

## Verkehrsqualität städtischer Hauptverkehrsstraßennetze, Teil 1: Verkehrsqualitätsstufenkonzepte für Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Stadt-/Straßenbahnkörpern

FA 77.476/03

Forschungsstelle: RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. B. Steinauer) / BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung Dr.-Ing. Reinhold Baier GmbH, Aachen

Bearbeiter: Baier, M. M. / Baier, R. / Klemp-Kohnen, A. / Steinauer, B. / Lank, C. / Sümmermann, A.

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

Abschluss: November 2008

### 1 Aufgabenstellung

Hauptverkehrsstraßen sind in der Regel Bestandteil überörtlicher Straßennetze, bilden aber gleichzeitig auch wichtige städtebauliche und stadtkverkehrliche Achsen und befinden sich somit in einem Spannungsfeld zwischen den Funktionen aus dem Verbindungsbedarf von Orten und Ortsteilen und der Erschließungsfunktion aus dem städtebaulichen Zusammenhang mit angrenzenden baulichen und sonstigen Umfeldnutzungen. Für die Netzkapazität sind in erster Linie die Knotenpunkte gleichrangiger Hauptverkehrsstraßen maßgebend, da hier Straßen mit gleicher Verbindungsbedeutung und entsprechend hohen Verkehrsstärken zusammentreffen. Die Qualität des Verkehrsablaufs auf den Streckenabschnitten zwischen diesen Knotenpunkten ist dagegen in starkem Maße durch die im Straßenraum jeweils festzustellenden Nutzungsbilder geprägt. Die Verkehrsqualität in städtischen Hauptverkehrsstraßenzügen und damit auch -netzen ist somit nicht nur von den Knotenpunkten, deren Abständen sowie dem Ausbau und der lichtsignaltechnischen Steuerung (besonders bedeutsam ist in diesem Zusammenhang deren Koordinierungsqualität), sondern auch von den dazwischen liegenden Streckenabschnitten und deren Erschließungsfunktion abhängig.

Mit den Verfahren des HBS können Einzelanlagen, nach Qualitätsstufen differenziert, sachgerecht bewertet werden. Für

städtische Straßenverkehrsanlagen sind hierin, bezogen auf den Kraftfahrzeugverkehr, bislang nur Verfahren zur verkehrstechnischen Dimensionierung von Knotenpunkten mit und ohne Lichtsignalanlage enthalten. Maß der Verkehrsqualität für den Kraftfahrzeugverkehr ist hier jeweils die mittlere Wartezeit  $t_w$  (in s). Für Streckenabschnitte von Hauptverkehrsstraßen wurde im FA 77.436/1999 ein erster Ansatz für ein praxistaugliches Qualitätsstufenkonzept zur Bewertung des Kraftfahrzeugverkehrsablaufs abgeleitet, der zwischenzeitlich im Rahmen von weiteren Untersuchungen für vierstreifig befahrene Straßen weiterentwickelt und konkretisiert wurde. Maß der Verkehrsqualität für den Kraftfahrzeugverkehr ist die richtungsbezogene Dichte  $k$  in Pkw-E/(km x Ri). Die Ermittlung der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs erfolgt dabei in Abhängigkeit von der Kraftfahrzeugverkehrsstärke sowie unterschiedlicher Ausprägungen von Störeinflüssen aus der Erschließungsfunktion, wie Linksabbieger (an Knotenpunkten mit nachrangigen Erschließungsstraßen und an Grundstückszufahrten), Einparkvorgänge oder Halte-, Liefer-/Ladevorgänge und Bushalte auf der Fahrbahn. Das Verfahren ermöglicht bislang für fünf relevante, zwei- und vierstreifige Fahrbahnquerschnitte die differenzierte Bewertung verkehrsplanerischer Maßnahmen in Streckenabschnitten. Neben z. B. verkehrsorganisatorischen bzw. -technischen Eingriffen können hiermit auch unterschiedliche Entwurfsvarianten im Zuge der Neu- und Umgestaltung von Hauptverkehrsstraßen – Wahl bzw. Dimensionierung des Fahrbahnquerschnitts (Anzahl und Breite der Fahrstreifen), erforderliche Anordnung von Liefer- und Ladeflächen im Straßenraum, Haltestellenausbildung usw. – hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Qualität im Kraftfahrzeugverkehrsablauf ermittelt werden.

