

Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 266

bast

Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen

von

Michael M. Baier
BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung
Dr. Ing. Reinhold Baier GmbH
Aachen

Gert Hartkopf
Rösrath

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 266

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt: FE 02.324/2010/ARB
Weiterentwicklung von Verfahren zur Verkehrsqualitätsbewertung im Rahmen der Fortschreibung des HBS

Fachbetreuung:
Kerstin Lemke

Herausgeber
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 978-3-95606-211-7

Bergisch Gladbach, Oktober 2015

Kurzfassung – Abstract

Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen

Im HBS (2001) sind für Strecken von Hauptverkehrsstraßen keine Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität enthalten, jedoch wurden inzwischen hierzu durch verschiedene Untersuchungen die notwendigen Grundlagen und Zusammenhänge abgeleitet. Hierauf aufbauend war für den Entwurf des HBS (2012) ein praxistauglicher Verfahrensansatz zu entwickeln, der neben der Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken anbaufreier und angebaute Hauptverkehrsstraßen auch die Ermittlung von Pkw-Fahrgeschwindigkeiten als Input für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen ermöglicht. Hierzu galt es, ein praxistaugliches Set von q-V-Beziehungen bereitzustellen, mit dem anbaufreie sowie angebaute Hauptverkehrsstraßen mit unterschiedlichen Randnutzungen betrachtet werden können.

Aufbauend auf dem Verfahren zur Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken mit seinen q-V-Beziehungen wurde, unter Hinzuziehung der Verfahren für Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und ohne Lichtsignalanlage, ein Verfahren für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen entwickelt. Dabei sollte die Bewertung aus netzplanerischer Sicht mittels eines kategoriebezogenen Fahrgeschwindigkeitsindex erfolgen.

Die Ergebnisse wurden als standardisierte Verfahren zur Integration in den Entwurf des HBS (2012) aufbereitet. Des Weiteren war der Anwendungsbereich dieser Berechnungsverfahren zu definieren. Für Fälle außerhalb des jeweiligen Anwendungsbereichs wurden Hinweise zur Anwendung alternativer Verfahren, wie beispielsweise mikroskopische Verkehrsflusssimulationen, erarbeitet.

Methodologies for evaluating major urban street segment and facility performance

The HBS (2001) doesn't mention any procedures for evaluating traffic quality on road sections, but meanwhile various studies have yielded the necessary principles and connections. Based on these findings, a practical method approach was to be developed for the draft HBS (2012), which, in addition to the traffic quality assessment of non built-on and built-on main roads, allows also the determination of car speeds to be used as an input for the evaluation of the service quality of network sections on major roads. Therefore, it was necessary to provide a practical set of q-V relationships, allowing considering non built-on and built-on main roads with different peripheral usages.

Based on the procedure for traffic quality evaluation of road sections with its q-V-relationships, a procedure for assessing service quality of network sections of main roads was developed, in consultation with the procedures for junctions with and without traffic lights. From a network planning point of view, the evaluation was done by means of a category-related speed index.

In order to integrate the results into the draft HBS (2012), they were configured in a standardized method. Furthermore, the respective scope of these calculation methods was defined. Additional instructions on the use of alternative methods were worked out for cases outside the respective scopes, such as microscopic traffic flow simulations.

Inhalt

Glossar	6	3 Bewertung der Angebots-	
Vorbemerkung	9	qualität von Netzabschnitten	25
1 Aufgabenstellung und		3.1 Qualitätskriterien und -stufen	26
Zielsetzung	11	3.1.1 Kriterium für die Angebots-	
2 Bewertung der Verkehrs-		qualität	26
qualität auf Strecken	12	3.1.2 Stufen der Angebots-	
2.1 Qualitätskriterien und -stufen	12	qualität (SAQ)	30
2.1.1 Kriterium für die Verkehrs-		3.2 Berechnungsverfahren	33
qualität	12	3.2.1 Anwendungsbereich	33
2.1.2 Qualitätsstufen des Verkehrs-		3.2.2 Einflussgrößen	33
ablaufs (QSV)	13	3.2.3 Festlegung von	
2.2 Berechnungsverfahren	13	Netzabschnitten	35
2.2.1 Anwendungsbereich	14	3.2.4 Ermittlung der	
2.2.2 Einflussgrößen	14	Fahrgeschwindigkeit	35
2.2.3 Festlegung von Strecken	16	3.2.5 Spezifische Parameter	36
2.2.4 Festlegung von Teilstrecken	18	3.3 Alternative Verfahren	37
2.2.5 Ermittlung der		4 Zusammenfassung, weiterer	
Fahrgeschwindigkeit	19	Untersuchungsbedarf	37
2.2.6 Ermittlung der fahrstreifen-		5 Literatur	39
bezogenen Verkehrsdichte	22		
2.2.7 Bestimmung der QSV	23		
2.2.8 Spezifische Parameter	23		
2.3 Alternative Verfahren	23		

Glossar

b_{SV}	Schwerverkehrsanteil [%]	L_S	Länge der Strecke [m]
f_F	Freigabezeitanteil [-]	L_{KA}	Länge des Knotenpunktbereichs des stromaufwärts gelegenen Hauptknotenpunkts [m]
f_{FS}	Faktor zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Verteilung der Verkehrsdichten [-]	L_{KE}	Länge des Knotenpunktbereichs des stromabwärts gelegenen Hauptknotenpunkts [m]
f_q	Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Verkehrsstärke (Faktor der Regressionsrechnung zur Bestimmung der q-V-Beziehungen) [-]	$L_{KE,Z}$	Länge des Annäherungsbereichs mit Geschwindigkeitsverzögerung [m]
$f_{V,L}$	Faktor zur Anpassung der $V_{f,N}$ an die $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) [-]	L_{KI}	Abstand von der Haltlinie bis Knotenpunktmitte [m]
i	Index für eine Teilstrecke einer betrachteten Strecke bzw. Index zur fortlaufenden Nummerierung von Strecken in einem Netzabschnitt	L_T	Länge der Teilstrecke [m]
l_{VF}	Fahrgeschwindigkeitsindex [-]	LOS	Level of Service
j	Index zur fortlaufenden Nummerierung von Knotenpunkten in einem Netzabschnitt bzw. Index für einen Kategorienwechsel	m	Index zur fortlaufenden Nummerierung von Kfz bzw. Messintervallen
k	Verkehrsdichte [Kfz/km]	n_T	Anzahl der Messintervalle innerhalb des Betrachtungszeitraums T [-]
k_{fS}	mittlere Verkehrsdichte im Streckenbereich außerhalb Knotenpunktbereiche (= Mittelwert der fortlaufend momentan erfassten Dichten k_m) [Kfz/km]	$n_{H,\ddot{O}V}$	Anzahl der Bushalte auf der Fahrbahn [Busse/h]
k_{FS}	fahrestreifenbezogene Verkehrsdichte [Kfz/km]	n_{HL}	Anzahl der Halte- und Liefervorgänge auf der Fahrbahn je 100 m Länge [Kfz/(h · 100 m)]
$k_{FS,fS}$	fahrestreifenbezogene Verkehrsdichte auf Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [Kfz/km]	n_K	Anzahl der Hauptknotenpunkte im Zuge des Netzabschnitts bzw. Kategorienwechsel am Beginn oder Ende des Netzabschnitts [-]
$k_{FS,S}$	fahrestreifenbezogene Verkehrsdichte auf der Strecke [Kfz/km]	n_{Kfz}	Anzahl der Kfz, die innerhalb des Betrachtungszeitraums T in den Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche einfahren und diesen vollständig durchfahren [-]
$k_{FS,T}$	fahrestreifenbezogene Verkehrsdichte auf der Teilstrecke [Kfz/km]	n_{Kfz}	Anzahl der Kfz, die innerhalb der Bemessungsstunde in den Netzabschnitt einfahren und diesen vollständig durchfahren [-]
k_m	momentan erfasste Dichte zum Zeitpunkt t_m [Kfz/km]	n_P	Anzahl der Parkvorgänge neben der Fahrbahn je 100 m Länge [Kfz/(h · 100 m)]
$k_{m,FS}$	momentan erfasste fahrestreifenbezogene Dichte zum Zeitpunkt t_m [Kfz/km]	n_S	Anzahl der Strecken im Zuge des Netzabschnitts [-]
Kfz	Kraftfahrzeug (auch als Einheit oder Index)	n_T	Anzahl der Teilstrecken im Zuge der Strecke
L_{fS}	Länge des Streckenanteils außerhalb der Knotenpunktbereiche [m]	N	Netzabschnitt (als Index)
L_N	Länge des Netzabschnitts [m]	ÖPNV	öffentlicher Personennahverkehr
$L_{N,MW}$	mittlere Länge von Netzabschnitten einer Straßenkategorie [m]	Pkw	Personenkraftwagen
		q	Verkehrsstärke [Kfz/h]
		QSV	Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs
		s	Längsneigung [%]
		S	Strecke (als Index)

SAQ_N	Stufe der Angebotsqualität des Netzabschnitts	$V_{f,N}$	bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt [km/h]
SAQ_V	Stufe der Angebotsqualität der Verbindung	$V_{f,N,L}$	bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ [km/h]
t_B	Zeitbedarfswert [s]	$V_{f,S}$	bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf der Strecke [km/h]
t_F	Freigabezeit für den maßgebenden Verkehrsstrom in der betrachteten Zufahrt [s]	$V_{F,FS}$	mittlere Fahrgeschwindigkeit auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [km/h]
$t_{F,FS}$	mittlere Fahrtzeit aller durchfahrenden Kfz auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [s]	$V_{F,S}$	mittlere Fahrgeschwindigkeit [km/h]
$t_{F,FS,m}$	Fahrtzeit des Kfz m auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [s]	$V_{F,N}$	zu erwartende mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt in der Bemessungsstunde [km/h]
$t_{F,N}$	mittlere Fahrtzeit aller durchfahrenden Kfz auf dem Netzabschnitt in der Bemessungsstunde [s]	$V_{F,N,Ziel}$	nach den RIN (2008) angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt [km/h]
$t_{F,N,m}$	Fahrtzeit des Kfz m auf dem Netzabschnitt [s]	$V_{F,S}$	mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Strecke [km/h]
t_m	Zeitpunkt des Messintervalls τ	$V_{F,SZ}$	mittlere Fahrgeschwindigkeit auf einem Straßenzug [km/h]
t_S	Sperrzeit [s]	$V_{F,T}$	mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Teilstrecke [km/h]
t_U	Umlaufzeit [s]	$V_{HS,N}$	angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategoriengruppe HS (angebaute Hauptverkehrsstraße) [km/h]
$t_{V,KN}$	Verlustzeiten an den beiden, den Netzabschnitt begrenzenden Knotenpunkten bei freiem Verkehr [s]	$V_{Kat,N}$	angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategoriengruppe VS (anbaufreie Hauptverkehrsstraße) oder HS (angebaute Hauptverkehrsstraße) [km/h]
t_W	mittlere Wartezeit des betrachteten Verkehrsstroms an einem Knotenpunkt [s]	$V_{Kat,N,L}$	angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategoriengruppe VS (anbaufreie Hauptverkehrsstraße) oder HS (angebaute Hauptverkehrsstraße) mittlerer Länge $L_{N,MW}$ [km/h]
$t_{W,NE}$	mittlere Wartezeit am Knotenpunkt am Ende des Netzabschnitts [s]	V_p	Progressionsgeschwindigkeit einer Koordinierung [km/h]
t_Z	Zwischenzeit [s]	$V_{VS,N}$	angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategoriengruppe VS (anbaufreie Hauptverkehrsstraße) [km/h]
$t_{Z,KA}$	Zuschlag für zusätzlichen Zeitverlust hinter dem Knotenpunkt [s]	V_{zul}	zulässige Höchstgeschwindigkeit [km/h]
$t_{Z,KA,NB}$	Zuschlag für zusätzlichen Zeitverlust hinter dem Knotenpunkt am Beginn des Netzabschnitts [s]		
$t_{Z,KE}$	Zuschlag für zusätzlichen Zeitverlust vor dem Knotenpunkt [s]		
$t_{Z,KE,NE}$	Zuschlag für zusätzlichen Zeitverlust vor dem Knotenpunkt am Ende des Netzabschnitts [s]		
T	Teilstrecke (als Index)		
T_τ	Betrachtungszeitraum		
τ	Messintervall [s]		
V_0	Wunschgeschwindigkeit (Konstante der Regressionsrechnung zur Bestimmung der q-V-Beziehungen) [km/h]		

Vorbemerkung

Im Zuge der Fortschreibung des HBS (2001) hat sich gezeigt, dass die nach der Einführung des HBS (2001) in verschiedenen Forschungsvorhaben entwickelten Verfahrensansätze für innerörtliche Hauptverkehrsstraßen einer z. T. grundlegenden Überarbeitung bedürfen. Dies betrifft vor allem das Verfahren für die Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken von Hauptverkehrsstraßen sowie die Ermittlung von Pkw-Fahrgeschwindigkeiten als Input für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen, die beide auch für Ortsdurchfahrten maßgebend sind. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass auch für die Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität von Anlagen des straßengebundenen ÖPNV sowie von Anlagen für den Radverkehr und von Anlagen für den Fußgängerverkehr eine Anpassung bzw. Überarbeitung erforderlich ist.

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens war deshalb die Weiterentwicklung dieser Verfahren. Im Ergebnis sollten für diese Straßenverkehrsanlagen praxistaugliche Verfahren entwickelt und bereitgestellt werden sowie für die entsprechenden Kapitel des Entwurfs für das neue HBS (2012) aufbereitet werden. Dazu erfolgte jeweils die Analyse der vorliegenden Verfahrensvorschläge im Hinblick auf ihre Praxistauglichkeit, die Anpassung bzw. Überarbeitung der Verfahren auf Grundlage vorliegender Erkenntnisse aus abgeschlossenen Untersuchungen, die Aufbereitung der Ergebnisse in Form von Kapitelentwürfen in Zusammenarbeit mit der jeweils zuständigen Bearbeitergruppe des AK 3.10.1 „Berechnungsverfahren“ der FGSV, die Abstimmung dieser Kapitelentwürfe sowohl mit der K 3 „Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ der FGSV als auch mit der für die Abfassung des neuen HBS (2012) zuständigen Redaktionsgruppe und die Erstellung der endgültigen Kapitel für den Entwurf des neuen HBS (2012).

Da der ursprünglich der K 3 „Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ vorgelegte Verfahrensvorschlag für die Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken von Hauptverkehrsstraßen u. a. aufgrund der fehlenden Möglichkeit, hiermit Pkw-Fahrgeschwindigkeiten auf den einzelnen Teilstrecken und damit auf der gesamten Strecke ermitteln zu können, die aber für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten unverzichtbar sind, als nicht geeignet erkannt wurde, war hier ein neuer, praxistauglicher Verfahrensansatz zu entwickeln.

Dieser soll sowohl die Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken von Hauptverkehrsstraßen erlauben als auch die Ermittlung von Pkw-Fahrgeschwindigkeiten als Input für die Bewertung der von Netzabschnitten entsprechender Straßen ermöglichen.

Vor diesem Hintergrund bestand das Forschungsvorhaben aus zwei Teilen:

- Teil 1: Durchführung der redaktionellen Bearbeitung und des Abstimmungsverfahrens der betroffenen Kapitel für den Entwurf des neuen HBS (2012),
- Teil 2: Entwicklung von Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von anbaufreien und angebauten Hauptverkehrsstraßen.

Der Teil 1 wurde gemeinsam von Dr.-Ing. Michael M. BAIER (BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung Dr.-Ing. Reinhold Baier GmbH, Aachen), Dir. und Prof. a. D. Dipl.-Ing. Gert HARTKOPF (Rösrath) sowie Prof. Dr.-Ing. Reinhold MAIER (Lehrstuhl für Straßenverkehrstechnik mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung der TU Dresden) bearbeitet. Die Bearbeitung ist in den Niederschriften der Sitzungen der für die Abfassung des neuen HBS (2012) zuständigen Redaktionsgruppe dokumentiert.

Der Teil 2 wurde von Dr.-Ing. Michael M. BAIER (BSV Büro für Stadt- und Verkehrsplanung Dr.-Ing. Reinhold Baier GmbH, Aachen) unter Mitwirkung von Dir. und Prof. a. D. Dipl.-Ing. Gert HARTKOPF (Rösrath) bearbeitet. Der vorliegende Bericht bezieht sich ausschließlich auf den Teil 2. Darin werden die Ansätze und Grundlagen der Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen und zur Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen erläutert und der weitere Untersuchungsbedarf aufgezeigt.

1 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Hauptverkehrsstraßen, zu denen auch Ortsdurchfahrten gehören, sind in der Regel Bestandteile zwischenkommunalen Verbindungen sowie überörtlicher Straßennetze. Sie übernehmen somit im Wesentlichen eine Verbindungsfunktion, gleichzeitig dienen sie aber auch der Erschließung der angrenzenden städtebaulichen Nutzungen und übernehmen folglich auch eine Erschließungsfunktion. Letztere hängt maßgeblich von der Art und Intensität der angrenzenden Nutzungen ab.

Im HBS (2001) sind für Strecken von Hauptverkehrsstraßen keine Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität enthalten. Inzwischen wurden hierzu jedoch durch die Untersuchungen von BAIER et al. (2003) und BAIER (2006) sowie zuletzt SÜMMERMANN et al. (2009) die notwendigen Grundlagen und Zusammenhänge abgeleitet. Der hieraus im Rahmen der Fortschreibung des HBS (2001) entwickelte Verfahrensvorschlag zur Bewertung der Verkehrsqualität (des Kfz-Verkehrs) basiert auf der Überlagerung von Nutzungsansprüchen aus der Verbindungsfunktion und der Erschließungsfunktion, wobei letztere durch Art, Anzahl und Dauer von Erschließungsvorgängen – wie Halte auf der Fahrbahn (z. B. durch Lieferfahrzeuge), ein-/ausparkende Fahrzeuge usw. – definiert sind. Als Maß der Verkehrsqualität wird die mittlere Verkehrsdichte verwendet, die mithilfe von nach Fahrbahnquerschnitten differenzierten q-k-Beziehungen, die den Zusammenhang zwischen der stündlichen Kfz-Verkehrsstärke und der räumlich-zeitlichen Dichte innerhalb einer Stunde beschreiben, fahrtrichtungsbezogen ermittelt wird.

Ein Nachteil an diesem Ansatz besteht darin, dass die verfahrensbedingte Differenzierung mit einer z. T. sehr kleinteiligen Bildung von Teilstrecken in der praktischen Anwendung problematisch werden kann, zumal die als Eingangsgrößen notwendigen Angaben zur Anzahl einzelner Erschließungsvorgänge nur aufwändig ermittelbar sind. Ein weiterer wesentlicher Nachteil ist, dass aus den zugrunde gelegten q-k-Beziehungen keine Fahrgeschwindigkeiten ermittelt werden können. Die tatsächlich erreichbaren mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten sind jedoch für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten zwingend erforderlich.

Deshalb ist für den Entwurf des neuen HBS (2012) ein praxistauglicher Verfahrensansatz zu entwi-

ckeln, der sowohl die Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken anbaufreier und angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppen VS bzw. HS gemäß den RIN (2008) erlaubt als auch die Ermittlung von Pkw-Fahrgeschwindigkeiten als Input für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen ermöglicht. Hierzu sind q-V-Beziehungen abzuleiten.

Es ist ein praxistaugliches Set von q-V-Beziehungen bereitzustellen. Neben einer Differenzierung der Fahrstreifenanzahl sollen diese q-V-Beziehungen auch die Einflüsse durch (aus den angrenzenden städtebaulichen Nutzungen resultierende) Erschließungsvorgänge angemessen berücksichtigen. Damit soll ermöglicht werden, anbaufreie Straßen der Kategoriengruppe VS sowie angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS mit unterschiedlichen Randnutzungen (z. B. Straßen mit überwiegender Wohnnutzung, Straßen mit Mischnutzung, Straßen mit überwiegend gewerblicher Nutzung) betrachten zu können.

Aufbauend auf dem Verfahren zur Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken mit seinen q-V-Beziehungen ist, unter Hinzuziehung der Verfahren für Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und ohne Lichtsignalanlage aus dem Entwurf des neuen HBS (2012), ein Verfahren für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppen VS und HS zu entwickeln. Dabei sind die grundsätzlichen Ansätze aus den von BAIER et al. (2012) für den Entwurf des HBS (2012) erarbeiteten Verfahren zur Bewertung von Netzabschnitten von Autobahnen und Landstraßen zu berücksichtigen.

So soll die Bewertung aus netzplanerischer Sicht mittels eines kategoriebezogenen Fahrgeschwindigkeitsindex erfolgen. Dieser ergibt sich aus der tatsächlich erreichbaren mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt bezogen auf eine netzplanerische Referenzgeschwindigkeit. Diese Referenzgeschwindigkeit hängt von der jeweiligen Straßenkategorie gemäß den RIN (2008) ab und ist für Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppen VS und HS noch abzuleiten.

