

Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenüber- greifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 264

The logo for the Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST) is displayed in a bold, green, lowercase sans-serif font. The letters are thick and have a slight shadow effect, giving them a three-dimensional appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page, partially overlapping a vertical white line that runs down the right edge of the cover.

Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenüber- greifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen

von

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

Reinhold Maier
Martin Schmotz
TU Dresden
Lehrstuhl für Straßenverkehrstechnik
mit Fachbereich Theorie der Verkehrsplanung

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 264

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 18.0020/2008
Überarbeitung des Handbuchs für die
Bemessung von Straßenverkehrsanlagen

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 978-3-95606-207-0

Bergisch Gladbach, Oktober 2015

Kurzfassung – Abstract

Qualitätsstufenkonzepte zur anlagen- übergreifenden Bewertung des Verkehrs- ablaufs auf Außerortsstraßen

In den RIN (2008) wird für Netzabschnitte der Nachweis der Einhaltung von Zielvorgaben für die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit gefordert, ohne dass Verfahren zur Ermittlung der tatsächlichen Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt angegeben sind. Deshalb sollten bei der Überarbeitung des HBS (2001) geeignete Verfahren für die Ermittlung der zu erwartenden Fahrtgeschwindigkeit auf Autobahnen, Landstraßen sowie Hauptverkehrsstraßen erarbeitet werden. Neben einer damit möglichen Überprüfung aus netzplanerischer Sicht sollte auch ein eigenes Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs auf Netzabschnitten entwickelt werden. Hierfür galt es, ein geeignetes Qualitätskriterium abzuleiten.

Dazu wurden zunächst bisherige Ansätze zur Bewertung des Verkehrsablaufs auf Netzabschnitten auf Basis von Fahrtgeschwindigkeiten, Fahrzeiten und/oder sich auf diese Kenngrößen beziehender Indizes analysiert und hinsichtlich ihrer Eignung vergleichend bewertet. Hierauf aufbauend erfolgte die Festlegung des Konzepts zur anlagenübergreifenden Bewertung. Neben Ansätzen auf Basis der absoluten Fahrtgeschwindigkeit wurden auch Ansätze sowohl mit Fahrtgeschwindigkeit- als auch mit Fahrzeitindizes untersucht.

Es wurden für Netzabschnitte von Autobahnen und Landstraßen entsprechende Verfahren für die netzplanerische Bewertung in Form von Stufen der Angebotsqualität (SAQ) erarbeitet. Dazu wurden netzplanerische Bezugsgrößen hergeleitet, welche zur Beurteilung der Angemessenheit einer bestehenden bzw. geplanten Anlage unter Berücksichtigung der maßgebenden Verbindungsfunktionsstufe im Sinne der RIN (2008) dienen.

Die Ergebnisse wurden als standardisierte Verfahren zur Integration in den Entwurf des HBS (2012) aufbereitet. Des Weiteren wurde auch der jeweilige Anwendungsbereich der Berechnungsverfahren definiert. Für Fälle außerhalb des jeweiligen Anwendungsbereichs sind ergänzende Hinweise zur Anwendung alternativer Verfahren, wie beispielsweise mikroskopische Verkehrsflusssimulationen, enthalten.

Level-of-service concepts for highway facility performance

For network sections of almost all road categories, the RIN (2008) require proof of compliance with the targeted car speed, whereas themselves fail to offer methods for determining the actual car speed on a network section. Therefore, appropriate procedures for the determination of the expected car speed on highways, rural roads, as well as on inner-city main roads should be elaborated in the context of the revision of the HBS (2001). In addition to the possible review from a network planning perspective, a genuine concept for the evaluation of traffic flow on these network sections should also be developed. Therefore, it was necessary to derive an appropriate quality criterion, and to investigate its informative value as to quality levels.

In order to do so, previous approaches for evaluating the quality of traffic flow on network sections based on travel speeds, travel times and/or indexes based on these parameters were analyzed and compared as to their suitability. Based on this, the definition of the concept for facilities-overlapping evaluation was established. Concept approaches were developed, investigating and assessing the suitability not only of approaches based on absolute speed, but also on travel speed and travel time indexes.

Concerning the network sections of highways and rural roads, appropriate methods for the network-planning assessment were developed in form of levels of service quality (SAQ). Therefore, network-planning benchmarks were derived, which are used to assess the adequacy of an existing or planned facility, taking into account the relevant connection function level according to the RIN (2008).

In order to integrate the results into the draft HBS (2012), they were configured in a standardized method. Furthermore, the respective scope of the 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

Vorbemerkung	7	6.2.2 Ableitung von Qualitätsmaßstäben zur Beurteilung der Verkehrsqualität	31
1 Aufgabenstellung	9	6.3 Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten	35
2 Definition von Netzabschnitten	9	6.3.1 Kriterium der Angebotsqualität	35
3 Definition von Verkehrs- und Angebotsqualitäten	10	6.3.2 Ableitung von Qualitätsmaßstäben zur Beurteilung der Angebotsqualität	36
4 Analyse bisheriger Bewertungsansätze	11	6.4 Zusammenfassung	42
4.1 Anforderungen an Qualitätskriterien.	11	7 Netzabschnitte von Landstraßen	45
4.2 Subjektive Wahrnehmung und Bewertung des Verkehrsablaufs.	13	7.1 Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten	45
4.3 Geschwindigkeitsbasierte Bewertungsansätze	14	7.2 Qualitätskriterien und -stufen	46
4.4 Zeitbasierte Bewertungsansätze	16	7.2.1 Kriterium für die Angebotsqualität	46
4.5 Indexbasierte Bewertungsansätze	18	7.2.2 Stufen der Angebotsqualität	47
4.5.1 Ansätze mit Geschwindigkeitsindizes.	18	7.3 Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt	47
4.5.2 Ansätze mit Fahrzeitindizes.	19	7.3.1 Zeitzuschläge an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage.	48
5 Festlegung des Konzepts zur anlagenübergreifenden Bewertung	21	7.3.2 Zeitzuschläge für Kreuzungen und Einmündungen ohne Lichtsignalanlage	51
6 Netzabschnitte von Autobahnen	22	7.3.3 Zeitzuschläge für Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage	56
6.1 Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit	23	7.4 Ableitung der Bezugsgröße zur Ermittlung der Angebotsqualität	59
6.1.1 Auswirkungen von Ein- und Ausfahrten	23	7.4.1 Landstraßen der Kategorie LS I.	62
6.1.2 Auswirkungen unterschiedlicher Fahrbeziehungen am Anfang und Ende von Netzabschnitten	27	7.4.2 Landstraßen der Kategorie LS II	64
6.1.3 Pkw-Fahrtgeschwindigkeit und Pkw-Fahrzeit in Netzabschnitten.	30	7.4.3 Landstraßen der Kategorie LS III.	67
6.2 Bewertung der Verkehrsqualität von Netzabschnitten	30	7.4.4 Landstraßen der Kategorie LS IV.	70
6.2.1 Kriterium der Verkehrsqualität	30	7.5 Zusammenfassung	71
		8 Schlussfolgerungen	71
		9 Literatur	75

Vorbemerkung

Im HBS (2001) sind für verschiedene Arten von Straßenverkehrsanlagen die Verfahren zur verkehrstechnischen Bemessung und Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs zusammengefasst. Die Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs erfolgt für alle Straßenverkehrsanlagen mit einem gleichartigen Maßstab durch Einteilung in sechs QSV (Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs) von A bis F (Schulnotenprinzip), wovon die letzte Stufe die Überlastung darstellt (d. h., die Nachfrage übersteigt die Kapazität). Für jede Anlage und die unterschiedlichen Verkehrsteilnehmerarten wurden hierzu Kriterien als Maß der Verkehrsqualität eingeführt, die von der Verkehrsnachfrage abhängig und quantifizierbar sind.

Allerdings ist das HBS (2001) noch unvollständig, denn für verschiedene Arten von Straßenverkehrsanlagen, wie vierstreifige Richtungsfahrbahnen von Autobahnen, durchgängig oder abschnittsweise dreistreifige Landstraßen oder zahlreiche Typen planfreier Knotenpunkte sowie für Strecken von Hauptverkehrsstraßen und Radverkehrsanlagen, sind keine Verfahren enthalten. Inzwischen wurden hierzu jedoch die notwendigen Grundlagen und Zusammenhänge entwickelt. Deshalb soll das HBS (2001) fortgeschrieben und auf der Basis neuer Forschungserkenntnisse und Erfahrungen aus der Praxis, in Abstimmung mit anderen derzeit in Überarbeitung befindlichen Regelwerken, aktualisiert werden. Außerdem steht die Fortschreibung auch im Zusammenhang mit der Erarbeitung der neuen Generation von integrierten Entwurfsrichtlinien, den RAA (2008) und RAS (2006) sowie den im Entwurf vorliegenden RAL (2012).

Der Entwurf des HBS (2012) ist analog zu diesen neuen Richtlinien in die Teile Autobahnen, Landstraßen und Stadtstraßen gegliedert. Diese Neugliederung erforderte neben einer Zuordnung der bisherigen und der neuen Kapitel eine grundsätzliche Überarbeitung aller Kapitel, insbesondere derjenigen zu den in mehreren Teilen zur Anwendung kommenden Straßenverkehrsanlagen wie plangleichen Knotenpunkten mit und ohne Lichtsignalanlage.

Des Weiteren sollen für den Kfz-Verkehr neben der bisherigen Bewertung von Einzelanlagen (Strecke und Knotenpunkt) künftig Verfahren für die anlagenübergreifende Bewertung der Ange-

botsqualität auf Autobahnen, Landstraßen und Hauptverkehrsstraßen treten. Dafür ist es nicht zielführend, nur die Ergebnisse der Einzelbewertungen zusammenzuführen. Vielmehr galt es, für eine solche Bewertung eigenständige Qualitätskriterien und -stufen, die sich auf die Fahrtgeschwindigkeit bzw. die Fahrzeit beziehen, zu entwickeln. Mit derartigen Kriterien sollen die Ergebnisse einer Bewertung der Angebotsqualität auf Netzabschnitten von Straßen unterschiedlicher Netzfunktion mit den raumordnerischen Zielvorgaben einer angestrebten Fahrtgeschwindigkeit gemäß den RIN (2008) verglichen werden können.

Vor diesem Hintergrund wurden mit diesem Forschungsvorhaben zwei Ziele verfolgt, zum einen in

- Teil 1: „Die Durchführung der redaktionellen Bearbeitung und des Abstimmungsverfahrens zum Entwurf des HBS (2012)“ und zum anderen in
- Teil 2: „Die Entwicklung von Qualitätsstufenkonzepten zur anlagenübergreifenden Bewertung des Verkehrsablaufs auf Netzabschnitten“.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich ausschließlich auf den Teil 2.

1 Aufgabenstellung

In den RIN (2008) wird für Netzabschnitte nahezu aller Straßenkategorien der Nachweis der Einhaltung von Zielvorgaben für die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ (Tabelle 1) gefordert, ohne dass die RIN (2008) selbst Verfahren zur Ermittlung der tatsächlichen Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf einem Netzabschnitt bieten.¹ Es wird lediglich darauf verwiesen, dass im Rahmen der verkehrstechnischen Bemessung die erreichbare Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ mit der jeweiligen Zielgröße der angestrebten Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ verglichen werden soll. Deshalb sind im neuen HBS (2012) Verfahren für die Ermittlung der zu erwartenden Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf Netzabschnitten von Autobahnen, Landstraßen sowie Hauptverkehrsstraßen bereitzustellen. Dabei ist zu beachten, dass die RIN (2008) einen Netzabschnitt als Folge von Strecken und Knotenpunkten gleicher Kategorie definieren, der durch Knotenpunkte mit Straßen gleicher oder höherrangiger Verbindungsfunktionsstufe bzw. durch einen Wechsel der Kategoriengruppe begrenzt wird. Deshalb ist neben der bisher ausschließlich auf Strecken bezogenen Geschwindigkeitsermittlung, im HBS (2001) für Abschnitte von Autobahnen und Abschnitte von zweistreifigen Landstraßen enthalten, auch eine anlagenübergreifende Aussage zu Geschwindigkeiten auf Netzabschnitten (zur Definition siehe Kapitel 2) erforderlich.

Neben einer damit möglichen Überprüfung aus netzplanerischer Sicht soll auch ein eigenes Kon-

zept zur Bewertung des Verkehrsablaufs auf diesen Netzabschnitten entwickelt und in den Entwurf des neuen HBS (2012) integriert werden. Hierfür ist ein geeignetes Qualitätskriterium abzuleiten und bezüglich der Aussagefähigkeit zu Qualitätsstufen zu untersuchen.

Die zur netzplanerischen Überprüfung gemäß den RIN (2008) erforderliche tatsächliche Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ sollte bei der Betrachtung von Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen auf Grundlage der Verfahren für die einzelnen Straßenverkehrsanlagen (Strecken und Knotenpunkte) ermittelt werden, da in diesen Fällen gemäß dem ARS Nr. 10/2002 für alle betroffenen Einzelanlagen ein Verkehrsqualitätsnachweis zu erbringen ist. Die auf dieser Grundlage zu ermittelnde Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ oder auch die damit zusammenhängende Fahrzeit $t_{F,N}$ können und sollen als Eingangsgröße für die anlagenübergreifende Qualitätsbewertung des Verkehrsablaufs herangezogen werden.²

Die nachfolgenden konzeptionellen Betrachtungen konzentrieren sich somit im Wesentlichen auf die Ableitung und Festlegung eines geeigneten Qualitätskriteriums und zugehöriger Qualitätsstufen. Dazu werden bisherige Ansätze zur Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs auf Netzabschnitten bzw. Straßenzügen (als Folge von Strecken und Knotenpunkten) auf Basis von Fahrtgeschwindigkeiten V_F , Fahrzeiten t_F und/oder sich auf diese Kenngrößen beziehender Indizes analysiert und hinsichtlich ihrer Eignung vergleichend bewertet.

2 Definition von Netzabschnitten

Die RIN (2008) definieren einen Netzabschnitt als eine Folge von Netzelementen auf einem Verkehrsweg mit gleicher Verbindungsfunktionsstufe und gleicher Kategoriengruppe, also gleicher Kategorie. Wechseln die Kategoriengruppe an einer Stelle (z. B. bei Ortsdurchfahrten im Landstraßennetz) oder die Verbindungsfunktionsstufe an einem Knotenpunkt, so beginnt ein neuer Netzabschnitt. Ein Netzabschnitt wird weiterhin begrenzt von Knotenpunkten, an denen der betrachtete Verkehrsweg mit einem Verkehrsweg gleichrangiger oder höherrangiger Verbindungsfunktionsstufe verknüpft ist; er schließt diese Knotenpunkte bis zur Knotenpunktmittelpunkt (Achsenschnittpunkt der am

¹ Die RIN (2008) enthalten neben Zielvorgaben für das Netz des Kfz-Verkehrs auch jeweils entsprechende Vorgaben für das Netz des öffentlichen Verkehrs und des Radverkehrs. Im Weiteren wird jedoch ausschließlich die anlagenübergreifende Bewertung des Verkehrsablaufs im Kfz-Verkehr betrachtet.

² In den RAS-N (1988) und den EWS (1997) wie auch im HBS (2001) wird die Geschwindigkeit auf einem Netzabschnitt bzw. einer Strecke als Reisegeschwindigkeit V_R bezeichnet, in den RIN (2008) wird die Geschwindigkeit auf einem Netzabschnitt dagegen als Fahrgeschwindigkeit $V_{F,N}$ definiert. Da sich die verbindungsbegleitende Reisegeschwindigkeit V_R – im Sinne der RIN (2008) – aus der Fahrzeit t_F über den Weg der Länge L_F zuzüglich der Zu-/Abgangszeiten t_{Zu} und t_{Ab} sowie eventueller Parksuchzeiten t_{PS} ergibt, für die Beurteilung des Verkehrsablaufs auf/an Straßenverkehrsanlagen jedoch die aus der Fahrzeit t_F resultierende Geschwindigkeit zugrunde zu legen ist, wird hier im Weiteren einheitlich der Begriff der Fahrtgeschwindigkeit V_F verwendet. Diese ergibt sich aus der Länge eines zurückgelegten Fahrwegs L_F und der dazu benötigten Fahrzeit t_F einschließlich aller verkehrlich bedingten Zeitverluste.

Straßenkategorie	Standard-Entfernungsbereich ¹ [km]	$V_{F,N,Ziel}^2$ [km/h]
AS 0/I Fernautobahn	40-500	100-120
AS II Überregionalautobahn, Stadtautobahn	10-70	70-90
LS I Fernstraße	40-160	80-90
LS II Überregionalstraße	10-70	70-80
LS III Regionalstraße	5-35	60-70
LS IV Nahbereichsstraße	bis 15	50-60
LS V Anbindungsstraße	–	keine
VS II anbaufreie Hauptverkehrsstraße	–	40-60
VS III anbaufreie Hauptverkehrsstraße	–	30-50
HS III Ortsdurchfahrt, innergemeindliche Hauptverkehrsstraße	–	20-30
HS IV Ortsdurchfahrt, innergemeindliche Hauptverkehrsstraße	–	15-25
ES IV Sammelstraße	–	keine
ES V Anliegerstraße	–	keine

¹ Außerhalb bebauter Gebiete wird die $V_{F,N,Ziel}$ auch von dem für die Verbindungsfunktion maßgebenden Entfernungsbereich bestimmt; liegt die Entfernung an der oberen Grenze des Standard-Entfernungsbereichs, ist im Allgemeinen die höhere Geschwindigkeit anzustreben, liegt die Entfernung an der unteren Grenze, so genügt die niedrigere Geschwindigkeit

² Die $V_{F,N,Ziel}$ bezieht sich auf die mittlere Fahrtgeschwindigkeit der Pkw

Tab. 1: Angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ auf Netzabschnitten der Straßenkategorien nach den RIN (2008)

Knotenpunkt verknüpften Straßen) mit ein. D. h., am Knotenpunkt am Beginn des Netzabschnitts wird die Knotenpunktausfahrt und am Knotenpunkt am Ende des Netzabschnitts die Knotenpunktzufahrt dem betrachteten Netzabschnitt zugeordnet. Ein Netzabschnitt kann weitere Knotenpunkte beinhalten, an denen die betrachtete Straße mit Straßen einer niederrangigeren Verbindungsfunktionsstufe verknüpft ist.

3 Definition von Verkehrs- und Angebotsqualitäten

In der Literatur wird die im HBS (2001) beschriebene Qualität des Verkehrsablaufs, welche gemäß den Begriffsbestimmungen der FGSV (2000) die „zusammenfassende Gütebeurteilung des Verkehrsflusses“ darstellt, häufig auch verkürzt als Verkehrsqualität bezeichnet (vgl. beispielsweise BRILON/WEISER, 2004) bzw. die beiden Begriffe werden synonym verwendet. Dabei werden in der Regel einzelne Anlagen betrachtet. In den RIN (2008) wird der Begriff der Verkehrsqualität dagegen im Zusammenhang mit der Verbindungsfunktion von Straßen verwendet. Gleichzeitig werden

den bereits die RAS-N (1988) im Zusammenhang mit der Übertragung der Verbindungsfunktionsstufen auf das Straßennetz den Begriff der Verbindungsqualität. Diese bezieht sich auf Netzabschnitte. Des Weiteren wird in den RIN (2008) die verbindungsbezogene Angebotsqualität beschrieben, die sich auf das gesamte Netz bzw. auf die Luftlinienverbindung zwischen zwei Orten bezieht.

Dies unterstreicht die Notwendigkeit einer eindeutigen Definition und Abgrenzung der verschiedenen „verkehrsablaufbezogenen“ Qualitäten von einzelnen und zusammenhängenden Straßenverkehrsanlagen sowie gesamten Straßennetzen. Dies betrifft

- die funktionale Qualität des Verkehrsablaufs einzelner Straßenverkehrsanlagen, im Weiteren auch als Verkehrsqualität bezeichnet, und
- die Angebotsqualität von Netzabschnitten bzw. Straßenzügen sowie
- die verbindungsbezogene Angebotsqualität in Straßennetzen, die sich auf Luftlinienverbindungen bezieht.

Die Verkehrsqualität dient als Maßstab, ob und wie der Verkehr auf/an einer Straßenverkehrsanlage in

Abhängigkeit der verkehrlichen, entwurfstechnischen und umfeldbezogenen Randbedingungen abgewickelt werden kann. Dazu erfolgt nach dem HBS (2001) die Einordnung in eine von sechs Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs A bis F (kurz: QSV), die eine Vergleichbarkeit der Verkehrsqualität bei verschiedenen Typen von Straßenverkehrsanlagen ermöglichen sollen. Die Verkehrsqualität beschreibt letztendlich die „Bewegungsfreiheit“ der Verkehrsteilnehmer auf/an einer Straßenverkehrsanlage und bewertet somit die Funktionalität dieser Anlage unter den jeweiligen Randbedingungen. Diese Betrachtung bezieht sich für alle Straßenkategorien nur auf einzelne Anlagen, also auf Strecken und Knotenpunkte getrennt.

Die anlagenübergreifende Bewertung des Verkehrsablaufs auf Netzabschnitten bzw. Straßenzügen als Folge von Strecken und Knotenpunkten ist mit den bestehenden Verfahren zur Verkehrsqualitätsbewertung nicht möglich. Diese Einschränkung hat laut dem HBS (2001) zur Folge, dass keine Verknüpfung mit der verbindungsbezogenen Bewertung nach den RAS-N (1988) herstellbar ist, und infolge dessen auch keine Überprüfung der Zielvorgaben für die Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008).

Eine Qualitätseinstufung der erreichbaren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ ist nach den RIN (2008) zwar nicht vorgesehen, die Festlegung von Qualitätsstufen erscheint aber u. a. im Hinblick auf die wünschenswerte Verknüpfung der auf einem Netzabschnitt erreichbaren mittleren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ mit der verbindungsbezogenen Angebotsqualität im gesamten Netz nach den RIN (2008) zweckmäßig. Vor diesem Hintergrund haben beispielsweise LANK et al. (2009) als Bewertungsmaßstab für erreichbare Fahrtgeschwindigkeiten $V_{F,N}$, analog zum Konzept der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs aus dem HBS (2001), sechs Verbindungsqualitätsstufen definiert und für innerörtliche Hauptverkehrsstraßen ein entsprechendes Qualitätsstufenkonzept abgeleitet (siehe hierzu auch Kapitel 4.3). Diese Bewertung der verbindungsbezogenen Angebotsqualität von Netzabschnitten soll die Bewertung der funktionalen Verkehrsqualität von Einzelanlagen ergänzen. Im Hinblick auf die anlagenübergreifende Bewertung hat diese Ergänzung einen hohen Stellenwert, da LANK et al. (2009) wie zuvor auch STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER (2008) aufgezeigt haben, dass sich aus den Verkehrsqualitäten der Einzelanlagen keine Rückschlüsse auf die erreichbare

Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf einem Netzabschnitt ziehen lassen.

Da die Qualitätseinstufung der erreichbaren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf einem Netzabschnitt einer netzplanerischen Bewertung dient, werden diese im Weiteren als Stufen der Angebotsqualität von Netzabschnitten (kurz: SAQ_N) bezeichnet. Diese werden ebenfalls nach sechs Stufen von A bis F klassifiziert.

Die verbindungsbezogene Angebotsqualität einer Relation in einem Netz bezieht sich auf den Zeitaufwand für eine Quelle-Ziel-Beziehung, d. h. die Gesamtreisezeit t_R einschließlich der „Erschließungsdauer“ (Zu- und Abgangszeiten t_{Zu} und t_{Ab} , eventuelle Parksuchzeiten t_{PS}).³ Zur deren Bewertung wird in den RIN (2008) die Luftliniengeschwindigkeit V_L , die sich aus der auf die Luftlinienentfernung L_L zwischen Quelle und Ziel bezogenen Reisezeit t_R – die maßgeblich von den Fahrtzeiten $t_{F,N}$ auf den einzelnen Netzabschnitten abhängt – ergibt, herangezogen.⁴ Zur Beurteilung von Relationen in Straßennetzen wird die Luftliniengeschwindigkeit V_L – analog zum Konzept der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs aus dem HBS (2001) – nach sechs Stufen der verbindungsbezogenen Angebotsqualität von A bis F (kurz: SAQ_V) klassifiziert, die von der Luftlinienentfernung L_L abhängig sind, um zu berücksichtigen, dass sich die Anforderungen an die Angebotsqualität mit der Entfernung ändern. Durch diese einheitliche Bewertungsskala wird laut den RIN (2008) die Vergleichbarkeit der unterschiedlichen Beurteilungskriterien verbessert.