Für Hauptverkehrsstraßen mit Stadt-/Straßenbahnen auf straßenbündigen Bahnkörpern konnte bislang noch kein schlüssiges Qualitätsstufenkonzept abgeleitet werden. Gerade in angebauten Hauptverkehrsstraßen mit Stadt-/Straßenbahntassen ohne räumliche Trennung der Verkehrsarten (also mit straßenbündigen, vom Kraftfahrzeugverkehr mitbenutzten Bahnkörpern) hat der Stadt-/Straßenbahnverkehr Auswirkungen auf den Ablauf des MIV, dessen Anforderungen an die Verbindungs- und auch an die Erschließungsfunktion sich

mit denen des ÖPNV überlagern. In diesem Zusammenhang sind die Haltestellen der Stadt-/Straßenbahnen von besonderer Bedeutung. Gleichmaßen hat aber auch der Kraftfahrzeugverkehr einen Einfluss auf den Stadt-/Straßenbahnverkehr.

In den meisten der vorliegenden Untersuchungen zu Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Bahnkörpern standen der Ablauf und die Beschleunigung des ÖPNV im Vordergrund. Die hieraus abgeleiteten Kriterien zum Einsatz straßenbündiger Bahnkörper berücksichtigen den Kraftfahrzeugverkehr nur als Störgröße für den ÖPNV und konzentrieren sich auf zweistreifige Straßen mit Mischverkehr. Aufgrund der gegenseitigen Beeinflussungen verlangt die Kombination von Stadt-/Straßenbahnen und Kraftfahrzeugverkehr in einem gemeinsamen Verkehrsraum eine Abwägung, die sowohl die Qualitätsanforderungen des ÖPNV als auch des MIV berücksichtigt. Geeignete Bewertungsverfahren hierzu liegen nicht vor.

Des Weiteren erfolgt mit den bisherigen Verfahren für Knotenpunkte mit und ohne Lichtsignalanlage lediglich die Beurteilung der Verkehrsqualität einzelner Straßenverkehrsanlagen, also für Streckenabschnitte und Knotenpunkte getrennte Bewertungen. Diese stellen noch keine Verknüpfung mit der verbindungsbezogenen Betrachtung nach den neuen RIN her.

Mit diesem Forschungsvorhaben werden deshalb zwei Zielsetzungen verfolgt:

- zum einen die Erarbeitung differenzierter Qualitätsstufenkonzepte für den Kraftfahrzeug- und den Stadt-/Straßenbahnverkehr zur Bewertung des Verkehrsablaufs auf Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Bahnkörpern (Teil 1) und
- zum anderen die Ermittlung eines Verfahrens zur Bestimmung der Verkehrs- und Verbindungsqualitäten in städtischen Hauptverkehrsstraßenzügen unter Berücksichtigung der Verkehrsqualitäten der Einzelanlagen und eventueller Netzeffekte (Teil 2).

Die Ergebnisse des hier vorliegenden Teils 1 sollen als Grundlage zur Fortschreibung des HBS dienen. Gleichzeitig stellen sie einen erforderlichen Input für die Bearbeitung des Teils 2 dar, da erst mit dieser Ergänzung alle relevanten Fahrbahnquerschnitte von Hauptverkehrsstraßen abgedeckt sind, die eine entsprechend umfassende übergreifende Betrachtung des Verkehrsablaufs erlauben. Die beiden Teile wurden dabei teilweise parallel bearbeitet und somit sich ergebende Synergieeffekte genutzt. Kernpunkte der methodischen Vorgehensweise waren in beiden Fällen empirische Untersuchungen des Verkehrsablaufs u. a. zur Ermittlung qualitätsrelevanter Kenngrößen und Abhängigkeiten sowie hierauf aufbauende mikroskopische Verkehrsflusssimulationen zur Erweiterung des jeweiligen Daten- und Aussagenspektrums.

