungen gültig
- Fußgänger und Radfahrer: Maximale Wartezeit maßgebend
- Keine QSV für die Güte der Koordinierung von LSA

Berechnungsverfahren

Bestimmung der Sättigungsverkehrsstärke

Bestimmung der Kapazität

bei unbehindertem Abfluss

bei behindertem Abfluss (bedingt verträgliche Abbieger)

Verkehrsaufteilung auf die Fahrstreifen einer Zufahrt
Kapazität für Mischfahrstreifen C_M und zusätzliche kurze Fahrstreifen C_K

Bestimmung des Auslastungsgrads

Bestimmung der Wartezeit und der Verkehrsqualität
Überprüfung der Rückstaulängen

Berechnungsverfahren

Sättigungsverkehrsstärke

Sättigungsverkehrsstärke q_S resultiert aus Zeitbedarfswert je Fahrzeug t_B:

$$q_S = \frac{3600}{t_B}$$

Zeitbedarfswert t_B ergibt sich unter Berücksichtigung der Anpassungsfaktoren für Schwerverkehr, Fahrstreifenbreite, Abbiegeradius und Fahrbahnlängsneigung:

$$t_B = f_{SV} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot 1{,}8$$

$$f_1 = \max\{f_b, f_R, f_s\}$$

$$f_2 = \min\{1, f_s\}$$

Berechnungsverfahren

Sättigungsverkehrsstärke

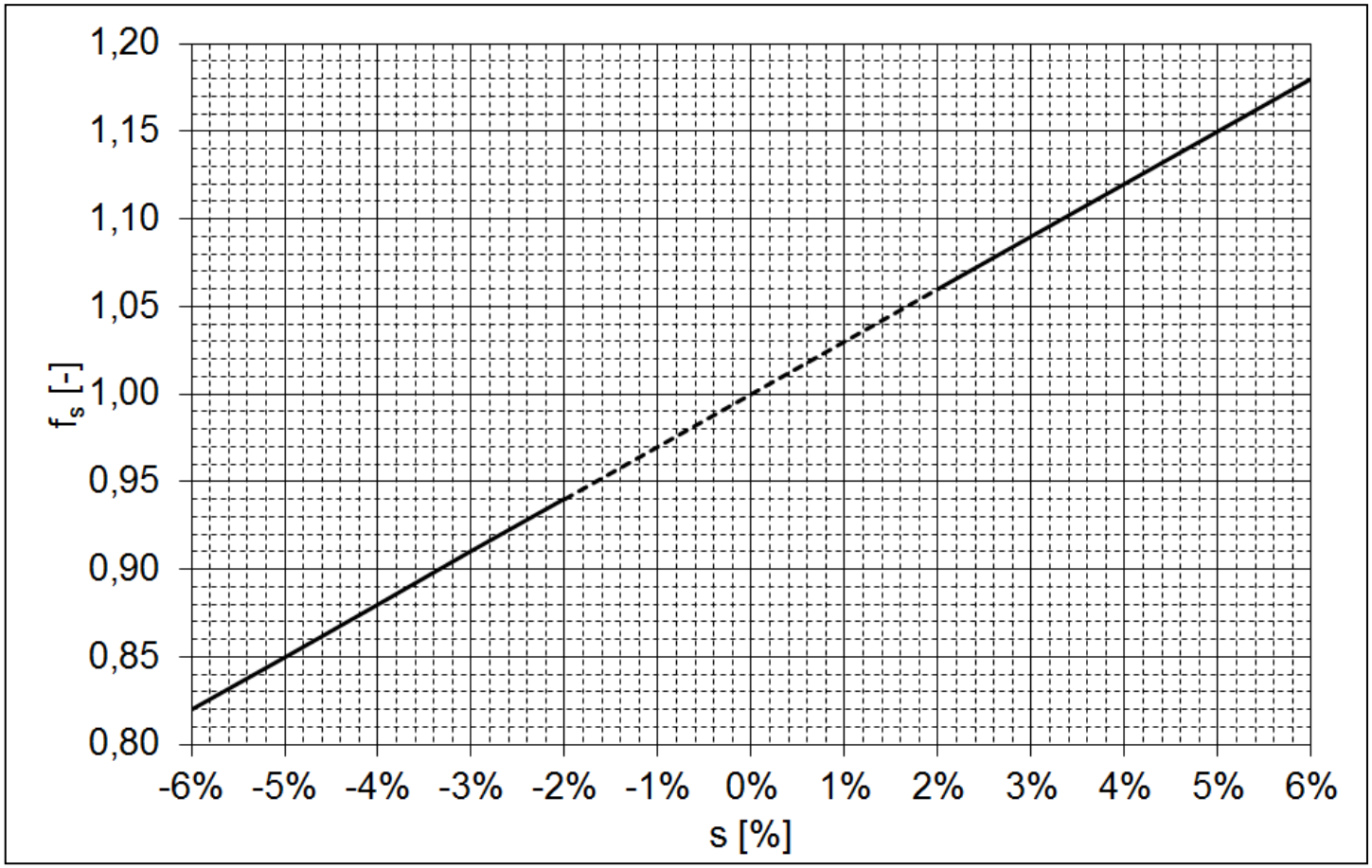


Bild S4-3: Anpassungsfaktor f_s zur Berücksichtigung der Fahrbahnlängsneigung

Berechnungsverfahren

Sättigungsverkehrsstärke

Sättigungsverkehrsstärke q_S resultiert aus Zeitbedarfswert je Fahrzeug t_B:

$$q_S = \frac{3600}{t_B}$$