Die Ergebnisse sind als standardisierte Verfahren zur Integration in den Entwurf des HBS (2012) aufzubereiten. Des Weiteren ist der Anwendungsbereich dieser Berechnungsverfahren zu definieren. Für Fälle außerhalb des jeweiligen Anwendungsbe-

reichs sind Hinweise zur Anwendung alternativer Verfahren, wie beispielsweise mikroskopische Verkehrsflusssimulationen, zu erarbeiten.

Nachfolgend sind die Ansätze und Grundlagen der Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen (Kapitel 2) und zur Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen (Kapitel 3) dargestellt und erläutert. Die hieraus für den Entwurf des HBS (2012) erarbeiteten Verfahrensbeschreibungen einschließlich einiger Berechnungsbeispiele sind im Anhang enthalten. Abschließend wird der weitere Untersuchungsbedarf (Kapitel 4) aufgezeigt.

2 Bewertung der Verkehrsqualität auf Strecken

Die Bewertung der Verkehrsqualität auf Strecken von anbaufreien und angebauten Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppen VS und HS dient dem Nachweis, dass auf diesen zu erwartende Verkehrsnachfrage mit der erwünschten Qualität abgewickelt werden kann. Einflüsse auf den Verkehrsablauf durch Knotenpunkte werden dabei nicht berücksichtigt.

Dabei stellt die Verkehrsqualität die zusammenfassende Gütebeschreibung des Verkehrsflusses aus Sicht der Verkehrsteilnehmer dar. Sie wird in sechs QSV von A bis F bewertet (Stufe A = beste Qualität, Stufe F = schlechteste Qualität).¹ Diese Bewertung der Verkehrsqualität mit QSV kann die verkehrlichen Zielvorstellungen verdeutlichen, die beispielsweise mit dem Neu-, Um- oder Ausbau einer Strecke oder auch einer verkehrspolitisch gewünschten Bevorrechtigung bestimmter Verkehrsarten verfolgt werden.

Die Verkehrsqualität wird durch die Entwurfs- und Betriebsmerkmale der Strecke bestimmt. Diese ergeben sich bei geplanten Strecken (Neu-, Um- und Ausbau) aus den vorangehenden Stufen des Pla-

nungsprozesses und bei bestehenden Strecken aus den vorhandenen Merkmalen.

Bei der funktionalen Gliederung des Straßennetzes gemäß den RIN (2008) wird jede Strecke einer Straßenkategorie zugeordnet, aus der sich Zielvorgaben für eine auf einem Netzabschnitt angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ ergeben. Deshalb ist für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten (siehe hierzu auch Kapitel 3) die Ermittlung der auf Strecken erreichbaren mittleren Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,S}$ des Kfz-Verkehrs erforderlich.

2.1 Qualitätskriterien und -stufen

Die Bewertung der Verkehrsqualität auf einer Strecke erfolgt grundsätzlich für beide Fahrtrichtungen getrennt. Es wird dabei ausschließlich die Verkehrsqualität des Kfz-Verkehrs, nicht jedoch diejenige des straßengebundenen ÖPNV oder des nichtmotorisierten Verkehrs bewertet.

Zur Bewertung der Verkehrsqualität ist sowohl bei Anwendung des standardisierten Berechnungsverfahrens (Kapitel 2.2) als auch bei Anwendung alternativer Verfahren (Kapitel 2.3) das in Kapitel 2.1.1 vorgegebene Kriterium zugrunde zu legen. Mit diesem Qualitätskriterium wird nach Kapitel 2.1.2 die zugehörige QSV der Strecke bestimmt.

2.1.1 Kriterium für die Verkehrsqualität

Wesentliche Kriterien für die Verkehrsqualität des Kfz-Verkehrs aus Nutzersicht sind auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen die Möglichkeiten der Kraftfahrer, Fahrstreifen und Geschwindigkeit im Rahmen der Streckencharakteristik und der verkehrsrechtlichen Regelungen frei wählen zu können. Als zusammenfassendes Kriterium hierfür wird eine fahrstreifenbezogenen Verkehrsdichte k_{FS} als Maß der Verkehrsqualität verwendet. Diese hängt von der Verkehrsstärke q und den streckencharakteristischen Einflussgrößen (siehe hierzu Kapitel 2.2.2) ab und berücksichtigt, dass sich die Dichte auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen in Abhängigkeit von der Ausbildung der Fahrbahnquerschnitts und der Erschließungsfunktion unterschiedlich verteilt.

Die grundsätzliche Festlegung einer dichtebasiereten Bewertung der Verkehrsqualität auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen resultiert im Wesent-

¹ Dabei entspricht die Grenze zwischen der QSV E und F der Kapazität einer Straßenverkehrsanlage, sofern diese bestimmbar ist. Wo keine Kapazität bestimmbar ist, wurde im Entwurf des neuen HBS (2012) die Grenze zwischen den QSV E und F aus Zumutbarkeitseinschätzungen in Verbindung mit Sicherheitsüberlegungen oder betrieblichen Erfordernissen abgeleitet.

lichen aus den Erkenntnissen der Untersuchungen von BAIER et al. (2003) und BAIER (2006). Die Notwendigkeit einer fahrstreifenbezogenen Betrachtung bei dieser Bewertung ergibt sich daraus, dass bei Strecken für die Beurteilung der Verkehrsqualität (und die Zuordnung zu einer QSV) eine längengewichtete Zusammenfassung aufeinanderfolgender Teile von Strecken (Teilstrecken) mit unterschiedlichen Ausbildungen der Fahrbahnquerschnitts ermöglicht werden muss (siehe hierzu Kapitel 2.2.6). Somit ist zunächst für jede Teilstrecke einer Strecke die Dichte $k_{FS,T}$ zu ermitteln; die Unterteilung einer Strecke in Teilstrecken erfolgt dabei in Abhängigkeit von Änderungen streckencharakteristischer Einflussgrößen nach Kapitel 2.2.2.

Die Ermittlung der $k_{FS,T}$ und daraus der $k_{FS,S}$ der gesamten Strecke kann mit dem standardisierten Berechnungsverfahren nach Kapitel 2.2 erfolgen, sofern die Randbedingungen für dessen Anwendung gegeben sind. Ansonsten kann die $k_{FS,S}$ nur mithilfe alternativer Verfahren nach Kapitel 2.3 ermittelt werden.

2.1.2 Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV)

Zur Einteilung der QSV von A bis F gelten die Grenzwerte für die fahrstreifenbezogenen Verkehrsdichte k_{FS} nach Tabelle 1. Die Abstufung der Grenzwerte entspricht – ausgehend vom Grenzwert der QSV E mit $k_{FS} \leq 45$ Kfz/km – der Abstufung der Grenzwerte für die fahrstreifenbezogene Verkehrsdichte k_{FS} auf einbahnigen Landstraßen gemäß dem Entwurf des neuen HBS (2012), die im Übrigen auch der Abstufung der Grenzwerte für die querschnittsbezogene Verkehrsdichte k auf Landstraßen gemäß dem HBS (2001) entspricht.

Die Festlegung des Grenzwerts für die QSV E zu $k_{FS} \leq 45$ Kfz/km erfolgte im Wesentlichen auf Basis

QSV	k_{FS} [Kfz/km]
A	≤ 7
B	≤ 14
C	≤ 23
D	≤ 34
E	≤ 45
F	> 45

Tab. 1: Grenzwerte der fahrstreifenbezogenen Verkehrsdichte k_{FS} für die QSV

von Erkenntnissen aus mikroskopischen Verkehrssimulationen, die BAIER et al. (2003) sowie SÜMMERMANN et al. (2009) im Rahmen ihrer Untersuchungen zum Verkehrsablauf auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen durchgeführt haben, wobei sich ihre Betrachtungen auf Hauptverkehrsstraßen der Kategorie HS III gemäß den RIN (2008) mit einer $V_{zul} = 50$ km/h beziehen. Dabei wurden auf Strecken zweistreifiger Straßen bei Erreichen der Kapazität bereits mittlere Dichten k_{FS} auf einem Fahrstreifen in einer Größenordnung von 45 Kfz/km ermittelt. Vor diesem Hintergrund wurde eine $k_{FS} \leq 45$ Kfz/km als Grenzwert für die QSV E festgelegt.

Die abgeleiteten Grenzwerte der fahrstreifenbezogenen Verkehrsdichte k_{FS} für die QSV in Tabelle 1 gelten für anbaufreie und angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppen VS und HS mit einer $V_{zul} = 50$ km/h. Für anbaufreie Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppen VS mit $V_{zul} > 50$ km/h sollten geringerer k_{FS} für die QSV angesetzt werden. Bei anbaufreien Hauptverkehrsstraßen im Vorfeld bebauter Gebiete, bei denen es sich um die Fortsetzung von Landstraßen der Kategoriengruppe LS gemäß den RIN (2008) handelt (siehe auch Kapitel 3.1.1), sollten, sofern diese mit einer $V_{zul} = 70$ km/h betrieben werden, die Grenzwerte für die k_{FS} auf einbahnigen Landstraßen aus dem Entwurf des neuen HBS (2012) zugrunde gelegt werden.

2.2 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren ist als standardisiertes Verfahren im Allgemeinen nur für bestimmte Randbedingungen anwendbar. Ist der in Kapitel 2.2.1 definierte Anwendungsbereich nicht gegeben, lässt sich die fahrstreifenbezogene Verkehrsdichte $k_{FS,S}$ auf einer Strecke und damit die Verkehrsqualität auf der Strecke nur mithilfe alternativer Verfahren ermitteln (siehe Kapitel 2.3).

Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens ist die Kenntnis der Verkehrsstärke q in der betrachteten Bemessungsstunde und des zugehörigen Schwerverkehrsanteils b_{SV} . Damit werden gesondert für jede Teilstrecke fahrtrichtungsgetrennt über q - V -Beziehungen die mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ und daraus die fahrstreifenbezogene Verkehrsdichte $k_{FS,T}$ ermittelt. Anschließend erfolgt eine Zusammenfassung für die Strecke.

2.2.1 Anwendungsbereich

Das Verfahren gilt für Strecken von anbaufreien Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS und Strecken von angebauten Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS gemäß den RIN (2008), die nach den RASt (2006) geplant wurden. Es ist sinngemäß auch für bestehende Hauptverkehrsstraßen anwendbar, wenn deren Entwurfsselemente nicht wesentlich von den Vorgaben der RASt (2006) abweichen.

Das Verfahren gilt dabei nur für Strecken mit einem oder zwei Fahrstreifen in der betrachteten Richtung und einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 50$ km/h. Strecken mit mehr als zwei markierten Fahrstreifen in einer Richtung können nicht betrachtet werden, da hierfür bislang aufgrund fehlender Erkenntnisse noch keine q-V-Beziehungen abgeleitet werden konnten.

Auch für Strecken mit einer $V_{zul} > 50$ km/h, die vor allem im Zuge anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS im Vorfeld bebauter Gebiete auftreten, konnten aufgrund fehlender Erkenntnisse noch keine q-V-Beziehungen abgeleitet werden. Ebenso liegen keine ausreichenden Erkenntnisse vor, in welchem Maß sich eine – beispielsweise im Zuge einer angebauten Hauptverkehrsstraße der Kategorie HS IV durchgängig auf einer gesamten Strecke angeordnete – geringere $V_{zul} = 30$ km/h auf den Verkehrsablauf und damit auf die mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ und die Verkehrsdichte $k_{F,S,S}$ auswirkt.

Des Weiteren gilt das Verfahren nicht für Strecken, bei denen die Fahrstreifen regelmäßig und in erheblichem Umfang gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr vom Radverkehr genutzt werden. Es gilt ebenfalls nicht für Strecken, bei denen der ÖPNV einen straßenbündigen Bahnkörper gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr nutzt. Für solche Mischverkehrsstrecken konnten bislang keine geeigneten q-V-Beziehungen abgeleitet werden, da keine ausreichenden Erkenntnisse zu den hier auftretenden Wechselwirkungen zwischen Kfz- und Radverkehr bzw. zwischen Kfz- und Straßenbahnverkehr vorliegen.

Über diesen grundsätzlichen Anwendungsbereich hinaus können bestimmte streckencharakteristische und verkehrliche Einflussgrößen die Anwendung des Berechnungsverfahrens gegebenenfalls weiter einschränken. Diese sind in Kapitel 2.2.2 erläutert.

2.2.2 Einflussgrößen

Der Verkehrsablauf auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen wird maßgeblich durch streckencharakteristische und verkehrliche Einflussgrößen, die von den geplanten bzw. gegebenen entwurfstechnischen, steuerungstechnischen und verkehrlichen Randbedingungen abhängen, beeinflusst. Des Weiteren können allgemeine äußere Bedingungen den Verkehrsablauf beeinflussen.

Lage und Funktion

Die Lage und Funktion einer Hauptverkehrsstraße haben einen wesentlichen Einfluss auf den Verkehrsablauf. Deshalb werden Strecken von Hauptverkehrsstraßen nach der Art der Nutzung der angrenzenden Bebauung unterschieden, von denen die Intensität verschiedener Erschließungsvorgänge, die Auswirkungen auf den Verkehrsablauf haben können, abhängt. Diese Unterscheidung nach der Art der Nutzung erfolgt weitgehend unabhängig von der Zuordnung der Strecke zu den Kategoriengruppen VS oder HS bzw. der Zuordnung zu einer konkreten Straßenkategorie (siehe hierzu Kapitel 2.2.4).

Fahrbahnquerschnitt

Die Anzahl und Art der durchgehenden Fahrstreifen je Richtung haben einen wesentlichen Einfluss auf den Verkehrsablauf. In dem Verfahren werden deshalb Fahrbahnquerschnitte mit

- einem normalbreit markierten Fahrstreifen,
- einem überbreit markierten, vom Pkw zweistreifig befahrbaren Fahrstreifen und
- zwei markierten Fahrstreifen

in der betrachteten Richtung unterschieden (siehe Kapitel 2.2.4 und 2.2.5), unabhängig davon, ob an den/die Fahrstreifen ein Parkstreifen, ein Radfahrstreifen (Zeichen 237 StVO) oder ein durch Bord abgetrennter Seitenraum angrenzt.

Dabei werden die in den RASt (2006) empfohlenen Abmessungen von Fahrbahnquerschnitten vorausgesetzt. Davon geringfügig abweichende Fahrstreifenbreiten wirken sich nicht wesentlich auf den Verkehrsablauf aus.

Linienführung

Die Linienführung im Lageplan hat keinen maßgeblichen Einfluss auf den Verkehrsablauf. Sie

wird daher in dem Verfahren nicht berücksichtigt. In Fällen örtlicher Besonderheiten, z. B. bei sehr engen Kurven in Ortsdurchfahrten, können davon abweichend Einflüsse auf den Verkehrsablauf auftreten, die jedoch im Verfahren nicht behandelt werden.

Die Linienführung im Höhenplan kann Auswirkungen auf den Verkehrsablauf haben. Hierzu liegen jedoch keine ausreichenden Erkenntnisse vor. Das Verfahren ist deshalb nur für Strecken mit einer Längsneigung von $s \leq 3 \%$ anwendbar.

Steuerungsbedingungen

Das Verfahren ist nur für Strecken mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 50 \text{ km/h}$ anwendbar. Dies gilt für solche Strecken auch dann, wenn die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf kurze Länge in besonders schutzbedürftigen Bereichen, beispielsweise im Bereich von Schulen, auf $V_{zul} = 30 \text{ km/h}$ beschränkt ist. Der Einfluss auf die $V_{F,S}$ auf der gesamten Strecke wird aufgrund der in der Regel nur kurzen Länge solcher geschwindigkeitsbeschränkenden Maßnahmen vernachlässigt.

Verkehrsstärke und -zusammensetzung

Die fahrtrichtungsbezogene Verkehrsstärke q des Kfz-Verkehrs ist die wesentliche Einflussgröße auf den Verkehrsablauf. Mit dieser Verkehrsstärke q wird auf jeder Teilstrecke über q - V -Beziehungen die mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ ermittelt.

Der Schwerverkehr hat, zumindest auf Strecken mit einer $V_{zul} = 50 \text{ km/h}$, keinen relevanten Einfluss auf den Verkehrsablauf, solange er im üblichen Rahmen bleibt. Das Verfahren ist deshalb für einen $b_{SV} \leq 10 \%$ anwendbar.

Regelmäßiger Radverkehr auf der Fahrbahn (ohne oder mit Schutzstreifen) beeinflusst den Verkehrsablauf des Kfz-Verkehrs. Dazu liegen jedoch bisher noch keine ausreichenden Erkenntnisse vor. Das Verfahren ist deshalb nur für Strecken mit geringfügigem Radverkehr auf der Fahrbahn anwendbar.

ÖPNV auf straßenbündigen, vom Kfz-Verkehr mitbenutzten Bahnkörpern beeinflusst den Verkehrsablauf des Kfz-Verkehrs. Hierzu liegen jedoch keine ausreichenden Erkenntnisse vor. Das Verfahren ist deshalb für solche Strecken nicht anwendbar.

Erschließungsfunktion

Der Verkehrsablauf auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen wird vielfach durch Erschließungsvorgänge beeinflusst. Die hier maßgeblichen Erschließungsvorgänge umfassen abbiegende Kfz, Ein- und Ausparkvorgänge und Halte- und Liefervorgänge auf den Fahrstreifen sowie Halte von Fahrzeugen des ÖPNV auf den Fahrstreifen, aber auch querende Fußgänger. Deren Anzahl und Dauer bestimmen das Maß der Beeinflussung.

An Knotenpunkten im Zuge der Strecke (Nebenknotenpunkte gemäß Kapitel 2.2.3) linksabbiege Kfz haben in der Regel einen Einfluss auf den fließenden Kfz-Verkehr in der betrachteten Richtung, wenn kein gesonderter Linksabbiegestreifen oder kein Aufstellbereich gemäß den RASSt (2006) vorgesehen bzw. vorhanden ist. Hierzu liegen jedoch keine ausreichenden Erkenntnisse vor. Deshalb ist das Verfahren dann nur anwendbar, wenn derartige Störungen nach Anzahl und Dauer unerheblich sind. Bestehen an Knotenpunkten entsprechende bauliche Maßnahmen für Linksabbieger, ist ihr Einfluss auf den durchgehenden Verkehr im Allgemeinen vernachlässigbar gering. Der Einfluss rechtsabbiegender Kfz an Nebenknotenpunkten ist laut BAIER (2006) ebenfalls gering und kann somit vernachlässigt werden.

Dies gilt im übrigen auch für links- oder rechtsabbiege Kfz an Grundstückszufahrten im Zuge einer Strecke. Hier sind in der Regel aber auch nur solche Zufahrten zu Grundstücken relevant, die ein entsprechend hohes Verkehrsaufkommen haben, beispielsweise von größeren Einzelhandelsgeschäften oder Parkbauten.

Die Anzahl von Ein- und Ausparkvorgängen ist in starkem Maß von den angrenzenden Nutzungen sowie vom Parkraumangebot abhängig. Einparkvorgänge haben einen Einfluss auf den Verkehrsablauf, Ausparkvorgänge dagegen in der Regel nicht. Ein Einfluss von Parksuchverkehr, d. h. langsam fahrender Kfz, besteht zwar in geringem Maß, maßgebend sind hier dann aber laut BAIER (2006) die eigentlichen Einparkvorgänge selbst. Bei den Einparkvorgängen ist im Hinblick auf den möglichen Einfluss auf den durchgehenden Kfz-Verkehr diejenige Dauer relevant, während der der Fahrstreifen durch das einparkende Kfz blockiert wird (vgl. BAIER et al., 2003, und BAIER, 2006).

Das Aufkommen von Halte- und Liefervorgängen ist in starkem Maß abhängig von den angrenzenden

Nutzungen. Halte- und Liefervorgänge auf den Fahrstreifen haben aufgrund ihrer Dauer oftmals einen maßgeblichen Einfluss auf den Verkehrsablauf. Finden auf einer Strecke mit einem normalbreit markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung regelmäßig Halte- und Liefervorgänge auf dem Fahrstreifen statt, weicht der Kfz-Verkehr in der betrachteten Richtung in der Regel auf den Gegenverkehrsfahrstreifen aus. Die Nutzung des Gegenverkehrsfahrstreifens ist dabei von der Gegenverkehrsstärke und den sich dort ergebenden Zeit- und Weglücken abhängig. Dazu liegen jedoch keine ausreichenden Erkenntnisse vor. Das Verfahren ist in solchen Situationen deshalb nicht anwendbar.

Die Anzahl der Halte von Fahrzeugen des ÖPNV hängt von der Anzahl der Linien und deren Fahrplankontakt ab. Ein Einfluss auf den Kfz-Verkehr besteht dabei ausschließlich bei Fahrbahnhaltstellen, nicht bei Haltstellenbuchten.