## 2 Untersuchungsmethodik

Die Möglichkeit den Verkehrsablauf hinreichend genau zu beschreiben, ist grundsätzlich bei allen Straßenverkehrsanlagen die Voraussetzung, um diese aus verkehrstechnischer Sicht bemessen und die unter den gegebenen Randbedingungen erzielbare Verkehrsqualität bewerten zu können. Die verkehrstechnische Dimensionierung von Straßenverkehrsanlagen leitet sich dabei aus der Gegenüberstellung der maßgebenden Verkehrsstärke (Bemessungsverkehrsstärke  $q_B$ ) und der Kapazität der Anlage ab. Zur Verkehrsqualitätsbewertung wurde im HBS das international gebräuchliche sechsstufige Konzept mit Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs von A bis F übernommen.

Zur Bewertung des Verkehrsablaufs auf Hauptverkehrsstraßen sind zunächst eine Differenzierung der Netzfunktion von Knotenpunkten und die Definition der Streckenabschnitte not-

wendig. Die Knotenpunkte zwischen Hauptverkehrsstraßen bestimmen im Allgemeinen die Netzkapazität, da hier Straßen mit gleicher Netzfunktion respektive Verbindungsbedeutung und oft entsprechend hohen Verkehrsstärken zusammentreffen. An Knotenpunkten von Hauptverkehrs- mit Erschließungsstraßen hingegen sind die Lichtsignalsteuerungen in der Regel so ausgelegt, dass dem Verkehr auf der Hauptverkehrsstraße ein deutlich größerer Freigabezeitanteil als dem Verkehr in den Zufahrten der nachgeordneten Straßen zur Verfügung steht. Diese Knotenpunkte – im Weiteren auch als Anschlussknotenpunkte bezeichnet – sind somit nicht maßgebend für die Kapazität eines Hauptverkehrsstraßenzugs.

Hieraus ergibt sich auch die Definition der Streckenabschnitte: Diese werden definiert als diejenigen Abschnitte außerhalb der Einflussbereiche von Knotenpunkten zwischen Hauptverkehrsstraßen, jedoch einschließlich der Knotenpunkte mit nachgeordneten Straßen, unabhängig von deren Verkehrsregelung (mit oder ohne Lichtsignalanlage). Dies begründet sich wie folgt: Die Knotenpunkte mit dem nachgeordneten Straßennetz dienen der Erschließung der angrenzenden Gebiete, d. h. die dort ab- und einbiegenden Verkehre resultieren aus der Erschließungsfunktion der Hauptverkehrsstraße. Diese und die sich hieraus gegebenenfalls ergebenden Störeinflüsse auf den Verkehrsablauf "gehören" zum Streckenabschnitt. Die Anschlussknotenpunkte müssen auch nicht zwangsläufig maßgebend für die Kapazität der Abschnitte sein, da beispielsweise die aus Liefer- und Ladevorgängen auf der Fahrbahn resultierenden Kapazitätsreduzierungen ähnliche Größenordnungen annehmen können.

Deshalb ist es notwendig, die Verbindungs- und Erschließungsansprüche in ihren jeweiligen maximalen Ausprägungen zu untersuchen und zu überlagern. Für die Qualitätsbewertung des Kraftfahrzeugverkehrsablaufs auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen sind demnach, im Gegensatz zur Betrachtung anderer Straßenverkehrsanlagen, nicht nur die Bemessungsverkehrsstärke  $q_B$  (Stärke des durchgehenden Kraftfahrzeugverkehrs), sondern auch die jeweiligen Ausprägungen der verkehrlichen Erschließungsvorgänge zugrunde zu legen. Der sich aus der Überlagerung von Verbindungs- und Erschließungsansprüchen jeweils ergebende Bemessungsverkehrszustand ist somit maßgebend für die Qualität des Verkehrsablaufs. Dies gilt in ähnlicher Weise für den Ablauf der Stadt-/Straßenbahnen im Mischverkehr: Hier sind die Verbindungsansprüche des ÖPNV mit denjenigen des MIV und darüber hinaus auch mit den aus der Erschließungsfunktion resultierenden Ansprüchen zu überlagern.