Zeitbedarfswert t_B ergibt sich unter Berücksichtigung der Anpassungsfaktoren für Schwerverkehr, Fahrstreifenbreite, Abbiegeradius und Fahrbahnlängsneigung:

$$t_B = f_{SV} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot 1{,}8$$

$$f_1 = \max\{f_b, f_R, f_s\}$$

$$f_2 = \min\{1, f_s\}$$

- Sättigungsverkehrsstärke und Zeitbedarfswert unabhängig von der Freigabezeit

Berechnungsverfahren

Kapazität bei unbehindertem Abfluss

Kapazitätsermittlung erfolgt auf Basis der **Abflusszeit t_A**:

$$t_A = t_F + 1\,s$$

- Anfahrzeitverluste und teilweise Nutzung der Gelbzeit werden durch zusätzliche Sekunde berücksichtigt

Kapazität bei unbehindertem Abfluss C_0 für einen Verkehrsstrom bezogen auf einen Fahrstreifen:

$$C_0 = \frac{t_A}{t_U} \cdot q_S$$

Berechnungsverfahren

Kapazität bei behindertem Abfluss

Kapazität bedingt verträglich geführter Rechtsabbieger C_{RA}:

- Kapazitätsermittlung aus radfahrer- und fußgängerfreien Freigabezeit
  - Ansatz aus HBS 2001

Kapazität bedingt verträglich geführter Linksabbieger C_{LA}:

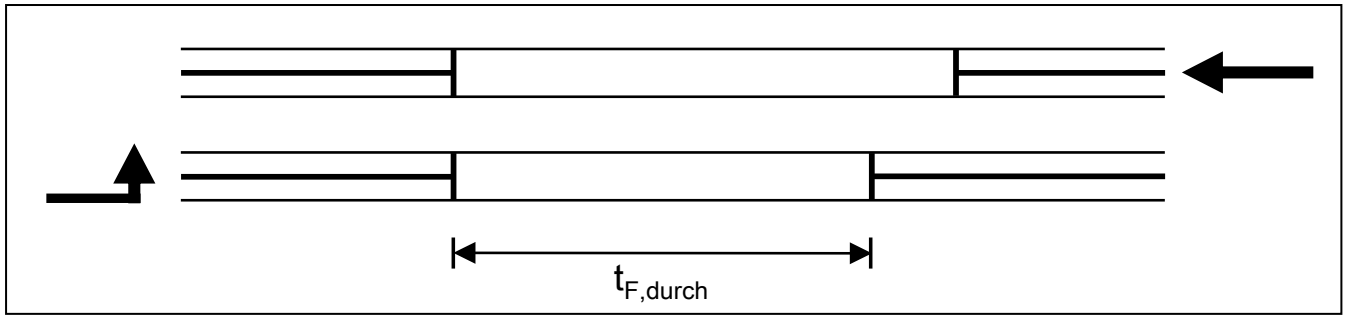
- Kapazität der Linksabbieger, die zeitweise gesichert geführt werden
  - Ansatz über Kapazität bei unbehindertem Abfluss (ohne Anzeige gilt t_F - 2 s)
- Kapazität der Linksabbieger, die während des Phasenwechsels abfließen
  - Ansatz aus HBS 2001
- Kapazität der Linksabbieger, die den Gegenverkehrsstrom durchsetzen
  - Neuer Ansatz