4 Analyse bisheriger Bewertungsansätze

4.1 Anforderungen an Qualitätskriterien

Die Verkehrsqualität wird in den Begriffsbestimmungen der FGSV (2000) als die „zusammenfassende Gütebeurteilung des Verkehrsflusses“ defi-

³ Die Bewertung der verbindungsbezogenen Angebotsqualität ist Bestandteil einer umfassenden Erreichbarkeitsanalyse (vgl. FRIEDRICH, 2005).

⁴ Neben dem Kriterium des Zeitaufwands mit der Luftliniengeschwindigkeit V_L als Bewertungsgröße dient nach den RIN (2008) zur Beurteilung der verbindungsbezogenen Angebotsqualität eines Straßennetzes auch die Direktheit einer Relation; Bewertungsgröße ist der Umwegfaktor f_U .

niert (vgl. Kapitel 3). RETZKO/FORST-LÜRKEN (1983) beschreiben die Qualität des Verkehrsablaufs als eine zu definierende Größe zur Charakterisierung von Art, Anzahl und Dauer im tatsächlichen Verkehrsablauf auftretender Behinderungen im Gegensatz zu idealen Verkehrsbedingungen. Im Gegensatz zu physikalischen Grundgrößen ist die Verkehrsqualität als definierte Größe nicht direkt messbar und deshalb einer unmittelbaren Bewertung nicht zugänglich. Es werden also Qualitätskriterien benötigt, mit denen die Qualität des Verkehrsablaufs nach Maß und Zahl charakterisiert werden kann. Unter Qualitätskriterien sollen dabei im weiteren Sinne Wirkungs- oder Gütemaße verstanden werden, die geeignet sind, allein oder in Kombinationen mit anderen Maßzahlen die Verkehrsqualität beziehungsweise einzelne Qualitätsaspekte in objektiver Weise zu erfassen. Im engeren Sinn sind damit mathematische Zielfunktionen gemeint, die als zu optimierende Größen zu betrachten sind.

RETZKO et al. (1975) stellen an Qualitätskriterien die Anforderungen, dass diese quantifizierbar, erfassbar, bedeutsam, empfindlich und aussagekräftig sein sollten. Diese Anforderungen entsprechen auch der Definition von STEIERWALD (1971), nach der ein geeignetes Kriterium zur Beschreibung und Bewertung der Verkehrsqualität quantifizierbar (und mit vertretbarem Aufwand erfassbar bzw. messbar), ausreichend empfindlich hinsichtlich Veränderungen im Verkehrsablauf und bedeutsam für den Verkehrsteilnehmer sein muss.⁵

Die Forderung nach der Quantifizierbarkeit ist als gleichbedeutend mit der Notwendigkeit zu sehen, eine Beziehung zwischen dem gewählten Kriterium und den vorgegebenen Verkehrsstärken herzustellen. Nach BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994b) ist ein wesentlicher Bestandteil von Verfahren, die nicht nur die reine Leistungsfähigkeitsberechnung, sondern auch die Beurteilung der Verkehrsqualität zum Ziel haben, eine Darstellung des (funktionalen) Zusammenhangs zwischen dem Qualitätskriterium als Maß der Verkehrsqualität und der Verkehrsstärke. Für eine praktische Anwendung von Verfahren zur Beurteilung der Verkehrsqualität müssen die Kriterien deshalb genau definiert und

darüber hinaus auch quantifizierbar sein. Entscheidend ist nach der Festlegung der Qualitätskriterien und ihrer Quantifizierung die Beurteilung dieser Werte. Hierzu ist eine Einordnung in ein Bewertungsschema (Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs) notwendig.

SCHNABEL (1988) beschreibt eine Kenngröße dann als besonders zur Qualitätsbeschreibung geeignet, wenn sie die Verkehrsvorgänge, die auf der Verkehrsanlage abgewickelt werden, zutreffend charakterisiert und durch eine Berechnungsformel leicht bestimmbar ist. Ein Qualitätskriterium für den Verkehrsablauf muss deshalb eine verkehrstechnische Größe sein, wobei grundsätzlich alle Kenngrößen des Verkehrsablaufs als Indikatoren zur Qualitätsbewertung verwendet werden können.

Nach MEYER (1995) sollten Messgrößen zur Bewertung der Verkehrsqualität spezifisch auf Zielgrößen ausgerichtet sein. Dafür müssen die maßgebenden Kennwerte und Ziele bekannt sein. Um sicherzustellen, dass der Verkehrsablauf umfassend beschrieben wird, ist nach MEYER (1995) eine Reihe von Kenngrößen notwendig.

Dieser Aussage von MEYER (1995) sind die Erkenntnisse von BRILON/ESTEL (2008) entgegenzusetzen, nach denen bei der Auswahl von Qualitätskriterien für verschiedene Konzepte beachtet werden muss, dass eine Verwendung von zu vielen Kenngrößen eventuell zu geringer Anwenderfreundlichkeit und mangelnder Praktikabilität der Konzepte führen kann. Die Auswahl eines oder mehrerer weniger Qualitätskriterien muss schlussendlich als Kompromiss verschiedener Präferenzen erfolgen.

MEYER (1995) führt des Weiteren auf, dass die Beurteilung des Verkehrsablaufs maßgeblich von der Betrachtungsweise abhängig ist. Diese kann aus volkswirtschaftlicher Sicht oder aus der Nutzersicht erfolgen.

Bei der Auswahl eines Qualitätskriteriums für die anlagenübergreifende Bewertung des Verkehrsablaufs muss folglich zunächst die Frage geklärt werden, ob eine Bewertung aus volkswirtschaftlicher Sicht oder Nutzersicht durchgeführt werden soll. Für die anlagenübergreifende Bewertung des Verkehrsablaufs sollte ein Kriterium verwendet werden, welches möglichst eine Bewertung aus der Sicht der Nutzer unter Berücksichtigung der nach RIN (2008) für verschiedene Straßenkategorien geforderten Erreichbarkeitsvorgaben erlaubt.⁶ Für

⁵ Die letzte Bedingung entspricht dabei der Zielsetzung des HBS (2001), nämlich den Verkehrsablauf aus nutzerorientierter Sicht zu bewerten.

⁶ Vgl. hierzu Tabelle 13 in RIN (2008).

die volkswirtschaftliche Bewertung des Verkehrsablaufs sind entsprechende Grundlagen zur Ermittlung des notwendigen Mengen- und Wertgerüsts (einerseits die Fahrzeit t_F selbst, andererseits die Zeit- und Betriebskosten) in den EWS (1997) enthalten.

Die volkswirtschaftliche Bewertung verlangt eine Betrachtung des Verkehrsablaufs über die gesamte Zeit (Bezugszeitraum: ein Jahr), während aus Nutzersicht hauptsächlich die direkt spürbaren Auswirkungen auf den einzelnen Verkehrsteilnehmer von Bedeutung sind. Eine klare Abtrennung beider Sichtweisen ist jedoch nicht immer praktikabel. So sind nach BRILON/ESTEL (2008) auch im HBS (2001) volkswirtschaftliche Ansätze enthalten, beispielsweise in dem Grundsatz, einige Stunden mit Überlastung im Jahr zur besseren Anlagenausnutzung zuzulassen.

4.2 Subjektive Wahrnehmung und Bewertung des Verkehrsablaufs

Zur Beurteilung des Verkehrsablaufs auf bzw. an den verschiedenen Straßenverkehrsanlagen werden im HBS (2001) unterschiedliche Qualitätskriterien angesetzt. Bei der Auswahl der Kriterien wurde laut BRILON/WEISER (2004) angestrebt, eine Eigenschaft des Verkehrsablaufs zu wählen, die dem subjektiven Eindruck der Verkehrsteilnehmer – also den Nutzern der Straßenverkehrsanlage – für die vorliegende Verkehrsqualität nachempfunden ist. Bei der Festlegung der im HBS (2001) angegebenen Qualitätsstufen dagegen war, wie auch BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994b), einräumen, eine gewisse Willkür nicht vermeidbar.

Es bestehen jedoch einige Ansätze, die Nutzersicht bei der Festlegung der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs stärker einzubeziehen. Zu nennen sind hier beispielsweise die Untersuchungen von TRACZ/CHOUDUR/GONDEK (1990) oder auch POLLISCHANSKY (2002) und GÖBBELS (2004) zur Akzeptanz von Verlustzeiten t_V an plangleichen Knotenpunkten. Diese beziehen sich, wie auch die Betrachtungen von BAIER (2006) zu Strecken von innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen, jedoch ausschließlich auf einzelne Straßenverkehrsanlagen.

Im Hinblick auf die anlagenübergreifende Bewertung des Verkehrsablaufs sind Untersuchungen wie die von STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER (2008) zur subjektiven Beurteilung der Qualität des

Verkehrsablaufs auf Landstraßenzügen (als Folge von Strecken und Knotenpunkten) von größerem Interesse. Ihre Ergebnisse zeigen, dass die „Benotung“ der Verkehrsqualität mit der erreichbaren (= tatsächlich gefahrenen) mittleren Fahrtgeschwindigkeit V_F korreliert. Dabei wird die subjektive Beurteilung zum einen von der Charakteristik der Straße wie Knotenpunktabstand, Längsneigung oder Kurvigkeit, zum anderen vom Verkehrsablauf auf/an den Einzelanlagen (also auf Strecken, hier insbesondere Steigungsstrecken, und an Knotenpunkten) beeinflusst. In Bezug auf Letzteres sind im Wesentlichen die Verlustzeiten t_V an Knotenpunkten entscheidend.

Eine ähnliche Untersuchung hat MUNK (2007) zum Verkehrsablauf auf innerörtlichen Hauptverkehrsstraßenzügen (mit planfreier Führung in den Knotenpunkten und $V_{zul} = 60$ km/h) durchgeführt. Dabei zeigte die Gegenüberstellung der subjektiven Einschätzung aus Sicht der Verkehrsteilnehmer mit verschiedenen Kenngrößen der realen Verkehrsverhältnisse, dass der prozentuale Anteil der Zeit mit einer gefahrenen Geschwindigkeit (gemeint ist die jeweilige Momentangeschwindigkeit V_m) über der V_{zul} das prägendste verkehrliche Kriterium darstellt, gefolgt von der mittleren Fahrtgeschwindigkeit V_F . Die Fahrtgeschwindigkeit V_F respektive die Fahrzeit t_F werden jedoch letztendlich als maßgebende Qualitätskriterien bestimmt, da diese die Sichtweise der Verkehrsteilnehmer auf das Verkehrsgeschehen am stärksten widerspiegeln und somit am ehesten Rückschlüsse auf die empfundene Verkehrsqualität zulassen.

Auch nach MARTIN (1979) beurteilen die Verkehrsteilnehmer die Qualität des Verkehrsablaufs in erster Linie aufgrund des Zeitvorteils, aber auch nach dem subjektiven Eindruck von der momentanen Verkehrssituation. Ersterer wird durch die Geschwindigkeit, Letzterer durch die Verkehrsdichte charakterisiert. MEYER (1995) empfiehlt, die Fahrzeit t_F als maßgebende Kenngröße zu verwenden, da diese den stärksten Zusammenhang zwischen Nutzerwahrnehmung und vorhandener Mobilität aufweist.

Ein weiteres, häufig verwendetes Kriterium zur Beurteilung des Verkehrsablaufs, insbesondere auf innerörtlichen Straßen, ist die Anzahl der Halte n_H . Diese lässt nach STEIERWALD/FEIER-FRITZ (1989) einen unmittelbaren Bezug zur Ungleichförmigkeit des Verkehrsablaufs zu. Sie wird deshalb meist zur Bewertung von Lichtsignalkoordinierung

gen herangezogen (siehe z. B. SCHNABEL, 1988, und ZACKOR/BUSCH/HÖPFL, 1991, sowie auch SCHNABEL/KORN, 2000).⁷

Die Anzahl der Halte n_H ist nach SCHÖNHARTING (1971) und SIMON (2001) als Komfortkriterium (psychologische Störung) zu werten. Laut MUNK (2007) führt eine hohe Anzahl von Halten n_H zwar zu einer schlechten subjektiven Bewertung, die Halteanzahl n_H besitzt jedoch keine ausreichende Trennschärfe bzw. Selektivität für die Bewertung des Verkehrsablaufs auf Straßenzügen. Dies gilt auch für die Haltedauer t_H .

Die Geschwindigkeit V_F und die Fahrzeit t_F spiegeln somit die Nutzersicht am deutlichsten wider. Nach SHAW (2003) erweisen sich für Prioritätenuntersuchungen im Rahmen von Planungsprozessen dagegen Qualitätskriterien, welche sich aus diesen Kenngrößen ableiten lassen, in erster Linie indexbasierte Bewertungsgrößen, als nützlich. Insofern erscheint es folgerichtig und zweckmäßig, die Betrachtungen zur Ableitung und Festlegung eines geeigneten Qualitätskriteriums für die anlagenübergreifende Bewertung des Verkehrsablaufs auf die Fahrtgeschwindigkeit V_F und Fahrzeit t_F sowie hieraus ableitbare indexbasierte Kenngrößen zu konzentrieren. In den Kapiteln 4.3 bis 4.5 werden deshalb vorhandene zeit-, geschwindigkeits- und indexbasierte Bewertungsansätze dargestellt.

4.3 Geschwindigkeitsbasierte Bewertungsansätze

Es bestehen Ansätze, die eine Bewertung der erreichbaren Qualität erlauben, da sie über eine entsprechende Skala verfügen. Ein entsprechendes Bewertungsschema wurde erstmals mit dem HCM aus dem Jahre 1965 vorgelegt. Hierin wurden für städtische und vorstädtische Hauptverkehrsstraßen (Urban and Suburban Arterials) in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit V_F und des Auslastungsgrads (Capacity Ratio) sechs sogenannte Levels of Service (LOS) von A bis F festgelegt.

Das Bewertungsverfahren des HCM wurde mit dessen Aktualisierungen in den Jahren 1985, 1994

und 1997 sowie der Neuauflage im Jahre 2000 zwar modifiziert und weiterentwickelt, der grundsätzliche Ansatz wurde aber beibehalten. Darüber hinaus bestehen weitere, auch deutsche Ansätze, u. a. von BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994a), SCHNABEL et al. (1998) und BRILON/SCHNABEL (2003), die ebenfalls ein sechsstufiges Bewertungsschema von A bis F zugrunde legen. In Tabelle 2 sind die Grenzwerte beispielhaft der mittleren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf Strecken von Autobahnen von BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994a) und aus dem HBS (2001) angegeben. Auch für den Verkehrsablauf auf innerörtlichen Straßen wird häufig die Fahrtgeschwindigkeit als maßgebendes Beurteilungskriterium angesehen. So ist diese bereits im HCM (1965) und auch im aktuellen HCM (2000) als Bewertungsgröße für die Verkehrsqualität von Hauptverkehrsstraßen angegeben. BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994), SCHNABEL et al. (1998), SCHNABEL et al. (2001) und BRILON/SCHNABEL (2003) sehen ebenfalls die Fahrtgeschwindigkeit als geeignetes Qualitätskriterium für den Verkehrsablauf auf Hauptverkehrsstraßen an. Zu deren Ermittlung werden bei bestehenden Anlagen Fahrzeitmessungen und bei Neuplanungen Simulationen empfohlen.

Nachteil dieses Ansatzes ist, dass analytische Methoden zur Berechnung der Fahrzeit, aufgrund zu großer Ungenauigkeiten, von BRILON/SCHNABEL (2003) nur für einfache Fälle empfohlen werden.

QSV	$V_{F,S}$ [km/h]	
	BRILON GROßMANN BLANKE (1994a) ¹	HBS (2001) ²
A	≥ 130	≥ 130
B	≥ 115	≥ 125
C	≥ 100	≥ 115
D	≥ 85	≥ 100
E	≥ 75	≥ 80
F	< 75	< 80

¹ Gilt für Autobahnen mit $s < 2\%$ und Geschwindigkeitsbeschränkung bei $b_{SV} < 10\%$

² Gilt für Autobahnen außerhalb von Ballungsräumen mit zweistreifiger Richtungsfahrbahn und $s \leq 2\%$ ohne Geschwindigkeitsbeschränkung bei $b_{SV} = 0\%$

Tab. 2: Grenzwerte der mittleren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf Strecken von Autobahnen für die QSV nach BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994a) und dem HBS (2001)

⁷ ZACKOR/BUSCH/HÖPFL (1991) definieren dabei einen Halt bereits bei Unterschreitung der Momentangeschwindigkeit V_m unter 2 km/h.

Grundlage für die Bestimmung der mittleren Fahrtgeschwindigkeit bildet somit die Gesamtfahrtzeit t_R . Die mittlere Fahrtgeschwindigkeit V_R ergibt sich dann durch den Längenbezug nach Gleichung 1 zu:

$$V_R = \frac{L}{t_R} \cdot 3,6 \text{ [km/h]} \quad \text{Gl. 1}$$

mit

V_R mittlere Reisegeschwindigkeit [km/h]

L Länge des untersuchten Abschnittes [m]

t_R Gesamtreisezeit [s]

In Tabelle 3 sind die Levels of Service (LOS) des HCM (2000) und die von BRILON/SCHNABEL (2003) sowie deren „Vorläufern“ vorgeschlagenen Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) gegenübergestellt. Es zeigt sich, dass die vorgeschlagenen Grenzwerte der einzelnen Verkehrsqualitätsstufen teilweise um 5 km/h, z. T. sogar um 10 km/h differieren. Dies weist auf eine gewisse Willkür bei der Festlegung der Qualitätsstufen hin, die auch BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994b) einräumen und die ebenfalls in den Bewertungsverfahren des HBS (2001) für andere Straßenverkehrsanlagen erkennbar ist.

Die in Tabelle 3 angegebenen Grenzwerte gelten für Straßen mit einer freien Geschwindigkeit (bei sehr geringen Verkehrsstärken erreichbare Fahrtgeschwindigkeit) $V_f = 43$ km/h bzw. einer $V_f = 45$ km/h sowie für Hauptverkehrsstraßen mit einer $V_{zul} = 50$ km/h. In den Tabellen 4 und 5 sind ent-

sprechende Grenzwerte für Straßen mit einer $V_{zul} = 60$ km/h bzw. einer $V_{zul} = 70$ km/h angegeben, wie sie von BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994a) und BRILON/SCHNABEL (2003) vorgeschlagen wurden.

QSV	$V_{F,N}$ [km/h]		
	$V_{zul} = 50$ km/h	$V_{zul} = 60$ km/h	$V_{zul} = 70$ km/h
A	≥ 45	≥ 50	≥ 60
B	≥ 40	≥ 45	≥ 50
C	≥ 30	≥ 30	≥ 45
D	≥ 20	≥ 20	≥ 20
E	< 20	< 20	< 20
F	< 10	< 10	< 10

Tab. 4: Grenzwerte der mittleren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf Hauptverkehrsstraßen für die QSV nach BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994a) in Abhängigkeit der V_{zul}

QSV	$V_{F,N}$ [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. 5: Grenzwerte der mittleren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf Hauptverkehrsstraßen für die QSV nach BRILON/SCHNABEL (2003) in Abhängigkeit der V_{zul}

QSV	$V_{F,N}$ [km/h]					
	HCM (1985) HCM (1994) HCM (1997)	HCM (2000)	BRILON GROßMANN BLANKE (1994a)	SCHNABEL et al. (1998)	SCHNABEL LÄTZSCH BRÜCKNER (2001)	BRILON SCHNABEL (2003)
	$V_f = 43$ km/h	$V_f = 45$ km/h	$V_{zul} = 50$ km/h			
A	≥ 40	> 41	≥ 45	≥ 45	≥ 40	≥ 40
B	≥ 31	> 32	≥ 40	≥ 40	≥ 30	≥ 30
C	≥ 21	> 23	≥ 30	≥ 30	≥ 20	≥ 25
D	≥ 14	> 18	≥ 20	≥ 20	≥ 15	≥ 20
E	≥ 11	> 14	< 20	≥ 10	≥ 10	≥ 15
F	< 11	≤ 14	< 10	< 10	< 10	< 15

Tab. 3: Grenzwerte der mittleren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf Hauptverkehrsstraßen für die QSV nach dem HCM (1985, 1994 und 1997 sowie 2000) und nach den Vorschlägen von BRILON/GROßMANN/BLANKE (1994a), SCHNABEL et al. (1998), SCHNABEL/LÄTZSCH/BRÜCKNER (2001) und BRILON/SCHNABEL (2003)

QSV	$V_{F,N}$ [km/h]	
	$V_{F,N,Ziel} = 20-30 \text{ km/h}^1$	$t_R \leq 30 \text{ min}^2$
A	≥ 40	≥ 40
B	≥ 30	≥ 30
C	≥ 20	≥ 25
D	≥ 15	≥ 20
E	≥ 10	≥ 15
F	< 10	< 15

¹ Grenzwert der Stufe C abgeleitet aus der $V_{F,N,Ziel} \geq 20 \text{ km/h}$
² Grenzwert der Stufe D abgeleitet aus der Erreichbarkeitsvorgabe einer $t_R \leq 30 \text{ min}$.

Tab. 6: Grenzwerte der mittleren Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,S}$ auf Hauptverkehrsstraßen für die QSV nach LANK et al. (2009) bei $V_{zul} = 50 \text{ km/h}$

LANK et al. (2009) leiteten in ihren Untersuchungen die in Tabelle 6 angegebenen Grenzwerte der Fahrtgeschwindigkeit für Hauptverkehrsstraßen mit einer $V_{zul} = 50 \text{ km/h}$ ab. Dabei legten sie zum einen die in den RIN (2008) für eine angemessene Verkehrsqualität angestrebte Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ als Ober- und Untergrenze der QSV C zugrunde, zum anderen leiteten sie den Grenzwert der QSV D aus der Erreichbarkeitsvorgabe einer $t_R \leq 30 \text{ min}$ ab. Wie sich zeigt, entsprechen die von ihnen abgeleiteten Qualitätsstufengrenzen den von SCHNABEL/LÄTZSCH/BRÜCKNER (2001) bzw. von BRILON/SCHNABEL (2003) angegebenen Werten (vgl. Tabelle 3).

Als Nachteil der mittleren Fahrtgeschwindigkeit V_F führen BRILON/ESTEL (2008) an, dass diese ebenfalls keine uneingeschränkte Vergleichbarkeit erlaubt, da sie maßgeblich durch anlagenspezifische Gegebenheiten, wie z. B. Geschwindigkeitsbeschränkungen, beeinflusst wird. Sie schlagen zur Umgehung dieses Problems vor, die erreichbare Fahrtgeschwindigkeit V_F auf die Geschwindigkeit V_f bei frei fließendem Verkehr oder die V_{zul} zu beziehen. Damit können dann gleiche Verkehrsanlagen bzw. verschiedene Varianten einer Anlage verglichen werden.

Nach ANGENENDT et al. (1983) reicht die alleinige Angabe der Reisegeschwindigkeit eines Fahrzeugkollektivs – mit Nennung der Geschwindigkeitsverteilung mit Merkmalen wie z. B. dem Mittel oder dem 85%-Wert – nicht aus, um den Verkehrsablauf zu beschreiben. Ihrer Meinung nach sind Größen des Geschwindigkeitsverlaufs heranzuziehen. Die von ihnen vorgeschlagene Variation der

Geschwindigkeit konnte aufgrund ihrer eigenen Untersuchungen aber nicht als geeignet zur Qualitätsbeschreibung nachgewiesen werden.

Auch STEIERWALD/FEIER-FRITZ (1989) weisen darauf hin, dass die mittlere Reisegeschwindigkeit (als makroskopische Größe auf das gesamte Kraftfahrzeugkollektiv bezogen) den Verkehrsablauf auf innerörtlichen Straßen nur vereinfacht charakterisiert, da diese die vielfältigen Einflussfaktoren nicht ausreichend widerspiegeln kann. Hierzu sind ihrer Auffassung nach mikroskopische, auf den Fahrtverlauf von Einzelfahrzeugen bezogene Kenngrößen erforderlich, z. B. durch die Verknüpfung von Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverteilungen. Als mögliche Qualitätskriterien nennen STEIERWALD/FEIER-FRITZ (1989) u. a. die von OELLERS (1983) definierten Ungleichförmigkeits- und Behinderungsgrade, mit denen die mittlere Geschwindigkeitsänderung pro Kilometer (Ungleichförmigkeitsgrad) bzw. die Häufigkeit der aufgetretenen Geschwindigkeitsverringerungen um mehr als 10 km/h pro Kilometer (Behinderungsgrad) angegeben werden. Allerdings stellt sich bei diesen Ansätzen die Frage, inwieweit die benötigten Eingangsgrößen mit vertretbarem Aufwand erfass- bzw. messbar sind.