Der gewählte Untersuchungsansatz basiert deshalb auf einer Überlagerung unterschiedlicher Ausprägungen von Verbindungs- und Erschließungsansprüchen, beides wiederum bezogen auf bestimmte, typische Querschnittsausbildungen, differenziert durch die Fahrstreifenanzahl und straßenverkehrsrechtliche Bestimmungen für eine flexible Nutzung der straßenbündigen, vom Kraftfahrzeugverkehr überfahrbaren Bahnkörper. Durch diese Kombinationen ergeben sich Verkehrszustände im jeweiligen Fahrbahnquerschnitt, die so zu Erkenntnissen über Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs bzw. Grenzen der Belastbarkeit führen.

In Hauptverkehrsstraßen tritt im Allgemeinen kein ungestörter, stationärer Verkehrsfluss auf. Hierin liegt eine bzw. die besondere Problematik in der Interpretation des städtischen Kraftfahrzeugverkehrsablaufs. Gerade wegen dieser Komplexität des Verkehrsablaufs auf Hauptverkehrsstraßen mit Störungen, die häufig weder genau lokalisiert noch quantifiziert werden können, und den sich hieraus ergebenden Instationaritäten über Zeit und Weg bietet sich die Anwendung von mikroskopischer Verkehrsflusssimulation als die geeignetste Methode an. Diese ermöglicht die räumlich zeitliche Erfassung

des Verkehrsflusses auf der Basis einer Einzelfahrzeugsbetrachtung, die bei realen Messungen aufgrund des sehr hohen Aufwands und der damit verbundenen Störung des Verkehrsablaufs in der Regel kaum realisierbar ist.

Des Weiteren erlaubt nur die Simulation eine systematische Variation der Verkehrsnachfrage (Kraftfahrzeugverkehrsstärke, Stadt-/Straßenbahntakt) und der aus der Erschließungsfunktion resultierenden verkehrlichen Effekte. Dadurch können einerseits die Auswirkungen einzelner Störeinflüsse, andererseits auch empirisch nicht beobachtete bzw. nicht beobachtbare Nutzungskonstellationen untersucht werden. Somit ist die Anwendung mikroskopischer Verkehrsflusssimulationen vor dem Hintergrund des gewählten Untersuchungsansatzes folgerichtig und notwendig.

Die durchgeführten Simulationsuntersuchungen basieren auf empirischen Grundlagen. Die auf ausgewählte, praxisrelevante Untersuchungsfälle beschränkte Empirie diente dabei der Klärung grundsätzlicher Fragestellungen hinsichtlich der Ableitung der Streckenabschnittslängen, der Erfassung von Tagesganglinien der Kraftfahrzeugverkehrsstärke und der Frequenz des ÖPNV (Fahrplankontakt der Stadt-/Straßenbahn) als Größen des Nutzungsanspruchs aus der Verbindungsfunktion sowie der Ermittlung und Quantifizierung der Einflussgrößen aus der Erschließungsfunktion (Häufigkeit und Dauer).

Darüber hinaus sollten durch die Empirie die bereits vorhandenen Erkenntnisse zum Verkehrsablauf auf Straßen mit straßenbündigen Bahnkörpern ergänzt werden, insbesondere hinsichtlich gegenseitiger Beeinflussungen von Kraftfahrzeugen und Stadt-/Straßenbahnen. Neben der Basis zur Festlegung der maßgebenden, in der Simulation zu untersuchenden Belastungsfälle stellen die empirischen Befunde die notwendige Validierungsgrundlage für die mikroskopische Verkehrsflusssimulation dar.