Querende Fußgänger an signalisierten Fußgängerfurten oder Fußgängerüberwegen (Zeichen 293 StVO) beeinflussen den Ablauf des Kfz-Verkehrs. Hierzu liegen jedoch keine ausreichenden Erkenntnisse vor. Das Verfahren ist deshalb nur anwendbar, wenn derartige Querungen nach Anzahl und Dauer unerheblich sind. Freie Querungen außerhalb dieser Querungsstellen haben, wie u. a. die Untersuchungen von BAIER (2006) bestätigt haben, in der Regel keinen Einfluss auf den Kfz-Verkehr, da die Fußgänger entsprechende Zeit- und Weglücken im Kfz-Verkehr (wie sie sich z. B. aus der Lichtsignalsteuerung benachbarter Knotenpunkte regelmäßig ergeben können) nutzen.

Die verschiedenen Erschließungsvorgänge werden in dem Verfahren durch verschiedene Stufen der Erschließungsintensität erfasst, die im Regelfall durch die Art der Nutzung der angrenzenden Bebauung bestimmt werden (siehe Kapitel 2.2.4).

2.2.3 Festlegung von Strecken

Strecken sind Teile von Hauptverkehrsstraßen zwischen Knotenpunkten, an denen der Verkehr auf der betrachteten Straße vorfahrtrechtlich untergeordnet oder durch eine Lichtsignalanlage gesteuert ist (Hauptknotenpunkte). Knotenpunkte, an denen der Verkehr auf der betrachteten Straße vorfahrtrechtlich übergeordnet ist (Nebenknotenpunkte) sind Bestandteile von Strecken.

Die Länge L_S einer Strecke ergibt sich aus dem Abstand der beiden benachbarten Hauptknotenpunkte, bezogen auf die Knotenpunktmitten (z. B. bei Kreuzungen, Einmündungen und Kreisverkehren der Achsenschnittpunkt). Sie ergibt sich, wie in Bild 1 dargestellt, aus den Längen L_{KA} und L_{KE} der Knotenpunktbereiche des stromaufwärts und des stromabwärts gelegenen Hauptknotenpunkts und der Länge L_{fS} des dazwischen liegenden Streckenanteils nach Gleichung 1:

$$L_S = L_{KA} + L_{fS} + L_{KE} \quad \text{Gl. 1}$$

mit

L_S Länge der Strecke [m]

L_{KA} Länge des Knotenpunktbereichs des stromaufwärts gelegenen Hauptknotenpunkts [m]

L_{fS} Länge des Streckenanteils außerhalb der Knotenpunktbereiche [m]

L_{KE} Länge des Knotenpunktbereichs des stromabwärts gelegenen Hauptknotenpunkts [m]

Die Länge des Knotenpunktbereichs des stromaufwärts gelegenen Hauptknotenpunkts wird in der Regel mit $L_{KA} = 50$ m angesetzt. Diese pauschale L_{KA} wurde u. a. auf Grundlage der Untersuchungen von BAIER et al. (2003) und BAIER (2006) abgeleitet.

Die Länge des Knotenpunktbereichs des stromabwärts gelegenen Hauptknotenpunkts L_{KE} kann nach SÜMMERMANN et al. (2009) und LANK et al.

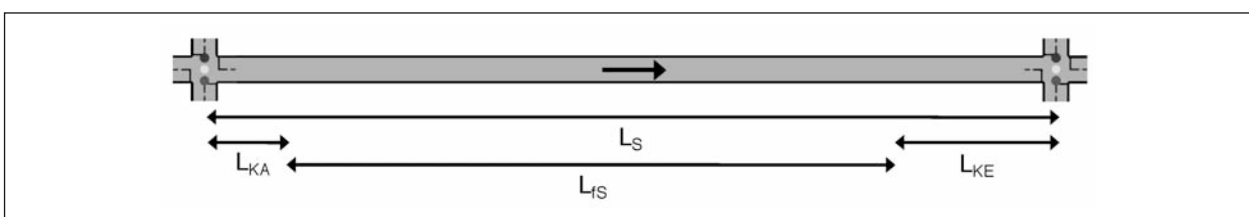


Bild 1: Zusammensetzung der Länge L_S einer Strecke

(2009) bei Knotenpunkten mit (festzeitgesteuerter) Lichtsignalanlage in Abhängigkeit der Freigabezeit t_F für den maßgebenden Verkehrsstrom in der betrachteten Zufahrt bestimmt werden. Die L_{KE} ergibt sich damit nach Gleichung 2:

$$L_{KE} = 6 \cdot \frac{t_F}{t_B} + L_{KE,Z} + L_{KI} \quad \text{Gl. 2}$$

mit

L_{KE} Länge des Knotenpunktbereichs des stromabwärts gelegenen Hauptknotenpunkts [m]

t_F Freigabezeit für den maßgebenden Verkehrsstrom in der betrachteten Zufahrt (in der Regel der Geradeausstrom) [s]

t_B Zeitbedarfswert (1,8 s bei $t_F > 10$ s) [s]

$L_{KE,Z}$ Länge des Annäherungsbereichs mit Geschwindigkeitsverzögerung [m]

- 39 m bei $n_{FS} = 1$ Fahrstreifen mit $V_{zul} = 50$ km/h

- 64 m bei $n_{FS} = 2$ Fahrstreifen mit $V_{zul} = 50$ km/h

L_{KI} Abstand von der Haltlinie bis Knotenpunktmitte [m]

Dieser Ansatz zur Bestimmung der L_{KE} basiert auf einem erweiterten Ansatz der Stauraumbemessung für lichtsignalgesteuerte Knotenpunkte nach dem HBS (2001). Damit werden zum einen die auftretenden Rückstauungen an den Lichtsignalanlagen, zum anderen die Geschwindigkeitsverzögerungen im Zufluss zum Knotenpunkt berücksichtigt. Die Geschwindigkeitsverzögerungen werden bei Strecken mit zwei Fahrstreifen in der betrachteten Richtung auch durch Vorsortiereffekte beeinflusst, die je nach Ausbildung des stromabwärts gelegenen Knotenpunkts und den an diesem bestehenden Abbiegebeziehungen durchaus schon auf der Strecke auftreten können (vgl. BAIER, 2006); dies wird durch eine größere Länge des Annäherungsbereichs $L_{KE,Z}$ berücksichtigt.

Der Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche soll eine Länge von $L_{FS} \geq 100$ m aufweisen. Dies begründet sich darin, dass die q-V-Beziehungen nach Kapitel 2.2.5 für Teilstrecken mit einer Länge von $L_T \geq 100$ m gelten, und zwar genau genommen auch nur außerhalb des verkehrlichen Einflusses von Knotenpunkten. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich dann aus Gleichung 1 mit $L_{KA} = 50$ m und L_{KE} nach Gleichung 2

die erforderliche Länge L_S der Strecke nach Gleichung 3:

$$L_S \geq 150 + L_{KE} \quad \text{Gl. 3}$$

mit

L_S Länge der Strecke [m]

L_{KE} Länge des Knotenpunktbereichs des stromabwärts gelegenen Hauptknotenpunkts nach Gleichung 2 [m]

Wie SÜMMERMANN et al. (2009) und LANK et al. (2009) zeigen, ergeben sich an typischen lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten zwischen Hauptverkehrsstraßen beispielsweise bei einer Umlaufzeit von $t_U = 90$ s für den Knotenpunktbereich des stromabwärts gelegenen Knotenpunkts Längen von $L_{KE} > 150$ m.² Auch bei Kreisverkehren wird pauschal eine $L_{KE} = 150$ m festgelegt. Damit ergeben sich nach Gleichung 3 für eine Strecke erforderliche Längen L_S von 300 m und mehr (bei einer $V_{zul} = 50$ km/h).

Die besonderen verkehrlichen Wirkungen auf die Geschwindigkeit, die sich in den Knotenpunktbereichen einstellen, können aber bei der Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf der Strecke zunächst vernachlässigt werden. D. h., Änderungen innerhalb der Knotenpunktbereiche (beispielsweise Querschnittsaufweitungen durch zusätzliche Abbiegestreifen) bleiben unbeachtet, da sie im Zusammenhang mit der Bewertung der Verkehrsqualität der Knotenpunkte sowie bei der übergreifenden Bewertung der Netzabschnitte berücksichtigt werden.³ Für die so gebildete Strecke, in der die Knotenpunktbereiche enthalten sind, ergibt sich unter dieser Voraussetzung aus deren Längen L_{KA} und L_{KE} nach Gleichung 2 die erforderliche Länge L_S nach Gleichung 4:

$$L_S \geq L_{KA} + L_{KE} \quad \text{Gl. 4}$$

² Diesen Betrachtungen von SÜMMERMANN et al. (2009) und LANK et al. (2009) liegen pauschale Annahmen hinsichtlich der Summe der Zwischenzeiten t_Z – abgeleitet aus den im HBS (2001) angegebenen Orientierungswerten zur Vordimensionierung –, der Verteilung der Gesamtfreigabezeit t_F sowie der räumlichen Ausdehnung der Knotenpunktinnenbereiche (Abstand von Haltlinie bis Knotenpunktmitte L_{KI}) zugrunde.

³ Die in diesen Knotenpunktbereichen auftretenden zusätzlichen Zeitverluste $t_{Z,KA}$ und $t_{Z,KE}$ hinter dem stromaufwärts gelegenen bzw. vor dem stromabwärts liegenden Knotenpunkt werden bei der Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf dem Netzabschnitt, in dem die betrachtete Strecke liegt, erfasst (siehe Kapitel 3.2).

mit

L_S Länge der Strecke [m]

L_{KA} Länge des Knotenpunktbereichs des stromaufwärts gelegenen Hauptknotenpunkts [m]

L_{KE} Länge des Knotenpunktbereichs des stromabwärts gelegenen Hauptknotenpunkts nach Gleichung 2 [m]

Ausgehend von einer $L_{KA} = 50$ m und einer sich für Knotenpunkte zwischen Hauptverkehrsstraßen ergebenden $L_{KE} \geq 150$ m wird für die Strecke pauschal eine Mindestlänge von $L_S \geq 200$ m festgelegt. Dann ist Anwendung des Verfahrens möglich.

2.2.4 Festlegung von Teilstrecken

Strecken werden dort in Teilstrecken unterteilt, wo sich eine der in Kapitel 2.2.2 genannten Einflussgrößen wesentlich ändert. Dabei ist zu beachten, dass zur Anwendung des Verfahrens eine Teilstreckenlänge von $L_T \geq 100$ m erforderlich ist.

Eine Strecke wird zunächst dort in Teilstrecken unterteilt, wo sich in der betrachteten Richtung die Anzahl oder Art der durchgehenden Fahrstreifen ändern. Nach Kapitel 2.2.2 werden Querschnitte mit einem normalbreit markierten Fahrstreifen, mit einem überbreit markierten (von Pkw zweistreifig befahrbaren) Fahrstreifen und mit zwei markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung unterschieden. Dabei bleiben Querschnittsänderungen innerhalb der Knotenpunktbereiche unbeachtet.

Ein überbreit markierter, von Pkw zweistreifig befahrbarer Fahrstreifen wird dann angesetzt, wenn dieser mindestens 4,75 m breit ist und sein rechter Teil nicht regelmäßig zum Parken genutzt wird. Anderenfalls wird ein normalbreit markierter Fahrstreifen angesetzt. Ein normalbreit markierter Fahrstreifen wird auch dann angesetzt, wenn bei zwei markierten Fahrstreifen regelmäßig auf dem rechten Fahrstreifen geparkt wird.

Die so gebildeten Teilstrecken werden dann anschließend weiter unterteilt, wenn sich in der betrachteten Richtung die Erschließungsintensität ändert. Diese wird im Regelfall durch die Art der Nutzung der angrenzenden Bebauung bestimmt. Dabei werden unterschieden:

- Abschnitte mit sehr geringer Erschließungsintensität (anbaufrei),

- Abschnitte mit geringer Erschließungsintensität (überwiegend gewerbliche Nutzung oder überwiegend Wohnnutzung),
- Abschnitte mit mittlerer Erschließungsintensität (Mischnutzung mit vereinzelttem Geschäftsbesatz in den Erdgeschossen),
- Abschnitte mit hoher Erschließungsintensität (Mischnutzung mit durchgehendem Geschäftsbesatz in den Erdgeschossen).

Den Erschließungsintensitäten liegen Häufigkeiten von Erschließungsvorgängen zugrunde, die aus den Untersuchungen von BAIER et al. (2003), BAIER (2006) und SÜMMERMANN et al. (2009) sowie KADEN (2009) und BOLLMANN (2011) für Strecken von Hauptverkehrsstraßen mit unterschiedlichen Arten der Nutzung der angrenzenden Bebauung abgeleitet wurden. Sie umfassen Einparkvorgänge, Halte- und Liefervorgänge auf den Fahrstreifen sowie Bushalte auf den Fahrstreifen (Tabelle 2).

Abweichend von der Zuordnung zu bestimmten Nutzungsarten der angrenzenden Bebauung kann die Erschließungsintensität in besonderen Fällen durch Beobachtungen von Art und Anzahl der Erschließungsvorgänge bestimmt werden. Die Einstufung der Erschließungsintensität erfolgt dann gemäß Tabelle 2. Dabei ist die jeweils höchste Anzahl der einzelnen Arten von Erschließungsvorgängen maßgebend.

Den Erschließungsvorgängen in Tabelle 2 liegen mittlere Dauern zugrunde, die im Wesentlichen auf Grundlage der Untersuchungen von BAIER et al. (2003) und BAIER (2006) abgeleitet wurden. Diese betragen für Einparkvorgänge 12 s (Stördauer, während der der Fahrstreifen bei einem Einparkvorgang blockiert wird), für Halte-/Liefervorgänge auf der Fahrbahn 5 Minuten (Stördauer, während

Erschließungsintensität	Erschließungsvorgänge		
	n_p [Kfz/(h · 100 m)]	n_{HL} [Kfz/(h · 100 m)]	$n_{H,öv}$ [Kfz/h]
sehr gering	≤ 2	0	≤ 1
gering	≤ 10	≤ 1	≤ 6
mittel	≤ 15	≤ 2	≤ 12
hoch	≤ 25	≤ 3	≤ 18

Tab. 2: Einstufung der Erschließungsintensität in Abhängigkeit von der Art und Anzahl der Erschließungsvorgänge außerhalb der Knotenpunktbereiche

der der Fahrstreifen bei einem Halte- oder Liefervorgang blockiert wird) und für Bushalte auf der Fahrbahn 20 s (Stördauer, während der der Fahrstreifen bei einem Bushalt blockiert wird). Weichen die Dauern der im Einzelfall beobachteten Erschließungsvorgänge erheblich von diesen Werten ab, können die Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ und die Dichte $k_{F,S,S}$ auf der Strecke nur mithilfe alternativer Verfahren nach Kapitel 2.3 ermittelt werden.

In der Regel ist innerhalb einer Strecke die Art der Nutzung der angrenzenden Bebauung gleichbleibend, da sich diese im Allgemeinen nur an Hauptknotenpunkten ändert. Ist aufgrund einer Änderung der Erschließungsintensität innerhalb einer Teilstrecke eine Unterteilung dieser in weitere Teilstrecken erforderlich, bei der die erforderliche Mindestlänge einer Teilstrecke von $L_T \geq 100$ m nicht erreicht wird, ist zu prüfen, ob einzelne Teilstrecken zusammengefasst werden können. Für derart zusammengefasste Teilstrecken wird die jeweils höhere Erschließungsintensität angesetzt. Können Teilstrecken nicht sinnvoll zusammengefasst werden, können die Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ und die Dichte $k_{F,S,S}$ nur mithilfe alternativer Verfahren ermittelt werden (siehe Kapitel 2.3).

Eine weitere Unterteilung in Teilstrecken kann in besonderen Ausnahmefällen erfolgen, wenn sich an einem Nebenknotenpunkt die Verkehrsstärke des Kfz-Verkehrs wesentlich ändert. Ergibt sich hieraus, dass die erforderliche Mindestlänge einer Teilstrecke von $L_T \geq 100$ m nicht erreicht wird, ist zu prüfen, ob einzelne Teilstrecken vor (stromaufwärts) bzw. hinter (stromabwärts) dem Nebenknotenpunkt zusammengefasst werden können. Ist dies nicht sinnvoll möglich, können die Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ und die Dichte $k_{F,S,S}$ ebenfalls nur mithilfe alternativer Verfahren nach Kapitel 2.3 ermittelt werden.

2.2.5 Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit

Die Ermittlung der mittleren Fahrgeschwindigkeiten erfolgt auf Basis von q-V-Beziehungen, die nach dem Fahrbahnquerschnitt (Anzahl und Art der Fahrstreifen) gemäß Kapitel 2.2.2 und der Erschließungsintensität 2.2.4 differenziert sind. Diese gelten genau genommen nur für den Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche, werden jedoch vereinfacht für die gesamte Strecke bzw. deren Teilstrecken einschließlich der Knotenpunktbereiche angesetzt. Sie gelten nur für Teilstrecken mit einer Länge von $L_T \geq 100$ m.

Die mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ auf einer Teilstrecke mit normalbreit markiertem Fahrstreifen in der betrachteten Richtung ergibt sich in Abhängigkeit der Verkehrsstärke q aller Kfz in der betrachteten Richtung nach Gleichung 5:

$$V_{F,T} = V_0 - f_q \cdot \sqrt{q} \quad \text{Gl. 5}$$

mit

$V_{F,T}$ mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Teilstrecke [km/h]

V_0 Wunschgeschwindigkeit nach Tabelle 3 [km/h]

f_q Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Verkehrsstärke nach Tabelle 3 [-]

q Verkehrsstärke [Kfz/h]

Die Funktion der q-V-Beziehungen in Gleichung 5 wurde von den q-V-Beziehungen für zweistreifige Landstraßen aus dem neuen HBS (2012) übernommen. Die in Tabelle 3 angegebenen Werte für den Faktor f_q wurde durch entsprechende Regressionsrechnungen auf Grundlage von Geschwindigkeiten, die aus den Ergebnissen der von BAIER et al. (2003) und SÜMMERMANN et al. (2009) im Rahmen ihrer Untersuchungen durchgeführten mikroskopischen Verkehrsflusssimulationen ermittelt wurden, bestimmt. Die zugrunde gelegten Wunschgeschwindigkeiten V_0 bei freiem Verkehr (siehe ebenfalls Tabelle 3) wurden u. a. auf Basis der Erkenntnisse von SCHÜLLER (2011) ermittelt.

In Bild 2 sind die sich nach Gleichung 5 mit den Werten für V_0 und Faktor f_q aus Tabelle 3 ergebenden q-V-Beziehungen für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit einem normalbreit markierten Fahrstreifen dargestellt.

Erschließungsintensität	V_0 [km/h]	f_q [-]
sehr gering	56,00	0,400
gering	54,00	0,850
mittel	38,00	0,715
hoch	30,00	0,800

Tab. 3: Parameter V_0 und f_q der q-V-Beziehungen nach Gleichung 5 für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit einem normalbreit markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung in Abhängigkeit von der Erschließungsintensität

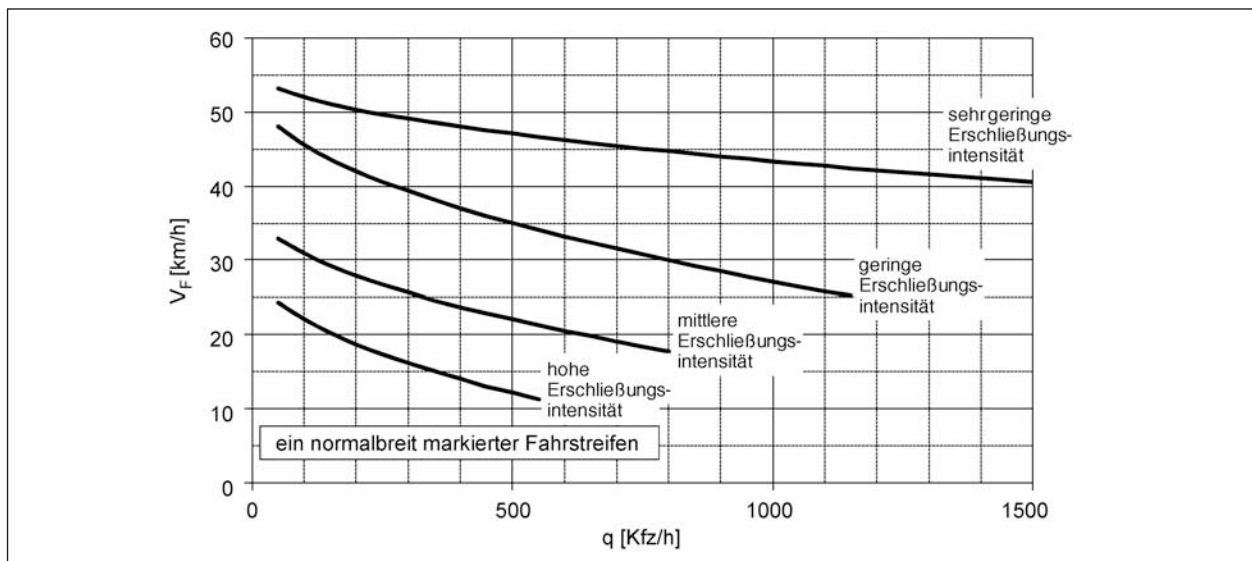


Bild 2: Mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit einem normalbreit markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung in Abhängigkeit der Verkehrsstärke q aller Kfz in der betrachteten Richtung

Die mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ auf einer Teilstrecke mit einem überbreit markierten Fahrstreifen bzw. mit zwei markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung ergibt sich in Abhängigkeit der Verkehrsstärke q nach Gleichung 6:

$$V_{F,T} = V_0 - f_q \cdot q \quad \text{Gl. 6}$$

mit

$V_{F,T}$ mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Teilstrecke [km/h]

V_0 Wunschgeschwindigkeit nach Tabelle 4 bzw. 5 [km/h]

f_q Faktor zur Berücksichtigung des Einflusses der Verkehrsstärke nach Tabelle 4 bzw. 5 [-]

q Verkehrsstärke [Kfz/h]

Für die in Gleichung 6 angegebene Funktion der q-V-Beziehungen wurde vereinfacht ein linearer Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke und Geschwindigkeit zugrunde gelegt. Die Bestimmung der Werte für den Faktor f_q in Tabelle 4 und 5 erfolgte durch entsprechende Regressionsrechnungen auf Grundlage von Geschwindigkeiten, die aus den Ergebnissen der von BAIER et al. (2003), BAIER (2006) und SÜMMERMANN et al. (2009) im Rahmen ihrer Untersuchungen durchgeführten mikroskopischen Verkehrsflusssimulationen ermittelt wurden. Die zugrunde gelegten Wunschgeschwindigkeiten V_0 in Tabelle 4 und 5 wurden u. a. auf Basis der Erkenntnisse von SCHÜLLER (2011) ermittelt.