4.4 Zeitbasierte Bewertungsansätze

LOMAX et al. (1997) untersuchen Bewertungsmöglichkeiten von Überlastungssituationen im Straßenverkehr. In der Studie werden eine Reihe von Kriterien zur Beurteilung von Überlastungssituationen analysiert. Die Geschwindigkeitsrate R_V (Travel Rate), welche sich nach Gleichung 2 als Reziprok der Fahrtgeschwindigkeit V_F berechnet, stellt eines der von ihnen untersuchten Kriterien dar:

$$R_{VF} = \frac{t_F}{L_F} \quad \text{Gl. 2}$$

mit

R_V Geschwindigkeitsrate [min/km]

t_F Fahrtzeit [min]

L_F Fahrweg [km]

Als Vorteil dieser Kenngröße wird angeführt, dass die Geschwindigkeitsrate sehr der Herangehensweise der Verkehrsteilnehmer zur Planung der Fahrtzeit, also der Nutzersicht, entspricht. Werden

die Geschwindigkeitsraten für die untersuchten Abschnitte und Verkehrsmittel summiert und mit den Verkehrsaufkommen (Personenkilometer) gewichtet, ergibt sich nach LOMAX et al. (1997) die mittlere tatsächliche Geschwindigkeitsrate nach Gleichung 3:

$$\bar{V}_{Ra} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (T_{R,ij} \cdot N_{ij})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (L_{ij} \cdot N_{ij})} \text{ [km/h]} \quad \text{Gl. 3}$$

mit

\bar{V}_{Ra} tatsächliche Geschwindigkeitsrate (Actual Travel Rate) [min/km]

n Anzahl der untersuchten Streckenabschnitte i

m Anzahl der betrachteten Verkehrsarten j

T_R Reisezeit [min]

L Streckenlänge [km]

N_{ij} Personenanzahl auf Streckenabschnitt i mit Verkehrsmittel j

LOMAX et al. (1997) geben Werte für akzeptable Geschwindigkeitsraten an, die sie im Rahmen ihrer Untersuchung verwenden (Tabelle 7). Es wird aber darauf hingewiesen, dass die angegebenen Werte nur zur Veranschaulichung angeführt werden und im Regelfall im Abwägungsprozess individuell festzusetzen sind.

BRILON/SCHNABEL (2003) verwenden zur Bewertung der Verkehrsqualität auf Hauptverkehrsstraßen die mittlere Fahrtgeschwindigkeit, definieren zu deren Bestimmung aber die Gesamtfahrtzeit t_f nach Gleichung 4 zu:

$$t_R = \sum_{i=1}^n f_i + \sum_{i=2}^k w_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} t_{hij} \text{ [s]} \quad \text{Gl. 4}$$

Gebietstyp	$R_{t,akzept}$ [min/km]			
	Autobahnen		Hauptverkehrsstraßen	
	in Sp-h	außerhalb Sp-h	in Sp-h	außerhalb Sp-h
Gewerbegebiet	1,7	1,5	5,0	3,0
innerstädtisch	1,5	1,0	3,0	2,5
Vorstädtisch	1,33	1,0	2,4	2,0
Randgebiete	1,2	1,0	2,0	1,5

Tab. 7: Akzeptable Geschwindigkeitsraten R_V für Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen nach LOMAX et al. (1997)

mit

t_R Gesamtreisezeit [s]

f_i Fahrzeit für Teilstrecke i [s]

w_i Wartezeit im Knoten i [s]

k Anzahl der Knoten $k = n + 1$ [-]

n Anzahl der Teilstrecken $k = n + 1$ [-]

m_i Anzahl der Streckenhalte auf der Teilstrecke i [-]

t_{hij} Haltezeit für einen Streckenhalt j auf der Teilstrecke i [s]

Die in Gleichung 4 enthaltenen Zeitwerte sind durch empirische Erhebungen zu bestimmen. Für einfache Fälle beschreiben BRILON/SCHNABEL (2003) eine weitere Möglichkeit, die Gesamtfahrtzeit durch eine Trennung nach Knotenpunkt und freier Strecke analytisch nach Gleichung 5 zu berechnen:

$$t_R = f + \sum_{i=1}^k w_i + n \cdot t_h \text{ [s]} \quad \text{Gl. 5}$$

mit

t_R Gesamtreisezeit [s]

k Anzahl der Knoten [-]

w_i mittlere Wartezeit eines Kraftfahrzeuges in der Knotenzufahrt eines Knotens [s]

n mittlere Anzahl der zu berücksichtigende Halte durch Behinderungen außerhalb der Knotenpunkte [-]

t_h durchschnittliche Zeit für einen möglichen Halt durch Behinderungen außerhalb der Knotenpunkte [s]

f Fahrzeit für die gesamte Strecke der Länge L [s]

Die Gleichung 5 kann vor allem dann angewendet werden, wenn bei langen Strecken eine klare Trennung zwischen Strecken und Knotenpunkten möglich ist und wenn der fließende Verkehr – außer an den Knotenpunkten – nur in Ausnahmefällen angehalten wird. Die Wartezeiten w in den Knotenzufahrten sind gemäß den Berechnungsverfahren in Kapitel 6 bzw. 7 des HBS (2001) zu bestimmen. Bei vorfahrtsregulierten Knotenpunkten muss zusätzlich zu der ermittelten Wartezeit w der Zeitverlust durch Bremsen und Anfahren in den wartepflichtigen Zufahrten berücksichtigt werden.

BRILON/SCHNABEL (2003) empfehlen, diesen zusätzlichen Zeitverlust pauschal mit 5 s anzusetzen. An Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage sind diese Zeitverluste bereits in den berechneten Wartezeiten w enthalten. Laut BRILON/SCHNABEL (2003) kann bei der Bestimmung der Fahrzeit f für den Straßenzug meist mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit V_{zul} nach Gleichung 6 gerechnet werden:

$$f = \frac{L}{V_{zul}} \quad [\text{s}] \quad \text{Gl. 6}$$

Die dritte Möglichkeit, die Reisezeit zu bestimmen, stellen Simulationsuntersuchungen dar.

Nach BRILON/SCHNABEL (2003) hat die Fahrzeit gegenüber der Fahrtgeschwindigkeit den Vorteil, für den Verkehrsteilnehmer direkt wahrnehmbar und damit von vorrangiger Bedeutung für die Planung von Fahrten zu sein. Allerdings haben zeitbasierte Bewertungskriterien den Nachteil, dass sie für verschiedene Varianten nicht unmittelbar vergleichbar sind, weshalb BRILON/SCHNABEL (2003) auf die mittlere Reisegeschwindigkeit V_R bzw. den Kehrwert (Reisezeit pro km) zur Bewertung abstellen.

4.5 Indexbasierte Bewertungsansätze

Zunehmend rückt der Begriff der Zuverlässigkeit bei der Qualitätsbewertung in den Vordergrund. Die Zuverlässigkeit ist dabei ein Maß für die Planbarkeit bzw. Wiederholbarkeit von Reisezeiten in Zusammenhang mit der Vorhersehbarkeit bzw. Wiederholung von Verkehrszuständen zu gewissen Tageszeiten. Bewertungskriterien, welche die Zuverlässigkeit einer Verkehrsanlage bewerten, basieren in vielen Fällen auf empirischen Fahrzeiterhebungen und sind daher als Qualitätskriterium für die übergreifende Bewertung nur bedingt geeignet, da die in den Entwurf des neuen HBS (2012) zu integrierenden Ansätze auf analytischen Berechnungen von festzulegenden Bewertungskenngrößen basieren sollen, damit auch Planfälle beurteilt werden können.

4.5.1 Ansätze mit Geschwindigkeitsindizes

Nach BRILON/ESTEL (2008) ist die Eignung des Auslastungsgrads x für die Qualitätsbeurteilung von Autobahnabschnitten und planfreien Knotenpunkten fraglich, da dieser nur ein „Surrogat für ein Qualitätskriterium“ darstellt. So ist der Auslas-

tungsgrad x , als relatives Maß der Verkehrsnachfrage, maßgeblich von der als Bezugsgröße enthaltenen Kapazität C abhängig, welche nach BRILON/ZURLINDEN (2004) wiederum als eine Größe mit großem Schwankungsbereich anzusehen ist. Nach BRILON/ESTEL (2008) bildet die mittlere Geschwindigkeit bzw. die relative Geschwindigkeitsreduktion ein geeigneteres Qualitätsmerkmal. Allerdings ist zur Beurteilung der Verkehrsqualität die alleinige Betrachtung der mittleren Geschwindigkeit nicht ausreichend, da diese stets relativ zu den technisch möglichen und rechtlich zulässigen Geschwindigkeiten gesehen werden muss.

Aus diesem Grund muss bei der Verwendung der mittleren Geschwindigkeit als Qualitätskriterium ein relativer Bezug zu einem Geschwindigkeitswert (V_{zul} bzw. Richtgeschwindigkeit im Falle der freien Geschwindigkeit V_f) erfolgen. Als Qualitätskriterium definieren BRILON/ESTEL (2008) die relative Geschwindigkeitsreduktion r_v nach Gleichung 7:

$$r_v = \frac{V_F}{V_f} \cdot 100 \quad \text{Gl. 7}$$

mit

r_v relative Geschwindigkeitsreduktion [%]

V_F mittlere Fahrtgeschwindigkeit [km/h]

V_f Geschwindigkeit bei frei fließendem Verkehr [km/h]

Bei bekannter Geschwindigkeitsverteilung bestehender Anlagen kann es sinnvoll sein, ein bestimmtes Perzentil der Geschwindigkeitsverteilung (z. B. Median oder 85. Perzentil) zur Charakterisierung des freien Verkehrsflusses zu benutzen. Die für die Bestimmung der relativen Geschwindigkeitsreduktion benötigte mittlere Geschwindigkeit sollte als Reisegeschwindigkeit über den gesamten untersuchten Streckenbereich gemessen werden.

BRILON/ESTEL (2008) schlagen den Ansatz der relativen Geschwindigkeitsreduktion auch als maßgebendes Kriterium für Hauptverkehrsstraßen anstelle der Verkehrsdichte k vor. Durch Verwendung einer geschwindigkeitsbezogenen Kenngröße kann gemäß BRILON/SCHNABEL (2003) eine qualitative Bewertung der Verkehrsanlage im Zusammenwirken von Strecken und Knotenpunkt erfolgen. Als mittlere/zulässige Fahrtgeschwindigkeit bei frei fließendem Verkehr V_f ist die zulässige

Höchstgeschwindigkeit auf der Hauptverkehrsstraße anzusetzen. Allerdings ist hier bei der Weiterverfolgung dieses Ansatzes eine Vorgabe von mittleren Reisegeschwindigkeiten bei frei fließendem Verkehr in Abhängigkeit der Straßentypen der RAS_t (2006) zu empfehlen, da die zulässige Höchstgeschwindigkeit als vergleichsweise hoher Wert für V_f angesehen wird. Zur Bestimmung der mittleren Reisegeschwindigkeit werden bei bestehenden Anlagen Reisezeitmessungen und bei Neuplanungen Simulationen empfohlen. In Tabelle 8 sind beispielhaft die von BRILON/ESTEL (2008) empfohlenen Grenzwerte der Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs bei Verwendung der Kenngröße relative Geschwindigkeitsreduktion r_V für Hauptverkehrsstraßen und Autobahnen aufgeführt.

Auch von KEUDEL (1981) wird die Geschwindigkeit als geeignetes Kriterium für die Beschreibung und Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs genannt. Den Anforderungen an einen Qualitätsmaßstab wird jedoch aus seiner Sicht nur die Kombination zweier Parameter – Reisegeschwindigkeit und Varianz des Geschwindigkeitsverlaufs im Streckenabschnitt – gerecht, den er ebenfalls als Behinderungsgrad definiert. Eine Qualitätsabstufung lässt sich hiermit aber nur für Autobahnabschnitte und zügig trassierte Landstraßenabschnitte ableiten. Für andere Streckentypen sind zusätzliche Parameter erforderlich, um den Verkehrsablauf unterhalb der Kapazität beschreiben zu können. KEUDEL (1981) betrachtet zwar ausschließlich Außerortsstraßen, dennoch wird aus seinen Ergebnissen deutlich, dass bei bestimmten Streckencharakteristika, in diesem Fall weniger zügig

trassierte einbahnige Straßen, auch oder gerade Faktoren, die nicht mit der Verkehrsnachfrage korrelieren, einen großen Einfluss auf den Verkehrsablauf haben (er bezeichnet diese als „äußere Faktoren“).

Bereits GREENSHIELDS (1955) definiert einen allgemeinen, dimensionslosen Qualitätsindex zur Bewertung des Verkehrsablaufs, der auf der mittleren Geschwindigkeit in einem Streckenabschnitt sowie den Geschwindigkeitsschwankungen um diesen und deren Häufigkeit basiert. Die Güte des Verkehrsflusses ist danach umso besser, je höher die Reisegeschwindigkeiten und je geringer die Differenz der Geschwindigkeiten und die Häufigkeiten der Geschwindigkeitswechsel sind.

PLATT (1963) erweiterte den Ansatz von GREENSHIELDS (1955) und versuchte, durch Berücksichtigung weiterer Parameter wie Beschleunigungsänderungen, aber auch die Häufigkeit der Bremsbetätigung, den Aspekt der Bequemlichkeit für den Fahrer in ein absolutes Qualitätsmaß, bezeichnet als „Level of Service Index“, einzubeziehen.

Die Ansätze von GREENSHIELDS (1955) und PLATT (1963) fordern jedoch Größen, die nicht kontinuierlich erfassbar sind; hierauf weisen auch RETZKO et al. (1975) hin. Insbesondere die Bestimmung von beispielsweise Beschleunigungsänderungen erfordert einen hohen messtechnischen Aufwand und ist daher nach HÖFLER (1994) in der praktischen Anwendung weniger geeignet. Auch KEUDEL (1981) weist darauf hin, dass solche Indizes, die sich aus einer Vielzahl von Parametern und Gewichtungsfaktoren zusammensetzen, in ihrer Handhabung sehr schwierig sind.

QSV	$r_{Vf,S}$ bzw. $r_{Vf,N}$ [%]	
	Autobahnen	Hauptverkehrsstraßen
A	k. A. ¹	≥ 80
B	k. A. ¹	≥ 70
C	k. A. ¹	≥ 60
D	k. A. ¹	≥ 50
E	≥ 60	≥ 40
F	< 60	< 40

¹ BRILON/ESTEL (2008) betrachten schwerpunktmäßig den Überlastungsbereich, weshalb für Streckenabschnitte von Autobahnen zu den QSV A bis D keine Angaben vorliegen

Tab. 8: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für Streckenabschnitte von Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen in Abhängigkeit der relativen Geschwindigkeitsreduktion r_V nach BRILON/ESTEL (2008)

4.5.2 Ansätze mit Fahrtzeitindizes

Um die Zuverlässigkeit einer Verkehrsanlage zu beurteilen, reicht es nicht aus, die Verkehrszustände über den Mittelwert zu beschreiben. Auch die Streuung der Kenngrößen muss berücksichtigt werden. Für die Beurteilung der Zuverlässigkeit bieten sich nach WATLING et. al. (2004) vor allem Reisezeitkenngrößen an. In einer Studie der FHWA (2006) werden u. a. die zwei auf Reisezeitverhältnissen basierenden Kenngrößen Pufferindex (Bufferindex) und Reisezeitindex (planing time index) als Zuverlässigkeitskriterien zur Quantifizierung von Überlastungszuständen definiert.

Der Pufferindex beschreibt den Zeitzuschlag, der von einem Verkehrsteilnehmer zur durchschnittlichen Reisezeit addiert wird, um ein pünktliches Erreichen eines Ziels zu gewährleisten (nahezu ungünstigste zu erwartende Verlustzeit). Für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Routen wird er als Prozentsatz der durchschnittlichen Reisezeit angegeben (MAILER et al., 2008). Der Pufferindex nach Gleichung 8 steigt mit sinkender Zuverlässigkeit einer Route:

$$BI = \frac{T_{P95} - T_{mittel}}{T_{mittel}} [-] \quad \text{Gl. 8}$$

mit

BI Pufferindex (Bufferindex) [-]

T_{P95} 95-Perzentil der Reisezeit [min]

T_{mittel} mittlere Reisezeit [min]

Der Reisezeitindex gibt das Verhältnis zwischen der nahezu ungünstigsten zu erwartenden Reisezeit (95%-Perzentil der Reisezeit) und der Reisezeit bei frei fließendem Verkehr an. Der Reisezeitindex beschreibt folglich, in welchem Verhältnis sich die Reisezeit bei hoher Belastung bzw. Überlastung gegenüber dem frei fließenden Verkehr erhöht. Er berücksichtigt somit sowohl typische als auch unerwartete Zeitverluste beim Befahren einer Route und ergibt sich nach Gleichung 9:

$$PTI = \frac{T_{P95}}{T_{frei}} [-] \quad \text{Gl. 9}$$

mit

PTI Reisezeitindex (planing time index) [-]

T_{P95} 95-Perzentil der Reisezeit [min]

T_{frei} Reisezeit bei frei fließendem Verkehr [min]

BRILON/ESTEL (2008) beschreiben den Reisezeitindex als wesentliches Kriterium für die Planung von Fahrten seitens der Verkehrsteilnehmer. So spiegelt der Index den Entscheidungsprozess wider, den ein Verkehrsteilnehmer vor Antritt einer sich wiederholenden Fahrt häufig unterbewusst vollzieht. Dabei ist aus der Erfahrung bekannt, in welcher Größenordnung die Reisezeit im besten und im vielleicht ungünstigsten Fall liegen kann und somit der Fahrtbeginn erfolgen muss, um das Ziel pünktlich zu erreichen. Als Vorteil des Reisezeitindex führen BRILON/ESTEL (2008) an, dass dieser als maßgebliches Qualitätskriterium für alle Verkehrsanlagen angewendet werden kann (Tabelle 9).

QSV ¹	$I_{tF,s} [-]$	
	Autobahnen	Landstraßen
A – E	$\leq I_{tF,s}(q = C)$	$\leq I_{tF,s}(q = C)$
F1	$\leq 3,0$	$\leq 1,5$
F2	$\leq 5,0$	$\leq 2,0$
F3	$\leq 7,0$	$\leq 5,0$
F4	$> 7,0$	$> 5,0$

¹ BRILON/ESTEL (2008) betrachten schwerpunktmäßig den Überlastungsbereich, weshalb zu den QSV A bis D keine Angaben vorliegen

Tab. 9: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für den Reisezeitindex nach BRILON/ESTEL (2008)

QSV	$I_{tF,N} [-]$
A	$\leq 1,10$
B	$\leq 1,40$
C	$\leq 2,00$
D	$\leq 2,50$
E	$\leq 3,33$
F	$> 3,33$

Tab. 10: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für den Reisezeitindex nach BUSCH/GLAS/BERMANN (2004)

Einen vergleichbaren Ansatz beschreiben BUSCH et al. (2008). Dabei wird auf Basis von erhobenen FCD ein Fahrtzeitverhältnis (t_{FCD} zu t_{ideal}) beschrieben, welches in Anlehnung an das HCM (2000) eine Einordnung der beobachteten Verkehrszustände in die LOS A bis F erlaubt (Tabelle 10). Der LOS ergibt sich nach Gleichung 10:

$$LOS_{FCD} = f_{LOS} \left(\frac{t_{FCD}}{\sum_i \frac{x_i}{v_i}} \right) = f_{LOS} \left(\frac{t_{FCD}}{t_{ideal}} \right) [-] \quad \text{Gl. 10}$$

mit

LOS_{FCD} durchschnittliche Verkehrsqualität aus FCD für die gesamte Weglänge

t_{FCD} Reisezeit aus FCD für die gesamte Weglänge

t_{ideal} ideale Reisezeit für die gesamte Weglänge

x_i Teil-Weglänge der FCD-Fahrt auf der Straßenkante i

v_i ideale Reisegeschwindigkeit auf der Straßenkante i (z.B. zulässige Höchstgeschwindigkeit)

- i laufender Index der bei der FCD-Fahrt befahrenen n Straßenkanten mit $1 \leq i \leq n$

Zur Bestimmung der idealen Fahrtgeschwindigkeit einer Straßenkante wird auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit V_{zul} verwiesen.

5 Festlegung des Konzepts zur anlagenübergreifenden Bewertung

Die Anwendung anlagenübergreifender Bewertungsverfahren muss sich von der Bewertung der Einzelanlagen unterscheiden, Verknüpfungen zwischen der Einzelanlagenbewertung und der übergreifenden Bewertung sind aber möglichst herzu-leiten. Zunächst werden Konzeptansätze entwickelt, differenziert für die einzelnen Straßenkategorien bzw. Kategoriengruppen. Neben Ansätzen auf Basis der absoluten Fahrgeschwindigkeit werden auch Ansätze mit Fahrtgeschwindigkeit- und Fahrtzeitindizes erarbeitet. Durch einen Index wird die im Bemessungszeitraum erreichbare Qualität im Verhältnis zu einer angestrebten Fahrtzeit oder Fahrtgeschwindigkeit auf dem betrachteten Netzabschnitt in Abhängigkeit der Straßenkategorie ermittelt und bewertet. D. h., die Abweichungen von einem unter den gegebenen Randbedingungen erreichbaren Zielniveau werden als Einschränkung der Qualität quantifiziert.

Bereits bei der Konzeptentwicklung sind mögliche Qualitätsabstufungen einzubeziehen. So ist bei einem indexbasierten Ansatz die Festlegung des Referenzfalls von grundlegender Bedeutung. Hier ist zu diskutieren, ob und inwieweit das Vorhandensein von Knotenpunkten, welche grundsätzlich Einfluss auf die Fahrtgeschwindigkeit und damit auch die Zeit haben (Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage, vor allem aber Kreisverkehre), bei der Festlegung des Zielniveaus zu berücksichtigen sind. Beispielsweise schlagen SÜMMERMANN et al. (2008) für die Bewertung des Verkehrsablaufs von Straßenbahnen im Mischverkehr vor, dass als akzeptabel anzusehende Zeitverluste an Knotenpunkten – in diesem Fall bis zu 5 s (entspricht dem Grenzwert der QSV A für den ÖPNV an lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten gemäß dem HBS, 2001) – bei der Festlegung der idealen Geschwindigkeit berücksichtigt werden sollten. Eine weitere Orientierung stellen die Zielvorgaben der RIN (2008) für die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit

auf einem Netzabschnitt dar, die definitionsgemäß für eine angemessene Verkehrsqualität stehen. Eine angemessene Verkehrsqualität wurde bisher in etwa als eine Qualität im Bereich der Stufe C interpretiert. Deshalb sind Kenngrößen zur Beschreibung der Verkehrsqualität und der Angebotsqualität von Netzabschnitten zu untersuchen und deren Eignung zu beurteilen.

Bei der Festlegung maßgebender Kenngrößen zur Beurteilung der Verkehrs- bzw. der Angebotsqualität ist zu berücksichtigen, dass sich aus abweichenden Steuerungsbedingungen (z. B. zulässige Höchstgeschwindigkeit) bzw. aus unterschiedlichen Streckencharakteristika (z. B. Steigungstrecken) unabhängig von der Verkehrsbelastung unterschiedliche theoretisch erreichbare Fahrtgeschwindigkeiten für Netzabschnitte ergeben können. Bei der Fahrtzeit als Bewertungsmaß eines Netzabschnitts wird die Größe zusätzlich durch die Länge des Netzabschnitts beeinflusst. Eine unmittelbare Ableitung eines Qualitätsmaßstabs auf Basis der absoluten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit bzw. Pkw-Fahrtzeit ist folglich nicht zielführend.