Berechnungsverfahren

Kapazität bei behindertem Abfluss

Neuer Ansatz für die **Kapazität der Linksabbieger beim Durchsetzen**:

- Kapazitätsermittlung auch bei abweichenden Freigabezeiten möglich



- Durchsatzfreigabezeitanteil f_{durch} und Verkehrsstärke des Gegenverkehrs q_{gegen} maßgebende Einflussgrößen

Berechnungsverfahren

Kapazität bei behindertem Abfluss

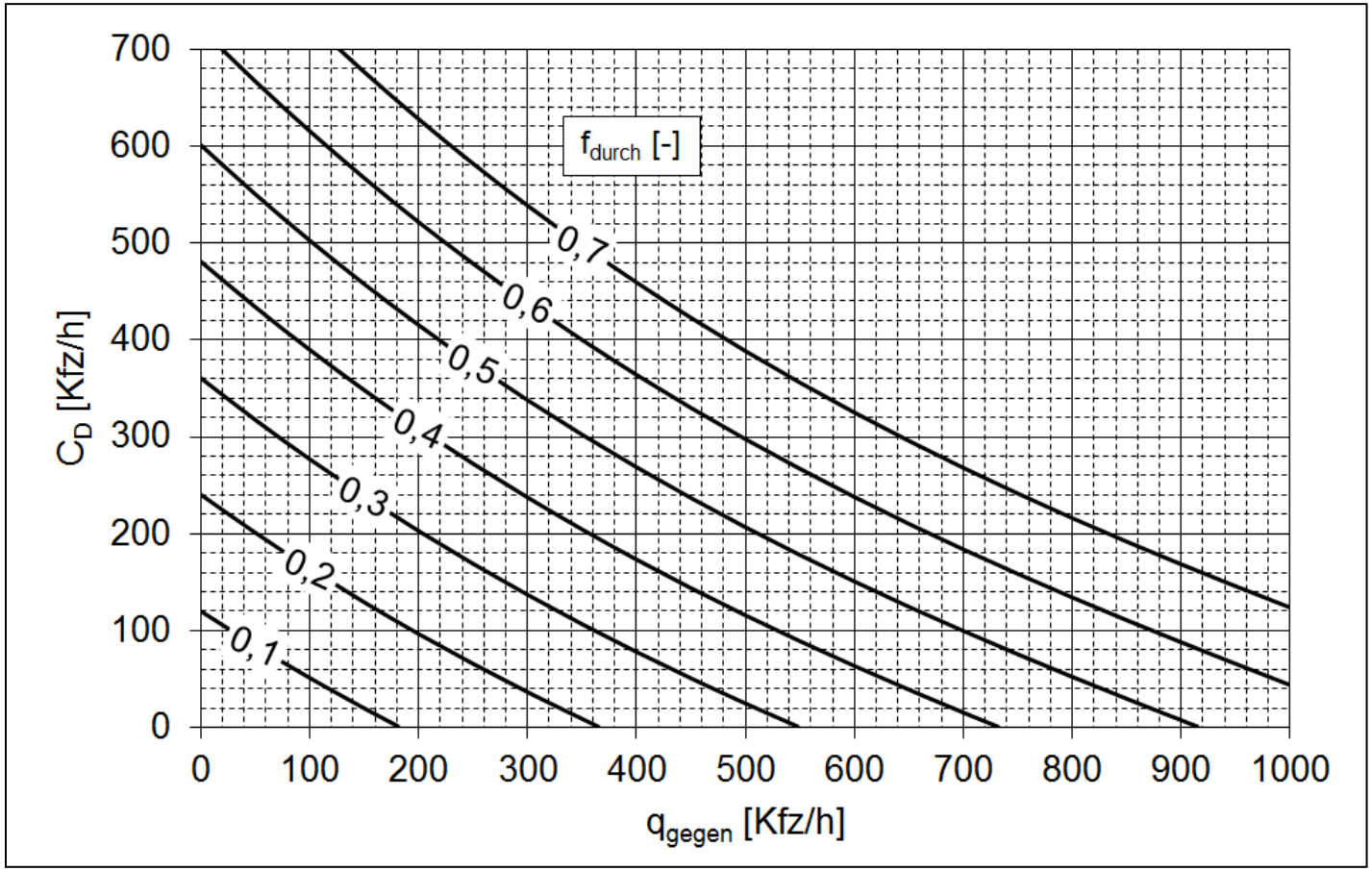


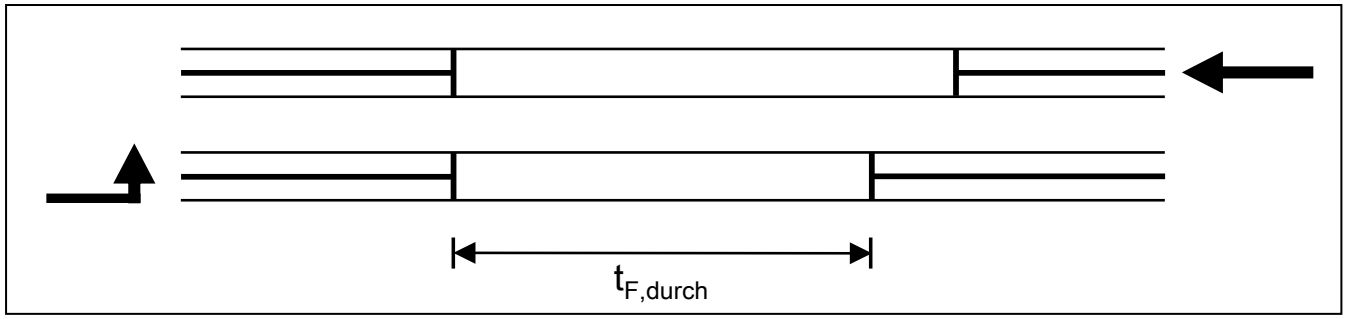
Bild S4-8: Kapazität der Linksabbieger beim Durchsetzen (einstreifige Führung)

Berechnungsverfahren

Kapazität bei behindertem Abfluss

Neuer Ansatz für die **Kapazität der Linksabbieger beim Durchsetzen**:

- Kapazitätsermittlung auch bei abweichenden Freigabezeiten möglich



- Durchsatzfreigabezeitanteil f_{durch} und Verkehrsstärke des Gegenverkehrs q_{gegen} maßgebende Einflussgrößen

- Diagramme liefern Näherungslösungen – exaktere Berechnung mit den im Anhang zu Kapitel S4 angegebenen Gleichungen möglich

Berechnungsverfahren

Wartezeit und Verkehrsqualität

Mittlere Wartezeit im Kfz-Verkehr aus zwei Bestandteilen:

- Grundwartezeit $t_{W,G}$, die aus dem periodischen Wechsel zwischen Freigabezeit und Sperrzeit resultiert

$$t_{W,G} = \frac{t_U \cdot (1 - f_A)^2}{2 \cdot (1 - \min\{1, x\} \cdot f_A)}$$

- Rückstauwartezeit $t_{W,R}$, die aus dem Rückstau von Fahrzeugen resultiert, die bis zum Ende der Freigabezeit nicht abfließen können