Erschließungsintensität	V_0 [km/h]	f_q [-]
sehr gering	55,49	0,006
gering	55,04	0,008
mittel	54,06	0,009
hoch	52,95	0,010

Tab. 4: Parameter V_0 und f_q der q-V-Beziehungen nach Gleichung 6 für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit einem überbreit markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung in Abhängigkeit von der Erschließungsintensität

Erschließungsintensität	V_0 [km/h]	f_q [-]
sehr gering	56,46	0,004
gering	56,20	0,007
mittel	55,58	0,009
hoch	55,31	0,012

Tab. 5: Parameter V_0 und f_q der q-V-Beziehungen nach Gleichung 6 für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit zwei markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung in Abhängigkeit von der Erschließungsintensität

In Bild 3 sind die sich nach Gleichung 6 mit den Werten für V_0 und f_2 aus Tabelle 4 ergebenden q-V-Beziehungen für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit einem überbreit markierten Fahrstreifen, in Bild 4 die sich nach Gleichung 6 mit den Werten für die V_0 und den Faktor f_2 aus Tabelle 5 ergebenden q-V-Beziehungen für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit zwei markierten Fahrstreifen dargestellt.

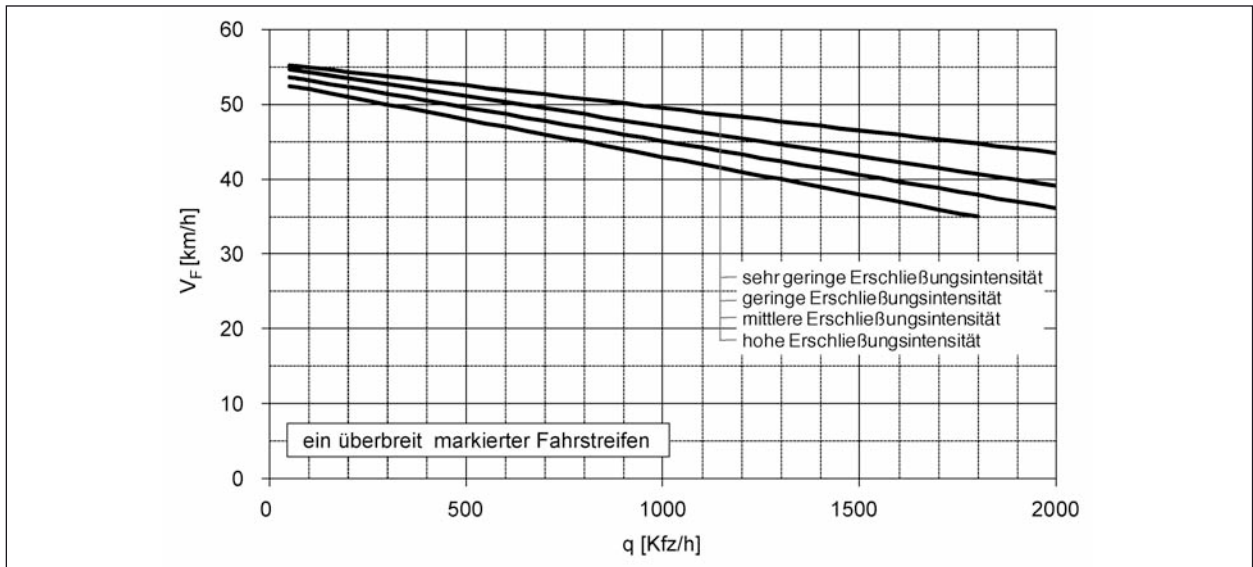


Bild 3: Mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit einem überbreit markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung in Abhängigkeit der Verkehrsstärke q aller Kfz in der betrachteten Richtung

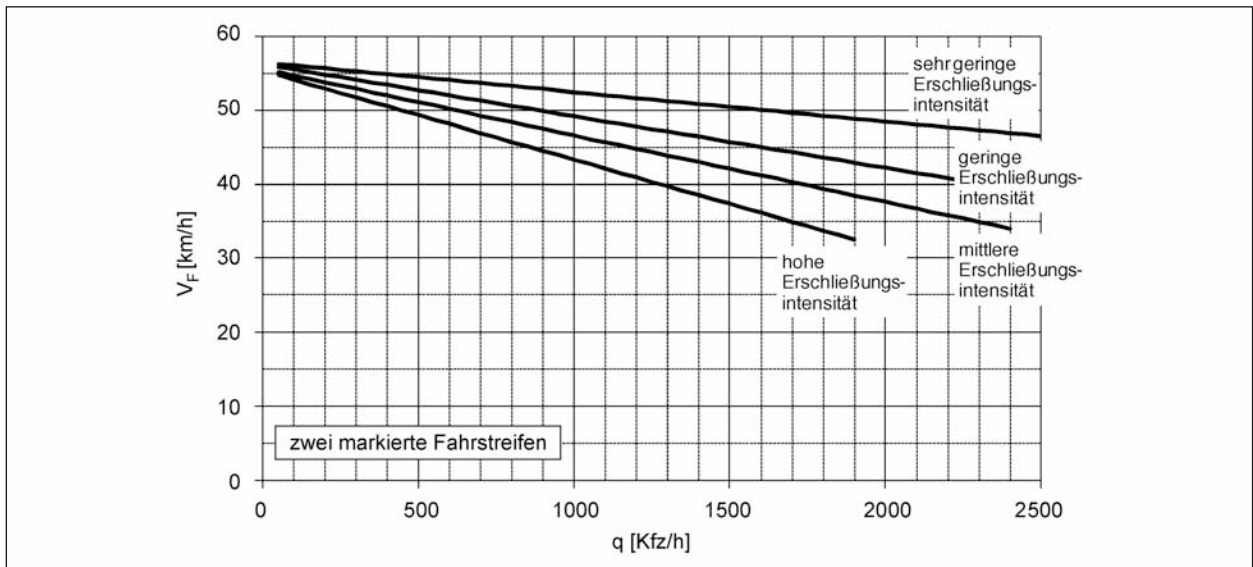


Bild 4: Mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ für Teilstrecken von Hauptverkehrsstraßen mit zwei markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung in Abhängigkeit der Verkehrsstärke q aller Kfz in der betrachteten Richtung

Zur Ermittlung der $V_{F,S}$ auf einer Strecke müssen zunächst die $V_{F,T}$ auf jeder Teilstrecke im Zuge dieser Strecke nach Gleichung 5 bzw. 6 bestimmt werden. Die $V_{F,S}$ auf einer Strecke ergibt sich dann als Mittelwert der längengewichteten $V_{F,T}$ auf den einzelnen Teilstrecken nach Gleichung 7:

$$V_{F,S} = \frac{L_S}{\sum_{i=1}^{n_T} \frac{L_{T,i}}{V_{F,T,i}}} \quad \text{Gl. 7}$$

mit

$V_{F,S}$ mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Strecke [km/h]

- L_S Länge der Strecke [km]
- n_T Anzahl der Teilstrecken im Zuge der Strecke [-]
- $L_{T,i}$ Länge der Teilstrecke i [km]
- $V_{F,T,i}$ mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Teilstrecke i [km/h]

Die nach Gleichung 7 ermittelte $V_{F,S}$ ist die mittlere Fahrgeschwindigkeit aller Kfz. Zur Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen mit dem im Kapitel 3.2 beschriebenen Berechnungsverfahren sind als Eingangs-

Fahrstreifen je Richtung	f _{FS} [-] bei Erschließungsintensität			
	sehr gering	gering	mittel	hoch
ein normalbreit markierter Fahrstreifen	1,0	1,0	1,0	1,0
ein überbreit markierter Fahrstreifen	0,6	0,7	0,8	0,9
zwei markierte Fahrstreifen	0,5	0,6	0,7	0,8

Tab. 6: Faktor f_{FS} zur Berücksichtigung der Verteilung der Verkehrsdichte in Abhängigkeit vom Fahrbahnquerschnitt und der Erschließungsintensität

größen u. a. die mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten auf den Strecken im Zuge des Netzabschnitts erforderlich. Diese entspricht auf Hauptverkehrsstraßen mit einer $V_{zul} = 50$ km/h der $V_{F,S}$ aller Kfz.

2.2.6 Ermittlung der fahrstreifenbezogenen Verkehrsdichte

Die fahrstreifenbezogene Verkehrsdichte $k_{FS,T}$ auf einer Teilstrecke ergibt sich für jede Richtung aus der mittleren Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ auf der Teilstrecke nach Gleichung 8:

$$k_{FS,T} = \frac{q}{V_{F,T}} \cdot f_{FS} \quad \text{Gl. 8}$$

mit

$k_{FS,T}$ fahrstreifenbezogene Verkehrsdichte auf der Teilstrecke [Kfz/km]

q Verkehrsstärke [Kfz/h]

$V_{F,S}$ mittlere Fahrgeschwindigkeit auf der Teilstrecke [km/h]

f_{FS} Faktor zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Verteilung der Verkehrsdichten nach Tabelle 6 [-]

Die Ermittlung der fahrstreifenbezogenen Verkehrsdichte $k_{FS,T}$ nach Gleichung 8 setzt stationäre Verhältnisse voraus. Trotz der durch die Lichtsignalanlagen entstehenden Instationaritäten werden in dem Verfahren aufgrund der regelmäßigen Signalfolge stationäre Verhältnisse unterstellt.

Instationaritäten entstehen ferner aufgrund von Störungen auf der Strecke. Soweit diese Störungen in einem gewissen Maß auf der Strecke regelmäßig auftreten und nach einem bestimmten Muster verlaufen (wie beispielsweise Einparkvorgänge) oder nach Anzahl und Dauer unerheblich sind, können in gewissem Maße auch hierfür vereinfacht quasi-sta-

tionäre Zustände unterstellt werden. Verursachen Störungen auf der Strecke dagegen aufgrund ihrer Ausprägungen maßgebliche Instationaritäten, können die Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ und die Dichte k_{FS} nur mithilfe alternativer Verfahren ermittelt werden (siehe Kapitel 2.3).

Der Faktor f_{FS} in Gleichung 8 ergibt sich nach Tabelle 6. Er berücksichtigt, dass sich die Dichte in Abhängigkeit vom Fahrbahnquerschnitt und der Erschließungsintensität innerhalb des Querschnitts unterschiedlich verteilt. So ist bei Teilstrecken mit einem überbreit markierten Fahrstreifen und bei Teilstrecken mit zwei markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung die Fahrstreifenbelegung maßgeblich von eventuellen Störeinflüssen aus der Erschließungsfunktion (z. B. Einparkvorgänge oder auf der Fahrbahn haltende Kfz) abhängig. Des Weiteren werden Teilstrecken mit einem überbreit markierten Fahrstreifen von Pkw bei geringeren Verkehrsstärken q tendenziell eher einstreifig, bei höheren Verkehrsstärken q tendenziell eher zweistreifig befahren. Die Werte in Tabelle 6 wurden im Wesentlichen auf Grundlage der Erkenntnisse aus den Untersuchungen von BAIER (2006) abgeleitet.

Die mittlere fahrstreifenbezogene Verkehrsdichte $k_{FS,S}$ einer Strecke, die sich aus mehreren Teilstrecken zusammensetzt, ergibt sich als Mittelwert der längengewichteten Verkehrsdichten $k_{FS,T}$ der einzelnen Teilstrecken nach Gleichung 9:

$$k_{FS,S} = \frac{\sum_{i=1}^{n_T} k_{FS,T,i} \cdot L_{T,i}}{L_S} \quad \text{Gl. 9}$$

mit

$k_{FS,S}$ mittlere fahrstreifenbezogene Verkehrsdichte auf der Strecke [Kfz/km]

n_T Anzahl der Teilstrecken im Zuge der Strecke [-]

$k_{FS,T,i}$ fahstreifenbezogene Verkehrsdichte auf der Teilstrecke i gemäß Gleichung 8 [Kfz/km]

$L_{T,i}$ Länge der Teilstrecke i [km]

L_S Länge der Strecke [km]

2.2.7 Bestimmung der QSV

Zunächst wird für die nach Gleichung 8 ermittelte $k_{FS,T}$ auf allen Teilstrecken im Zuge der betrachteten Strecke die jeweilige QSV nach Tabelle 1 bestimmt. Ergibt sich dabei für eine der Teilstrecken die QSV F , so gilt diese für die gesamte Strecke. Ergibt sich für keine der Teilstrecken die QSV F , kann für die mittlere fahstreifenbezogene Verkehrsdichte $k_{FS,S}$ auf der Strecke, die sich nach Gleichung 9 ergibt, die QSV nach Tabelle 1 bestimmt werden.

2.2.8 Spezifische Parameter

In dem Berechnungsverfahren ist es nicht möglich, einzelne Parameter anzupassen. Es kann lediglich in besonderen Fällen eine spezifische Einstufung der Erschließungsintensität erfolgen, wenn diese nicht aus der Nutzungsart der angrenzenden Bebauung abgeleitet, sondern durch Beobachtungen von der Art und Anzahl der Erschließungsvorgänge bestimmt wird (vgl. Kapitel 2.2.4).

2.3 Alternative Verfahren

Sind die in Kapitel 2.2.1 genannten Voraussetzungen für die Anwendung des Berechnungsverfahrens nicht gegeben oder aufgrund von Überlagerungen von Erschließungsvorgängen maßgebliche Instationaritäten des Verkehrsablaufs nicht auszuschließen oder eine Unterteilung in Teilstrecken nicht möglich (weil die erforderlichen Längen für Teilstrecken von $L_T \geq 100$ m nicht erreicht werden), können andere geeignete Verfahren wie die mikroskopische Verkehrsflusssimulation (Mikrosimulation) zur Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ und der Dichte $k_{FS,S}$ verwendet werden. Dies gilt auch, wenn im Rahmen der Bewertung von Netzabschnitten die Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ für eine Strecke nicht bestimmt werden kann, da in einer Teilstrecke die QSV F vorliegt (siehe Kapitel 3.3).

Um die QSV auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen mittels Mikrosimulation zu bestimmen, ist in der Simulation die Dichte $k_{FS,S}$ für den Streckenanteil

außerhalb der Knotenpunktbereiche zu ermitteln. Diese wird dann als Dichte $k_{FS,S}$ für die gesamte Strecke von Knotenpunktmittle bis Knotenpunktmittle angesetzt, d. h. es gilt $k_{FS,fS} = k_{FS,S}$.

Bei einem von Instationaritäten geprägten Verkehrsablauf ist zur Ermittlung der Verkehrsdichte $k_{FS,fS}$ eine räumlich-zeitliche Auswertung entweder der Geschwindigkeit oder direkt der Dichte erforderlich, um alle Kfz zu berücksichtigen, die sich während des Betrachtungszeitraums T auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche wenigstens zeitweise aufhalten. Der Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche und dessen Länge L_{fS} ist dabei nach Kapitel 2.2.3 (siehe dort insbesondere Gleichung 1 und 2) zu bestimmen.

Wird bei Anwendung der Mikrosimulation die fahstreifenbezogene Dichte $k_{FS,fS}$ aus einer räumlich-zeitlichen Auswertung der Geschwindigkeit bestimmt, ist hierzu die mittlere Fahrgeschwindigkeit $V_{F,fS}$ auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche zu ermitteln. Diese ergibt sich dabei aus der mittleren Fahrtzeit $t_{F,fS}$ aller Kfz über die Länge L_{fS} nach Gleichung 10:

$$V_{F,fS} = \frac{t_{F,fS}}{L_{fS}} \cdot 3,6 \quad \text{Gl. 10}$$

mit

$V_{F,fS}$ mittlere Fahrgeschwindigkeit auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [km/h]

$t_{F,fS}$ mittlere Fahrtzeit aller durchfahrenden Kfz auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche nach Gleichung 12 [s]

L_{fS} Länge des Streckenanteils außerhalb der Knotenpunktbereiche [m]

Die $t_{F,fS}$ entspricht dem Mittelwert der Fahrtzeiten $t_{F,fS,m}$ aller Kfz ($n_{Kfz,fS}$), die innerhalb des Betrachtungszeitraums T_T in den Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche einfahren und diesen vollständig durchfahren (sie sind in der Simulation über den gesamten Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche zu messen) und ergibt sich nach Gleichung 11:

$$t_{F,fS} = \frac{\sum_{m=1}^{n_{Kfz,fS}} t_{F,fS,m}}{n_{Kfz}} \quad \text{Gl. 11}$$

mit

$t_{F,fs}$ mittlere Fahrzeit aller durchfahrenden Kfz auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [s]

$t_{F,fs,m}$ Fahrzeit des Kfz m auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [s]

$n_{Kfz,fs}$ Anzahl der Kfz, die innerhalb des Betrachtungszeitraums T in den Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche einfahren und diesen vollständig durchfahren [-]

Die fahstreifenbezogene Dichte $k_{FS,fs}$ ergibt sich dann aus der mit Gleichung 10 ermittelten $V_{F,fs}$ auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche nach Gleichung 12:

$$k_{FS,fs} = \frac{q}{V_{F,fs}} \cdot f_{FS} \quad \text{Gl. 12}$$

mit

$k_{FS,fs}$ fahstreifenbezogene Verkehrsdichte auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [Kfz/km]

q Verkehrsstärke [Kfz/h]

$V_{F,fs}$ mittlere Fahrgeschwindigkeit auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche nach Gleichung 10 [km/h]

f_{FS} Faktor zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Verteilung der Verkehrsdichten nach Tabelle 6 [-]

Für diese gilt $k_{FS,fs} = k_{FS,S}$.

Bei der Erfassung der fahstreifenbezogene Dichte $k_{FS,fs}$ aus einer räumlich-zeitlichen Auswertung der Dichte kann diese aus der in der Simulation durch momentane Messungen in konstanten Zeitschritten ermittelten richtungsbezogenen Dichte k_{fs} auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche bestimmt werden. Diese k_{fs} ist die mittlere Dichte aller Kfz, die in der betrachteten Richtung im Betrachtungszeitraum T_τ in den Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche einfahren (und sich somit wenigstens zeitweise hierin aufhalten).

Die k_{fs} ergibt sich aus den in der betrachteten Richtung fortlaufend momentan erfassten Dichten k_m nach Gleichung 13:

$$k_{fs} = \frac{\sum_{m=1}^{n_\tau} k_m}{\frac{T_\tau}{\tau}} \quad \text{Gl. 13}$$

mit

k_{fs} mittlere Verkehrsdichte im Streckenbereich außerhalb Knotenpunktbereiche (= Mittelwert der fortlaufend momentan erfassten Dichten km) [Kfz/km]

n_τ Anzahl der Messintervalle innerhalb des Betrachtungszeitraums T [-]

k_m momentan erfasste Dichte zum Zeitpunkt t_m [Kfz/km]

T_τ Betrachtungszeitraum (in der Regel $T_\tau = 3.600$ s) [s]

τ Messintervall [s]

Für die momentane Erfassung sind die Dauern der Messintervalle τ so zu diskretisieren, dass eine Verzerrung der Dichtewerte vermieden wird, was z. B. bei der Überlappung von Freigabezeiten t_F und Sperrzeiten t_S der Lichtsignalsteuerungen innerhalb eines Messintervalls τ eintreten kann. Diesem Umstand ist durch die Wahl eines entsprechend kurzen Messintervalls von beispielsweise $\tau = 1$ s entgegenzuwirken.