Die Verwendung einer indexbasierten Bewertungsgröße ermöglicht die Berücksichtigung der zuvor genannten Aspekte. Bei einer indexbasierten Bewertung wird die für einen Netzabschnitt unter bestimmten Bedingungen (vorhandene Verkehrsstärke, Steuerungsbedingungen, Streckencharakteristika) ermittelte Fahrtgeschwindigkeit bzw. Fahrtzeit auf eine Kenngröße bezogen.

Für die indexbasierte Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten wurden individuelle und netzplanerische Bezugsgrößen hergeleitet und untersucht. Die individuellen Bezugsgrößen greifen den Grundgedanken auf, eine bestehende bzw. zu planende Verkehrsanlage aus Nutzersicht zu bewerten, und bilden somit die Bezugsgrößen zur Beurteilung der Verkehrsqualität in Netzabschnitten. Bei dieser Bewertung tritt der Gedanke der Erreichbarkeit in den Hintergrund. D. h., es wird in erster Linie die Frage beantwortet, wie gut eine betrachtete zu planende Anlage unter den zu erwartenden Verkehrsbelastungen funktionieren wird. Dieser Ansatz wurde aus verschiedenen Gründen verworfen und für die anlagenübergreifende Bewertung von Netzabschnitten ausschließlich ein Verfahren für die netzplanerische Bewertung in Form der Angebotsqualität für den Entwurf des neuen HBS (2012) erarbeitet. Nachfolgend soll unabhängig von dieser Festlegung aber dennoch am

Beispiel von Autobahnen die Methodik zur Ermittlung der Verkehrsqualität von Netzabschnitten sowie zur Ermittlung eines Bewertungsmaßstabs beschrieben und die Grenzen dieses Bewertungsansatzes aufgezeigt werden.

Zur Beurteilung der Angebotsqualität von Netzabschnitten wurden netzplanerische Bezugsgrößen hergeleitet, welche zur Beurteilung der Angemessenheit einer bestehenden bzw. geplanten Anlage unter Berücksichtigung der maßgebenden Verbindungsfunktionsstufe im Sinne der RIN (2008) dienen.

Die weiteren Betrachtungen beziehen sich auf die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Außerortsstraßen unter Berücksichtigung bzw. auf Basis des Verkehrsablaufs auf/an einzelnen Straßenverkehrsanlagen im Zuge eines Netzabschnitts. In Kapitel 6 werden Netzabschnitte von Autobahnen, in Kapitel 7 Netzabschnitte von Landstraßen behandelt. Das Verfahren für die Bewertung von Netzabschnitten von Hauptverkehrsstraßen ist in einer gesonderten Untersuchung von BAIER/HARTKOPF (2012) erarbeitet worden.

6 Netzabschnitte von Autobahnen

Grundlage für die übergreifende Bewertung von Verkehrsanlagen bildet die Unterteilung des Straßennetzes in Netzabschnitte. Für Netzabschnitte von Autobahnen ergibt sich die in Bild 1 dargestellte Untergliederung. Es gilt, dass Netzabschnitte durch Knotenpunkte begrenzt werden, an denen der betrachtete Verkehrsweg mit einem Verkehrsweg gleichrangiger oder höherrangiger Verbindungsfunktionsstufe verknüpft ist. Die Netzabschnitte schließen diese Knotenpunkte bis zur Knotenpunktmitte (bei Autobahnkreuzen der Achsenschnittpunkt bzw. bei Autobahndreiecken der Stoßpunkt der beiden Autobahnen) mit ein. Netzabschnitte können weitere Knotenpunkte beinhalten, an denen der betrachtete Verkehrsweg mit Verkehrswegen niederrangiger Verbindungsfunktionsstufe verknüpft wird. Die Netzabschnitte lassen sich gemäß Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) in Strecken und Teilstrecken untergliedern.

Strecken sind dabei Teile von Netzabschnitten zwischen Knotenpunkten von Autobahnen (Autobahn-

kreuze/-dreiecke, Anschlussstellen). Weiterhin bestimmen die Anzahl der Fahrstreifen (Querschnitt), Längsneigung (Linienführung) und Steuerungsbedingungen (zulässige Höchstgeschwindigkeit, Streckenbeeinflussungsanlagen, temporäre Seitenstreifenfreigabe sowie Tunnel) die Pkw-Fahrtgeschwindigkeit. Strecken werden deshalb dort in Teilstrecken untergliedert, wo sich eine dieser Einflussgrößen wesentlich ändert. Änderungen der Fahrstreifenanzahl innerhalb des Einflussbereichs von Knotenpunkten können dabei, genau wie Beschränkungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf einer Länge von weniger als 2.000 m sowie Änderungen der Längsneigungen in Gefällebereichen bzw. bis zu 2 % Steigung als unwesentliche Veränderungen angesehen werden und erfordern keine Untergliederung in Teilstrecken. Differenzierungen zwischen unbeeinflusster Strecke und Einflussbereichen von Ein- und Ausfahrten erfolgen nach Kapitel A3 des neuen HBS (2012) weder für Strecken noch für Teilstrecken.

Die Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit erfolgt für die einzelnen Teilstrecken in Abhängigkeit der nachgefragten Verkehrsstärke unter Berücksichtigung der maßgebenden Einflussgrößen

- Geschwindigkeitsregelung,
- sonstige Steuerungsbedingungen (Streckenbeeinflussungsanlage, temporäre Seitenstreifenfreigabe, Tunnel),
- Lage in Bezug zu Ballungsräumen,
- Fahrstreifenanzahl,
- Längsneigung und
- Schwerverkehrsanteil.

Aus den für die Teilstrecken ermittelten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten kann die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einer Strecke nach Gleichung 11 bestimmt werden:

$$V_{F,S} = \frac{L_S}{\sum_{i=1}^n \frac{L_{TSi}}{V_{F,TSi}}} \quad [\text{km/h}] \quad \text{Gl. 11}$$

mit

$V_{F,S}$ mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit der Strecke [km/h]

L_S Länge der Strecke [km]

$V_{F,TSi}$ mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit der Teilstrecke i [km/h]

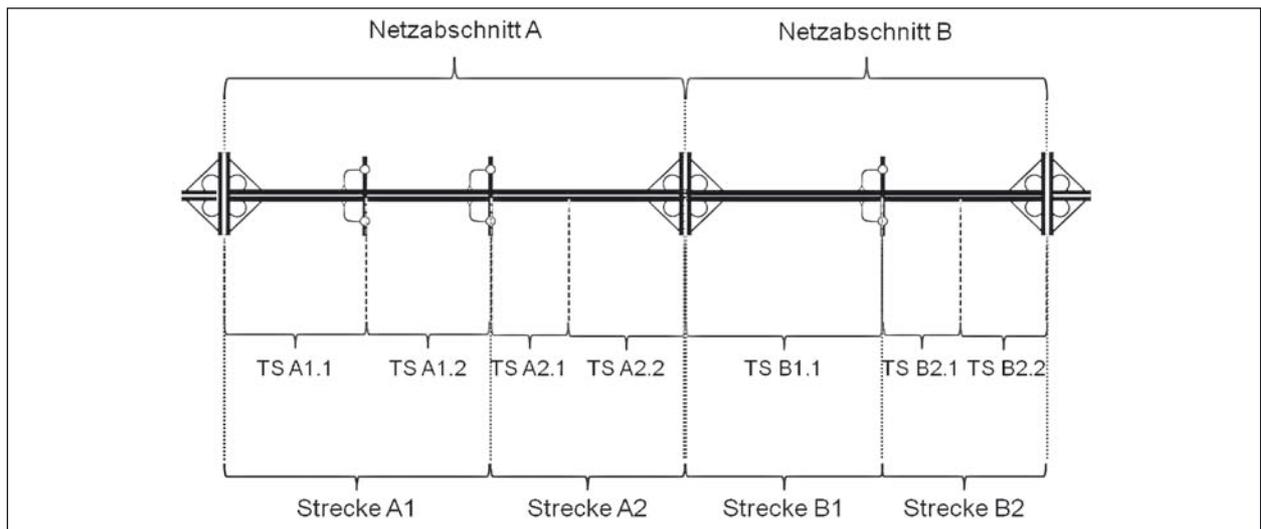


Bild 1: Untergliederung des Autobahnnetzes in Netzabschnitte, Strecken und Teilstrecken (TS)

L_{TSi} Länge der Teilstrecke i [km]

Dabei sind die Besonderheiten kurzer Steigungsstrecken ($s > 2\%$) gemäß Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) zu berücksichtigen. Die mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten der Strecken (siehe auch Kapitel A3 in HBS, 2012) bilden dann die Eingangsgrößen für die Bewertung der Netzabschnitte von Autobahnen.

6.1 Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit

Ein Verfahren zur Bestimmung der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für Strecken von Autobahnen ist sowohl im HBS (2001) als auch im Entwurf des neuen HBS (2012) enthalten. Für die Bewertung der Netzabschnitte von Autobahnen ist zu untersuchen, inwieweit an Autobahnkreuzen und Autobahndreiecken sowie Anschlussstellen die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit aufgrund verschiedener Ausfahr-, Verflechtungs- und Einfahrvorgänge beeinflusst wird. Dabei ist vorrangig zu klären, ob bzw. unter welchen Randbedingungen Ein- und Ausfahrten maßgeblichen Einfluss auf die Fahrtgeschwindigkeit des durchfahrenden Verkehrs auf der Hauptfahrbahn aufweisen und welche Auswirkungen unterschiedliche Fahrbeziehungen am Ende eines Netzabschnitts auf die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit haben.

6.1.1 Auswirkungen von Ein- und Ausfahrten

Die Aufteilung der Fahrzeuge auf die Fahrstreifen der durchgehenden Hauptfahrbahn unterscheidet

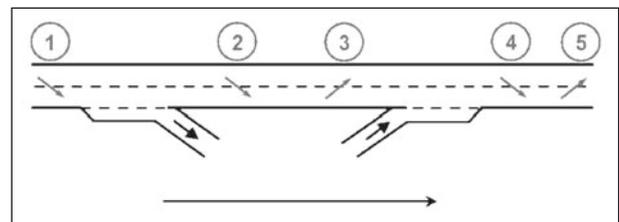


Bild 2: Beeinflussung der Fahrstreifenaufteilung im Bereich planfreier Knotenpunkte (THEIS, 1997)

sich im Bereich planfreier Knotenpunkte von der Fahrstreifenaufteilung außerhalb der Knotenpunktbereiche. Die veränderte Verteilung der Fahrzeuge resultiert aus den beispielhaft in Bild 2 dargestellten Fahrstreifenwechsellvorgängen im Bereich der Ein- und Ausfahrten planfreier Knotenpunkte.

Nach THEIS (1997) sind an einem planfreien Knotenpunkt folgende typische Belastungsverschiebungen zwischen den Fahrstreifen der durchgehenden Hauptfahrbahn zu beobachten (die Nummerierung bezieht sich auf Bild 2):

1. Stromaufwärts der Ausfahrt wechseln die Fahrzeuge, welche an der Ausfahrt die Autobahn verlassen wollen, auf den rechten Fahrstreifen. Dadurch stellt sich direkt vor der Ausfahrt eine nach rechts verschobene Fahrstreifenaufteilung ein, während sich unmittelbar hinter der Ausfahrt eine Fahrstreifenaufteilung ergibt, die nach links verschoben ist, weil auf dem rechten Fahrstreifen die ausgefahrenen Fahrzeuge fehlen.
2. Ausgehend von der nach links verschobenen Aufteilung (infolge der ausgefahrenen Fahrzeuge) findet im Bereich der Strecke zwischen Aus-

und Einfahrt eine Verschiebung zurück auf den rechten Fahrstreifen statt, bis die bei den geltenden Belastungsverhältnissen üblichen Verhältnisse wiederhergestellt sind. Der Umfang der Verschiebung variiert nach THEIS (1997) je nach Abstand zwischen Aus- und Einfahrt und der Verkehrsstärke der einfahrenden Fahrzeuge.

3. Zwischen Aus- und Einfahrt finden auch die Verschiebungen statt, die zu den an Einfahrten gemessenen Fahrstreifenanteilen führen, da Fahrzeuge auf der durchgehenden Hauptfahrbahn einfahrenden Fahrzeugen Platz machen (vgl. WESTPHAL, 1995, DAMMANN, 2004). Der Umfang der Verschiebung ist dabei von der Verkehrsstärke auf der Hauptfahrbahn und des einfahrenden Fahrzeugstroms abhängig.
4. und 5. Stromabwärts der Einfahrt stellt sich wieder die für die Strecke außerhalb der Knotenpunkte typische Fahrstreifenanteile ein. Das heißt: Fahrzeuge, die vor der Einfahrt nach links gefahren sind, um einfahrenden Fahrzeugen Platz zu machen, kehren auf den rechten Fahrstreifen zurück und eingefahrene Fahrzeuge wechseln auf den linken Fahrstreifen, um ihrer Wunschgeschwindigkeit zu folgen.

Die erläuterten Fahrstreifenwechselläufe im Bereich planfreier Knotenpunkte führen zu veränderten makroskopischen Verhältnissen im Verlauf der Strecke. Dabei ist davon auszugehen, dass die beschriebenen Effekte nicht nur isoliert auftreten, sondern sich überlagern bzw. gegenseitig beeinflussen. Führt man die Betrachtung über mehrere planfreie Knotenpunkte, so werden sich ab gewissen Abständen die beschriebenen Effekte überlagern, wodurch zusätzlich Beeinflussungen des Verkehrsablaufs auf der durchgehenden Hauptfahrbahn entstehen können. Diese resultieren dann nicht allein aus den Verkehrsstärken der Hauptfahrbahn sowie den Verkehrsstärken der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge, sondern werden außerdem durch den Knotenpunktabstand sowie die Quelle-Ziel-Beziehungen zwischen den Zu- und Ausfahrten der betrachteten Strecke beeinflusst (vgl. THEIS, 1997, BETZ, 2008).

Die variierende Fahrzeugaufteilung auf der Hauptfahrbahn im Bereich planfreier Knotenpunkte führt zu der Frage, ob bzw. unter welchen Randbedingungen die q-V-Beziehungen der unbeeinflussten Strecke auch im Bereich von planfreien Knoten-

punkten Anwendung finden können. Einsatzgrenzen der q-V-Beziehungen im Bereich von planfreien Knotenpunkten sollen durch die Analyse der Erkenntnisse bisheriger Forschungsarbeiten aufgezeigt werden. Des Weiteren wird mithilfe des Simulationsprogramms BABSIM geprüft, inwieweit an höher belasteten Ein- und Ausfahrten Beeinflussungen der Fahrtgeschwindigkeit des Verkehrs auf der durchgehenden Hauptfahrbahn auftreten.

Erkenntnisse zum Verkehrsablauf an Ein- und Ausfahrten planfreier Knotenpunkte und deren Wechselwirkungen zum Verkehrsablauf auf der durchgehenden Hauptfahrbahn sind u. a. in den Untersuchungen von BREUER (1969), WESTPHAL (1995), THEIS (1997), DAMMANN (2004) und BETZ (2008) beschrieben.

BETZ (2008) untersucht den Verkehrsablauf auf Autobahnen mit dicht aufeinander folgenden Knotenpunkten. Messungen zeigten, dass kurze Strecken zwischen Ein- und Ausfahrten (< 1.100 m) zu veränderten Fahrstreifenanteilen führen, wodurch die q-V-Beziehungen der freien Strecke zu unzutreffenden Ergebnissen führen können. Höher belastete Ein- und Ausfahrten (hohe Ein- und Ausfahrverkehrsstärken) wirken sich vor allem auf den Verkehrsablauf auf dem rechten Fahrstreifen der Hauptfahrbahn aus, wohingegen der Verkehrsablauf auf dem (mittleren und) linken Fahrstreifen kaum beeinflusst wird. Weiterhin ergaben die Verkehrserhebungen, dass im Bereich 300 m vor der Ausfahrt die meisten Fahrstreifenwechselläufe stattfinden. Dadurch kann die Verkehrsqualität oberhalb der Ausfahrt schlechter sein als an der Ausfahrt selbst. Teilweise waren die beobachteten Beeinflussungen auf der durchgehenden Hauptfahrbahn so ausgeprägt, dass der Verkehrsablauf auf dem rechten Fahrstreifen für sich allein betrachtet ungefähr eine Qualitätsstufe schlechter als der auf den restlichen Fahrstreifen eingeschätzt wurde. Dadurch kann die Kapazität des rechten Fahrstreifens als ausschlaggebend für mögliche Überlastungen der Strecke angesehen werden.

Nach BETZ (2008) sind die Verkehrsabläufe bei geringen Abständen und komplexen Abfolgen von Knotenpunkten nicht verallgemeinerbar. Es wird daher empfohlen, die Bemessung von komplexen nicht regelkonform ausgebauten Strecken mittels Simulationsprogrammen vorzunehmen.

DAMMANN (2004) untersucht den Verkehrsablauf unterschiedlicher Typen von Ein- und Ausfahrten

an planfreien Knotenpunkten. An den Untersuchungsstellen wurden für die einzelnen Ein- und Ausfahrtstypen z. T. sehr unterschiedliche Ausfahr-, Einfahr- und Einfädelungsgeschwindigkeiten beobachtet. Bei den Ausfahrten wird dies u. a. auf die Eigenschaften der anschließenden Rampe zurückgeführt. DAMMANN (2004) leitet daraus ab, dass eine Beurteilung des Verkehrsablaufs anhand der Geschwindigkeit nicht als zweckmäßig zu erachten ist. Aus den von DAMMANN (2004) gemessenen Geschwindigkeiten können jedoch keine q-V-Beziehungen zur Ermittlung von Fahrtgeschwindigkeiten in Ausfahrten abgeleitet werden, da von ihr zum einen kein Bezug zur Verkehrsstärke hergestellt wurde und zum anderen die lokal gemessenen Geschwindigkeiten keinen Rückschluss auf den Geschwindigkeitsverlauf im Bereich der gesamten Ausfahrlänge und somit eine mittlere Fahrtgeschwindigkeit erlauben.

Nach THEIS (1997) ist der Einfluss von planfreien Knotenpunkten auf die Geschwindigkeit auf zweistreifige Hauptfahrbahnen bis zu 3.000 Kfz/h bei 20 % ausfahrenden bzw. 10 % einfahrenden Fahrzeugströmen nicht signifikant. Folglich können nach THEIS (1997) die q-V-Beziehungen der unbeeinflussten Strecke bis zu diesen Belastungen auch im Bereich von planfreien Knotenpunkten für die durchgehende Hauptfahrbahn angewandt werden.

Nach WESTPHAL (1995) wird die Geschwindigkeit der durchgehenden Hauptfahrbahn im Bereich der Einfahrten signifikant durch die Verkehrsstärke auf der Hauptfahrbahn sowie die Verkehrsstärke der einfahrenden Fahrzeuge beeinflusst. Allerdings sind die in WESTPHAL (1995) ermittelten Zusammenhänge aufgrund der besonderen Eigenschaften der Messstellen (Stadtautobahnen) nicht verallgemeinerbar.

BREUER (1969) beobachtet, dass ab Ausfahrverkehrsstärken größer 1.000 Kfz/h die mittlere Geschwindigkeit auf dem rechten Fahrstreifen der Hauptfahrbahn beeinflusst wird. Bei Ausfahrverkehrsstärken ab 1.500 Kfz/h ging die mittlere Geschwindigkeit auf dem rechten Fahrstreifen bis auf 65 km/h zurück. Im Bereich der Einfahrt zeigten sich für die Geschwindigkeiten auf der Hauptfahrbahn an den beiden von BREUER (1969) erhobenen Messstellen keine bemerkenswerten Unterschiede zur freien Strecke.

Es lassen sich somit mögliche Beeinflussungen der Geschwindigkeiten auf der durchgehenden

Hauptfahrbahn im Bereich planfreier Knotenpunkte nicht eindeutig abgrenzen. Konkrete Zusammenhänge zwischen der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Hauptfahrbahn und der Verkehrsstärke auf der Hauptfahrbahn, den Ein- bzw. Ausfahrverkehrsstärken sowie unterschiedlichen Ein- bzw. Ausfahrtstypen lassen sich aus keiner der betrachteten Untersuchung ableiten. Daher wird im Folgenden der mögliche Einfluss planfreier Knotenpunkte auf die Pkw-Fahrtgeschwindigkeit der Hauptfahrbahn aus Ergebnissen von Mikrosimulationen analysiert.

Aus den in HARDING (2007) und BETZ (2008) beschriebenen Simulationsuntersuchungen von Ein- und Ausfahrten sind Parameter für Mikrosimulationen mit dem Programm BABSIM übernommen worden. Auf Basis dieser Daten wurden Simulationen für

- eine Einfahrt des Typs E1 an einer zweistreifigen Richtungsfahrbahn mit $V_{zul} = 100$ km/h und
- eine Ausfahrt des Typs A1 an einer zweistreifigen Richtungsfahrbahn mit $V_{zul} = 120$ km/h und Lkw-Überholverbot

durchgeführt. Parametereinstellungen sowie Wunschgeschwindigkeiten und Standardabweichungen der Wunschgeschwindigkeiten konnten den Untersuchungen von HARDING (2007) und BETZ (2008) entnommen werden. Eine Validierung der Simulationen war aufgrund fehlender Erhebungsdaten nicht möglich. Allerdings wurde die Anpassungsgüte der Simulationsergebnisse an den realen Verkehrsablauf bereits von HARDING (2007) und BETZ (2008) überprüft, denen empirische Daten zur Verfügung standen.

Im Rahmen der Simulationsuntersuchung wurden die Verkehrsstärken so variiert, dass für die Hauptfahrbahn Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten für Verkehrsbelastungen im Bereich von $0,75 \leq x \leq 1,0$ oberhalb der Ausfahrt bzw. unterhalb der Einfahrt ermittelt werden konnten. Um einen möglichen Einfluss ein- bzw. ausfahrender Fahrzeuge auf die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit der durchgehenden Hauptfahrbahn ableiten zu können, wurden die Auslastungsgrade der Ein- bzw. Ausfahrt im Bereich von $0,75 \leq x \leq 1,0$ variiert. Die Ermittlung der entsprechenden Verkehrsstärken (Ein- bzw. Ausfahrer und Verkehrsstrom auf der Hauptfahrbahn) erfolgte auf Basis der in Kapitel A4 im Entwurf des HBS (2012) für die Ein- und Ausfahrten der Typen E1 (an einer Richtungsfahrbahn mit $n_{FS} = 2$ Fahrstreifen) sowie A1 (an einer Rich-

tungsfahrbahn mit $n_{FS} = 2$ Fahrstreifen) beschriebenen Zusammenhänge (siehe auch Anhang 1).

Anschließend wurden die simulierten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten des durchfahrenden Verkehrs auf der Hauptfahrbahn den auf Basis der q-V-Beziehungen nach dem Kapitel A3 im Entwurf des HBS (2012) berechneten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten gegenübergestellt.

Dazu wurden die in BABSIM modellierten Strecken in Abschnitte unterteilt und an jedem Abschnittsende Messquerschnitte angeordnet (Bild 3). Eine unmittelbare Verwendung der an den Messquerschnitten bestimmten Geschwindigkeiten war aber nicht möglich, da bei Querschnittsmessungen in BABSIM eine Differenzierung nach Fahrbeziehungen (Ein- bzw. Ausfahrer und durchfahrender Verkehr auf der Hauptfahrbahn) nicht möglich ist. Die an den Querschnitten im Bereich der Ein- bzw. Ausfahrt erhobenen Geschwindigkeiten werden aber maßgeblich durch die niedrigeren Geschwindigkeiten der Ein- bzw. Ausfahrer beeinflusst. Rückschlüsse auf die Fahrtgeschwindigkeit des durchfahrenden Verkehrs sind dadurch nicht möglich. Daher wurde das Modul „Reisezeitmessungen“ im Programm BABSIM verwendet, welches eine differenzierte Geschwindigkeitsauswertung nach Fahrbeziehungen erlaubt.

Allerdings konnten die Reisezeitmessungen ausschließlich für die gesamte modellierte Strecke erfolgen. Um die unterschiedlichen Verkehrsbelastungen vor und hinter der Ein- bzw. Ausfahrt zu berücksichtigen, musste die Berechnung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf Basis der q-V-Beziehungen zunächst einzeln für jeden Abschnitt nach Bild 3 erfolgen und anschließend für die gesamte modellierte Strecke längengewichtet gemittelt werden (nach Gleichung 10). Ohne dieses Vorgehen wären mögliche Beeinflussungen der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit des durchfahrenden Verkehrs durch die Ein- bzw. Ausfahrer infolge der niedrigeren Verkehrsstärken vor dem Verflechtungsbereich bei Einfahrten bzw. die Verkehrs-

stärkeabnahme hinter dem Verflechtungsbereich bei Ausfahrten kompensiert worden.