Die einzelnen Arbeitsschritte waren:

- Festlegung relevanter Fahrbahnquerschnitte für Straßen mit straßenbündigen Bahnkörpern und Auswahl geeigneter Fallbeispiele,
- Durchführung empirischer Untersuchungen zum Verkehrsablauf zur Ergänzung der vorhandenen Erkenntnisse und zur Ableitung der Streckenabschnitte und deren Längen sowie zur Quantifizierung der relevanten Erschließungsvorgänge mit Einfluss auf den Verkehrsablauf als notwendige Datengrundlagen für die nachfolgenden Schritte,
- Überprüfung der Qualitätskriterien und Ableitung der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs sowohl für den Kraftfahrzeug- als auch den Stadt-/Straßenbahnverkehr mittels situativer Bewertungen von Verkehrszuständen,
- Erweiterung des Daten- und Aussagenspektrums der empirischen Untersuchungen mittels mikroskopischer Verkehrsflusssimulationsuntersuchungen und
- Darstellung differenzierter Qualitätsstufenkonzepte zur Bewertung des Ablaufs im Kraftfahrzeug- und im Stadt-/Straßenbahnverkehr.

Der gewählte Untersuchungsansatz gewährleistet die Übertragbarkeit und Anwendung der im Ergebnis abgeleiteten Verfahren zur Bewertung der Qualität des Kraftfahrzeug- und des Stadt-/Straßenbahnverkehrsablaufs im Mischverkehr bei praxisrelevanten Fragestellungen im Rahmen von Planungs- und Entwurfsmaßnahmen in städtischen Hauptverkehrsstraßen.

### 3 Untersuchungsergebnisse

Die richtungsbezogene Dichte  $k$  in Pkw-E/(km x Ri) ist auch für Streckenabschnitte von Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Bahnkörpern als maßgebendes Bewertungskriterium für die Qualität des Kraftfahrzeugverkehrsablaufs anzusehen. Die Qualität des Kraftfahrzeugverkehrsablaufs auf Abschnitten mit Mischverkehr ist bei gleicher Dichte  $k_S$  im Streckenabschnitt grundsätzlich nicht anders einzustufen als auf ausschließlich von Kraftfahrzeugen befahrenen Streckenabschnitten. Zur Bewertung des Kraftfahrzeugverkehrsablaufs auf Streckenabschnitten mit straßenbündigen Bahnkörpern sind deshalb einheitliche Qualitätsstufen für zwei- bzw. vierstreifige Fahrbahnen heranzuziehen. Dies ermöglicht u. a. vergleichende Bewertungen von Entwurfsvarianten mit unterschiedlichen Führungen der Stadt-/Straßenbahn im Fahrbahnquerschnitt (besondere Bahnkörper vs. Mischverkehr) hinsichtlich der Auswirkungen auf den Kraftfahrzeugverkehrsablauf.

Als Kriterium für die Verkehrsqualität des ÖPNV auf einer Strecke zwischen zwei oder mehreren Haltestellen ist im HBS die mittlere Beförderungsgeschwindigkeit  $V_{\text{ÖV}}$  vorgegeben. Damit wird dem ÖPNV eine Größe zugeordnet, die aus Nutzer-sicht einen besonderen Qualitätsfaktor darstellt. Maßgeblichen Einfluss auf die  $V_{\text{ÖV}}$  haben neben den fahrplanmäßigen Halten (Haltestellenaufenthaltszeit  $t_{H,\text{ÖV}}$ ) und den dabei entstehenden Zeitverlusten (Verlustzeiten bei der Haltestellenanfahrt und -abfahrt  $t_{H,\text{ÖV},b}$  bzw.  $t_{H,\text{ÖV},a}$ ) eventuelle Wartezeiten an Knotenpunkten sowie im Mischverkehr spezifische Störeinflüsse auf der "freien" Strecke. Letztere treten zufallsverteilt auf und können somit durchaus zu erheblichen Störungen im Fahrt-ablauf eines Busses oder einer Stadt-/Straßenbahn führen. Deshalb ist es folgerichtig, die Beförderungsgeschwindigkeit  $V_{\text{ÖV}}$  auch bei einer streckenbezogenen Bewertung des Verkehrsablaufs als maßgebendes Qualitätskriterium für den ÖPNV zugrunde zu legen.