Die fahstreifenbezogene Dichte $k_{FS,fs}$ ergibt sich dann aus der mit Gleichung 13 ermittelten k_{fs} nach Gleichung 14:

$$k_{FS,fs} = k_{fs} \cdot f_{FS} \quad \text{Gl. 14}$$

mit

$k_{FS,fs}$ fahstreifenbezogene Verkehrsdichte auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche [Kfz/km]

k_{fs} mittlere Verkehrsdichte im Streckenbereich außerhalb Knotenpunktbereiche nach Gleichung 13 [Kfz/km]

f_{FS} Faktor zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Verteilung der Verkehrsdichten nach Tabelle 6 [-]

Für diese gilt $k_{FS,fs} = k_{FS,S}$.

Sowohl die aus einer räumlich-zeitlichen Auswertung der Geschwindigkeit ermittelte fahstreifenbezogene Dichte $k_{FS,fs}$ nach Gleichung 12 als auch die aus einer räumlich-zeitlichen Auswertung der Dichte ermittelte fahstreifenbezogene Dichte $k_{FS,fs}$ nach Gleichung 14 stellt bei Strecken mit einem überbreit markierten Fahstreifen und bei Strecken mit zwei markierten Fahstreifen in der betrachteten

Richtung jeweils nur eine Näherung der tatsächlichen fahstreifenbezogenen Dichte $k_{FS,S}$ auf der Strecke dar, da sie über den pauschalen Faktor f_{FS} zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Verteilung der Verkehrsdichten nach Tabelle 6 bestimmt werden. Zur Bestimmung der tatsächlichen fahstreifenbezogenen Dichte $k_{FS,S}$ ist auf solchen Strecken in der Simulation nicht die richtungsbezogene Dichte k_{fS} auf dem Streckenanteil außerhalb der Knotenpunktbereiche zu bestimmen, sondern direkt aus der Simulation die fahstreifenbezogene Dichte $k_{FS,fS}$ über momentan erfasste Dichten $k_{m,FS}$ auf den einzelnen Fahstreifen zu ermitteln. Bei Strecken mit einem überbreit markierten Fahstreifen, der von Pkw zweistreifig befahren wird, sind hierzu in der Simulation zwei „virtuelle“ Fahstreifen innerhalb des markierten überbreiten Fahstreifens abzubilden.

Die $k_{fS,FS}$ ergibt sich aus den für jeden Fahstreifen fortlaufend momentan erfassten Dichten $k_{m,FS}$ nach Gleichung 15:

$$k_{FS,fS} = \frac{\sum_{m=1}^{n_t} k_{m,FS}}{\frac{T_\tau}{\tau}} \quad \text{Gl. 15}$$

mit

$k_{FS,fS}$ mittlere fahstreifenbezogene Verkehrsdichte im Streckenbereich außerhalb Knotenpunktbereiche (= Mittelwert der fortlaufend momentan erfassten fahstreifenbezogenen Dichten $k_{m,FS}$) [Kfz/km]

n_t Anzahl der Messintervalle innerhalb des Betrachtungszeitraums T [-]

$k_{m,FS}$ momentan erfasste fahstreifenbezogene Dichte zum Zeitpunkt t_m [Kfz/km]

T_τ Betrachtungszeitraum (in der Regel $T_\tau = 3.600$ s) [s]

τ Messintervall [s]

Maßgebend ist dann die höhere der beiden nach Gleichung 15 ermittelten Dichten $k_{fS,FS1}$ und $k_{fS,FS2}$. Für diese gilt $k_{FS,fS} = k_{FS,S}$.

Unabhängig davon, wie die fahstreifenbezogene Dichte $k_{FS,fS}$ in der Simulation ermittelt wird, ist eine möglichst realistische Abbildung der Störeinflüsse durch Erschließungsvorgänge wie Ein-/Ausparkvorgänge oder Halte- und Liefervorgänge auf der Fahrbahn zu gewährleisten. Wie in Kapitel 2.2.2 erläu-

tert haben Einparkvorgänge nur einen direkten Störeinfluss auf den Verkehrsablauf durch entsprechendes Blockieren eines Fahstreifens. Maßgebend ist deshalb die Stördauer, während der der Fahstreifen durch das einparkende Kfz blockiert wird; diese beginnt mit dem Halt auf dem Fahstreifen und endet mit dem Verlassen der Fahrbahn. Ausparkvorgänge haben nur einen Störeinfluss, wenn ein anderes Fahrzeug während des Ausparkvorgangs wartet und dem ausparkenden Fahrzeug Vorrang gibt, z. B. um anschließend selbst einzuparken. Insofern ist es ausreichend, Parkvorgänge durch Halte einzelner Fahrzeuge auf der Fahrbahn abzubilden. Dabei sind entsprechende, z. B. empirisch ermittelte, mittlere Stördauern zugrunde zu legen. Hinweise zur Abbildung von Erschließungsvorgängen in mikroskopischen Verkehrsflusssimulationen finden sich u. a. bei BAIER (2006).

Bei der Anwendung der Mikrosimulation sind darüber hinaus grundsätzlich die Hinweise zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation der FGSV (2006) zu beachten. Die Gültigkeit des Mikrosimulationsmodells ist in jedem Anwendungsfall nach den dort erläuterten Methoden nachzuweisen.

3 Bewertung der Angebots - qualität von Netzabschnitten

In den RIN (2008) sind für Netzabschnitte des Straßennetzes Zielvorstellungen zu einem netzplanerischen angemessenen Geschwindigkeitsniveau in Form von Bandbreiten angestrebter mittlerer Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ angegeben, die von der Straßenkategorie abhängig sind und im Bemessungszeitraum erreichbar sein sollen. Ein Netzabschnitt ist dabei definiert als Teil einer Straße zwischen zwei Knotenpunkten, in denen diese Straße mit anderen Straßen der gleichen oder einer höheren Verbindungsfunktionsstufe verknüpft wird, oder bei Landstraßen zusätzlich zwischen Stellen, an denen sich die Kategoriengruppe ändert (z. B. Ortsdurchfahrten).

Die angestrebten Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ sind Zielvorstellungen für eine funktionsgerechte Ausbildung des Straßennetzes. Sie bilden dadurch eine wichtige Grundlage für die entwurfs-technische Gestaltung der Strecken und Knotenpunkte gemäß den Entwurfsrichtlinien, bei Hauptverkehrsstraßen den RAST (2006). Die Geschwindigkeiten bilden zugleich auch die Grundlage der

Zielvorgaben für die Bewertung der Verbindungsqualität zwischen Quellen und Zielen von Ortsveränderungen gemäß den RIN (2008).

Die ausschließliche Betrachtung von Einzelanlagen einer Straße und deren Verkehrsqualitätsbewertung mit QSV beschreibt, ob und wie gut eine Strecke oder ein Knotenpunkt die Verkehrsnachfrage bewältigen kann, klärt jedoch nicht, ob und inwieweit ein Straßenzug, der aus mehreren aufeinanderfolgenden Strecken und dazwischen liegenden Knotenpunkten besteht, die ihm zugeordnete Verkehrsaufgabe im Netz erfüllt. Deshalb sind zusätzlich standardisierte Verfahren erforderlich, mit denen aufbauend auf den Verfahren zur Beurteilung der Verkehrsqualität von Einzelanlagen die Fahrgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs auf Netzabschnitten ermittelt und durch einen Vergleich mit den Zielvorstellungen der RIN (2008) bewertet werden können.

Darüber hinaus soll ergänzend hierzu die Angebotsqualität von Netzabschnitten in sechs SAQ_N von A bis F bewertet werden (Stufe A = beste Qualität, Stufe F = schlechteste Qualität). Die auf diese Weise durchgeführte Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten mit SAQ_N beschreibt, inwieweit eine Kombination aus aufeinander folgenden Strecken und Knotenpunkten sicherstellen kann, dass die Zielvorstellungen der RIN (2008) in Bezug auf eine der Netzfunktion angemessene Fahrgeschwindigkeit verwirklicht werden. Des Weiteren bildet sie eine Grundlage für die gemäß den RIN (2008) durchzuführende Beurteilung der Angebotsqualität vollständiger Verbindungen zwischen zentralen Orten mit auf Luftlinienverbindungen bezogenen SAQ_V .

Die Angebotsqualität eines Netzabschnitts einer Hauptverkehrsstraße wird durch die Entwurfs- und Betriebsmerkmale der Strecken und Knotenpunkte im Zuge dieses Netzabschnitts bestimmt. Diese ergeben sich im Rahmen von Neu-, Um- oder Ausbaumaßnahmen aus den vorangehenden Stufen des Planungsprozesses und bei bestehenden Netzabschnitten aus den vorhandenen Merkmalen.

Bei der Bewertung der Angebotsqualität eines Netzabschnitts wird vorausgesetzt, dass für den gesamten Netzabschnitt eine einheitliche Bemessungsstunde zugrunde gelegt wird. Gegebenenfalls sind jedoch mehrere Belastungsfälle zu betrachten, indem z. B. die verschiedenen für die einzelnen Strecken oder Knotenpunkte im Zuge des Netzab-

schnitts verwendeten Bemessungsstunden als maßgebend für den gesamten Netzabschnitt angesetzt werden.

3.1 Qualitätskriterien und -stufen

Die Bewertung der Angebotsqualität eines Netzabschnitts erfolgt grundsätzlich für beide Fahrtrichtungen getrennt. Dazu ist sowohl bei Anwendung des standardisierten Berechnungsverfahrens (Kapitel 3.2) als auch bei Anwendung alternativer Verfahren (Kapitel 3.3) das in Kapitel 3.1.1 vorgegebene Kriterium zugrunde zu legen. Mit diesem Qualitätskriterium wird nach Kapitel 3.1.1 die zugehörige SAQ_N eines Netzabschnitts bestimmt.

3.1.1 Kriterium für die Angebotsqualität

Als Kriterium für die Angebotsqualität eines Netzabschnitts wird der Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} verwendet. Dieser ergibt sich aus der in der Bemessungsstunde zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf dem Netzabschnitt bezogen auf eine von der Straßenkategorie gemäß den RIN (2008) abhängigen angestrebten mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{Kat,N}$. Damit wird bewertet, mit welcher Qualität der Netzabschnitt unter den infrastrukturellen und verkehrlichen Randbedingungen die netzplanerisch angestrebte Verbindungsfunktion erfüllt. Die Festlegung des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} mit Bezug auf straßenkategorie-spezifisch angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{Kat,N}$ als maßgebendes Qualitätskriterium für Netzabschnitte basiert dabei auf den Untersuchungen von BAIER et al. (2012).

Für Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraßen der ergibt sich der Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} nach Gleichung 16:

$$I_{VF} = \frac{V_{F,N}}{V_{Kat,N}} \quad \text{Gl. 16}$$

mit

I_{VF} Fahrgeschwindigkeitsindex für den Netzabschnitt [-]

$V_{F,N}$ zu erwartende mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt in der Bemessungsstunde [km/h]

$V_{Kat,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategorien-

gruppe VS (anbaufreie Hauptverkehrsstraße) oder HS (angebaute Hauptverkehrsstraße) nach Tabelle 7 [km/h]

Die $V_{F,N}$ ist für den jeweiligen Netzabschnitt zu ermitteln. Die Ermittlung der $V_{F,N}$ kann mit dem standardisierten Berechnungsverfahren nach Kapitel 3.2 erfolgen, sofern die Randbedingungen für dessen Anwendung gegeben sind. Ansonsten kann die $V_{F,N}$ nur mithilfe alternativer Verfahren nach Kapitel 3.3 ermittelt werden.⁴

Die $V_{Kat,N}$ ist von der Straßenkategorie gemäß den RIN (2008) abhängig und wird bei anbaufreien Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS als $V_{VS,N}$, bei angebauten Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS als $V_{HS,N}$ bezeichnet. Hier sind die in Tabelle 7 für die $V_{Kat,N}$ angegebenen $V_{VS,N}$ und $V_{HS,N}$ zugrunde zu legen.

Diese $V_{VS,N}$ und $V_{HS,N}$ wurden ausgehend von den nach den RIN (2008) angestrebten mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ (Tabelle 8) abgeleitet. Dazu erfolgte für anbaufreie Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS zunächst die zusätzliche Differenzierung nach der Lage in Bezug zu bebauten Gebieten, da sich diese hinsichtlich Streckencharakteristik und Knotenpunktständen unterscheiden. Bei anbaufreien Hauptverkehrsstraßen im Vorfeld bebauter Gebiete handelt es sich um die Fortsetzung von Landstraßen der Kategoriengruppe LS mit z. T. noch größeren Knotenpunktständen; die V_{Zul} beträgt in der Regel 70 km/h. Anbaufreie Hauptverkehrsstraßen innerhalb bebauter Gebiete dagegen ähneln in ihrer Streckencharakteristik eher angebauten Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS mit eher geringeren Knotenpunktständen; die V_{Zul} beträgt in der Regel 50 km/h.

Deshalb wurden die in den RIN (2008) für anbaufreie Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS angegebenen Bandbreiten der $V_{F,N,Ziel}$ von 20 km/h (40 km/h bis 60 km/h bei Straßen der Kategorie VS II, 30 km/h bis 50 km/h bei Straßen der Kategorie VS III) jeweils in zwei Bereiche mit einer

Kategorie		$V_{Kat,N}$ [km/h]
VS II	im Vorfeld bebauter Gebiete	$V_{VS,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{70} + \frac{13}{3,6}} \cdot 0,7153$
	innerhalb bebauter Gebiete	$V_{VS,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{60} + \frac{12}{3,6}} \cdot 0,8000$
VS III	im Vorfeld bebauter Gebiete	$V_{VS,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{70} + \frac{13}{3,6}} \cdot 0,7159$
	innerhalb bebauter Gebiete	$V_{VS,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{50} + \frac{12}{3,6}} \cdot 0,7429$
HS III		$V_{HS,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{45} + \frac{11}{3,6}} \cdot 0,5317$
HS IV		$V_{HS,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{35} + \frac{11}{3,6}} \cdot 0,5432$
mit L_N = Länge des Netzabschnitts [m]		

Tab. 7: Angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt $V_{Kat,N}$ in Abhängigkeit von der Straßenkategorie und der Länge L_N des Netzabschnitts

Kategorie		$V_{F,N,Ziel}$ [km/h]
VS II	im Vorfeld bebauter Gebiete	50 – 60
	innerhalb bebauter Gebiete	40 – 50
VS III	im Vorfeld bebauter Gebiete	40 – 50
	innerhalb bebauter Gebiete	30 – 40
HS III		20 – 30
HS IV		15 – 25

Tab. 8: Angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) mit zusätzlicher Differenzierung nach der Lage in Bezug zu bebauten Gebieten bei anbaufreien Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS

Bandbreite von 10 km/h unterteilt. Für Straßen im Vorfeld bebauter Gebiete wird der jeweils höhere Bereich der $V_{F,N,Ziel}$ angesetzt, für Straßen innerhalb bebauter Gebiete der jeweils niedrigere Bereich (Tabelle 8).

Die $V_{Kat,N}$ hängt auch von der Länge L_N des betrachteten Netzabschnitts ab, da der Einfluss der Verlustzeiten an plangleichen Knotenpunkten auf die zu erwartende mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ bei kurzen Netzabschnitten zunimmt, wie die Untersuchungen von BAIER et al. (2012) gezeigt haben. Infolgedessen können die $V_{F,N,Ziel}$

⁴ Unabhängig davon, wie die die mittleren Fahrgeschwindigkeiten auf Netzabschnitten $V_{F,N}$ ermittelt werden, können sie auch zum Vergleich der Güte unterschiedlicher Koordinierungen herangezogen werden, sofern diese gleiche Progressionsgeschwindigkeiten V_p aufweisen. Für die Bewertung der Qualität einer Koordinierung sind darüber hinaus aber auch andere Kenngrößen geeignet, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll.

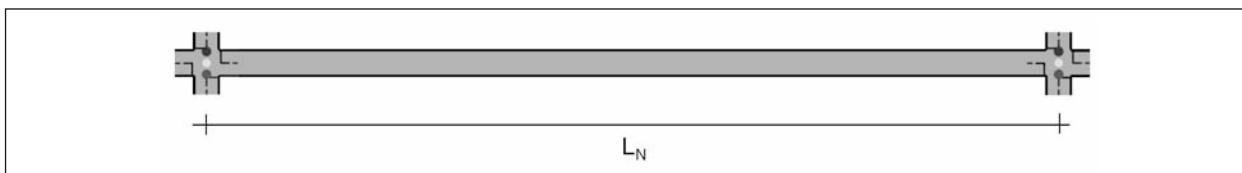


Bild 5: Idealisierte Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraßen zur Ermittlung der bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{f,N}$

gemäß den RIN (2008) nur ab bestimmten Netzabschnittslängen L_N erreicht werden.

Analog zu der Vorgehensweise von BAIER et al. (2012) wurden deshalb für idealisierte Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraßen der Kategorien VS und HS die bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{f,N}$ (in Abhängigkeit von der Länge L_N des Netzabschnitts) ermittelt und hieraus dann die $V_{Kat,N}$ bestimmt. Diese idealisierten Netzabschnitte bestehen jeweils aus einer Strecke, die von zwei Hauptknotenpunkten begrenzt wird (vgl. auch Definition einer Strecke in Kapitel 2.2.3). Die den Netzabschnitt begrenzenden Knotenpunkte werden bei allen Kategorien von Hauptverkehrsstraßen als lichtsignalgesteuert angenommen (Bild 5) und haben demnach einen Einfluss auf den Verkehrsablauf auf dem Netzabschnitt. Nebenknotenpunkte auf der Strecke, an denen der Verkehr auf dem Netzabschnitt vorfahrrechtlich übergeordnet ist, haben keinen Einfluss auf den Verkehrsablauf auf dem Netzabschnitt und können vernachlässigt werden.

Die bei freiem Verkehr auf dem Netzabschnitt erreichbaren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{f,N}$ ergeben sich nach Gleichung 17:

$$V_{f,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{V_{f,S}} + \frac{t_{V,KN}}{3,6}} \quad \text{Gl. 17}$$

mit

$V_{f,N}$ bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt [km/h]

L_N Länge des Netzabschnitts [m]

$V_{f,S}$ bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf der Strecke nach Tabelle 9 [km/h]

$t_{V,KN}$ Verlustzeiten an den beiden, den Netzabschnitt begrenzenden Knotenpunkten bei freiem Verkehr nach Tabelle 9 [s]

Die bei verschiedenen Straßenkategorien auf der Strecke (d. h. außerhalb der Knotenpunkte) bei frei-

em Verkehr erreichbaren $V_{f,S}$ nach Tabelle 9 orientieren sich an den auf diesen Straßen in der Regel geltenden V_{zul} .

Die in Tabelle 9 ebenfalls angegebenen Verlustzeiten $t_{V,KN}$ an den beiden, den Netzabschnitt begrenzenden Knotenpunkten resultieren aus Zeitverlusten für Beschleunigungen $t_{Z,KA,NB}$ hinter dem Knotenpunkt am Beginn des Netzabschnitts sowie Wartezeiten $t_{W,NE}$ und zusätzlichen Zeitverlusten $t_{Z,KE,NE}$ an dem in der betrachteten Fahrtrichtung am Ende des Netzabschnitts liegenden Knotenpunkt. Die $t_{V,KN}$ bei freiem Verkehr ergeben sich nach Gleichung 18:

$$t_{V,KN} = t_{Z,KA,NB} + t_{W,NE} + t_{Z,KE,NE} \quad \text{Gl. 18}$$

mit

$t_{V,KN}$ Verlustzeiten an den beiden, den Netzabschnitt begrenzenden Knotenpunkten bei freiem Verkehr [s]

$t_{Z,KA,NB}$ Zuschlag für zusätzlichen Zeitverlust hinter dem Knotenpunkt am Beginn des Netzabschnitts [s]

$t_{W,NE}$ mittlere Wartezeit am Knotenpunkt am Ende des Netzabschnitts [s]

$t_{Z,KE,NE}$ Zuschlag für zusätzlichen Zeitverlust vor dem Knotenpunkt am Ende des Netzabschnitts [s]

Die Wartezeit $t_{W,NE}$ tritt in der Zufahrt des am Ende des Netzabschnitts liegenden (lichtsignalgesteuerten) Knotenpunkts auf und bezieht sich auf die Haltlinie. Die zusätzlich zur – nach dem HBS (2001) bzw. dem Entwurf des HBS (2012) rechnerischen – Wartezeit $t_{W,NE}$ auftretenden Zeitverluste $t_{Z,KA,NB}$ und $t_{Z,KE,NE}$ hinter bzw. vor den Knotenpunkten beziehen sich immer auf die Knotenpunktmitte (bei Kreuzungen und Einmündungen der Achsen-schnittpunkt).