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse der Einfahrt E1 zeigte, dass die aus der Erhöhung der Einfahrverkehrsstärke in der Simulation beobachtete Fahrtgeschwindigkeitsverminderung des durchfahrenden Verkehrs (unterhalb der Einfahrt) kleiner war als die aus der Verkehrsstärkerhöhung auf Basis der q-V-Beziehungen erwartete Fahrtgeschwindigkeitsabnahme. Auch die Untersuchungsergebnisse der Ausfahrt A1 zeigten keine, im Vergleich zu der aus den q-V-Beziehungen der unbeeinflussten Strecke erwartete, übermäßige Zunahme der Fahrtgeschwindigkeit infolge des Verkehrsstärkerückgangs unterhalb der Ausfahrt. Folglich konnte mithilfe der Verkehrsflusssimulationen mit dem Programm BABSIM kein Einfluss hochbelasteter Ein- bzw. Ausfahrten auf die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit der durchgehenden Hauptfahrbahn ermittelt werden.

Als problematisch ist anzusehen, dass das der Simulation zugrunde liegenden Ein- und Ausfahrverhalten sowie das Fahrverhalten des durchgehenden Verkehrs im Bereich der Ein- bzw. Ausfahrten nicht mittels empirischer Daten überprüft werden konnten. Eine Veränderung der in BETZ (2008) und HARDING (2007) angegebenen und für die Simulation verwendeten Parameter war folglich nicht möglich, da eine entsprechende Kalibrierungsgrundlage fehlt. Dabei ist insbesondere die Abbildung des Ein- und Ausfahrhaltens bei hochbelasteten Ein- bzw. Ausfahrten als maßgebend für die Bestimmung des geschwindigkeitsmindernden Einflusses der Ein- bzw. Ausfahrer auf die Fahrzeuge auf der Hauptfahrbahn anzusehen.

Eine Beeinflussung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten der Hauptfahrbahn an hochbelasteten Ein- und Ausfahrten (unterhalb der Kapazität) kann demzufolge anhand der durchgeführten Mikrosimulationen nicht sicher beurteilt werden. Tendenziell ließ sich kein geschwindigkeitsmindernder Einfluss der ein- bzw. ausfahrenden Fahrzeuge auf den durchfahrenden Verkehr unterhalb der Kapazitätsgrenze der Hauptfahrbahn bzw. der Ein- und Ausfahrt erkennen. Zur Absicherung der vermuteten Ergebnisse wären umfangreiche Erhebungen des Ein- und Ausfahrhaltens und eine möglichst genaue Abbildung des Fahrverhaltens in Simulationsmodellen notwendig. Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Einflussfaktoren (Querschnitt, Steue-

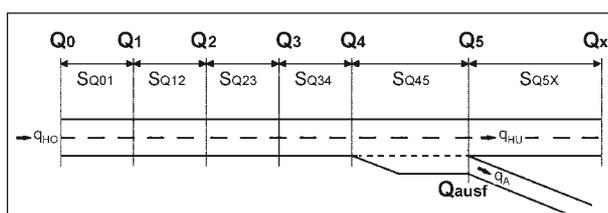


Bild 3: Skizze des simulierten Ausfahrtstyps A1 mit der Lage der Messquerschnitte

rungsbedingungen, Verkehrszusammensetzung) und unterschiedlicher Ein- und Ausfahrttypen ist eine gesicherte Beurteilung eines solchen Zusammenhangs im Rahmen dieses Forschungsvorhabens nicht möglich.

Im Ergebnis ist daher – bis zum Vorliegen abweichender Erkenntnisse – auch im Bereich von planfreien Knotenpunkten die Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf Basis der q-V-Beziehungen der unbeeinflussten Strecke möglich. Die q-V-Beziehungen sind im Bereich planfreier Knotenpunkte jedoch nur anzuwenden, wenn kein Teilelement des planfreien Knotenpunktes (Einfahrt, Verteilerfahrbahn und Ausfahrt) überlastet ist. Dazu sind für jeden Knotenpunkt in einem Netzabschnitt entsprechende Überprüfungen auf Basis des in Kapitel A4 im Entwurf des neuen HBS (2012) beschriebenen Verfahrens durchzuführen. Befindet sich in einem Netzabschnitt ein überlasteter planfreier Knotenpunkt, muss die Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im gesamten Netzabschnitt mittels alternativer Verfahren ermittelt werden.

6.1.2 Auswirkungen unterschiedlicher Fahrbeziehungen am Anfang und Ende von Netzabschnitten

Gemäß Kapitel 2 erstrecken sich Netzabschnitte von Knotenpunktmittle bis Knotenpunktmittle maßgebender Verknüpfungspunkte. Bei Autobahnen sind Netzabschnittsanfänge bzw. -enden als planfreie Knotenpunkte ausgeführt. Da für die Elemente planfreier Knotenpunkte (Ausfahrt, Verflechtungsstrecke, Rampe und Einfahrt) die q-V-Beziehungen der Strecken nicht anwendbar sind (vgl. HBS, 2001, sowie DAMMANN, 2004) und diese Elemente in der Regel mit deutlich niedrigeren Geschwindigkeiten als die Strecken zwischen den Knotenpunkten befahren werden, können durch Abbiegebeziehungen am Anfang bzw. Ende eines Netzabschnittes Zeitverluste gegenüber der unbehinderten Durchfahrt auf der Hauptfahrbahn auftreten. Diese Zeitverluste können insbesondere bei kurzen Netzabschnitten zu nicht unerheblichen Auswirkungen auf die mittlere Pkw-Fahrtzeit im Netzabschnitt und somit auf die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit führen.

Im HBS (2001) werden keine q-V-Beziehungen für Ausfahrten, Verflechtungsstrecken und Einfahrten angegeben, was u. a. damit begründet wird, dass die Geschwindigkeiten in Abhängigkeit der Einflussgrößen (Linienführung, Steuerungsbedingun-

gen usw.) unabhängig von der Verkehrsbelastung erheblich differieren können. Im Kapitel A4 des Entwurfs des neuen HBS (2012) sind für planfreie Knotenpunkte neue Bemessungsdiagramme angegeben. Mit diesen kann die Verkehrsqualität von Ein- bzw. Ausfahrten in Abhängigkeit der Verkehrsstärke auf der durchgehenden Hauptfahrbahn oberhalb der Einfahrt bzw. unterhalb der Ausfahrt und der Verkehrsstärke in der Ein- bzw. Ausfahrt ermittelt werden. Maßgebend für die Bewertung der Ein- und Ausfahrten ist der Auslastungsgrad, also das Verhältnis zwischen vorhandener Verkehrsstärke und der Kapazität der durchgehenden Hauptfahrbahn sowie der Ein- bzw. Ausfahrt. Zusammenhänge zwischen Verkehrsstärke und der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für die Elemente Ausfahrt, Verflechtungsstrecke und Einfahrt werden nicht beschrieben.

Eine Übersicht des bisherigen Erkenntnisstandes zur Beurteilung des Verkehrsablaufs in planfreien Knotenpunkten sowie Erkenntnisse zu möglichen Zusammenhängen mit der Fahrtgeschwindigkeit ist bei BAIER/VOLKENHOFF (2012) zu finden. Im Folgenden wird der von BAIER/VOLKENHOFF (2012) abgeleitete Ansatz zur Geschwindigkeitsmodellierung des Verkehrsablaufs in Knotenpunkten von Autobahnen erläutert, mit dem auch die Auswirkungen unterschiedlicher Fahrbeziehungen am Anfang und Ende von Netzabschnitten auf die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit in Netzabschnitten berücksichtigt werden können.

Grundlage dieses Ansatzes bildet die Zerlegung der Abbiegebeziehungen in Teilelemente der planfreien Knotenpunkte. In Bild 4 ist beispielhaft die Zerlegung der Abbiegebeziehung eines Autobahn-

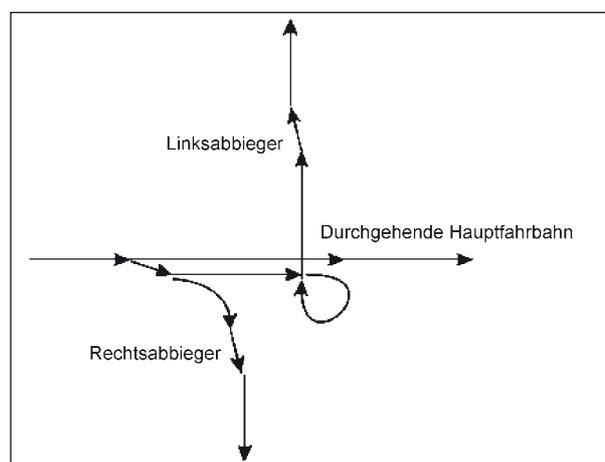


Bild 4: Zerlegung der Abbiegebeziehung am Beispiel eines Kleeblatts (BAIER/VOLKENHOFF, 2012)

kreuzes in Kleeblattform dargestellt. Grundsätzlich ist zu unterscheiden nach

- Verbleiben auf der durchgehenden Hauptfahrbahn (Index: H),
- Rechtsabbiegen (Index: r) und
- Linksabbiegen (Index: l).

Beim Verbleiben auf der durchgehenden Hauptfahrbahn kann die Fahrtgeschwindigkeit im Bereich des planfreien Knotenpunktes mit ausreichender Näherung durch die q-V-Beziehungen der Strecke bestimmt werden (vgl. auch Kapitel 6.1.1).

Für Links- bzw. Rechtsabbiegevorgänge am Netzabschnittsanfang bzw. -ende ist zur Ermittlung der Fahrtgeschwindigkeit eine Zerlegung der Abbiegebeziehungen in die Teilelemente gemäß Bild 5 notwendig.

Die Analyse des bisherigen Erkenntnisstandes hat gezeigt, dass für die Teilelemente

- Ausfahrt,
- Verteilerfahrbahn,
- Rampe und

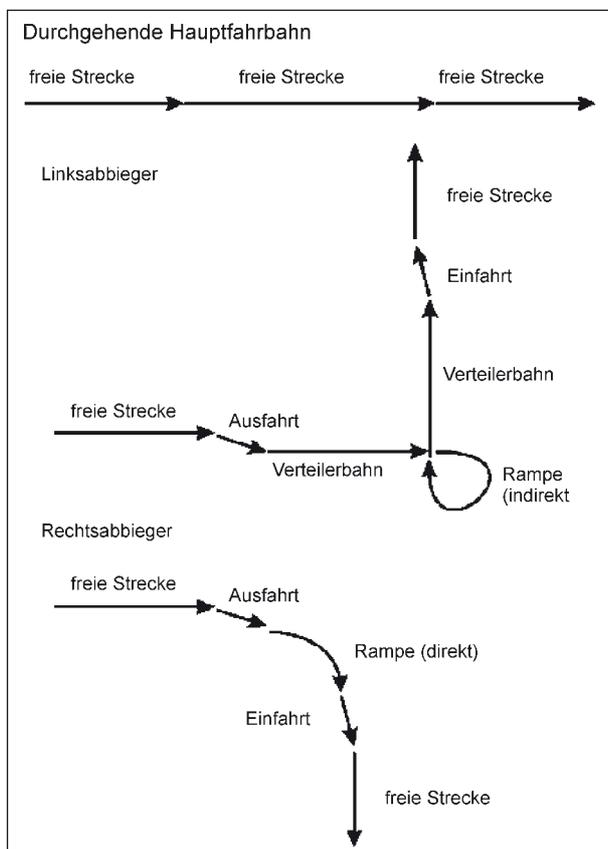


Bild 5: Bezeichnung der Teilelemente bei der Zerlegung (BAIER/VOLKENHOFF, 2012)

- Einfahrt

keine q-V-Beziehungen existieren. Daher werden von BAIER/VOLKENHOFF (2012) für die planfreien Knotenpunktelemente konstante Fahrtgeschwindigkeiten, abgeleitet aus den RAA (2008) und aus verschiedenen Untersuchungen, z. B. von DAMMANN (2004), zugrunde gelegt, welche an nicht überlasteten Teilelementen (stabiler Zustand) unabhängig von der vorhandenen Verkehrsstärke gelten (Tabelle 11). Die Annahmen wurden mithilfe von empirischen Erhebungen am AK Meerbusch verifiziert.

Da die in Tabelle 11 angegebenen Fahrtgeschwindigkeiten ausschließlich für den stabilen Zustand gelten, sind Nachweise der Verkehrsqualität für Ausfahrten, Verteilerfahrbahnen und Einfahrten gemäß dem Kapitel A4 im Entwurf des neuen HBS (2012) durchzuführen, um eine mögliche Überlastung der Knotenpunktelemente abzubilden. Übersteigt die vorhandene Verkehrsbelastung die Kapazität des Elements nicht ($x \leq 1$), so sind die konstanten Fahrtgeschwindigkeiten gemäß Tabelle 11 für dieses Element anzusetzen. Wird der Auslastungsgrad von 1 überschritten, so wird eine Staugeschwindigkeit von 20 km/h für alle Teilelemente eines planfreien Knotenpunktes angesetzt.

Die Fahrtzeit über eine Abbiegebeziehung ergibt sich nach Gleichung 12 zu:

$$t = \sum_{j=1}^n \frac{L_j}{V_j} \text{ [h]} \tag{Gl. 12}$$

mit

t Fahrtzeit der Abbiegebeziehung r bzw. l [h]

V_j Geschwindigkeit auf dem Element j nach Tabelle 11 [km/h]

L_j Länge des Elements j [km]

Element	maximaler Auslastungsgrad	mittlere Fahrtgeschwindigkeit
Ausfahrt	1,0	80 km/h
Verteilerfahrbahn		60 km/h
direkte Rampe		70 km/h
halbdirekte Rampe		60 km/h
indirekte Rampe		40 km/h
Einfahrt		70 km/h

Tab. 11: Fahrtgeschwindigkeiten in planfreien Knotenpunktelementen nach BAIER/VOLKENHOFF (2012)

Die mittlere Fahrtgeschwindigkeit einer Abbiegebeziehung ergibt sich nach Gleichung 13 zu:

$$V = \frac{\sum_{j=1}^n L_j}{\sum_{j=1}^n \frac{L_j}{V_j}} \quad [\text{h}] \quad \text{Gl. 13}$$

mit

V Fahrtgeschwindigkeit der Abbiegebeziehung r bzw. l [h]

V_j Geschwindigkeit auf dem Element j nach Tabelle 11 [km/h]

L_j Länge des Elements j [km]

Für eine detaillierte Berechnung der Fahrtgeschwindigkeit wird empfohlen, die reale Länge des betrachtete planfreien Knotenpunktes am Anfang bzw. Ende eines Netzabschnittes zu verwenden. Alternativ können die in Tabelle 12 angegebenen mittleren Längen für die Knotenpunktelemente zugrunde gelegt werden. Diese wurden anhand 15 zufällig ausgewählter Autobahnkreuze ermittelt.

Auf Basis der in Tabelle 11 angegebenen Fahrtgeschwindigkeiten und der in Tabelle 12 angegebenen mittleren Längen der Knotenpunktelemente können pauschale Zeitzuschläge für Fahrbeziehungen am Anfang bzw. am Ende eines Netzabschnitts ermittelt werden (Tabelle 13).

Die mittleren Fahrtzeiten im planfreien Knotenpunkt am Anfang bzw. Ende eines Netzabschnitts ergeben sich durch die mit der Verkehrsstärke gewichtete Mittelung der Fahrtzeiten nach Gleichung 14:

$$t_F = \frac{t_l \cdot q_l + t_r \cdot q_r + t_H \cdot q_H}{q_l + q_r + q_H} \quad \text{Gl. 14}$$

mit

t_F Fahrtzeit im Bereich des planfreien Knotenpunktes [h]

t_j Fahrtzeit der Abbiegebeziehung i nach Tabelle 13 bzw. Gleichung 11 [h]

q_i Verkehrsstärke der Abbiegebeziehung i [Kfz/h]

i l, r, H (Index der Abbiegebeziehung)

Da sich Netzabschnitte von Knotenpunktmitte bis Knotenpunktmitte erstrecken, sind jeweils nur die Hälfte der Fahrtzeit t_F nach Gleichung 14 aus den Fahrbeziehungen am Startknoten und die Hälfte

der Fahrtzeit t_F aus den Fahrbeziehungen am Endknoten eines Netzabschnitts zu berücksichtigen. Die mittlere Fahrtgeschwindigkeit in den Knotenpunkten am Netzabschnittsanfang und -ende ergibt sich somit nach Gleichung 15:

$$V_{F,K} = \frac{L_{K,Start} + L_{K,Ende}}{\frac{t_{F,Start}}{2} + \frac{t_{F,Ende}}{2}} \quad [\text{km/h}] \quad \text{Gl. 15}$$

mit

V_{F,K} Fahrtgeschwindigkeit im Bereich der planfreien Knotenpunkte am Netzabschnittsanfang und -ende [km/h]

L_{K,i} Länge des planfreien Knotenpunkts (Beginn des Ausfädelungstreifens bis Knotenpunktmitte bzw. Knotenpunktmitte bis Ende des Einfädelungstreifens) [km]

Element	mittlere Länge	Standardabweichung (gerundet)
Ausfahrt	275 m	165 m
Verteilerfahrbahn	625 m	150 m
direkte Rampe	930 m	190 m
halbdirekte Rampe	1.725 m	270 m
indirekte Rampe	350 m	60 m
Einfahrt	290 m	180 m
Strecke	770 m	270 m

Tab. 12: Mittlere Längen planfreier Knotenpunktelemente (15 Autobahnkreuze: Kleeblattform)

Fahrbeziehung	Element	Fahrtzeit t _i
Rechtsabbieger (direkte Führung)	Ausfahrt	0,021 h (75 s)
	direkte Rampe	
	Einfahrt	
Linksabbieger (halbdirekte Führung)	Ausfahrt	0,036 h (131 s)
	halbdirekte Rampe	
	Einfahrt	
Linksabbieger (indirekte Führung)	Ausfahrt	0,037 h (134 s)
	Verteilerfahrbahn	
	direkte Rampe	
	Verteilerfahrbahn	
Verbleiben auf der Hauptfahrbahn	Strecke	q-V-Diagramm (Kapitel A3 in HBS, 2012)

Tab. 13: Pauschale Fahrtzeiten für Fahrbeziehungen in planfreien Knotenpunkten

$t_{F,i}$ Fahrtzeit im Bereich des planfreien Knotenpunktes [h]

Bei der Berechnung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im Netzabschnitt ist die nach Gleichung 15 berechnete mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im Bereich der planfreien Knotenpunkte am Netzabschnittsanfang und -ende als eigene Strecke mit der Länge $L_{K,Start} + L_{K,Ende}$ zu berücksichtigen.

6.1.3 Pkw-Fahrtgeschwindigkeit und Pkw-Fahrtzeit in Netzabschnitten

Ausgehend von den erläuterten Erkenntnissen wird die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit bzw. Pkw-Fahrtzeit in Netzabschnitten von Autobahnen unmittelbar aus den für die Strecken eines Netzabschnitts nach Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) bestimmten Fahrtgeschwindigkeiten berechnet. Die Berechnung erfolgt getrennt für beide Fahrtrichtungen. Einflüsse im Bereich planfreier Knotenpunkte werden dabei nicht gesondert berücksichtigt. Im Rahmen der Konzepterarbeitung zur Bewertung der Angebotsqualität in Netzabschnitten von Autobahnen wurde beschlossen, Zeitverluste aus Abbiegevorgängen am Anfang bzw. Ende von Netzabschnitten nicht in den Verfahren zu berücksichtigen, da definitionsgemäß von der Ankunft auf der Hauptfahrbahn bzw. vom Verbleiben auf der Hauptfahrbahn am Netzabschnittsanfang bzw. -ende ausgegangen wird.

Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit bzw. Pkw-Fahrtzeit in Netzabschnitten von Autobahnen ergibt sich nach Gleichung 16 bzw. Gleichung 17:

$$V_{F,N} = \frac{L_N}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_{F,Si}}} \quad [\text{km/h}] \quad \text{Gl. 16}$$

$$t_{F,N} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i}{V_{F,Si}} \quad [\text{h}] \quad \text{Gl. 17}$$

mit

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

$t_{F,N}$ mittlere Pkw-Fahrtzeit auf einem Netzabschnitt [h]

L_N Länge des Netzabschnitts [km]

L_i Länge der Strecke i [km]

$V_{F,Si}$ mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit Strecke i nach Gleichung 10 [km/h]

n Anzahl der Strecken i im Netzabschnitt [km]

Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit bzw. -Fahrtzeit im Netzabschnitt kann nicht nach Gleichung 16 bzw. Gleichung 17 berechnet werden, wenn

- Knotenpunkte dicht aufeinanderfolgen (Abstände $\leq 1,1$ km zwischen den Trenninselspitzen der aufeinanderfolgenden Ein- und Ausfahrt),
- einzelne Teilelemente überlastet sind ($x \geq 1$ für Strecken, Ausfahrt, Verteilerfahrbahn oder Einfahrt) oder
- die Strecken bzw. Knotenpunkte im betrachteten Netzabschnitt starke Abweichungen gegenüber den Standardentwurfssituationen nach den RAA (2008) aufweisen.

In diesen Fällen sind alternative Verfahren zur Beurteilung der Verkehrsqualität in Netzabschnitten von Autobahnen anzuwenden, da der Verkehrsablauf so komplex wird, dass die Verwendung der q-V-Beziehungen der Strecken zu unzutreffenden Ergebnissen führen kann. Als alternative Verfahren bieten sich in der Regel mikroskopische Verkehrsflusssimulationen an.

6.2 Bewertung der Verkehrsqualität von Netzabschnitten

6.2.1 Kriterium der Verkehrsqualität

Zur Ermittlung der Verkehrsqualität in Netzabschnitten von Autobahnen werden für den individuellen Fahrtgeschwindigkeitsindex die freie Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N}$ bzw. für den individuellen Fahrtzeitindex die freie Fahrtzeit $t_{f,N}$, also die Geschwindigkeit bzw. Fahrtzeit, welche sich im leeren Netz ergibt (Annahme $q = 0$ Kfz/h), als Bezugsgrößen verwendet. Der individuelle Fahrtgeschwindigkeits- bzw. Fahrtzeitindex ergibt sich somit nach Gleichung 18 bzw. Gleichung 19:

$$I_{Vf,N} = \frac{V_{F,N}}{V_{f,N}} \quad [-] \quad \text{Gl. 18}$$

$$I_{tf,N} = \frac{t_{F,N}}{t_{f,N}} = \frac{V_{f,N}}{V_{F,N}} \quad [-] \quad \text{Gl. 19}$$

mit

$I_{Vf,N}$ individueller Fahrtgeschwindigkeitsindex [-]

$I_{tf,N}$ individueller Fahrtzeitindex [-]

$V_{F,N}$ mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im Netzabschnitt [km/h]

$V_{f,N}$ freie Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im Netzabschnitt [km/h]

$t_{f,N}$ mittlere Pkw-Fahrtzeit im Netzabschnitt [h bzw. s]

$t_{f,N}$ freie Pkw-Fahrtzeit im Netzabschnitt [h bzw. s]

Die Ermittlung der Bezugsgröße „freie Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N}$ “ bzw. „freie Fahrtzeit $t_{f,N}$ “ erfolgt wie die Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit bzw. Pkw-Fahrtzeit von Netzabschnitten nach Gleichung 15 bzw. Gleichung 16. Anstelle der vorhandenen Verkehrsstärke q_B ist die Fahrtgeschwindigkeit für die Teilstrecken bzw. Strecken unter der Annahme $q = 0$ Kfz/h aus den q - V -Beziehungen abzulesen.

Gemäß der Definition nach Gleichung 18 spiegelt der individuelle Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex den Erreichungsgrad der freien Fahrtgeschwindigkeit (Annahme: leeres Netz) unter den vorgegebenen Bedingungen wider. Der individuelle Pkw-Fahrtzeitindex ist der reziproke Wert des individuellen Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex (vgl. Gleichung 19).