Im Ergebnis werden Verfahren zur Bewertung der Qualität des Kraftfahrzeug- und des Stadt-/Straßenbahnverkehrsablaufs auf Streckenabschnitten mit straßenbündigen Bahnkörpern dargestellt. Die Qualitätsstufenkonzepte dienen als Grundlage für den Nachweis, dass auf einer Strecke mit straßenbündigen Bahnkörpern zum einen die zu erwartende Kraftfahrzeugverkehrsbelastung und zum anderen der Stadt-/Straßenbahnverkehr mit der jeweils angestrebten Verkehrsqualität abgewickelt werden kann.

Die Verfahren gelten für angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS mit den Verbindungsfunktions-Stufen III und IV gemäß den RIN. Sie sind für Streckenabschnitte mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit  $V_{\text{zul}}$  von 50 km/h anzuwenden, die keinen wesentlichen Einflüssen (z. B. Verlustzeiten, Rückstauerscheinungen) durch Knotenpunkte zwischen gleichrangigen Hauptverkehrsstraßen unterliegen. Anschlussknotenpunkte von Erschließungsstraßen an die betrachtete Hauptverkehrsstraße sind, unabhängig von ihrer Verkehrsregelung und -steuerung, Bestandteil des Streckenabschnitts.

Die Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs erfolgt grundsätzlich für beide Fahrrichtungen getrennt, d. h. es ist erforderlich, richtungsgetrennte Streckenabschnitte festzulegen. Hierzu sind nach einer speziell entwickelten Vorgehensweise die Einflussbereiche der Knotenpunkte gleichrangiger Hauptverkehrsstraßen  $L_{KE}$  zu bestimmen. Bei wechselnden Bemessungsverkehrszuständen innerhalb eines Streckenabschnitts sind darüber hinaus Teilabschnitte zu bilden.

Für jeden Teilabschnitt sind die Bewertungen des Verkehrsablaufs durchzuführen. Für den Kraftfahrzeugverkehrsablauf erfolgt dies anhand der Verkehrsdichte  $k_T$  auf einem Teilabschnitt der Länge  $L_T$ , die mithilfe von nach Fahrbahnquer-

schnitten differenzierten q-k-Beziehungen ermittelt wird. Die Ermittlung der mittleren Beförderungsgeschwindigkeit des Stadt-/Straßenbahnverkehrs  $V_{\text{ÖV},T}$  auf einem Teilabschnitt der Länge  $L_T$  erfolgt mithilfe von q- $V_{\text{ÖV}}$ -Beziehungen, die ebenfalls nach Fahrbahnquerschnitten differenziert sind. Abschließend erfolgt eine zusammenfassende Beurteilung über mehrere Teilabschnitte.

## 4 Folgerungen für die Praxis

Die entwickelten Verfahren erlauben unterschiedliche Entwurfsvarianten sowie verkehrsorganisatorische Maßnahmen in Streckenabschnitten im Zuge der Neu- bzw. Umgestaltung von Hauptverkehrsstraßen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Verkehrsqualität zu bewerten. Mit den hier erzielten Ergebnissen liegen ausreichende Grundlagen für einen Formulierungsvorschlag für die derzeit in Bearbeitung befindliche HBS-Fortschreibung vor. Die Qualitätsstufenkonzepte können darüber hinaus als Bewertungsgrundlagen für Simulationsuntersuchungen herangezogen werden.