Als Wartezeit wird hier in allen Fällen $t_{W,NE} = 10$ s angesetzt. Diese Festsetzung basiert auf folgenden Überlegungen: Die Untersuchungen von

Kategorie		$V_{f,S}$ [km/h]	$t_{V,KN}$ [s]
VS II	im Vorfeld bebauter Gebiete	70	13
	innerhalb bebauter Gebiete	60	12
VS III	im Vorfeld bebauter Gebiete	70	13
	innerhalb bebauter Gebiete	50	12
HS III		45	11
HS IV		35	11

Tab. 9: Bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{f,S}$ auf der Strecke und Verlustzeiten $t_{V,KN}$ an den beiden Knotenpunkten des Netzabschnitts bei freiem Verkehr

STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER (2008) haben gezeigt, dass auch bei einer mittleren Wartezeit von $t_W \leq 20$ s – bei der an Knotenpunkten mit (festzeitgesteuerter) Lichtsignalanlage gemäß dem HBS (2001) und dem Entwurf des neuen HBS (2012) noch die QSV A erreicht wird – immer ein Teil der Fahrzeuge anhalten muss.⁵ D. h. auch bei freiem Verkehr mit entsprechend geringen Verkehrsstärken muss ein Teil der Fahrzeuge anhalten und Wartezeiten hinnehmen. Bei einer Umlaufzeit von $t_U = 90$ s und einem Freigabezeitanteil von rund 50 % ($f_F = 0,5$) ergibt sich eine mittlere Wartezeit in der Größenordnung von $t_W = 10$ s. Die hier ange-setzte Wartezeit von $t_{W,NE} = 10$ s liegt zudem deutlich im Bereich der QSV A und kann somit als zu erwartende mittlere Wartezeit an einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage bei freiem Verkehr angesehen werden.

Die Zeitverluste $t_{Z,KA,NB}$ und $t_{Z,KE,NE}$ hinter bzw. vor den Knotenpunkten sind im Allgemeinen von der gefahrenen Geschwindigkeit auf der Strecke vor bzw. hinter dem jeweiligen Knotenpunkt abhängig. Die Zuschläge für die zusätzlichen Zeitverluste, die auch bei der Ermittlung der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt $V_{F,N}$ zu berücksichtigen sind (siehe Kapitel 3.2.4), wurden von BAIER et al. (2012) auf Basis empirischer Erkenntnisse aus den Untersuchungen von STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER (2008) und darauf aufbauender modelltheoretischer Ansätze abgeleitet.

Hinter dem Knotenpunkt am Beginn des Netzabschnitts treten hier zusätzliche Zeitverluste für Beschleunigungen $t_{Z,KA,NB}$ auf, die von der bei freiem Verkehr erreichbaren $V_{f,S}$ auf der Strecke abhängig sind und im Bereich von deutlich unter 1 s bis etwas über 2 s liegen. Da bei lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten nach VIETEN (2011) vor dem Knotenpunkt nur ein Anfahrzeitverlust von der Haltlinie bis zur Knotenpunktmitte auftritt, gilt hier für den zusätzlichen Zeitverlust vor dem Knotenpunkt am Beginn des Netzabschnitts $t_{Z,KA,NE} = 1$ s.

Aus der angesetzten Wartezeit von $t_{W,NE} = 10$ s am Knotenpunkt am Ende des Netzabschnitts und den genannten zusätzlichen Zeitverlusten $t_{Z,KA,NB}$ und $t_{Z,KE,NE}$ hinter bzw. vor den beiden Knotenpunkten des Netzabschnitts ergeben sich die in Tabelle 9 angegeben gesamten Verlustzeiten $t_{V,KN}$ bei freiem Verkehr. Diese liegen zwischen 11 s und 13 s (gerundete Werte).

Mit den Werten der Tabelle 9 ergibt sich nach Gleichung 17 die bei freiem Verkehr erreichbare $V_{f,N}$ auf einem Netzabschnitt der jeweiligen Straßenkategorie in Abhängigkeit der Länge des Netzabschnitts. Diese $V_{f,N}$ bilden die Grundlage für die Ableitung der angestrebten mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten auf einem Netzabschnitt $V_{Kat,N}$, die in Tabelle 7 als $V_{VS,N}$ bzw. $V_{HS,N}$ angegeben sind.

Die $V_{Kat,N}$ ergibt sich in Abhängigkeit von der $V_{f,N}$ nach Gleichung 19:

$$V_{Kat,N} = V_{f,N} \cdot f_{V,L} \quad \text{Gl. 19}$$

mit

$V_{Kat,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategoriengruppe VS (anbaufreie Hauptverkehrsstraße) oder HS (angebaute Hauptverkehrsstraße) [km/h]

$V_{f,N}$ bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt nach Gleichung 17 [km/h]

$f_{V,L}$ Faktor zur Anpassung der $V_{f,N}$ an die $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) nach Gleichung 20 [-]

Für den Faktor $f_{V,L}$ gilt dabei nach Gleichung 20:

$$f_{V,L} = \frac{V_{Kat,N,L}}{V_{f,N,L}} \quad \text{Gl. 20}$$

⁵ Bei $t_W > 20$ s muss bereits jedes Fahrzeug mindestens einmal anhalten (STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER, 2008).

mit

$f_{V,L}$ Faktor zur Anpassung der $V_{f,N}$ an die $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) [-]

$V_{Kat,N,L}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategoriengruppe VS (anbaufreie Hauptverkehrsstraße) oder HS (angebaute Hauptverkehrsstraße) mittlerer Länge $L_{N,MW}$ nach Tabelle 10 [km/h]

$V_{f,N,L}$ bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt nach Gleichung 17 bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ nach Tabelle 10 [km/h]

Wie bereits erläutert, können die $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) aufgrund des bei kurzen Netzabschnitten zunehmenden Einflusses der Verlustzeiten an plangleichen Knotenpunkten auf die zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,N}$ nur ab bestimmten Netzabschnittslängen L_N erreicht werden. Analog zur Vorgehensweise von BAIER et al. (2012) wird deshalb angenommen, dass die $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) für Netzabschnitte mit einer für die jeweilige Straßenkategorie typischen Länge gelten. Für diese typische Länge wird hier die mittlere Länge $L_{N,MW}$ nach Tabelle 10 angesetzt.

Diese $L_{N,MW}$ wurden u. a. auf Grundlage vorliegender Netzbetrachtungen von SCHUCKLIEß (2011) sowie LANK et al. (2010) abgeleitet. Diese beziehen sich überwiegend auf angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategorie HS III und nur auf wenige anbaufreie Hauptverkehrsstraßen der Kategorien VS II und VS III. Der mittleren $L_{N,MW} = 700$ m für Straßen der Kategorie HS III liegen beispielsweise die Längen von 200 Ortsdurchfahrten im bayerischen Fernstraßennetz zugrunde.⁶ Den $L_{N,MW}$ für anbaufreie Hauptverkehrsstraßen im Vorfeld bebauter Gebiete dagegen liegen nur Längen von 12 Netzabschnitten der Kategorie VS II und 17 Netzabschnitten der Kategorie VS III zugrunde. Die in Tabelle 10 angegebenen $L_{N,MW}$ dieser Straßenkategorien (sowohl im Vorfeld als auch innerhalb bebauter Gebiete) wurden deshalb aus systematischen Überlegungen heraus festgelegt, sodass

Kategorie		$L_{N,MW}$ [m]	$V_{Kat,N,L}$ [km/h]
VS II	im Vorfeld bebauter Gebiete	1.500	50
	innerhalb bebauter Gebiete	1.000	40
VS III	im Vorfeld bebauter Gebiete	1.000	40
	innerhalb bebauter Gebiete	700	30
HS III		700	20
HS IV		400	15

Tab. 10: Mittlere Länge $L_{N,MW}$ von Netzabschnitten und bei diesen Netzabschnittslängen angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{Kat,N,L}$

sich eine plausible Abstufung der $L_{N,MW}$ ergibt, auch im Hinblick auf die von BAIER et al. (2012) ermittelten $L_{N,MW}$ für Netzabschnitte von Landstraßen (beispielsweise $L_{N,MW} = 3.000$ m bei Straßen der Kategorie LS III). Ebenso wurde die $L_{N,MW} = 400$ m für Straßen der Kategorie HS IV aus systematischen Überlegungen heraus festgelegt.

Die auf Netzabschnitten mittlerer Länge $L_{N,MW}$ nach Tabelle 10 angestrebten $V_{Kat,N,L}$ entsprechen den jeweiligen unteren Werten der $V_{F,N,Ziel}$ in Tabelle 8. Diese Festlegung resultiert aus dem von BAIER et al. (2012) abgeleiteten Ansatz, dass die $V_{F,N,Ziel}$ der RIN (2008) für den Bereich der SAQ_N C und D gelten und der jeweilige untere Wert der $V_{F,N,Ziel}$ den Grenzwert der SAQ_N D darstellt (siehe hierzu auch Kapitel 3.1.2).

In Bild 6 sind beispielhaft für einen Netzabschnitt einer Hauptverkehrsstraße der Kategorie HS III die $V_{f,N}$ nach Gleichung 17 und die sich hieraus mit der $V_{f,N,L}$ und der $V_{Kat,N,L}$ nach Tabelle 10 (die jeweils für $L_{N,MW} = 700$ m gelten) nach Gleichung 19 ergebende $V_{Kat,N}$ dargestellt. Es zeigt sich deutlich die Abhängigkeit der $V_{f,N}$ und damit der $V_{Kat,N}$ von der Länge L_N des Netzabschnitts.

3.1.2 Stufen der Angebotsqualität (SAQ)

Zur Einteilung der SAQ_N von A bis F gelten die Grenzwerte des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} nach Tabelle 11. Dabei werden für Netzabschnitte anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS im Vorfeld und innerhalb bebauter Gebiete sowie für Netzabschnitte angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS jeweils unterschiedliche Abstufungen von Grenzwerten zugrunde gelegt.

⁶ Für großstädtische Hauptverkehrsstraßen liegen die Netzabschnittslängen in einer ähnlichen Größenordnung, wie Analysen der von BAIER et al. (2003), BAIER (2006) und LANK et al. (2009) untersuchten Straßen zeigen.

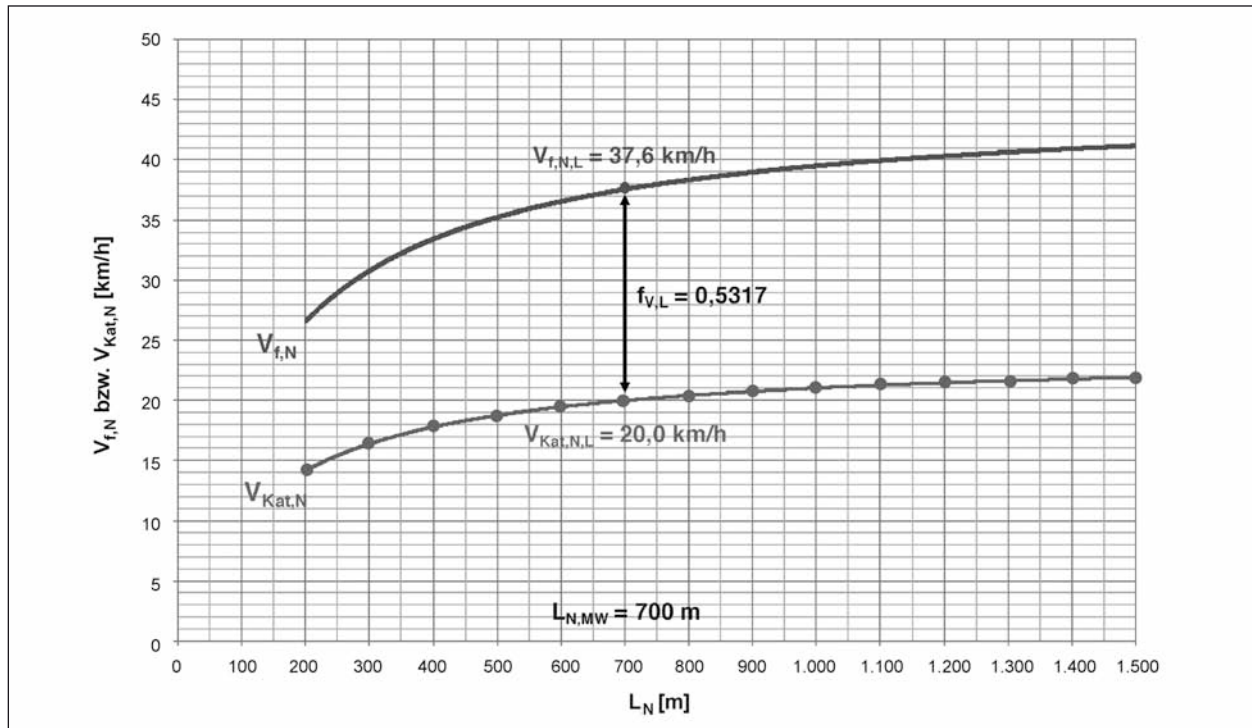


Bild 6: Bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{f,N}$ in Abhängigkeit der Länge L_N des Netzabschnitts und hieraus mit der bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ erreichbaren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{f,N,L}$ und der bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ angestrebten mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{Kat,N,L}$ abgeleitete angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{Kat,N}$ auf einem Netzabschnitt einer Hauptverkehrsstraße der Kategorie HS III

SAQ _N	I _{VF} [-]		
	Kategoriengruppe VS		Kategoriengruppe HS
	im Vorfeld bebauter Gebiete	innerhalb bebauter Gebiete	
A	≥ 1,25	≥ 1,50	≥ 2,00
B	≥ 1,20	≥ 1,25	≥ 1,50
C	≥ 1,10	≥ 1,15	≥ 1,25
D	≥ 1,00	≥ 1,00	≥ 1,00
E	≥ 0,85	≥ 0,80	≥ 0,75
F	< 0,85	< 0,80	< 0,75

Tab. 11: Grenzwerte des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} für die SAQ_N

Die Festlegung der Grenzwerte des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} erfolgt ausgehend von dem bereits von BAIER et al. (2012) abgeleiteten Ansatz, dass die in den RIN (2008) „für eine angemessene Verkehrsqualität“ angegebenen $V_{F,N,Ziel}$ für den Bereich der SAQ_N C und D gelten. Danach stellt der jeweilige untere Wert der angegebenen Bandbreite für die $V_{F,N,Ziel}$ die Untergrenze der SAQ_N D und damit deren Grenzwert dar, was durch $I_{VF} \geq 1,00$ ausgedrückt wird. In den Tabellen 12 bis 14 sind für alle Kategorien von Hauptverkehrsstraßen die Grenzwerte des I_{VF} für die SAQ_N und die zugehörigen Grenzwerte der auf einem

Netzabschnitt mittlerer Länge $L_{N,MW}$ (vgl. Tabelle 10) zu erwartenden $V_{F,N,L}$ angegeben. Die Grenzwerte der $V_{F,N,L}$ ergeben sich dabei jeweils aus der für die SAQ_N D mit $I_{VF} \geq 1,00$ zugrunde gelegten $V_{Kat,N,L}$ nach Tabelle 10.

Für Netzabschnitte anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategorien VS II und VS III im Vorfeld bebauter Gebiete werden für den Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} die von BAIER et al. (2012) auch für Landstraßen der Kategoriengruppe LS festgelegten Grenzwerte für die SAQ_N übernommen. Tabelle 12 zeigt, dass sich hieraus für die zugehörigen Grenz-

werte der zu erwartenden $V_{F,N,L}$ eine plausible Abstufung ergibt.

SAQ _N	I _{VF} [-]	V _{F,N,L} [km/h]	
		VS II	VS III
A	≥ 1,25	≥ 63	≥ 50
B	≥ 1,20	≥ 60	≥ 48
C	≥ 1,10	≥ 55	≥ 44
D	≥ 1,00	≥ 50	≥ 40
E	≥ 0,85	≥ 43	≥ 34
F	< 0,85	< 43	< 34

Tab. 12: Grenzwerte des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} für die SAQ_N und zugehörige Grenzwerte der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N,L}$ für Netzabschnitte anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategorien VS II und VS III gemäß den RIN (2008) im Vorfeld bebauter Gebiete

SAQ _N	I _{VF} [-]	V _{F,N,L} [km/h]	
		VS II	VS III
A	≥ 1,50	≥ 60	≥ 45
B	≥ 1,25	≥ 50	≥ 38
C	≥ 1,15	≥ 46	≥ 35
D	≥ 1,00	≥ 40	≥ 30
E	≥ 0,80	≥ 32	≥ 24
F	< 0,80	< 32	< 24

Tab. 13: Grenzwerte des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} für die SAQ_N und zugehörige Grenzwerte der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N,L}$ für Netzabschnitte anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategorien VS II und VS III gemäß den RIN (2008) innerhalb bebauter Gebiete

SAQ _N	I _{VF} [-]	V _{F,N,L} [km/h]	
		HS III	HS IV
A	≥ 2,00	≥ 40	≥ 30
B	≥ 1,50	≥ 30	≥ 23
C	≥ 1,25	≥ 25	≥ 19
D	≥ 1,00	≥ 20	≥ 15
E	≥ 0,75	≥ 15	≥ 11
F	< 0,75	< 15	< 11

Tab. 14: Grenzwerte des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} für die SAQ_N und zugehörige Grenzwerte der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N,L}$ für Netzabschnitte angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategorien HS III und HS IV gemäß den RIN (2008)

Für Netzabschnitte anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS innerhalb bebauter Gebiete und für Netzabschnitte angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS gemäß den RIN (2008) ergibt sich mit diesen Grenzwerten des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} jedoch keine plausible Abstufung der $V_{F,N,L}$. Wie bisherige fahrtgeschwindigkeitsbasierte Bewertungsansätze für Hauptverkehrsstraßen mit einer $V_{zul} = 50$ km/h u. a. von SCHNABEL et al. (1998) und SCHNABEL/LÄTZSCH/BRÜCKNER (2001) sowie BRILON/SCHNABEL (2003) und zuletzt auch LANK et al. (2009) zeigen, muss der Grenzwert für die SAQ_N A deutlich höher als ausfallen als für die SAQ_N D, d. h. die Abstufung der Grenzwerte für die verschiedenen SAQ_N muss deutlich stärker ausfallen.

In Tabelle 15 sind die von BRILON/SCHNABEL (2003) abgeleiteten Grenzwerte der Fahrgeschwindigkeit $V_{F,SZ}$ für Hauptverkehrsstraßen dargestellt.⁷ Die von ihnen abgeleiteten Qualitätsstufengrenzen für Straßen mit einer $V_{zul} = 50$ km/h entsprechen denen, die LANK et al. (2009) unabhängig davon aus verbindungsbezogenen Betrachtungen abgeleitet haben.

Ausgehend von den Grenzwerten der mittleren Fahrgeschwindigkeit $V_{F,SZ}$ für Straßen mit einer

LOS	V _{F,SZ} [km/h]		
	V _{zul} = 50 km/h	V _{zul} = 60 km/h	V _{zul} = 70 km/h
A	≥ 40	≥ 50	≥ 60
B	≥ 30	≥ 35	≥ 40
C	≥ 25	≥ 25	≥ 30
D	≥ 20	≥ 20	≥ 25
E	≥ 15	≥ 15	≥ 15
F	< 15	< 15	< 15

Tab. 15: Grenzwerte der mittleren Fahrgeschwindigkeit $V_{F,SZ}$ für die LOS auf Hauptverkehrsstraßen mit verschiedenen zulässigen Höchstgeschwindigkeiten V_{zul} nach BRILON/SCHNABEL (2003)

⁷ Wie BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994), SCHNABEL et al. (1998) und SCHNABEL/LÄTZSCH/BRÜCKNER (2001) sowie LANK et al. (2009) beziehen BRILON/SCHNABEL (2003) ihre Betrachtungen nicht auf definierte Netzabschnitte, sondern auf Straßenzüge als Folge von Strecken und Knotenpunkten. Deshalb werden die in Tabelle 15 angegebenen Qualitätsstufen allgemein als LOS und nicht als SAQ_N bezeichnet.

$V_{zul} = 50$ km/h aus Tabelle 15 wurden für Hauptverkehrsstraßen der Kategorie HS III, auf denen in der Regel $V_{zul} = 50$ km/h gilt, die in Tabelle 13 angegebenen Grenzwerte des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} abgeleitet. Dabei wurde für die $SAQ_N D$ mit $I_{VF} \geq 1,00$ die $V_{Kat,N,L} \geq 20$ km/h nach Tabelle 10 zugrunde gelegt. Die sich hieraus ergebenden Grenzwerte des I_{VF} wurden dann entsprechend auf Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraßen der Kategorie HS IV übertragen; für die zugehörigen Grenzwerte der zu erwartenden $V_{F,N,L}$ ergibt sich damit auch hier eine plausible Abstufung (Tabelle 13).