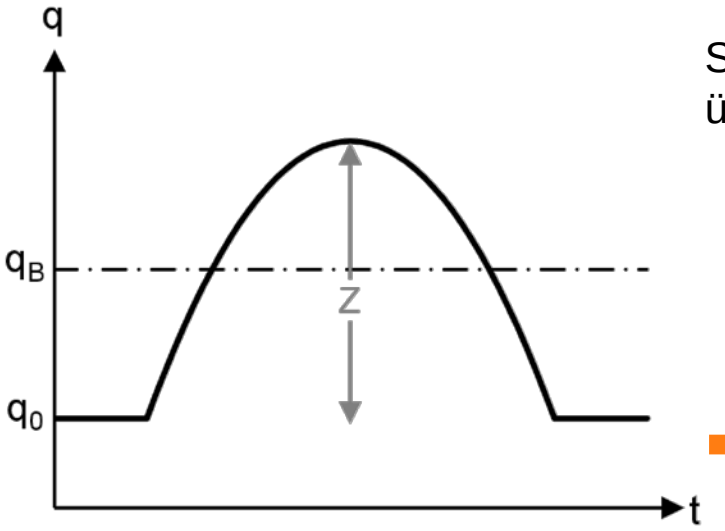
$$t_{W,R} = \frac{N_{GE} \cdot 3600}{C}$$

➡ Neuer Ansatz zur Bestimmung der **Rückstaulänge bei Freigabezeitende N_{GE}**

Berechnungsverfahren

Wartezeit und Verkehrsqualität

- Neuer Ansatz zur Bestimmung der **Rückstaulänge bei Freigabezeitende N_{GE}**:
  - Eine Funktion statt fünf Gleichungen im HBS 2001
  - Berücksichtigung von Nachfrageschwankungen in der Bemessungsstunde



Schätzung der Nachfrageschwankung z über Instationaritätsfaktor f_{in}:

$$f_{in} = 1 + \frac{\left(\frac{4 \cdot q_{15}}{q} - 1\right)}{1{,}5}$$

- Verkehrsstärke im höchstbelasteten 15-Minuten-Intervall als Eingangsgröße

Berechnungsverfahren

Wartezeit und Verkehrsqualität

Mittlere Wartezeit im Kfz-Verkehr:

- Neuer Ansatz zur Bestimmung der Rückstaulänge bei Freigabezeitende N_{GE}
- Neuer Ansatz zur Wartezeitberechnung koordinierter Verkehrsströme
- Verkehrsstärkegewichtete mittlere Wartezeit für den gesamten Knotenpunkt

Maximale Wartezeit im Fußgänger- und Radverkehr:

- Zufahrten mit einer Furt: Sperrzeit maßgebend
- Zufahrten mit zwei getrennten Furten: Sperrzeit und Wartezeit auf Mittelinsel maßgebend

Fazit und Ausblick

- Trennung von Bewertung (HBS) und Entwurf (RiLSA) von Lichtsignalanlagen
- Trennung der Bewertungsverfahren für Innerorts- und Außerortsknotenpunkte mit Lichtsignalanlage (Kapitel S4 und L4) gemäß RASt und RAL
- Neugliederung und Fortschreibung der bekannten Verfahren und Ergänzung neuer Ansätze
- *Spezifische Parameter:* Hinweise zu Anpassungsmöglichkeiten der Verfahren
- *Alternative Verfahren:* Hinweise zur Anwendung der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation beim Erreichen der Einsatzgrenzen der Verfahren
- Arbeitshilfen für die Anwendung: Neue Formblätter und kommentierte Rechenbeispiele aus der RiLSA-Beispielsammlung (HSB-Beispielsammlung)

Knotenpunkte mit Lichtsignalanlagen

Dr.-Ing. Martin Schmotz
Technische Universität Dresden
Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr
E-Mail: martin.schmotz@tu-dresden.de