6.2.2 Ableitung von Qualitätsmaßstäben zur Beurteilung der Verkehrsqualität

Im Kapitel 6.1 wurde die Ermittlung der Pkw-Fahrtzeit bzw. Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für Netzabschnitte von Autobahnen beschrieben. Die nähere Betrachtung von Gleichung 16 bzw. Gleichung 17 zeigt, dass die Pkw-Fahrtgeschwindigkeit bzw. Pkw-Fahrtzeit im Netzabschnitt über die Strecken des Netzabschnitts längengewichtete Mittelwerte darstellen. Weitere Einflussfaktoren (z. B. Knotenpunkteinflüsse) werden gemäß der in Kapitel 6.1 beschriebenen Erkenntnisse nicht berücksichtigt. Auf Grundlage dieser Annahmen ist bei der Ableitung eines Qualitätsmaßstabs für die individuelle Bewertungskenngröße von Netzabschnitten $V_{f,N}$ bzw. $t_{f,N}$ auf Analogie zum Qualitätsmaßstab der Streckenbewertung von Autobahnen (Kapitel A3 im Entwurf des neuen HBS, 2012) zu achten. Stark von der Bewertung der Einzelstrecken abweichende Ergebnisse für die Netzabschnitte wären nicht plausibel begründbar.

Daher erfolgt die Ableitung des Qualitätsmaßstabs für $V_{f,N}$ bzw. $t_{f,N}$ auf Basis der in Kapitel A3 im Entwurf des HBS (2012) für Strecken von Autobahnen beschriebenen QSV-Grenzen. Maßgebendes Bewertungskriterium der Strecken bildet die in

Tabelle 14 angegebene Abstufung des Auslastungsgrads.

Für die Ableitung eines Qualitätsmaßstabs für die individuelle Bewertungskenngröße von Netzabschnitten wird zunächst vereinfachend davon ausgegangen, dass sich innerhalb eines Netzabschnitts die Streckencharakteristik nicht ändert. Dadurch entspricht ein Netzabschnitt einer Strecke bzw. einer Teilstrecke (Bild 6).

Durch diese Annahme werden auch Extremfälle, wie z. B. Netzabschnitt mit $V_{zul} = 80$ km/h oder Längsneigung mit $s = 5$ %, zunächst mit betrachtet. Dies ist für die Definition der Qualitätsstufengrenzen für Netzabschnitte als sinnvoll anzusehen, da hierdurch eine Betrachtung der gesamten Spannweite möglicher Fahrtzeit- bzw. Fahrtgeschwindigkeitsindizes gewährleistet wird. In der Realität ändert sich die Streckencharakteristik innerhalb eines Netzabschnitts, sodass die hier betrachteten Extremfälle nicht unmittelbar in der Praxis wiederzufinden sind.

Ausgehend von der in Bild 6 dargestellten Annahme wird für alle im Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) angegebenen Typen von Teil-

QSV	Auslastungsgrad x [-]
A	$\leq 0,30$
B	$\leq 0,55$
C	$\leq 0,75$
D	$\leq 0,90$
E	$\leq 1,00$
F	–

Tab. 14: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) für Strecken von Autobahnen in Abhängigkeit vom Auslastungsgrad

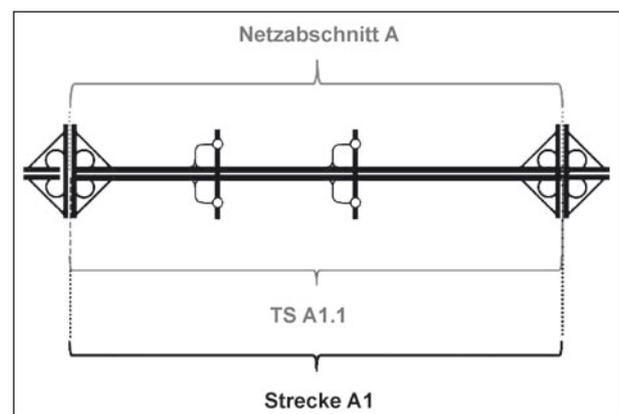


Bild 6: Annahme: Netzabschnitt = Strecke = Teilstrecke

strecken unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Schwerverkehrsanteile (im Folgenden als q-V-Beziehung bezeichnet) der individuelle Fahrtgeschwindigkeitsindex bzw. Fahrtzeitindex für die in Tabelle 14 angegebenen Qualitätsstufengrenzen nach Gleichung 20 bzw. Gleichung 21 bestimmt:

$$I_{Vf,N,i}(q_{QSV,i}) = \frac{V_{F,i}(q_{QSV,i})}{V_{f,i}} \quad [-] \quad \text{Gl. 20}$$

$$I_{tf,N,i}(q_{QSV,i}) = \frac{V_{f,i}}{V_{F,i}(q_{QSV,i})} \quad [-] \quad \text{Gl. 21}$$

mit

$$q_{QSV,i} = x_{QSV} \cdot C_i \quad [\text{Kfz/h}] \quad \text{Gl. 22}$$

und

$I_{Vf,N,i}$ individueller Fahrtgeschwindigkeitsindex für die q-V-Beziehung i [-]

$I_{tf,N,i}$ individueller Fahrtzeitindex für die q-V-Beziehung i [-]

$V_{F,i}$ Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für die q-V-Beziehung i bei $q_{QSV,i}$ [km/h]

$V_{f,i}$ freie Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für die q-V-Beziehung i bei $q = 0$ Kfz/h [km/h]

$q_{QSV,i}$ Verkehrsstärke bei Erreichen der QSV-Grenze A, B, C, D oder E der q-V-Beziehung i [Kfz/h]

x_{QSV} Auslastungsgrad einer QSV nach Tabelle 14 [-]

C_i Kapazität der q-V-Beziehung i [Kfz/h]

In Bild 7 ist die Ermittlung der in Gleichung 20 bis Gleichung 22 verwendeten Größen beispielhaft für eine zweistreifige Teilstrecke ohne Geschwindig-

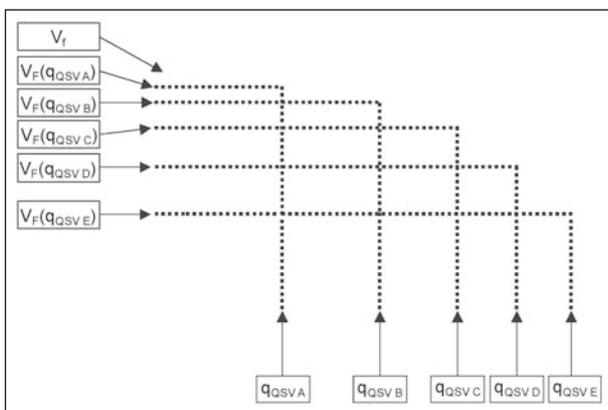


Bild 7: Ermittlung der Größen V_f und $V_F(q_{QSV})$ für eine 2-streifige Teilstrecke ohne Geschwindigkeitsbeschränkung, außerhalb von Ballungsräumen mit $s \leq 2\%$ bei $b_{SV} = 0\%$

keitsbeschränkung außerhalb von Ballungsräumen mit einer Längsneigung $s \leq 2\%$ bei $b_{SV} = 0\%$ dargestellt.

Unter Berücksichtigung der möglichen Einflussgrößen

- Fahrstreifenanzahl,
- Lage (innerhalb und außerhalb von Ballungsräumen),
- Steuerungsbedingungen (zulässige Höchstgeschwindigkeit: T80, T100, T120, Streckenbeeinflussungsanlage, Tunnel, temporäre Seitenstreifenfreigabe) und
- Schwerverkehrsanteil

ergeben sich insgesamt 272 verschiedene q-V-Beziehungen. Für diese werden für die fünf QSV-Grenzen die Fahrtgeschwindigkeits- bzw. Fahrtzeitindizes bestimmt. In Bild 8 sind die mit den QSV-Grenzverkehrsstärken ermittelten Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Form von Box-Plots dargestellt. Anhand dieser Darstellung ist für jede QSV-Grenzverkehrsstärke erkennbar, welche Spannweite die berechneten Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes aufweisen.

Die Spannweite, in der die für die QSV-Grenzverkehrsstärken ermittelten Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes liegen, nimmt mit absteigender QSV zu. So wird die QSV A je nach Streckencharakteristik von 93,1 % bis 98,7 % der freien Geschwindigkeit V_f erreicht und die QSV E bei 58,3 % bis 76,6 % der V_f (Bild 8). Dieser Effekt kann durch den Verlauf der q-V-Beziehungen erklärt werden: Bei stark abfallenden q-V-Beziehungen (z. B. Teilstrecken ohne Geschwindigkeitsbeschränkung mit hoher Längsneigung) ergeben sich vergleichsweise niedrige Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes für die QSV E, wohingegen bei sehr flach verlaufenden q-V-Beziehungen (z. B. Teilstrecken mit Geschwindigkeitsbeschränkung von $V_{zul} = 80$ km/h) relative hohe Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes für die QSV E zu beobachten sind.

Des Weiteren ist in Bild 8 zu erkennen, dass sich die Spannweiten der ermittelten Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes der einzelnen Qualitätsstufen überlagern. Etwa 50 % der betrachteten q-V-Beziehungen weisen so hohe Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes auf, dass sie etwa im Bereich der unteren 50 % der Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes der nächstbesseren QSV liegen (siehe z. B. gestrichelte Linien zwischen der QSV D und E in Bild 8).

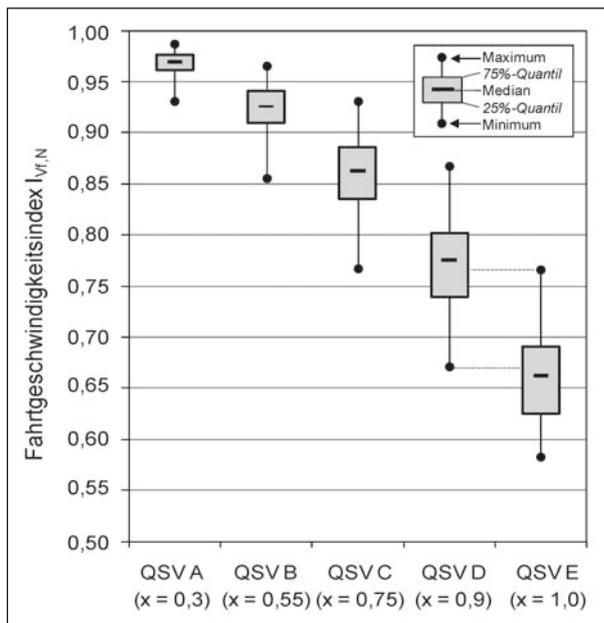


Bild 8: Individuelle Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit der QSV-Grenzverkehrsstärken (n = 272 q-V-Beziehungen)

Dies gilt für alle QSV. Eine differenzierte Abgrenzung von Qualitätsstufengrenzen für die Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes ist dadurch kaum möglich.

Daher wurde in einem weiteren Schritt geprüft, ob differenzierte Grenzwertdefinitionen in Abhängigkeit der Fahrstreifenanzahl oder der Lage (innerhalb und außerhalb von Ballungsräumen) der Teilstrecken möglich sind. Bild 9 und Bild 10 verdeutlichen, dass auch eine differenzierte Betrachtung keine unmittelbare Verbesserung bezüglich der Grenzwertdefinition ergibt. Eine differenzierte Qualitätsstufeneinteilung hätte außerdem den Nachteil, dass sie eine längengewichtete Mittelung unterschiedlicher Qualitätsmaßstäbe erfordern würde, wenn sich innerhalb eines Netzabschnittes die Streckencharakteristika maßgeblich ändert (z. B. Netzabschnitte mit Teilstrecken mit 2 Fahrstreifen und 3 Fahrstreifen je Richtung).

Um Grenzwerte für die individuelle Bewertungsgrößen für Netzabschnitte ableiten zu können, sind in einem weiteren Schritt die zunächst mit betrachteten Extremfälle – Teilstrecken mit Streckencharakteristika, welche in der Realität mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht für einen kompletten Netzabschnitt zu beobachten sind – ausgeschlossen worden. Dabei handelte es sich um Teilstrecken

- mit einer Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf $V_{zul} = 80$ km/h,

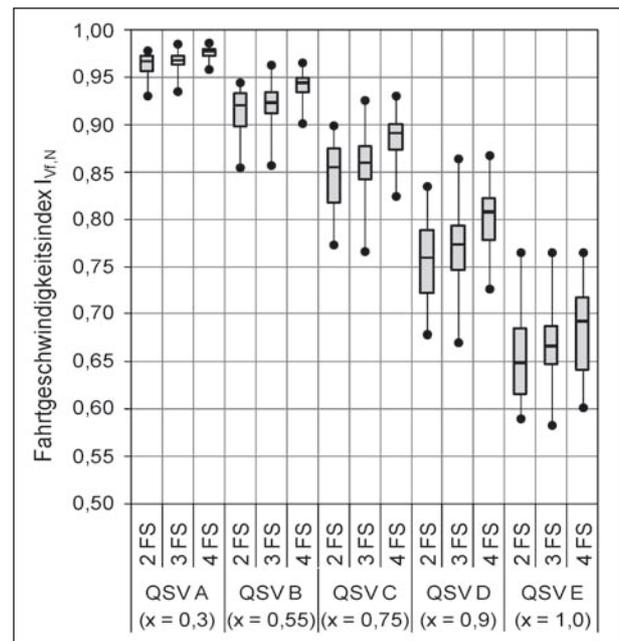


Bild 9: Individuelle Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit der QSV-Grenzverkehrsstärken differenziert nach Fahrstreifenanzahl (n = 272 q-V-Beziehungen)

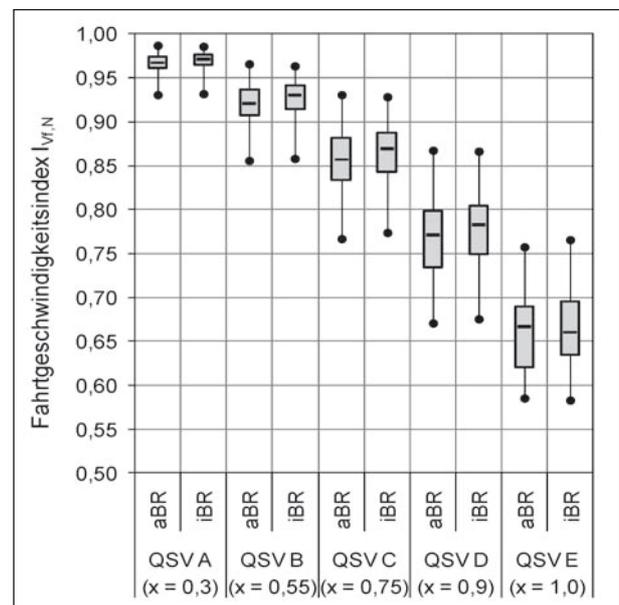


Bild 10: Individuelle Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit der QSV-Grenzverkehrsstärken differenziert nach Lage (n = 272 q-V-Beziehungen)

- in Tunneln und
- mit Längsneigungen $s \geq 4$ %.

Dadurch reduziert sich die Anzahl der betrachteten q-V-Beziehungen auf 152. Die Spannweiten der Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes dieser 152 q-V-Beziehungen sind in Bild 11 in Abhängigkeit der QSV-Grenzverkehrsstärken dargestellt. Durch den

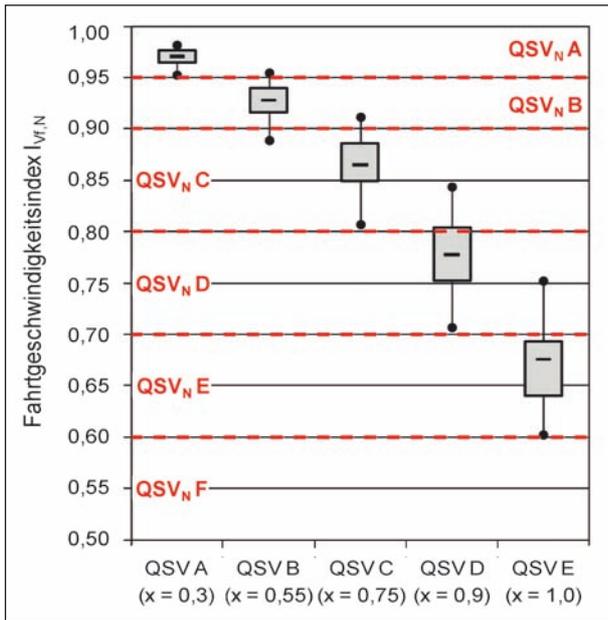


Bild 11: Individuelle Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit der QSV-Grenzverkehrsstärken für die für Netzabschnitte typischen q-V-Beziehungen (n = 152)

Ausschluss der für komplette Netzabschnitte untypischen q-V-Beziehungen verringern sich die Spannweiten der Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes für die einzelnen Qualitätsstufen. Für die Auslastungsgrade $x = 0,3$ (QSV A), $x = 0,55$ (QSV B) und $x = 0,75$ (QSV C) treten nahezu keine Überschneidungen der Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes auf. Auch für die Auslastungsgrade $x = 0,75$ (QSV D) und $x = 0,1$ (QSV E) betreffen die Überschneidungen lediglich 25 % bzw. 20 % der q-V-Beziehungen (vgl. Bild 11).

Die Festlegung der ebenfalls in Bild 11 dargestellten Qualitätsstufengrenzen für die Netzabschnittsbewertung QSV_N erfolgte unter der Maßgabe, dass die für einen Netzabschnitt bestimmte Qualitätsstufe nicht schlechter als die Qualitätsstufe einer Teilstrecke (Kriterium: Auslastungsgrad) ist. Diese Festlegung wird damit begründet, dass in Extremfällen ein kurzer Netzabschnitt aus nur einer Teilstrecke bestehen kann und eine schlechtere Bewertung beim Nachweis der Verkehrsqualität des Netzabschnittes gegenüber der Bewertung der Teilstrecke nach Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) als unplausibel angesehen wird. Diese Festlegung berücksichtigt, dass es sich bei dem Bewertungsverfahren der Strecken um ein empirisch abgesichertes Bewertungsverfahren handelt, wohingegen es sich bei dem Verfahren zur Beurteilung der Verkehrsqualität in Netzabschnitten von Autobahnen um ein aus der Stre-

QSV	individueller Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{Vf,N}$ [-]
A	$\geq 0,95$
B	$\geq 0,90$
C	$\geq 0,80$
D	$\geq 0,70$
E	$\geq 0,60$
F	$< 0,60$ (nicht ermittelbar)

Tab. 15: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für Netzabschnitte von Autobahnen in Abhängigkeit des individuellen Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{Vf,N}$

ckenbewertung abgeleitetes Verfahren handelt. Unter dieser Maßgabe sind entsprechende Qualitätsstufengrenzen für den individuellen Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex und somit für die Bewertung der Verkehrsqualität der Netzabschnitte von Autobahnen abgeleitet worden. In Tabelle 15 sind die empfohlenen QSV für Netzabschnitte von Autobahnen aufgeführt.

Die in Tabelle 15 angegebene Qualitätsstufeneinteilung wurde aus den für die QSV-Grenzen der Strecken berechneten Fahrtgeschwindigkeitsindizes abgeleitet. Das heißt: Es wurde ausschließlich geprüft, welche Fahrtgeschwindigkeitsindizes sich für die Auslastungsgrade $x = 0,3$, $x = 0,55$, $x = 0,75$, $x = 0,9$ und $x = 1,0$ einstellen und welche Streubreiche der Fahrtgeschwindigkeitsindizes sich bei diesen Auslastungsgraden ergeben. In der Realität werden jedoch Bewertungen über das gesamte Verkehrsstärkespektrum ($0 \leq x \leq 1$) durchgeführt, daher wird auch an dieser Stelle die Betrachtung entsprechend erweitert (Bild 12).

Zur Überprüfung der vorgeschlagenen Qualitätsstufeneinteilung sind in Bild 12 die Fahrtgeschwindigkeitsindizes der für Netzabschnitte typischen q-V-Beziehungen für Auslastungsgrade von $0 \leq x \leq 1$ dargestellt. Auf der Abszisse sind zudem die sich aus der Streckenbewertung (Kapitel A3 im Entwurf des HBS, 2012) ergebenden Qualitätsstufenbereiche (QSV_S) und auf der Ordinate die sich aus der Netzabschnittsbewertung nach Tabelle 15 ergebenden Qualitätsstufenbereiche (QSV_N) dargestellt. Ziel der Ableitung der in Tabelle 15 dargestellten Grenzen der QSV_N war, eine möglichst vergleichbare Bewertung wie für einzelne Strecken zu ermöglichen.

Dies ist dann der Fall, wenn die berechneten Fahrtgeschwindigkeitsindizes immer in den grün eingefärbten Feldern in Bild 12 liegen. Die Darstellung

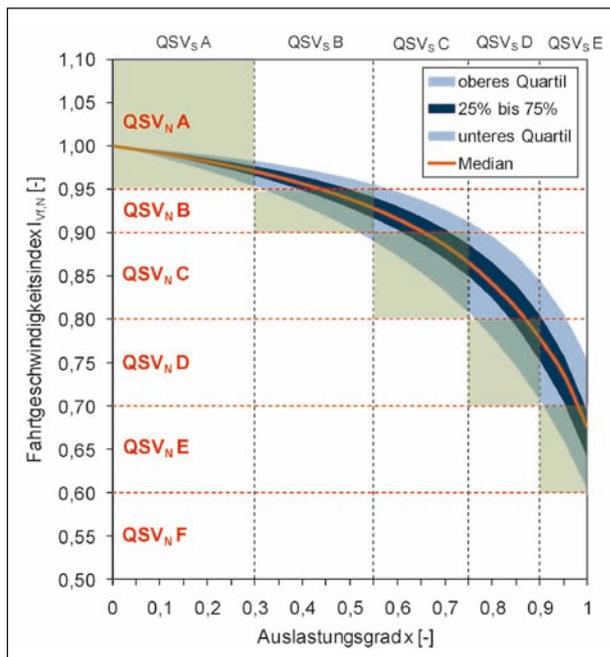


Bild 12: Individuelle Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit des Auslastungsgrades x für die für Netzabschnitte typischen q-V-Beziehungen ($n = 152$)

zeigt, dass dies aber nur für die QSV A gelingt, da mit steigender Verkehrsbelastung die Streuung der Fahrtgeschwindigkeitsindizes zunimmt. Beim Erreichen der Qualitätsstufengrenzen der Strecken (QSV_s) wird in den meisten Fällen auch für den Netzabschnitt dieselbe Qualitätsstufe ermittelt. Liegen die Auslastungsgrade aber knapp oberhalb der Qualitätsstufengrenzen der Strecken (QSV_s), so werden die Netzabschnitte meist eine Qualitätsstufe besser bewertet. Die Diskrepanzen zwischen der Streckenbewertung und der Netzabschnittsbewertung sind für den Anwender nicht nachvollziehbar und für eine nutzerorientierte Bewertung, welche die Verkehrsqualität nach HBS bilden soll, nicht hinnehmbar. Eine übereinstimmende Bewertung für Strecken und Netzabschnitte ist mit einer geschwindigkeits- bzw. zeitbasierten Größe nicht möglich. Eine geeignete Bewertungsgröße könnte der für Strecken von Autobahnen verwendete Auslastungsgrad x bilden, wobei eine solche Bewertung auch direkt mit dem in Kapitel A3 im Entwurf des HBS (2012) beschriebenen Verfahren möglich ist. Ein weiterer Nachteil der geschwindigkeits- bzw. zeitbasierten Bewertungsansätze ist, dass im Bereich der Überlastung keine deterministische Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit möglich ist und somit kein Mehrwert in der Beurteilung der Verkehrsqualität von Netzabschnitten gesehen werden kann. Aufgrund dieser Einschränkungen wurde beschlossen, kein Verfahren für die Beurtei-

lung der Verkehrsqualität von Netzabschnitten in den Entwurf des neuen HBS (2012) aufzunehmen. Die für Netzabschnitte ermittelten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten sollen somit ausschließlich zur Beurteilung der Angebotsqualität im Sinne der RIN (2008) verwendet werden.

Da es sich bei dem individuellen Pkw-Fahrtzeitindex lediglich um den reziproken Wert des Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex handelt, gelten die für den Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex dargelegten Zusammenhänge in vergleichbarer Form. Auf eine detaillierte Erläuterung wird an dieser Stelle verzichtet, da bereits bei den Ausführungen zu den fahrtgeschwindigkeitsbasierten Ansätzen gezeigt werden konnte, dass eine plausible Qualitätsstufenabgrenzung mit diesen Größen nicht möglich ist.