Für Netzabschnitte anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategorien VS II und VS III innerhalb bebauter Gebiete ergeben sich weder mit den Grenzwerten des I_{VF} für Netzabschnitte anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS im Vorfeld bebauter Gebiete noch mit denen für Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS plausible Abstufungen der zugehörigen Grenzwerte der zu erwartenden $V_{F,N,L}$. Die von BRILON/SCHNABEL (2003) abgeleiteten Grenzwerte der Fahrgeschwindigkeit $V_{F,SZ}$ für Hauptverkehrsstraßen mit einer $V_{zul} > 50$ km/h (Tabelle 15) sind ebenfalls nicht geeignet, da die für die $SAQ_N D$ nach Tabelle 10 zugrunde zu legende $V_{Kat,N,L} \geq 40$ km/h (Kategorie VS II) bzw. $V_{Kat,N,L} \geq 30$ km/h (Kategorie VS III) über den von BRILON/SCHNABEL (2003) für den LOS D angeetzte $V_{F,SZ}$ liegt. Deshalb wurden hier die in Tabelle 14 angegebenen Grenzwerte des I_{VF} so festgelegt, dass sich hieraus eine plausibel erscheinende Abstufung der zugehörigen Grenzwerte der zu erwartenden $V_{F,N,L}$ ergibt.

3.2 Berechnungsverfahren

Das Berechnungsverfahren ist als standardisiertes Verfahren im Allgemeinen nur für bestimmte Randbedingungen anwendbar. Ist der in Kapitel 3.2.1 definierte Anwendungsbereich nicht gegeben, lässt sich die mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf einem Netzabschnitt und damit dessen Angebotsqualität nur mithilfe alternativer Verfahren ermitteln (siehe Kapitel 3.3).

3.2.1 Anwendungsbereich

Das Verfahren gilt grundsätzlich für anbaufreie Hauptverkehrsstraßen der Kategorien VS II und VS III sowie angebaute Hauptverkehrsstraßen der

Kategorien HS III und HS IV gemäß den RIN (2008), deren Strecken und Knotenpunkte gemäß den RAS (2006) geplant wurden. Es ist sinngemäß auch für bestehende Hauptverkehrsstraßen anwendbar.

Eine Anwendung des Verfahrens für Netzabschnitte von Erschließungsstraßen der Kategoriengruppe ES ist nicht vorgesehen. Für diese sind zudem in den RIN (2008) auch keine Zielgrößen für angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ enthalten.

Als Eingangsgrößen zur Berechnung der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt $V_{F,N}$ werden die $V_{F,S}$ auf allen Strecken sowie die mittleren Wartezeiten t_W in den jeweils betroffenen Zufahrten bzw. Fahrstreifen (Signalgruppen) aller plangleichen Knotenpunkte oder Teilknotenpunkte im Zuge des Netzabschnitts benötigt. Die $V_{F,S}$ und die t_W sind dabei mit den Verfahren des neuen HBS (2012) zu berechnen (für die $V_{F,S}$ entspricht dies dem in Kapitel 2.2 beschriebenen Verfahren). Voraussetzung dafür ist, dass keine Einzelanlage im Zuge des Netzabschnitts überlastet ist und die QSV F aufweist.⁸

Weisen einzelne Teilstrecken oder einzelne betroffene Zufahrten bzw. Fahrstreifen (Signalgruppen) von plangleichen Knotenpunkten oder Teilknotenpunkten die QSV F auf, kann die $V_{F,N}$ auf dem Netzabschnitt nur mithilfe alternativer Verfahren ermittelt werden (siehe hierzu Kapitel 3.3). Dies gilt auch, wenn aufgrund der gegebenen Randbedingungen die $V_{F,S}$ auf den Strecken oder die t_W an den Knotenpunkten nicht rechnerisch bestimmt werden können; hier sind die in Kapitel 3.2.2 genannten Randbedingungen zu berücksichtigen.

3.2.2 Einflussgrößen

Der Verkehrsablauf auf Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen wird durch streckencharakteristische und verkehrliche Einflussgrößen beeinflusst, die von den geplanten bzw. gegebenen entwurfs-technischen, steuerungstechnischen und verkehrlichen Randbedingungen auf den Strecken und an den Knotenpunkten im Zuge des Netzabschnitts abhängen. Dies sind deren geometrische/bauliche Ausbildung, die verkehrsrechtlichen Regelungen

⁸ D. h., für jede Strecke und für jeden plangleichen Knotenpunkt bzw. Teilknotenpunkt im Zuge des Netzabschnitts ist zunächst gesondert die Verkehrsqualität zu bewerten.

sowie die Stärke und Zusammensetzung des Verkehrs. Des Weiteren können allgemeine äußere Bedingungen den Verkehrsablauf beeinflussen.

Straßenkategorie

Die Bewertung der Angebotsqualität eines Netzabschnitts wird maßgeblich durch dessen Straßenkategorie bestimmt (vgl. Kapitel 3.1). Dabei werden Straßen der Kategorien VS II und VS III (anbaufreie Hauptverkehrsstraße) sowie Straßen der Kategorien HS III und HS IV (Ortsdurchfahrt, angebaute Hauptverkehrsstraße) berücksichtigt.

Strecken

Die $V_{F,N}$ auf einem Netzabschnitt ergibt sich u. a. aus den $V_{F,S}$ auf den einzelnen Strecken im Zuge des Netzabschnitts unter Berücksichtigung von deren Längen. Diese $V_{F,S}$ sind nach dem Verfahren für Strecken im Entwurf des neuen HBS (2012) – dies entspricht dem in Kapitel 2.2 beschriebenen Verfahren – zu ermitteln. Aufgrund des eingeschränkten Anwendungsbereichs der diesem Verfahren zugrunde liegenden q-V-Beziehungen (vgl. Kapitel 2.2.1 und 2.2.5), ist auch die Anwendung des Berechnungsverfahrens der $V_{F,N}$ auf Netzabschnitten eingeschränkt.

So gelten die q-V-Beziehungen in Kapitel 2.2.5 nur für Strecken mit einer $V_{zul} = 50$ km/h. Für Netzabschnitte mit einer $V_{zul} > 50$ km/h kann die $V_{F,N}$ somit nicht berechnet werden. Dies betrifft vor allem anbaufreie Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS im Vorfeld bebauter Gebiete, da die V_{zul} dort in der Regel 70 km/h beträgt.

Des Weiteren gelten die q-V-Beziehungen in Kapitel 2.2.5 auch nicht für Strecken, bei denen regelmäßiger Radverkehr auf der Fahrbahn geführt wird oder Straßenbahnen auf straßenbündigen Bahnkörpern geführt werden, die vom Kfz-Verkehr mitbenutzt werden. Somit kann die $V_{F,N}$ auf Netzabschnitten solcher Hauptverkehrsstraßen nicht berechnet werden. Dies betrifft in erster Linie entsprechende Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS in Großstädten.

Knotenpunkte

Die $V_{F,N}$ wird durch die mittleren Wartezeiten in den betroffenen Zufahrten bzw. Fahrstreifen (Signalgruppen) der plangleichen Knotenpunkte und Teilknotenpunkte beeinflusst, soweit es sich um

Hauptknotenpunkte, an denen der Verkehr auf der betrachteten Straße vorfahrrechtlich untergeordnet oder durch eine Lichtsignalanlage gesteuert ist, handelt. Die mittleren Wartezeiten t_W an diesen Knotenpunkten sind nach den Verfahren des neuen HBS (2012) zu berechnen. Dabei sind für die Ermittlung der $V_{F,N}$ nur die t_W in den Zufahrten bzw. Fahrstreifen (Signalgruppen) für den durchfahrenden Verkehr auf dem Netzabschnitt von Bedeutung.

Bei Knotenpunkten mit verkehrabhängig gesteuerten Lichtsignalanlagen oder bei – nach den RiLSA (2010) möglichen – Sonderformen der Signalisierung (z. B. nicht vollständig signalisierte Knotenpunkte) kann die t_W nicht mit den Verfahren des neuen HBS (2012) berechnet werden. In diesen Fällen kann auch die $V_{F,N}$ auf einem Netzabschnitt nicht berechnet werden.

Zusätzlich zu den Wartezeiten t_W treten vor und hinter plangleichen Knotenpunkten auch Zeitverluste durch Verzögerungen und Beschleunigungen auf. Diese werden durch spezifische knotenpunktbezogene Zeitzuschläge $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ berücksichtigt (siehe Kapitel 3.2.4).

Im Bereich planfreier Knotenpunkte werden die mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,S}$ auf der durchgehenden Hauptfahrbahn der Strecken in der Regel nicht oder nur unerheblich durch Verzögerungen oder Beschleunigungen beeinflusst. Solche Knotenpunkte werden deshalb vernachlässigt, sofern die Teilknotenpunkte (Ausfahrten, Verflechtungsstrecken und Einfahrten) nicht überlastet sind und benachbarte Knotenpunkte ausreichend weit voneinander entfernt liegen. Ob in solchen Knotenpunkten eine Überlastung vorliegt, ist nach den Verfahren aus dem Entwurf des neuen HBS (2012) für planfreie und teilplanfreie Knotenpunkte an Landstraßen zu bestimmen.

Wechsel der Kategoriengruppe

Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraßen können auch an Stellen beginnen oder enden, an denen sich die Kategoriengruppe ändert, z. B. am Beginn und Ende von Ortsdurchfahrten (siehe Kapitel 3.2.3). An solchen Stellen ändert sich Geschwindigkeit durch Verzögerungen oder Beschleunigungen. Dieser Einfluss auf die mittlere $V_{F,S}$ auf der angrenzenden Strecke ist aber in der Regel gering und wird deshalb nicht berücksichtigt.

3.2.3 Festlegung von Netzabschnitten

Ein Netzabschnitt einer Hauptverkehrsstraße wird durch Knotenpunkte begrenzt, an denen die betrachtete Hauptverkehrsstraße mit einer Hauptverkehrsstraße gleichrangiger oder höherrangiger Verbindungsfunktionsstufe gemäß den RIN (2008) oder mit Landstraßen oder Autobahnen verknüpft wird. Des Weiteren beginnen bzw. enden Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraße an Stellen, an denen sich die Kategoriengruppe gemäß den RIN (2008) ändert (z. B. von L_S zu V_S oder zu H_S bzw. umgekehrt, wie am Beginn und Ende von Ortsdurchfahrten).

Ein Netzabschnitt besteht im Allgemeinen aus mehreren Strecken und Hauptknotenpunkten. Nebenknotenpunkte sind Bestandteile der Strecken (vgl. Kapitel 2.2.3).

Die Länge L_N ergibt sich aus den Längen L_S der einzelnen Strecken des Netzabschnitts und entspricht dem Abstand zwischen den ihn begrenzenden Knotenpunkten oder Stellen, an denen sich die Kategoriengruppe ändert. Bezugspunkte zur Ermittlung der Längen L_S und L_N sind die Mitten der Knotenpunkte, d. h. der Achsenschnittpunkt bei Kreuzungen bzw. Einmündungen.

3.2.4 Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit

Die Bewertung der Angebotsqualität eines Netzabschnitts einer Hauptverkehrsstraße erfolgt grundsätzlich für beide Fahrrichtungen getrennt. D. h., die mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf dem Netzabschnitt ist ebenfalls für beide Fahrrichtungen zu ermitteln.

Unter den in Kapitel 3.2.1 genannten Voraussetzungen kann die $V_{F,N}$ aus den $V_{F,S}$ auf den einzelnen Strecken und den t_W an den Knotenpunkten im Zuge des Netzabschnitts bestimmt werden. Die $V_{F,N}$ auf einem Netzabschnitt der Länge L_N ergibt sich damit nach Gleichung 21:

$$V_{F,N} = \frac{L_N}{\sum_{i=1}^{n_S} \frac{L_{S,i}}{V_{F,S,i}} + \frac{\sum_{j=1}^{n_K-1} t_{Z,KA,j} + \sum_{j=2}^{n_K} t_{W,j} + \sum_{j=2}^{n_K} t_{Z,KE,j}}{3,6}}$$

Gl. 21

mit

$V_{F,N}$ mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt [km/h]

L_N	Länge des Netzabschnitts [m]
n_S	Anzahl der Strecken im Zuge des Netzabschnitts [-]
$L_{S,i}$	Länge der Strecke i [m]
$V_{F,S,i}$	mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf der Strecke i [km/h]
n_K	Anzahl der Hauptknotenpunkte im Zuge des Netzabschnitts bzw. Kategorienwechsel am Beginn oder Ende des Netzabschnitts [-]
$t_{Z,KA,j}$	Zuschlag für zusätzlichen Zeitverlust hinter dem Knotenpunkt j nach Tabellen 16 bis 18 [s]
$t_{W,j}$	mittlere Wartezeit des betrachteten Verkehrsstroms am Knotenpunkt j [s]
$t_{Z,KE,j}$	Zuschlag für zusätzlichen Zeitverlust vor dem Knotenpunkt j nach Tabellen 16 bis 18 [s]

In Bild 5 sind beispielhaft für einen Netzabschnitt einer Hauptverkehrsstraße der Kategorie HS III die $V_{f,N}$ nach Gleichung 17 und die sich hieraus mit der $V_{f,N,L}$ und der $V_{Kat,N,L}$ nach Tabelle 10 (die jeweils für $L_{N,MW} = 700$ m gelten) nach Gleichung 19 ergebende $V_{Kat,N}$ dargestellt. Es zeigt sich deutlich die Abhängigkeit der $V_{f,N}$ und damit der $V_{Kat,N}$ von der Länge L_N des Netzabschnitts.

Bei Hauptknotenpunkten innerhalb des Netzabschnitts wird jeweils die Wartezeit t_W des den Netzabschnitt durchfahrenden Verkehrsstroms angesetzt. An dem in Fahrtrichtung am Ende des Netzabschnitts liegenden Knotenpunkt wird die Wartezeit t_W des Verkehrsstroms mit der höchsten Verkehrsstärke q angesetzt, da diese als maßgebend für die über den Netzabschnitt verlaufenden Verbindungen angenommen wird.

Die zusätzlichen Zeitverluste durch Verzögerungen und Beschleunigungen vor und hinter plangleichen Knotenpunkten $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ in Tabelle 16 bis 18 wurden von BAIER et al. (2012) auf Basis empirischer Erkenntnisse aus den Untersuchungen von STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER (2008) und darauf aufbauender modelltheoretischer Ansätze abgeleitet. Sie beziehen sich auf die Knotenpunktmitte und sind vom Knotenpunkttyp (Kreuzung bzw. Einmündung mit Lichtsignalanlage, Kreuzung bzw. Einmündung ohne Lichtsignalanlage, Kreisverkehr) sowie der mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt abhängig.

$V_{F,S}$ [km/h]	$t_{Z,KE}$ [s]	$t_{Z,KA}$ [s]	
		$t_W \leq 20$ s	$t_W > 20$ s
≤ 50	1,0	0,5	1,0
≤ 60	1,0	1,0	1,5
≤ 70	1,0	1,5	2,5

Tab. 16: Zuschläge für zusätzlichen Zeitverlust $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ vor bzw. hinter einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage in Abhängigkeit von der mittleren Wartezeit des betroffenen Fahrstreifens (Signalgruppe) und der mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt

An Kreuzungen und Einmündungen mit Lichtsignalanlage sind die $t_{Z,KA}$ hinter Knotenpunkten von der mittleren Wartezeit t_W des betroffenen Fahrstreifens (Signalgruppe) abhängig (Tabelle 16). Dabei erfolgt eine Differenzierung nach $t_W \leq 20$ s und $t_W > 20$ s. Dies begründet sich darin, dass nach STEINAUER/SCHUCKLIER/BECHER (2008) bei einer mittleren Wartezeit von $t_W > 20$ s jedes Fahrzeug mindestens einmal anhalten muss. Für den zusätzlichen Zeitverlust vor lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten gilt immer $t_{Z,KA} = 1$ s (vgl. Tabelle 16), da hier nach VIETEN (2011) nur ein Anfahrzeitverlust von der Haltlinie bis zur Knotenpunktmitte auftritt.

An Kreuzungen und Einmündungen ohne Lichtsignalanlage sind die $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ von der Art der Vorfahrtregelung abhängig (Tabelle 17). Dabei erfolgt eine Differenzierung nach Vorfahrtregelung durch Zeichen 205 StVO (Vorfahrt gewähren!) und Vorfahrtregelung durch Zeichen 206 StVO (Halt! Vorfahrt gewähren!). Dies begründet sich darin, dass bei Zeichen 206 StVO jedes Fahrzeug an der Haltlinie halten muss, was sich auf die Zeitverluste durch Verzögerungen und Beschleunigungen vor und hinter diesen Knotenpunkten auswirkt.

Die $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ hängen, wie die Untersuchungen von BAIER et al. (2012) zeigen, von der gefahrenen Geschwindigkeit vor bzw. hinter dem Knotenpunkt ab. Deshalb ist hier eigentlich die mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,T}$ auf der Teilstrecke unmittelbar vor bzw. hinter dem Knotenpunkt maßgebend, vereinfachend kann aber auch die mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt zugrunde gelegt werden.⁹

Für den Knotenpunkt am Beginn des Netzabschnitts sind nach Gleichung 21 nur die Zeitverluste

$V_{F,S}$ [km/h]	$t_{Z,KE}$ [s]		$t_{Z,KA}$ [s]	
	Zeichen 205 StVO	Zeichen 206 StVO	Zeichen 205 StVO	Zeichen 206 StVO
≤ 50	1,5	8,5	0,5	1,0
≤ 60	2,5	10,0	1,0	1,5
≤ 70	3,5	11,5	1,5	2,5

Tab. 17: Zuschläge für zusätzlichen Zeitverlust $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ vor bzw. hinter einer Kreuzung bzw. Einmündung ohne Lichtsignalanlage in Abhängigkeit von der Art der Vorfahrtregelung der betroffenen Zufahrt und der mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt

$V_{F,S}$ [km/h]	$t_{Z,KE}$ [s]	$t_{Z,KA}$ [s]
≤ 50	2,5	2,5
≤ 60	3,5	3,5
≤ 70	4,5	4,5

Tab. 18: Zuschläge für zusätzlichen Zeitverlust $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ vor bzw. hinter einem Kreisverkehr in Abhängigkeit von der mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt

für Beschleunigungen $t_{Z,KA}$ hinter dem Knotenpunkt und für den Knotenpunkt am Ende des Netzabschnitts nur die Zeitverluste durch Verzögerungen $t_{Z,KE}$ vor dem Knotenpunkt zu berücksichtigen. Diese berücksichtigen die entsprechenden Zeitverluste von bzw. bis zur Knotenpunktmitte und damit die jeweiligen zusätzlichen Zeitverluste am Beginn und Ende des Netzabschnitts.

3.2.5 Spezifische Parameter

In dem Berechnungsverfahren ist es nicht möglich, einzelne Parameter anzupassen. Jedoch können nach dem neuen HBS (2012) in den Verfahren für Knotenpunkte mit und ohne Lichtsignalanlage bestimmte Parameter (z. B. Zeitbedarfswerte bei Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage oder Grenz- und Folgezeitlücken bei Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage) angepasst werden, die sich auf die zu be-

⁹ Anders als bei Strecken von Landstraßen, wo die Unterteilung in Teilstrecken u. a. auf Grund der Längsneigung relevanter ist und sich deutlich unterschiedliche $V_{F,T}$ auf den einzelnen Teilstrecken ergeben können, sind Strecken von Hauptverkehrsstraßen, vor allem bei Straßen der Kategoriengruppe HS, im Allgemeinen seltener in Teilstrecken zu unterteilen (vgl. auch Kapitel 2.2.4). Insofern ist diese Vereinfachung insbesondere bei Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS für die Berechnung der $V_{F,N}$ vertretbar.

rechnenden Wartezeiten t_W auswirken. Im Verfahren für die Ermittlung der $V_{F,S}$ dagegen können keine Parameter angepasst werden (vgl. Kapitel 2.2.8).

3.3 Alternative Verfahren

Sind die in Kapitel 3.2.1 genannten Voraussetzungen für die Anwendung des Berechnungsverfahrens nicht gegeben, müssen andere geeignete Verfahren zur Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf dem Netzabschnitt herangezogen werden. Ein mögliches geeignetes Verfahren ist die mikroskopische Verkehrsflusssimulation (Mikrosimulation).