Die Verfahren ermöglichen – im Sinne des HBS – ausschließlich die verkehrstechnische Bewertung des Verkehrsablaufs auf Streckenabschnitten außerhalb des Einflussbereichs von Knotenpunkten gleichrangiger Hauptverkehrsstraßen. Darüber hinaus ist aber auch die Bewertung von Straßenzügen auf Basis der Verkehrsqualitäten der Einzelanlagen (Knotenpunkte und Streckenabschnitte) erforderlich. Eine solche übergreifende Betrachtung ermöglicht die Bewertung der Verbindungsqualität von Hauptverkehrsstraßennetzen und ist Voraussetzung für beispielsweise weitergehende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen. Die Ermittlung eines Verfahrens zur Bestimmung der Verkehrs- und Verbindungsqualitäten in städtischen Hauptverkehrsstraßenzügen unter Berücksichtigung der Verkehrsqualitäten der Einzelanlagen und eventueller Netzeffekte erfolgte in Teil 2 des Forschungsvorhabens. Die hier erzielten Ergebnisse stellten dazu einen Baustein dar.

Unabhängig von den konkreten Anwendungsmöglichkeiten der Verfahren bestehen noch verschiedene offene Fragen. Der sich hieraus ergebende weitere Untersuchungsbedarf betrifft folgende Aspekte:

- Quantifizierung der Nutzungsansprüche aus der Erschließungsfunktion bezogen auf typische Entwurfs-situationen: Für die praktische Anwendung der Verfahren ist es sinnvoll, Anhaltswerte für die Häufigkeit der relevanten Erschließungsvorgänge in Abhängigkeit vorliegender Randnutzungen anzugeben. Es erscheint sinnvoll, diese bezogen auf typische Entwurfs-situationen gemäß den RASt anzugeben. Gegebenenfalls sollten diese zusätzlich differenziert werden nach (groben) Größenordnungen der vorhandenen bzw. vorgesehenen Randnutzungen, aber auch des Parkraumangebots. Hiermit wäre eine ausreichende Genauigkeit für die Abschätzung der erforderlichen Eingangsgrößen gegeben, wenn diese nicht bekannt sind bzw. empirisch nicht erfasst werden können.
- Konkretisierung und Erweiterung der teilabschnitts-bezogenen Bewertungsgrundlagen: Zur Bewertung des Verkehrsablaufs auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen ist eine Teilabschnittsbildung in den vielen Fällen unumgänglich, da zwischen zwei Knotenpunkten von gleichrangigen Hauptverkehrsstraßen durchaus wechselnde Randbedingungen bestehen können. Die bisher ermittelten Zusammenhänge reichen nicht aus, um alle praxisrelevanten Fälle abzudecken. Deshalb ist eine Erweiterung der

teilabschnittsbezogenen Bewertungsgrundlagen u. a. für variierende Teilabschnittslängen  $L_T$  durch weitere Simulationsuntersuchungen erforderlich. Des Weiteren konnte bislang nicht abschließend geklärt werden, wie die Auswirkungen von überlagerten Einflussgrößen aus der Erschließungsfunktion auf den Verkehrsablauf ermittelt werden können. Hierzu sind ebenfalls weitere Simulationsuntersuchungen erforderlich, um die ermittelten Zusammenhänge weiter zu fundieren und gegebenenfalls ein formelmäßiges Berechnungsverfahren für die Ermittlung der Auswirkungen kombinierter Störeinflüsse auf die Verkehrsqualität abzuleiten.

- Erweiterung der Bewertungskriterien für den ÖPNV auf Mischverkehrsstrecken: Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse zum Stadt-/Straßenbahnverkehrsablauf bei gemeinsamer Führung mit dem Kraftfahrzeugverkehr erscheint es sinnvoll, neben der mittleren Beförderungsgeschwindigkeit  $V_{\text{ÖV}}$  zusätzlich z. B. deren Standardabweichung  $\sigma_{V,\text{ÖV}}$  als Qualitätskriterium für den ÖPNV im Mischverkehr heranzuziehen. Hierzu sind zunächst grundsätzliche Überlegungen zu akzeptablen Streuungen der Beförderungsgeschwindigkeit  $V_{\text{ÖV}}$  notwendig.