6.3 Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten

6.3.1 Kriterium der Angebotsqualität

Bei der Ableitung einer netzplanerischen Bezugsgröße zur Beurteilung der Angebotsqualität können Effekte aus den Steuerungsbedingungen und der Streckencharakteristik innerhalb eines Netzabschnittes vernachlässigt werden, da für die Beurteilung der Angebotsqualität ausschließlich die in den RIN (2008) für unterschiedliche Straßenkategorien vorgegebenen Anspruchsniveaus als maßgebend anzusehen sind. Somit ist zur Beurteilung der Angebotsqualität die Verwendung fester Bezugsgrößen in Abhängigkeit der Straßenkategorie ausreichend.

In Tabelle 16 sind die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten nach den RIN (2008) und die Geschwindigkeiten angegeben, welche der Berechnung der Grenzwerte für die Entwurfs Elemente bei nasser Fahrbahn in Abhängigkeit der Entwurfsklasse (EKA) nach den RAA (2008) zugrunde liegen. Die Gegenüberstellung erfolgt für alle Kategorien von Autobahnen (AS 0, AS I und AS II). Tabelle 16 ist zu entnehmen, dass für die jeweiligen Straßenkategorien unterschiedliche Entwurfsklassen infrage kommen und folglich die Entwurfsgeschwindigkeiten für Straßen einer Kategorie variieren können.

Durch die möglichen Unterschiede in den Entwurfsgeschwindigkeiten für Autobahnen gleicher Kategorie ist die Erreichbarkeit des in den RIN (2008) vorgegebenen Anspruchsniveaus teilweise kaum realisierbar. Beispielphaft sei eine autobahn-

Straßen- kategorie	RAA (2008)			RIN (2008)
	EKA 1 (BAB)	EKA 2 (nicht BAB)	EKA 3 (Stadt- autobahn)	angestrebte Pkw-Fahrt- geschwin- digkeit
AS 0/I	EKA 1 A 130 km/h	100 km/h	-	100 bis 120 km/h
AS II	EKA 1 B 120 km/h	100 km/h	80 km/h	70 bis 90 km/h

Tab. 16: Angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten nach den RIN (2008) und Geschwindigkeiten in Abhängigkeit der Entwurfsklasse (EKA) nach den RAA (2008) für die Kategorien AS 0/I sowie AS II

ähnliche Straße der Kategorie AS I angeführt (EKA 2). Hier liegt die Entwurfsgeschwindigkeit nach RAA (2008) bei 100 km/h und die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit nach RIN (2008) soll im Bereich von 100 km/h bis 120 km/h liegen. Es ist davon auszugehen, dass für eine solche Straße die nach RIN (2008) angestrebte Fahrtgeschwindigkeit, aufgrund der mit der Entwurfsklasse (EKA 2) in Zusammenhang stehenden Steuerungsbedingungen (z. B. $V_{Zul} = 100$ km/h), nur bei geringen bis mittleren Verkehrsstärken erreicht werden kann (vgl. q-V-Beziehung in Kapitel A3 im Entwurf des HBS, 2012). Vergleichbare Schlussfolgerungen ergeben sich auch bei der Betrachtung von Autobahnen (EKA 1B), autobahnähnlichen Straßen (EKA 2) und Stadtautobahnen (EKA 3) der Kategorie AS II. Auch hier liegen die nach RAA (2008) den Entwurfsklassen zugeordneten Entwurfsgeschwindigkeit zwischen 80 km/h und 120 km/h. Für alle drei Autobahntypen wird aber nach den RIN (2008) ein einheitliches Anspruchsniveau definiert. Die beschriebene Diskrepanz zwischen beiden Richtlinien sollte im Rahmen der Fortschreibung der RIN (2008) berücksichtigt werden, z. B. durch eine zusätzliche Differenzierung der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ für Autobahnen, autobahnähnliche Straßen und Stadtautobahnen.

Da eine Beurteilung der Angebotsqualität maßgeblich auf eine Netzbewertung im Sinne der RIN (2008) abheben soll, bilden die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten nach den RIN (2008) geeignetere netzplanerische Bezugsgrößen als die nach den RAA (2008) den Entwurfsklassen zugrunde gelegten Geschwindigkeiten. Dabei werden zunächst die Mindestanforderungen der nach den RIN (2008) angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten (Untergrenze des Bereichs für die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten) als netz-

planerische Bezugsgrößen verwendet. Somit gelten für Autobahnen der Kategorien AS 0 und AS I eine angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{AS\ 0/I,N} = 100$ km/h sowie für Straßen der Kategorie AS II eine angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{AS\ II,N} = 70$ km/h.

Der netzplanerische Fahrtgeschwindigkeits- bzw. Fahrtzeitindex ergibt sich nach Gleichung 23 bzw. Gleichung 24:

$$I_{VF,N} = \frac{V_{F,N}}{V_{AS,N}} \quad [-] \quad \text{Gl. 23}$$

$$I_{VF,N} = \frac{t_{F,N} \cdot V_{AS,N}}{L_N} = \frac{V_{AS,N}}{V_{F,N}} \quad [-] \quad \text{Gl. 24}$$

mit

$I_{VF,N}$ Fahrtgeschwindigkeitsindex [-]

$I_{tF,N}$ Fahrtzeitindex [-]

$V_{F,N}$ mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im Netzabschnitt [km/h]

$V_{AS,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt [km/h]

$t_{F,N}$ mittlere Pkw-Fahrtzeit im Netzabschnitt [h]

L_N Länge des Netzabschnitts [km]

Zur Einordnung der für einen Netzabschnitt ermittelten Bewertungsgröße für die Verkehrs- bzw. Angebotsqualität in eine Qualitätsstufe werden nachfolgend Qualitätsmaßstäbe für beide Bewertungsansätze abgeleitet.

6.3.2 Ableitung von Qualitätsmaßstäben zur Beurteilung der Angebotsqualität

Die netzplanerische Bewertungskenngröße soll der Beurteilung der Angebotsqualität eines Netzabschnittes dienen. Dementsprechend ist bei der Ableitung eines Qualitätsmaßstabes der Bezug zu den RIN (2008) notwendig. In den RIN (2008) sind konkrete Vorgaben zur Beurteilung der Angebotsqualität auf Basis der Luftlinienentfernung und der Luftliniengeschwindigkeit enthalten (vgl. Anhang A2 in RIN, 2008). Eine unmittelbare Verwendung des dort beschriebenen Verfahrens ist aus mehreren Gründen nicht zielführend:

- Die der Beurteilung der Angebotsqualität nach den RIN (2008) zugrunde gelegte Luftlinienentfernung ist bei der Bewertung einzelner Netzabschnitte in der Regel nicht bekannt.

- In der Luftliniengeschwindigkeit nach den RIN (2008) sind neben der Fahrtzeit weitere Komponenten wie Zu- und Abgangszeiten sowie Parksuchzeiten enthalten. Daher ist eine Vergleichbarkeit mit der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit bzw. Pkw-Fahrtzeit in Netzabschnitten von Autobahnen nicht gegeben.
- Ein entfernungsbezogener Bewertungsmaßstab erscheint für Netzabschnitte von Autobahnen nicht notwendig, da grundsätzlich nur der Verkehrsablauf der Strecken eines Netzabschnittes ohne Berücksichtigung von Knotenpunkteinflüssen, Zu- und Abgangszeiten oder sonstiger Zeitzuschläge betrachtet wird.

Um bei der Entwicklung eines Bewertungsmaßstabs für die netzplanerische Bewertungskenngröße der Netzabschnitte von Autobahnen möglichst den Bezug zu den RIN (2008) zu wahren, sind die Qualitätsstufen der Luftliniengeschwindigkeit im Pkw-Verkehr gemäß den RIN (2008) auf Pkw-Geschwindigkeiten und reale Entfernung umgerechnet worden. Dies erfolgte auf Basis der in den RIN (2008) angegebenen SAQ-Kurven der Luftliniengeschwindigkeiten sowie der SAQ-Kurven des Umwegfaktors im Pkw-Verkehr. Unter Berücksichtigung der Zeitverluste aus Zu- und Abgangszeiten sowie Parksuchzeit ergeben sich die in Bild 13 angegebenen Kurven für die Pkw-Geschwindigkeit.

Im Bereich kurzer Entfernungen (unter 25 km) wird die Pkw-Geschwindigkeit maßgeblich durch die Zeitverluste aus Zu- und Abgangszeiten sowie Parksuchzeiten beeinflusst. Im Bereich großer Entfernungen ergeben sich, bezogen auf die für Autobahnen üblichen Geschwindigkeiten, vergleichs-

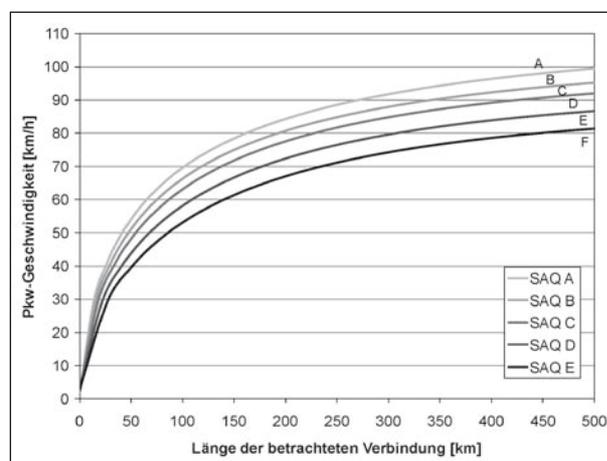


Bild 13: Aus der Luftliniengeschwindigkeit gemäß den RIN (2008) abgeleitete Pkw-Geschwindigkeit (einschließlich der Zeitverluste aus Zu- und Abgangszeiten sowie Parksuchzeit) und Qualitätseinstufung

weise niedrige Ansprüche an die zu realisierenden Pkw-Geschwindigkeiten. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die bei der Ermittlung der Angebotsqualität betrachteten typischen Verbindungen in der Regel nicht ausschließlich aus Autobahnabschnitten bestehen. Werden den in Bild 13 dargestellten Anforderungen an die Pkw-Geschwindigkeiten die für die Kategorien AS 0/I angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten nach den RIN (2008) gegenübergestellt (100 km/h bis 120 km/h (vgl. auch Tabelle 16), so liegen diese unabhängig von der betrachteten Entfernung im Bereich der SAQ A. Die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten für Autobahnen der Kategorie AS II (70 km/h bis 90 km/h) können je nach Entfernung in allen SAQ liegen. Die erläuterten Zusammenhänge zeigen, dass die hier vorzunehmende Definition eines Maßstabes für die Angebotsqualität für Netzabschnitte von Autobahnen auf Basis der im Anhang 2 der RIN (2008) beschriebenen Hinweise zur Ermittlung und Bewertung der Angebotsqualität nicht zweckmäßig ist.

Die Festlegung eines Maßstabes für die Stufen der Angebotsqualität erfolgt daher durch die pragmatische Annahme, dass die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten gemäß Tabelle 13 in den RIN (2008) im Bereich der Qualitätsstufen C bis D liegen sollen (Tabelle 1). Dabei soll die Untergrenze der nach den RIN (2008) angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereiche die Grenze von SAQ_N D zu SAQ_N E bilden und die Erreichung der Mindestanforderung durch einen Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{VF,N} = 1,0$ ausgedrückt werden. Des Weiteren wird versucht, einen einheitlichen Qualitätsmaßstab für Straßen der Kategoriengruppen AS und LS zu verwenden. Auf Basis dieser Vorgaben ist das in Tabelle 17 angegebene Qualitätsstufenkonzept für Autobahnen der Kategorien AS 0/I und

SAQ _N	Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{VF,N}$ [-]	Pkw-Fahrtgeschwindigkeit [km/h]	
		Kategorie AS 0/I	Kategorie AS II
A	≥ 1,25	≥ 125 km/h	≥ 88 km/h
B	≥ 1,20	≥ 120 km/h	≥ 84 km/h
C	≥ 1,10	≥ 110 km/h	≥ 77 km/h
D	≥ 1,00	≥ 100 km/h	≥ 70 km/h
E	≥ 0,85	≥ 85 km/h	≥ 60 km/h
F	< 0,85	< 85 km/h	< 60 km/h

Tab. 17: Stufen der Angebotsqualität (SAQ_N) für Netzabschnitte von Autobahnen in Abhängigkeit der Straßenkategorie (Konzept)

AS II entwickelt worden. Neben den Fahrtgeschwindigkeitsindizes sind auch die absoluten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten, welche zur Erreichung einer Qualitätsstufe notwendig sind, für die Straßenkategorien AS 0/I und AS II angegeben.

Zur Überprüfung der vorgeschlagenen Einteilungen der Stufen der Angebotsqualität wird auf das bereits für Qualitätsstufenabgrenzung der individuelle Bewertungskenngröße in Kapitel 6.2.2 erläuterte Verfahren zurückgegriffen. Anstelle der Bezugsgröße freie Geschwindigkeit V_f werden nach Gleichung 25 bzw. Gleichung 26 die angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{AS,N}$ verwendet:

$$I_{VF,N,i}(q_i) = \frac{V_{F,i}(q_i)}{V_{AS,N}} \quad [-] \quad \text{Gl. 25}$$

$$I_{tF,N,i}(q_i) = \frac{V_{AS,N}}{V_{F,i}(q_i)} \quad [-] \quad \text{Gl. 26}$$

mit

$$q_i = x C_i \quad [\text{Kfz/h}] \quad \text{Gl. 27}$$

und

$I_{VF,N,i}$ Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex für die q-V-Beziehung i [-]

$I_{tF,N,i}$ Pkw-Fahrtzeitindex für die q-V-Beziehung i [-]

$V_{F,i}$ Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für die q-V-Beziehung i bei q_i [km/h]

$V_{AS,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt [km/h]

$$V_{AS\ 0/I,N} = 100 \text{ km/h}$$

$$V_{AS\ II,N} = 70 \text{ km/h}$$

q_i Verkehrsstärke der q-V-Beziehung i [Kfz/h]

x Auslastungsgrad von 0 bis 1 [-]

C_i Kapazität der q-V-Beziehung i [Kfz/h]

Wie bei der Ableitung eines Maßstabs für die Verkehrsqualität von Netzabschnitten wird vereinfacht davon ausgegangen, dass sich innerhalb eines Netzabschnittes die Streckencharakteristik nicht ändert. Dadurch entspricht ein Netzabschnitt einer Strecke bzw. einer Teilstrecke (vgl. Bild 6).

In Bild 14 sind die sich aus allen q-V-Beziehungen ergebenden Fahrtgeschwindigkeitsindizes für Autobahnen der Kategorie AS 0/I dargestellt. Im leeren Netz ($q = 0$ Kfz/h und infolgedessen $x = 0$)

variieren die Fahrtgeschwindigkeitsindizes $I_{VF,N}$ zwischen 0,98 und 1,45 in Abhängigkeit der Streckencharakteristik und der Steuerungsbedingungen. Bei Erreichen der Kapazität ($x = 1$) ergeben sich Fahrtgeschwindigkeitsindizes $I_{VF,N}$ zwischen 0,65 und 0,95. Die geringere Schwankung der Fahrtgeschwindigkeitsindizes bei hohen Auslastungsgraden ist darauf zurückzuführen, dass die den q-V-Beziehung nach Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) zugrunde liegenden kritischen Geschwindigkeiten V_{krit} (mittlere Geschwindigkeit bei Erreichen der Kapazität) zwischen 65 km/h und 95 km/h liegen, während die freien Geschwindigkeiten (mittlere Geschwindigkeit bei $q = 0$ Kfz/h) je nach Streckencharakteristik und Steuerungsbedingung 98 km/h bis 145 km/h betragen.

In Bild 14 sind weiterhin die sich aus Tabelle 17 ergebenden Grenzen der SAQ_N angegeben. Die Grenze zwischen SAQ_N D und E spiegelt dabei das nach den RIN (2008) geforderte Mindestniveau der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit wider. Die Hälfte der sich aus den unterschiedlichen Streckencharakteristika und Steuerungsbedingungen ergebenden q-V-Beziehungen erreicht ab einem Auslastungsgrad $x \geq 0,8$ dieses Mindestniveau nicht mehr. D. h., die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit sinkt unter 100 km/h. Dies deutet darauf hin, dass das nach den RIN (2008) für diese Straßenkategorie angestrebte Fahrtgeschwindigkeitsniveau zu hoch liegt. Weiterhin zeigt Bild 14, dass bei bestimmten Steuerungsbedingungen

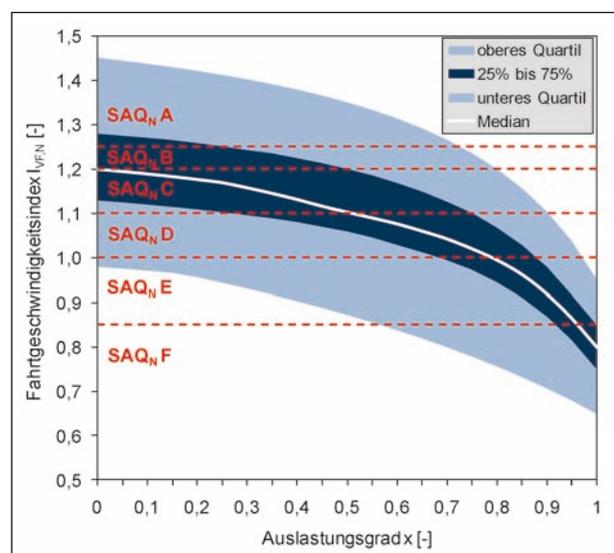


Bild 14: Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit des Auslastungsgrades für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS 0/I ($V_{AS\ 0/I,N} = 100$ km/h) – Grundlage: alle 272 q-V-Beziehungen

(z. B. Strecken mit $V_{zul} = 80$ km/h) das Mindestniveau nicht einmal im leeren Netz erreicht wird. Allerdings sind solche Strecken eher untypisch für ganze Netzabschnitte. Daher werden zur weiteren Überprüfung des Qualitätsmaßstabes für die Angebotsqualität die für ganze Netzabschnitte untypischen q-V-Beziehungen von der Betrachtung ausgeschlossen. Für Netzabschnitte der Kategorie AS 0/I werden daher die q-V-Beziehungen für Teilstrecken mit einer Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h, in Tunneln und mit Längsneigungen $s \geq 4$ % nicht mit betrachtet (Bild 15).

Bei ausschließlicher Betrachtung der für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS 0/I typischen q-V-Beziehungen in Bild 15 reduziert sich die Spannweite der Fahrtgeschwindigkeitsindizes, sodass bei geringen bis mittleren Verkehrsbelastungen die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten nach den RIN (2008) grundsätzlich erreicht werden. Bei Auslastungen über 85 % sinken die Fahrtgeschwindigkeiten von 76 der 152 für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS 0/I typischen q-V-Beziehungen unter das nach RIN (2008) angestrebte Mindestniveau. Das bedeutet, dass die Hälfte der Strecken, welche nach Kapitel A3 die QSV D aufweisen ($x \leq 0,9$), bei der Netzabschnittsbewertung nicht die Untergrenze der Zielvorstellungen der RIN (2008) erreicht. Dies ist vor allem vor dem Hintergrund, dass gemäß dem ARS Nr. 10/2002 zum HBS (2001) für Bundesfernstraßen die QSV D als Mindestqualität gefordert

wird, als kritisch anzusehen. So könnte die Verwendung der in den RIN (2008) genannten Zielvorstellungen zu den Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zu widersprüchlichen Aussagen führen, da Strecken, welche eine ausreichende Verkehrsqualität (QSV D) im Sinne des Kapitels A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) aufweisen, bei der Netzabschnittsbewertung eine unzureichende Stufe der Angebotsqualität (SAQ_N E) erhalten. Somit sind die in den RIN (2008) für Autobahnen der Kategorie AS 0/I angegebenen Fahrtgeschwindigkeitsbereiche als zu hoch anzusehen und sollten angepasst werden.

In Bild 16 sind die sich aus allen q-V-Beziehungen ergebenden Fahrtgeschwindigkeitsindizes für Autobahnen der Kategorie AS II sowie die sich aus Tabelle 17 ergebenden Grenzen der SAQ_N dargestellt. Bis zu Auslastungen von etwa 50 % ($x \leq 0,5$) ergibt sich unabhängig von den Streckencharakteristika und Steuerungsbedingungen des Netzabschnitts grundsätzlich die SAQ_N A. Selbst bei Erreichen der Kapazität weisen 95 % der q-V-Beziehungen noch mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf, die über den Untergrenzen der Zielvorstellungen der RIN (2008) für Autobahnen der Kategorie AS II liegen ($V_{AS II,N} = 70$ km/h). Im Gegensatz zu den zu hohen Vorgaben der RIN (2008) für Autobahnen der Kategorie AS 0/I kann für Autobahnen der Kategorie AS II festgestellt werden, dass die nach den RIN (2008) für diese Straßenkategorie angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten vergleichsweise niedrig angesetzt sind.

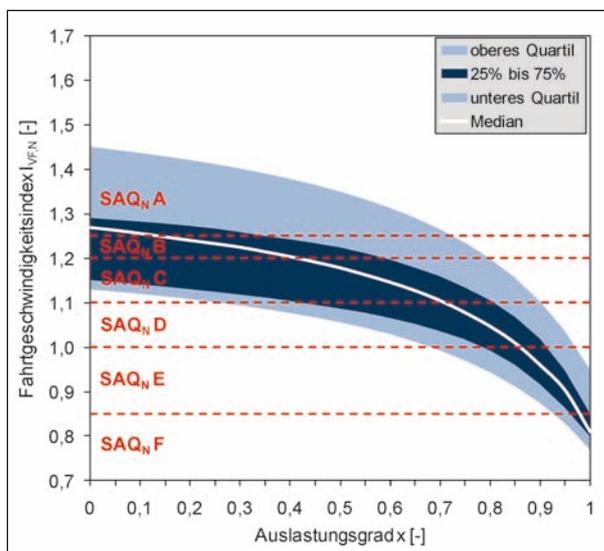


Bild 15: Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit des Auslastungsgrades für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS 0/I ($V_{AS 0/I} = 100$ km/h) – Grundlage: 152 typische q-V-Beziehungen

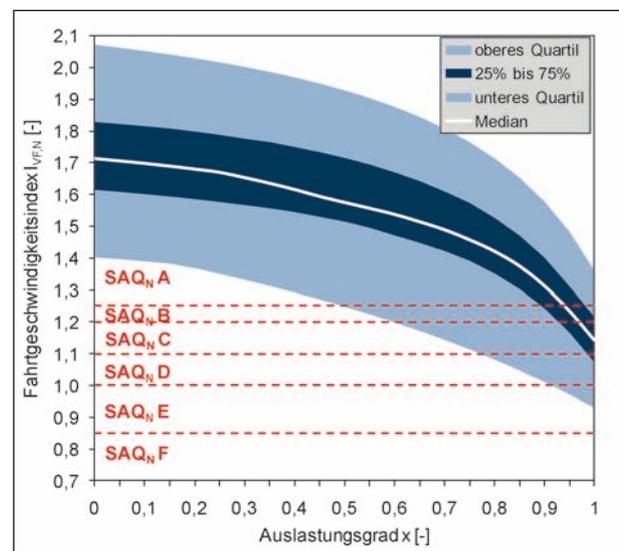


Bild 16: Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit des Auslastungsgrades für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS II ($V_{AS II,N} = 70$ km/h) – Grundlage: alle 272 q-V-Beziehungen

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass für Stadtautobahnen und deren besondere Trassierungseigenschaften (eigene Entwurfsklasse nach RAA, 2008) keine gesonderten Vorgaben in den RIN enthalten sind. Aufgrund der bei Stadtautobahnen im Regelfall angeordneten Geschwindigkeitsbeschränkung auf $V_{zul} = 80$ km/h (im Ausnahmefall auch $V_{zul} = 100$ km/h) wird eine gemeinsame Behandlung mit den Straßen der Kategorie AS 0/I bzw. AS II als nicht sachgerecht angesehen. Daher sollten in den RIN (2008) für Stadtautobahnen gesonderte Vorgaben zum angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereich ergänzt werden.