Bei Anwendung der Mikrosimulation ist die $V_{F,N}$ auf einem Netzabschnitt aus dem Mittelwert der Fahrtzeiten $t_{F,N}$ aller durchfahrenden Pkw auf dem Netzabschnitt zu ermitteln. Als Bezugslänge für die Ermittlung der $t_{F,N}$ ist die Länge des Netzabschnitts L_N nach Kapitel 3.2.3 zugrunde zu legen. Die $V_{F,N}$ ergibt sich somit nach Gleichung 22:

$$V_{F,N} = \frac{t_{F,N}}{L_N} \cdot 3,6 \quad \text{Gl. 22}$$

mit

$V_{F,N}$ zu erwartende mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt in der Bemessungsstunde [km/h]

$t_{F,N}$ mittlere Fahrtzeit aller durchfahrenden Kfz auf dem Netzabschnitt in der Bemessungsstunde nach Gleichung 23 [s]

L_N Länge des Netzabschnitts [m]

Die $t_{F,N}$ entspricht dabei dem Mittelwert der Fahrtzeiten $t_{F,N,m}$ aller Kfz, die innerhalb der betrachteten Bemessungsstunde in den Netzabschnitt einfahren und diesen vollständig durchfahren und ergibt sich nach Gleichung 23:

$$t_{F,N} = \frac{\sum_{m=1}^{n_{Kfz,N}} t_{F,N,m}}{n_{Kfz,N}} \quad \text{Gl. 23}$$

mit

$t_{F,N}$ mittlere Fahrtzeit aller durchfahrenden Kfz auf dem Netzabschnitt in der Bemessungsstunde [s]

$t_{F,N,m}$ Fahrtzeit des Kfz m auf dem Netzabschnitt [s]

$n_{Kfz,N}$ Anzahl der Kfz, die innerhalb der Bemessungsstunde in den Netzabschnitt einfahren und diesen vollständig durchfahren [-]

Die Fahrtzeiten $t_{F,N,m}$ der einzelnen Kfz sind in der Simulation über den gesamten Netzabschnitt von Knotenpunktmitte bis Knotenpunktmitte zu messen. Darin sind dann implizit die Zeitverluste für Beschleunigungen $t_{Z,KA}$ hinter dem Knotenpunkt am Beginn des Netzabschnitts, die Wartezeiten t_W und die zusätzlichen Zeitverluste $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ an den Knotenpunkten innerhalb des Netzabschnitts sowie die die Zeitverluste durch Verzögerungen $t_{Z,KE}$ vor dem Knotenpunkt am Ende des Netzabschnitts enthalten.

Um aus den mit alternativen Verfahren ermittelten $V_{F,N}$ die SAQ_N gemäß Tabelle 11 zu bestimmen, muss der Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} nach Gleichung 16 ermittelt werden. Dafür sind für die $V_{Kat,N}$ die angegebenen $V_{VS,N}$ und $V_{HS,N}$ nach Tabelle 7 zugrunde zu legen.

Bei der Anwendung der Mikrosimulation sind grundsätzlich die Hinweise zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation der FGSV (2006) zu beachten. Die Gültigkeit des verwendeten Mikrosimulationsmodells ist in jedem Anwendungsfall nach den dort erläuterten Methoden nachzuweisen. Zudem sind bei Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen darüber hinaus die Hinweise für Strecken in Kapitel 2.3 zu beachten.

4 Zusammenfassung, weiterer Untersuchungsbedarf

Hauptverkehrsstraßen, zu denen auch Ortsdurchfahrten gehören, übernehmen als Bestandteile zwischengemeindlicher Verbindungen sowie überörtlicher Straßennetze im Wesentlichen eine Verbindungsfunktion, dienen gleichzeitig aber auch der Erschließung der angrenzenden städtebaulichen Nutzungen und übernehmen folglich auch eine Erschließungsfunktion. Letztere hängt maßgeblich von der Art und Intensität der angrenzenden Nutzungen ab.

Im HBS (2001) sind für Strecken von Hauptverkehrsstraßen keine Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität enthalten, es wurden jedoch hierzu inzwischen die notwendigen Grundlagen und Zusammenhänge durch die Untersuchungen von BAIER et al. (2003) und BAIER (2006) sowie zu-

letz SÜMMERMANN et al. (2009) abgeleitet. Der hieraus entwickelte Verfahrensansatz zur Bewertung der Verkehrsqualität (des Kfz-Verkehrs) basiert auf der Überlagerung von Nutzungsansprüchen aus der Verbindungsfunktion und der Erschließungsfunktion, wobei letztere durch Art, Anzahl und Dauer von Erschließungsvorgängen definiert sind.

Als Kriterium für die Verkehrsqualität wird die fahstreifenbezogene mittlere Verkehrsdichte k_{FS} auf der Strecke verwendet. Diese hängt von der Verkehrsstärke q und den streckencharakteristischen Einflussgrößen ab und berücksichtigt, dass sich die Dichte auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen in Abhängigkeit von der Ausbildung der Fahrbahnquerschnitts und der Erschließungsfunktion unterschiedlich verteilt. Die grundsätzliche Festlegung einer dichtebasierten Bewertung der Verkehrsqualität auf Strecken von Hauptverkehrsstraßen resultiert dabei im Wesentlichen aus den Erkenntnissen der Untersuchungen von BAIER et al. (2003) und BAIER (2006).

Da neben der Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken auch die Ermittlung von Pkw-Fahrgeschwindigkeiten auf diesen Strecken als Input für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen erforderlich ist, wurde ein Set von q-V-Beziehungen abgeleitet. Über diese q-V-Beziehungen können die mittlere Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,T}$ und daraus die fahstreifenbezogenen Verkehrsdichten $k_{FS,T}$ auf einzelnen Teilstrecken ermittelt werden. Anschließend erfolgt eine Zusammenfassung für die Strecke mit Bestimmung der Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ und der Dichte $k_{FS,S}$ auf der gesamten Strecke.

Neben einer Differenzierung der Anzahl und Ausbildung markierter Fahrstreifen berücksichtigen die q-V-Beziehungen auch die Einflüsse durch Erschließungsvorgänge, die aus den angrenzenden städtebaulichen Nutzungen resultieren. Damit wird ermöglicht, anbaufreie Straßen der Kategoriengruppe VS sowie angebaute Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe HS mit unterschiedlichen Randnutzungen zu betrachten.

Die abgeleiteten q-V-Beziehungen gelten nur für Strecken mit bis zu zwei markierten Fahrstreifen in der betrachteten Richtung und einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 50$ km/h. Für Strecken mit mehr als zwei markierten Fahrstreifen in einer Richtung, Strecken, bei denen die Fahrstreifen regelmäßig in erheblichem Umfang vom

Radverkehr mit genutzt werden und Strecken, bei denen der ÖPNV einen straßenbündigen Bahnkörper gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr nutzt, sowie Strecken mit einer von 50 km/h abweichenden V_{zul} konnten aufgrund fehlender Erkenntnisse keine q-V-Beziehungen abgeleitet werden.

Für Strecken mit einer $V_{zul} > 50$ km/h, die vor allem im Zuge anbaufreier Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppe VS im Vorfeld bebauter Gebiete auftreten, werden noch von BAIER/VOLKENHOFF (2012) im Rahmen ihrer Untersuchungen q-V-Beziehungen abgeleitet, die dann übernommen werden können. Zum Verkehrsablauf auf Strecken mit Führung des Radverkehrs im Mischverkehr führen werden aktuell noch Untersuchungen von OHM et al. (2012) durchgeführt. Ob hier geeignete q-V-Beziehungen abgeleitet werden, die gegebenenfalls übernommen werden können, bleibt abzuwarten.

Darüber hinaus können bestimmte streckencharakteristische und verkehrliche Einflussgrößen die Anwendung des Berechnungsverfahrens gegebenenfalls weiter einschränken. Dies sind beispielsweise Überlagerungen von Erschließungsvorgängen, bei denen maßgebliche Instationaritäten des Verkehrsablaufs nicht auszuschließen sind. In diesen Fällen können andere geeignete Verfahren wie die mikroskopische Verkehrsflusssimulation (Mikrosimulation) zur Ermittlung der Fahrgeschwindigkeit $V_{F,S}$ und der Dichte $k_{FS,S}$ verwendet werden. Hierzu wurden entsprechende Hinweise erarbeitet.

Das Berechnungsverfahren ist als standardisiertes Verfahren aber für bestimmte Randbedingungen anwendbar. Die Anwendungsmöglichkeiten sind zunächst insbesondere bei Strecken im Zuge von Ortsdurchfahrten sowie bei Strecken von Straßen mit eher geringeren Erschließungsintensitäten (beispielsweise Straßen mit überwiegender Wohnnutzung oder Straßen mit überwiegender gewerblicher Nutzung) zu sehen. Dass hier die erforderliche Streckenlänge von $L_S \geq 200$ m im Allgemeinen durchaus gegeben ist, zeigen die Analysen von BAIER/VOLKENHOFF (2012) zu 384 Strecken in 108 Ortsdurchfahrten: rund 85 % der Strecken weisen eine $L_S \geq 200$ m auf.¹⁰

¹⁰ BAIER/VOLKENHOFF (2012) haben die Streckenlängen von 108 Ortsdurchfahrten (in sechs Bundesländern) ermittelt, für die im Investitionsrahmenplan für die Verkehrsinfrastruktur des Bundes der Bau von Ortsumgehungen vorgesehen ist.

Aufbauend auf dem Verfahren zur Verkehrsqualitätsbewertung von Strecken mit seinen q-V-Beziehungen wurde, unter Hinzuziehung der Verfahren für Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und ohne Lichtsignalanlage aus dem Entwurf des neuen HBS (2012), ein Verfahren für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppen VS und HS entwickelt. Dabei wurden die grundsätzlichen Ansätze aus den von BAIER et al. (2012) für den Entwurf des HBS (2012) erarbeiteten Verfahren zur Bewertung von Netzabschnitten von Autobahnen und Landstraßen berücksichtigt, bei denen die Bewertung aus netzplanerischer Sicht mittels eines kategoriebezogenen Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} erfolgt.

Dieser I_{VF} ergibt sich aus der tatsächlich erreichbaren mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf dem Netzabschnitt bezogen auf eine netzplanerisch angestrebte mittlere Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{Kat,N}$, die von der jeweiligen Straßenkategorie gemäß den RIN (2008) abhängt. Für Netzabschnitte von Hauptverkehrsstraßen der Kategoriengruppen VS und HS gemäß den RIN (2008) wurden diese $V_{Kat,N}$ ausgehend von den nach den RIN (2008) angestrebten mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ abgeleitet. Ebenso wurden – ausgehend von dem bereits von BAIER et al. (2012) abgeleiteten Ansatz – kategoriebezogene Grenzwerte des Fahrgeschwindigkeitsindex I_{VF} abgeleitet und festlegt.

Als Eingangsgrößen zur Berechnung der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt $V_{F,N}$ werden die $V_{F,S}$ auf allen Strecken sowie die mittleren Wartezeiten t_W in den jeweils betroffenen Zufahrten bzw. Fahrstreifen (Signalgruppen) aller plangleichen Knotenpunkte oder Teilknotenpunkte im Zuge des Netzabschnitts benötigt. Des Weiteren sind vor und hinter plangleichen Knotenpunkten zusätzliche Zeitverluste durch Verzögerungen und Beschleunigungen $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ zu berücksichtigen. Diese wurden von BAIER et al. (2012) übernommen.¹¹ Ob und inwieweit die $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ gegebenenfalls nochmals anzupassen sind, bleibt abzuwarten, da hierzu der-

zeit noch Untersuchungen von VORTISCH et al. (2012) durchgeführt werden.

Das Berechnungsverfahren ist nur unter bestimmten Voraussetzungen anwendbar. Sind diese nicht gegeben, müssen andere geeignete Verfahren zur Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf dem Netzabschnitt herangezogen werden. Ein mögliches geeignetes Verfahren ist die mikroskopische Verkehrsflusssimulation (Mikrosimulation); hierzu wurden entsprechende Hinweise erarbeitet.

5 Literatur

BAIER, M. M.: Qualitätsstufenkonzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs auf Streckenabschnitten von vierstreifig befahrenen Hauptverkehrsstraßen. Aachener Mitteilungen Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau, Nr. 48, Aachen 2006

BAIER, M. M., KATHMANN, T., BAIER, R., SCHÄFER, K. H.: Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V 108, Bergisch Gladbach 2003

BAIER, M. M., SCHUCKLIEß, W., MAIER, R., SCHMOTZ, M.: Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen. Teil 2 zum FE 18.0020/2008 „Überarbeitung des Handbuchs für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Aachen/ Dresden 2012 (unveröffentlicht)

BAIER, M. M., VOLKENHOFF, T.: Modelle zur Ermittlung von Fahrgeschwindigkeiten. AP 2 „Geschwindigkeitsmodellierung (q-V-Beziehungen)“ zum Projekt Nr. 23.0009/2006 „Erarbeitung neuer Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Wirtschaftlichkeitsberechnungen (RAS-W) mit Aktualisierung der Nutzen- und Kostenkomponenten“ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Aachen 2012 (in Bearbeitung)

BOLLMANN, F.: Quantifizierung der Störeinflüsse auf Hauptverkehrsstraßen unter besonderer Berücksichtigung von Kenngrößen der Umfeldnutzung. Studienarbeit am Lehrstuhl für

¹¹ Die zusätzlichen Zeitverluste $t_{Z,KE}$ und $t_{Z,KA}$ wurden von BAIER et al. (2012) auf Basis empirischer Erkenntnissen aus den Untersuchungen von STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER (2008) und darauf aufbauender modelltheoretischer Ansätze abgeleitet.

- Straßenverkehrstechnik der TU Dresden, Dresden 2011 (unveröffentlicht)
- BRILON, W., GROßMANN, M., BLANKE, H.: Verfahren für die Berechnung der Leistungsfähigkeit und Qualität des Verkehrsablaufes auf Straßen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 669, Bonn-Bad Godesberg 1994
- BRILON, W., SCHNABEL, W.: Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs auf Hauptverkehrsstraßen. In: Straßenverkehrstechnik 47 (2003), Heft 1, S. 21-26
- Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Ausgabe 2001, Fassung 2009. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2001/2009
- Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Entwurf 2012. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2012 (Stand: 07/2012)
- Hinweise zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation, Ausgabe 2006. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2006
- KADEN, R.: Quantifizierung der Störungseinflüsse auf Hauptverkehrsstraßen. Studienarbeit am Lehrstuhl für Straßenverkehrstechnik der TU Dresden, Dresden 2009 (unveröffentlicht)
- LANK, C., SÜMMERMANN, A., STEINAUER, B., BAUR, O., KEMPER, D., PROBST, D., BAIER, M. M., BAIER, R., KLEMP-S-KOHNEN, A., JACHTMANN, Y., HEBEL, C.: Bewertungsverfahren für Verkehrs- und Verbindungsqualitäten von Hauptverkehrsstraßen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V 183, Bergisch Gladbach 2009
- OHM, D., FIEDLER, F., KRETZSCHMAR, U., MAIER, R., HANTSCHHEL, S., OTTO, M.: Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen. FE 77.496/2010 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Dresden 2012 (in Bearbeitung)
- Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt), Ausgabe 2006. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2006
- Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN), Ausgabe 2008. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA), Ausgabe 2010. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 2008
- SCHNABEL, W., RINGEL, R., LÄTZSCH, L., KNOTE, Th.: Die Qualität des Verkehrsablaufs auf städtischen Hauptverkehrsstraßen. In: Straßenverkehrstechnik 42 (1998), Heft 12, S. 635-643
- SCHNABEL, W., LÄTZSCH, L., BRÜCKNER, N.: Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr. In: Straßenverkehrstechnik 45 (2001), Heft 12, S. 584-595
- SCHUCKLIEß, W.: Kategorisierung des Fernstraßennetzes im Freistaat Bayern nach den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung. In: Straßenwesen im Wandel der Zeit, Aachener Mitteilungen Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau, Nr. 56, S. 23-38, Aachen 2011
- SCHÜLLER, H.: Modelle zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Stadtstraßen und dessen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit auf Grundlage der Straßengestaltung. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr der TU Dresden, Heft 12, Dresden 2010
- STEINAUER, B., SCHUCKLIEß, W., BECHER, T.: Übergreifende Bewertung von Streckenabschnitten und Knotenpunkten auf Landstraßen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 1004, Bonn 2008
- SÜMMERMANN, A., LANK, C., STEINAUER, B., BAIER, M. M., BAIER, R., KLEMP-S-KOHNEN, A.: Verkehrsqualitätsstufenkonzepte für Hauptverkehrsstraßen mit straßenbündigen Stadt-/Straßenbahnkörpern. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe Verkehrstechnik, Heft V 182, Bergisch Gladbach 2009

VIETEN, M.: HBS-konforme Bewertung von Lichtsignalanlagen mittels Simulation. In: Anwendungsmöglichkeiten mikroskopischer Verkehrsflusssimulation in der Straßenverkehrsplanung, 4. Aachener Simulations-Symposium am 24. Februar 2011, Aachen 2011 (unveröffentlicht)

VORTISCH, P., LEYN, U., BAIER, M. M., SCHUCKLIEß, W., MAIER, R., SCHIMPF, M., SCHMOTZ, M.: Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten mit und ohne Lichtsignalanlage. FE 03.424/2007/DGB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Karlsruhe/Aachen/Dresden 2012 (in Bearbeitung)

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2012

- V 210: Schmale zweibahnig vierstreifige Landstraßen (RQ 21)
Maier, Berger € 18,50
- V 211: Innliegende Linkseinfädelungstreifen an plangleichen Knotenpunkten innerorts und im Vorfeld bebauter Gebiete
Richter, Neumann, Zierke, Seebo € 17,00
- V 212: Anlagenkonzeption für Meistereigehöfte – Optimierung von Arbeitsabläufen
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00
- V 213: Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB
Laffont, Mahmoudi, Dohmen, Funke-Akbiyik, Vieten € 18,00
- V 214: Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren
Schmellekamp, Tegethof
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 215: Stauprävention auf BAB im Winter
Kirschfink, Poschmann, Zobel, Schedler € 17,00
- V 216: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)
Lippold, Weise, Jährig € 17,50
- V 217: Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen
Alrutz, Bachmann, Rudert, Angenendt, Blase, Fohlmeister, Häckelmann € 18,50
- V 218: Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzlösungen
Hausmann € 16,00
- V 219: Bewältigung großer Verkehrsmengen auf Autobahnen im Winter
Roos, Zimmermann, Schulz, Riffel € 16,50

2013

- V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie
Pöpping, Pollack, Müller € 16,00
- V 221: Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen
Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50
- V 222: Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS
Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50
- V 223: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010
Fitschen, Nordmann € 16,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufenthaltstufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2
Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00

- V 225: Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50

- V 226: Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen
Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00

- V 227: Radpotenziale im Stadtverkehr
Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00

- V 228: Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr
Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50

- V 229: Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Messsystemen
Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50

- V 230: Verkehrsadaptive Netzsteuerungen
Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50

- V 231: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011
Fitschen, Nordmann € 28,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

- V 232: Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme
Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50

- V 233: Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse
Lensing € 16,00

- V 234: Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik
Lensing € 17,50

2014

- V 235: Dynamische Messung der Nachtsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen bei Nässe
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00

- V 236: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012
Fitschen, Nordmann € 28,50
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

- V 237: Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nachweis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung im Rahmen der KP II – Maßnahmen
Bund-Länder Arbeitskreis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden. Der Anhang ist interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.

- V 238: Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebsdienst – Sommerdienst
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

- V 239: Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmarkierungen
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00

- V 240: Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz € 23,50

- V 241: Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50

V 242: Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenindikatoren an Überquerungsstellen
Boenke, Grossmann, Piazzolla, Rebstock,
Herrnsdorf, Pfeil € 20,00

V 243: Nutzen und Kosten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen über den gesamten Lebenszyklus
Balmberger, Maibach, Schüller, Dahl, Schäfer € 17,50

V 244: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013
Fitschen, Nordmann € 28,50

V 245: Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs
Friedrich, Hoffmann, Axer, Niemeier, Tengen, Adams, Santel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 246: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen
Kathmann, Roggendorf, Kemper, Baier
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 247: Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 248: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagentermittlung
Burg, Röhling
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2015

V 249: Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen
Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 250: Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 251: Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumgestaltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken
Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50

V 252: Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen
Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx,
Peters, Reimer, Zipf € 15,00

V 253: Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen
Baier, Kemper
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 254: Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw
Wellner, Uhlig
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 255: Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw
Zimmermann, Riffel, Roos
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 256: Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagen-

teile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Voraussetzung eines umfassenden Asset Managements
Zander, Birbaum, Schmidt
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 257: Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen
Ohm, Fiedler, Zimmermann, Kraxenberger, Maier
Hantschel, Otto € 18,00

V 258: Regionalisierte Erfassung von Straßenwetter-Daten
Holldorb, Streich, Uhlig, Schäufele € 18,00

V 259: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten
Geistefeldt, Sievers
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 260: Berechnung der optimalen Streudichte im Straßenwinterdienst
Hausmann € 15,50

V 261: Nutzung von Radwegen in Gegenrichtung - Sicherheitsverbesserungen
Alrutz, Bohle, Busek € 16,50

V 262: Verkehrstechnische Optimierung des Linksabbiegens vom nachgeordneten Straßennetz auf die Autobahn zur Vermeidung von Falschfahrten
Maier, Pohle, Schmotz, Knote, Nirschl, Erbsmehl € 16,00

V 263: Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung der Verfahren
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff In Vorbereitung

V 264: Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff In Vorbereitung

V 265: Entwurfstechnische Empfehlungen für Autobahntunnelstrecken
Bark, Kutschera, Resnikow, Baier, Schuckließ
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 266: Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von Hauptverkehrsstraßen
Baier, Hartkopf, Rösraith € 14,50

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.