Diesen Erkenntnissen folgend werden folgende Modifikationen vorgeschlagen:

- Für Autobahnen der Kategorie AS 0/I sollten die in den RIN (2008) angegebenen Zielvorstellungen bezüglich der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf 90 km/h bis 110 km/h abgesenkt werden. Damit ergibt sich für Autobahnen der Kategorie AS 0/I bezüglich des hier entwickelten Verfahrens der Bewertung einer Angebotsqualität von Netzabschnitten eine angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{AS\ 0/I, N} = 90$ km/h.
- Für Autobahnen der Kategorie AS II sollten die in den RIN (2008) angegebenen Zielvorstellungen bezüglich der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf 80 km/h bis 100 km/h angehoben werden. Damit ergibt sich für Autobahnen der Kategorie AS II in dem hier entwickelten Verfahren eine angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{AS\ II, N} = 80$ km/h.
- Für Stadtautobahnen der Kategorie AS 0/I bzw. AS II sollten in den RIN (2008) eigene Zielvorstellungen zum angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereich ergänzt werden. Dabei sollte das angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsniveau mit 70 km/h bis 90 km/h festgelegt werden. Somit ergibt sich für Stadtautobahnen unabhängig von der Straßenkategorie in dem hier entwickelten Verfahren eine angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{S-BAB, N} = 70$ km/h.

Diese Modifikationsvorschläge wurden mit den Betreuern dieses Forschungsvorhabens abgestimmt, wobei die Modifikation der in den RIN (2008) angegebenen Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten als zulässige und zielführende Maßnahme eingeschätzt

wurde. Die vorgeschlagenen Anpassungen der Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereiche sollten bei der Fortschreibung der RIN berücksichtigt werden.

Unter Berücksichtigung der genannten Modifikationen ändern sich die in Tabelle 17 angegebenen Anforderungen an die Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten des Qualitätsstufenkonzepts zu den in Tabelle 18 angegebenen Werten.

In Bild 17 sind die Fahrtgeschwindigkeitsindizes der für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS 0/I typischen q-V-Beziehungen in Abhängigkeit des Auslastungsgrads unter Berücksichtigung der modifizierten angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit dargestellt. Durch die Absenkung des in den RIN (2008) angegebenen Fahrtge-

SAQ _N	Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{VF,N}$ [-]	Pkw-Fahrtgeschwindigkeit [km/h]		
		Kategorie AS 0/I [km/h]	Kategorie AS II [km/h]	Stadtautobahnen [km/h]
A	≥ 1,25	≥ 113	≥ 100	≥ 88
B	≥ 1,20	≥ 108	≥ 96	≥ 84
C	≥ 1,10	≥ 99	≥ 88	≥ 77
D	≥ 1,00	≥ 90	≥ 80	≥ 70
E	≥ 0,85	≥ 77	≥ 68	≥ 60
F	< 0,85	< 77	< 68	< 60

Tab. 18: Stufen der Angebotsqualität (SAQ_N) für Netzabschnitte von Autobahnen in Abhängigkeit der Straßenkategorie

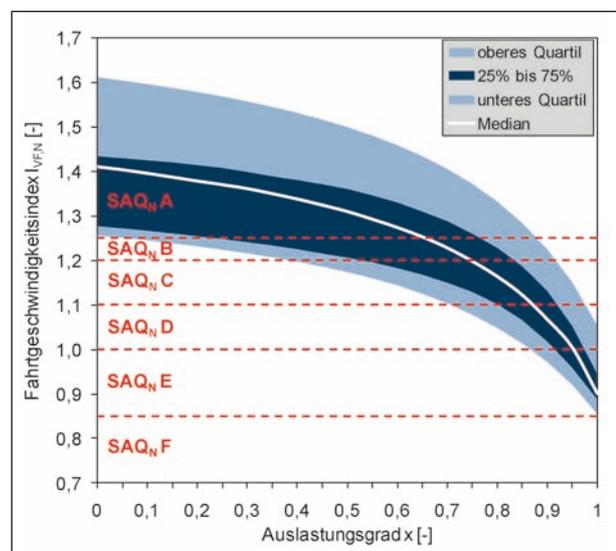


Bild 17: Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit des Auslastungsgrades für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS 0/I ($V_{AS\ 0/I} = 90$ km/h) – Grundlage: 152 typische q-V-Beziehungen

schwindigkeitsniveaus wird gewährleistet, dass nahezu für alle Einzelstrecken die nach Kapitel A3 im Entwurf des HBS (2012) mit der QSV D bewertet werden ($x \leq 0,9$), auch im Zuge der Netzabschnittsbewertung mindestens eine SAQ_N D ermittelt wird.

Die Definition der übrigen SAQ_N -Grenzen folgt der Vorgabe, dass der Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{VF,N}$ für die Grenze SAQ_N B zu SAQ_N C den oberen Wert des modifizierten angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereichs beschreiben soll. Dadurch ist die Spannweite der einzelnen SAQ_N -Klassen definiert. Die SAQ_N F wird nur erreicht, wenn ein Netzabschnitt hoch belastet und zum überwiegenden Teil eine für Netzabschnitte der Kategorie AS 0/1 untypische Streckencharakteristik (Längsneigung $s > 4\%$ oder Autobahntunnel) oder untypische Steuerungsbedingungen ($V_{zul} = 80$ km/h) aufweist. Die Bewertung eines solchen Netzabschnitts mit der SAQ_N F ist berechtigt, da in diesem Falle die Ansprüche aus der Netzplanung unter den gegebenen Bedingungen als nicht erfüllt anzusehen sind.

In Bild 18 sind die Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS II dargestellt. Für Netzabschnitte dieser Straßenkategorie ist die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf $V_{AS II,N} = 80$ km/h erhöht worden. Der nach den RIN (2008) angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereich wurde für Autobahnen mit der Verbindungsfunktionsstufe II entsprechend auf

80 km/h bis 100 km/h angehoben. Dadurch wird gewährleistet, dass der angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereich im Bereich der SAQ_N B bis D liegt (siehe Tabelle 18). Bild 18 zeigt, dass 50 % der q-V-Beziehungen auch im Kapazitätsfall die SAQ_N D erreichen. Die übrigen Strecken liegen ab Auslastungen $x > 0,75$ im Bereich der SAQ_N E und erfüllen somit die RIN-Vorgaben nicht mehr. Tunnelstrecken liegen bei Auslastungen über 95 % sogar im Bereich der SAQ_N F. Allerdings ist dies für die Praxis kaum von Bedeutung, da die Streckencharakteristika, welche bei hohen Auslastungen zur einer Einstufung in die SAQ_N E bzw. F führen (Teilstrecken mit einer Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h bzw. 80 km/h, in Tunneln und mit Längsneigungen $s \geq 3\%$), sich in der Regel nicht über einen gesamten Netzabschnitt der Straßenkategorie AS II erstrecken.

In Bild 19 sind die Fahrtgeschwindigkeitsindizes der für Netzabschnitte von Stadtautobahnen typischen q-V-Beziehungen in Abhängigkeit des Auslastungsgrades dargestellt. Als typische q-V-Beziehungen wurden dabei die Kurven für Strecken innerhalb von Ballungsräumen mit einer Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 100 km/h bzw. 80 km/h sowie Strecken in Tunneln definiert. Bild 19 zeigt, dass auch im Kapazitätsfall über 85 % der betrachteten q-V-Beziehungen für Stadtautobahnen noch die SAQ_N D erreichen. Die sich aus dieser Beobachtung ergebende Vermutung, dass die gewählte Bezugsgeschwindigkeit von $V_{S-BAB} = 70$ km/h und der definierte Fahrtge-

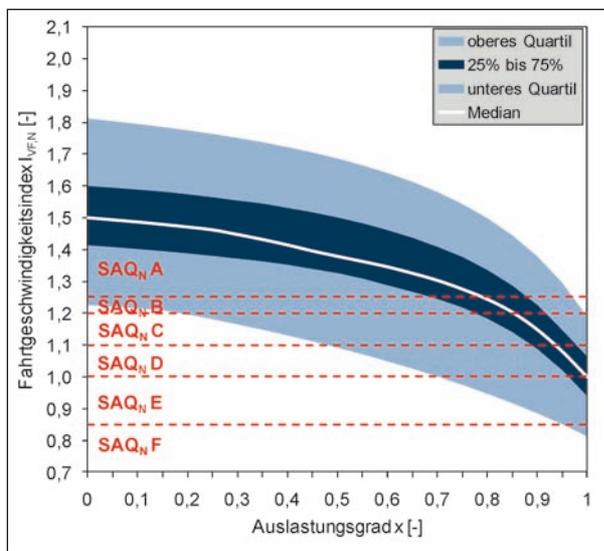


Bild 18: Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit des Auslastungsgrades für Netzabschnitte der Straßenkategorie AS II ($V_{AS II} = 80$ km/h) – Grundlage: alle 272 q-V-Beziehungen

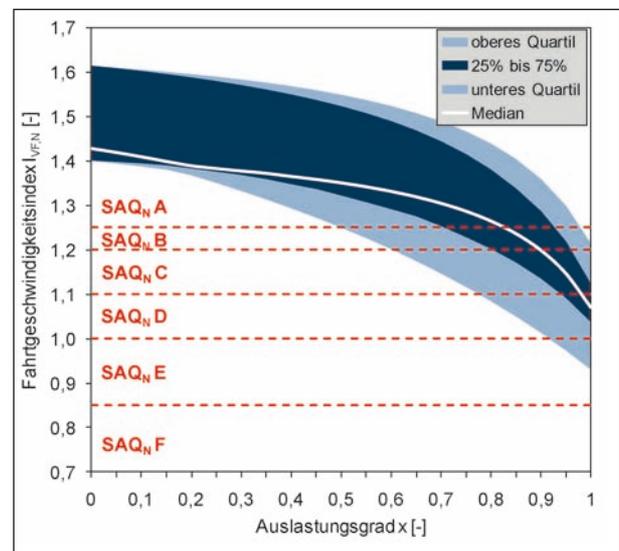


Bild 19: Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindizes in Abhängigkeit des Auslastungsgrades für Netzabschnitte von Stadtautobahnen ($V_{AS S-BAB} = 70$ km/h) – Grundlage: 32 typische q-V-Beziehungen

schwindigkeitsbereich von 70 bis 90 km/h zu niedrig liegen, kann für Stadtautobahnen nicht gelten, da an dieser Stelle ausschließlich q-V-Beziehungen analysiert werden konnten, welche im Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) enthalten waren. Prinzipiell sind bei Stadtautobahnen auch Strecken bzw. Teilstrecken mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h möglich, für welche nach Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) aber keine q-V-Beziehungen existieren. Da durch alternative Verfahren aber auch für solche Strecken bzw. Teilstrecken Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten ermittelt werden können, welche dann vermutlich niedrigerere Fahrtgeschwindigkeitsindizes als im Diagramm dargestellt aufweisen, wurde ein gewisser Spielraum nach unten eingeräumt.

Das sich nach Tabelle 18 aus den vorgeschlagenen Modifikationen ergebende Qualitätsstufenkonzept führt zu einer plausiblen Beurteilung der Angebotsqualität für Netzabschnitte von Autobahnen. Einschränkend muss jedoch erwähnt werden, dass für autobahnähnliche Straßen (EKA 2) der Kategorien AS 0/I und AS II nur eine eingeschränkte Überprüfung des Qualitätsmaßstabs vorgenommen werden konnte, da für die besonderen Regelquerschnitte der EKA 2 die in Kapitel A3 im Entwurf des neuen HBS (2012) angegebenen q-V-Beziehungen nur bedingt anwendbar sind. Auch für Strecken von Stadtautobahnen muss davon ausgegangen werden, dass im Kapitel A3 des Entwurfs des HBS (2012) nur für ein Teil der möglichen Streckencharakteristika anwendbare q-V-Beziehung existieren (z. B. keine q-V-Beziehungen für Strecken mit $V_{zul} = 60$ km/h), sodass eine vollständige deterministische Überprüfung des Qualitätsmaßstabs nicht durchgeführt werden konnte. Liegen dem Anwender für einen Streckentyp keine q-V-Beziehungen nach Kapitel A3 (HBS, 2012) zur Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit vor, so sind alternative Verfahren, wie zum Beispiel die mikroskopische Verkehrsflusssimulation, zur Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit zu verwenden. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes war aufgrund der Aufgabenstellung keine Fahrtgeschwindigkeitsermittlung auf Basis mikroskopischer Verkehrsflusssimulationen möglich.

Auf die Ableitung von QSV-Grenzen für den netzplanerischen Pkw-Fahrtzeitindex wird verzichtet, da es sich, wie in Gleichung 25 zu erkennen, lediglich um den reziproken Wert des netzplanerischen Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex handelt. Die für den

netzplanerischen Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex beschriebenen Zusammenhänge gelten somit in vergleichbarer Form für den netzplanerischen Pkw-Fahrtzeitindex. Es wurde daher festgelegt, dass für die Netzabschnittsbewertung ein geschwindigkeitsbasierter Ansatz verwendet werden soll.

6.4 Zusammenfassung

Aufgrund der in Kapitel 6.1 dargestellten Erkenntnisse wurde beschlossen, dass Netzabschnitte von Autobahnen von Knotenpunktmitte bis Knotenpunktmitte für die Relation „Verbleiben auf der durchgehenden Hauptfahrbahn“ betrachtet werden. Veränderungen der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit aufgrund von Abbiegebeziehungen am Netzabschnittsanfang und -ende werden demzufolge nicht gesondert berücksichtigt. Die Analyse bisheriger Erkenntnisse und zusätzlich durchgeführte Simulationsuntersuchungen haben gezeigt, dass eine Beeinflussung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der durchgehenden Hauptfahrbahn im Bereich von planfreien Knotenpunkten nicht auftritt. Diese Feststellung gilt allerdings nur, solange Einzelelemente des planfreien Knotenpunktes (Ein- und Ausfahrten sowie Verteilerfahrbahnen) nicht überlastet sind. Entsprechende Qualitätsnachweise für die Elemente der planfreien Knotenpunkte im betrachteten Netzabschnitt sind bei der Anwendung des Bewertungsverfahrens für Netzabschnitte von Autobahnen folglich notwendig.

Ausgehend von diesen Ergebnissen wurde auf Basis der Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsermittlung für Strecken von Autobahnen (nach Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS, 2012) ein Verfahren zur Bestimmung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für Netzabschnitte von Autobahnen entwickelt. Das beschriebene Verfahren zur Berechnung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit in Netzabschnitten von Autobahnen ist nur anwendbar, wenn kein Teilelement (Teilstrecken; Verteilerfahrbahnen sowie Ein- und Ausfahrt planfreier Knotenpunkte) des Netzabschnittes überlastet ist. Treten Überlastungen auf, müssen alternative Verfahren (z. B. Mikrosimulationen) zur Bestimmung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im Netzabschnitt angewandt werden. Sind nach Kapitel A3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) keine q-V-Beziehungen für Strecken eines Netzabschnitts (beispielsweise Stadtautobahnen mit $V_{zul} = 60$ km/h) verfügbar, so sind ebenfalls alternative Verfahren zur Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit zu verwenden.

Grundsätzlich wurden zwei unterschiedliche Ansätze zur Bewertung der Verkehrsqualität und der Angebotsqualität für Netzabschnitte von Autobahnen entwickelt. Der erste Ansatz sollte zur Beschreibung der Verkehrsqualität von Netzabschnitten aus Nutzersicht dienen. Als maßgebendes Bewertungskriterium wurde für diesen Ansatz der individuelle Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex gewählt. Er beschreibt das Verhältnis zwischen der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im Netzabschnitt und der im leeren Netzabschnitt theoretisch erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit (Annahme $q = 0$ Kfz/h). Ausgehend von der Qualitätsstufeneinteilung für Strecken von Autobahnen (maßgebendes Bewertungskriterium: Auslastungsgrad) wurde ein Bewertungsmaßstab für den individuellen Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex abgeleitet. Die Gegenüberstellung der Ergebnisse der Verkehrsqualitätsbewertung von Netzabschnitten unter Verwendung des entwickelten Bewertungsmaßstab mit den für entsprechende Strecken nach Kapitel A3 (HBS, 2012) ermittelten Verkehrsqualitäten zeigte deutliche Inkonsistenzen. So konnten zwar für die Qualitätsstufengrenzen der Strecken in den meisten Fällen übereinstimmende Bewertungen für Strecken und Netzabschnitte ermittelt werden, bei Auslastungsgraden knapp oberhalb der Qualitätsstufengrenzen wurde für die Netzabschnitte zu meist aber eine bessere Qualitätsstufe ermittelt. Dieser Effekt resultiert u. a. aus der zunehmenden Streuung der Fahrtgeschwindigkeitsindizes bei steigender Verkehrsbelastung. Deshalb wurde beschlossen, kein Verfahren für die Beurteilung der Verkehrsqualität von Netzabschnitten in den Entwurf des neuen HBS (2012) aufzunehmen.

Die für Netzabschnitte ermittelten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten sollen somit ausschließlich zur Beurteilung der Angebotsqualität im Sinne der RIN (2008) verwendet werden. Der zweite Ansatz dient einer solchen Bewertung. Dabei wird die in einem Netzabschnitt zu erwartende mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf die Zielvorgaben der RIN (2008) bezogen. Diese Zielvorgaben ergeben sich aus den nach den RIN (2008) angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten in Abhängigkeit der Straßenkategorie. Als maßgebendes Bewertungskriterium wurde ein entsprechender Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{VF,N}$ definiert, welcher das Verhältnis aus der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt $V_{F,N}$ und der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{AS,N}$ nach Gleichung 28 beschreibt:

$$I_{VF,N} = \frac{V_{F,N}}{V_{AS,N}} \quad [-] \quad \text{Gl. 28}$$

mit

$I_{VF,N}$ Fahrtgeschwindigkeitsindex [-]

$V_{F,N}$ mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit im Netzabschnitt [km/h]

$V_{AS,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt nach Tabelle 19 [km/h]

Unter der Maßgabe, dass die in den RIN (2008) genannten Zielvorstellungen für die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereiche einer Angebotsqualität von SAQ_N C oder D entsprechen sollen, wurde ein Bewertungsmaßstab für den Fahrtgeschwindigkeitsindex abgeleitet. Bei der Entwicklung und Überprüfung dieses Bewertungsmaßstabs wurde festgestellt, dass der in den RIN (2008) für Straßen der Kategorie AS 0/I angegebene angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereich als zu hoch anzusehen ist. Dies konnte damit begründet werden, dass für Netzabschnitte der Kategorie AS 0/I typische Strecken, welche bei der Streckenbewertung die QSV D erreichen (geforderte Mindestqualität für Bundesfernstraßen gemäß dem ARS Nr. 10/2002 zum HBS, 2001), Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten aufwiesen, welche unter der unteren Grenze der Zielvorstellungen der RIN (2008) lagen. Für Netzabschnitte der Kategorie AS II lagen dagegen die Zielvorstellungen der RIN (2008) tendenziell zu niedrig, da die Vorgaben der RIN (2008) bei diesen Straßen unabhängig von den vorhandenen Verkehrsbelastungen generell übertroffen wurden. Daher wurden für die Netzabschnittsbewertung Modifikationen der in den RIN (2008) genannten Bereiche für die angestrebten Fahrtgeschwindigkeiten und somit der Bezugsgrößen $V_{AS,N}$ für den Fahrtgeschwindigkeitsindex vorgenommen (Tabelle 19).

Des Weiteren war im Verfahren zu berücksichtigen, dass für Stadtautobahnen und deren besondere Trassierungseigenschaften (eigene Entwurfsklasse nach RAA, 2008) keine gesonderten Zielvorstellungen in den RIN enthalten sind. Aufgrund der bei Stadtautobahnen im Regelfall angeordneten Geschwindigkeitsbeschränkung auf 80 km/h (im Ausnahmefall auch 100 km/h) wurde eine gemeinsame Behandlung mit den Straßen der Kategorien AS 0/I bzw. AS II als nicht sachgerecht angesehen. Daher wurde vorgeschlagen, im Rahmen

Straßen- kategorie	angestrebter Pkw-Fahrt- geschwindigkeitsbereich		Bezugs- größen für Pkw-Fahrt- geschwindig- keitsindex $V_{AS,N}$
	nach RIN (2008)	Modifikations- vorschlag	
AS 0/I	100 bis 120 km/h	90 bis 110 km/h	90 km/h
AS II	70 bis 90 km/h	80 bis 100 km/h	80 km/h
Stadt- autobahnen	-	70 bis 90 km/h	70 km/h

Tab. 19: Angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten nach den RIN (2008) einschließlich Modifikationsvorschläge und Bezugsgrößen für den Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex für die Kategorien AS 0/I und AS II sowie Stadtautobahnen

SAQ _N	Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{VF,N}$ [-]
A	≥ 1,25
B	≥ 1,20
C	≥ 1,10
D	≥ 1,00
E	≥ 0,85
F	< 0,85

Tab. 20: Stufen der Angebotsqualität (SAQ_N) für Netzabschnitte von Autobahnen in Abhängigkeit der Straßenkategorie

einer Fortschreibung der RIN (2008) für Stadtautobahnen gesonderte Zielvorstellungen für die angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zu ergänzen (Tabelle 19).

Unter Verwendung der modifizierten angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten konnte ein plausibler Bewertungsmaßstab für die Beurteilung der Angebotsqualität von Netzabschnitten hergeleitet werden (Tabelle 20), welcher auch für die Beurteilung der Angebotsqualität von Netzabschnitten der Kategoriengruppe LS verwendet werden kann (siehe hierzu auch Kapitel 7).

Die in Tabelle 20 angegebenen Stufen der Angebotsqualität (SAQ_N) bedeuten:

SAQ_N A: Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt liegt deutlich über der nach den RIN (2008) angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit. Die Angebotsqualität des Netzabschnitts liegt somit deutlich über den netzplanerischen Anforderungen aus der zugehörigen Verbindungsfunktionsstufe.

SAQ_N B: Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt liegt über der nach den RIN (2008) angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit. Die Angebotsqualität des Netzabschnitts liegt somit über den netzplanerischen Anforderungen aus der zugehörigen Verbindungsfunktionsstufe.

SAQ_N C: Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt liegt im oberen Bereich der nach den RIN (2008) vorgegebenen Bandbreite für die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit. Die infrastrukturellen und verkehrlichen Randbedingungen des Netzabschnitts erfüllen somit auch bei großen Fahrtweiten die netzplanerischen Anforderungen aus der zugehörigen Verbindungsfunktionsstufe.

SAQ_N D: Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt liegt im unteren Bereich der nach den RIN (2008) vorgegebenen Bandbreite für die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit. Die infrastrukturellen und verkehrlichen Randbedingungen des Netzabschnitts erfüllen somit nur bei geringen Fahrtweiten die netzplanerischen Anforderungen aus der zugehörigen Verbindungsfunktionsstufe.

SAQ_N E: Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt liegt unterhalb der nach den RIN (2008) vorgegebenen Bandbreite für die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit. Die infrastrukturellen und verkehrlichen Randbedingungen des Netzabschnitts erfüllen somit auch bei geringen Fahrtweiten nicht die netzplanerischen Anforderungen aus der zugehörigen Verbindungsfunktionsstufe.

SAQ_N F: Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt liegt deutlich unterhalb der nach den RIN (2008) vorgegebenen Bandbreite für die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit. Die infrastrukturellen und verkehrlichen Randbedingungen des Netzabschnitts erfüllen somit auch bei geringen Fahrtweiten bei weitem nicht die netzplanerischen Anforderungen aus der zugehörigen Verbindungsfunktionsstufe.

Das erläuterte Verfahren wurde als Kapitel A5 in den Entwurf des neuen HBS (2012) zur Beurteilung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Autobahnen übernommen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Übergang von der $SAQ_N E$ zur $SAQ_N F$ nicht die Kapazität der Netzabschnitte widerspiegelt, da bei der Beurteilung der Angebotsqualität nicht die Verkehrsqualität aus Nutzersicht, sondern die Erreichbarkeit im Sinne der RIN (2008) beurteilt wird. Der Übergang von der $SAQ_N E$ zur $SAQ_N F$ beschreibt daher vielmehr eine Zumutbarkeitsgrenze bzgl. der Erreichbarkeit gemäß den RIN (2008).

7 Netzabschnitte von Landstraßen

7.1 Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten

Für die Landstraßen gelten sinngemäß dieselben Grundlagen wie für die Autobahnen. Somit ergibt sich für Netzabschnitte von Landstraßen die in Bild 20 dargestellte Untergliederung. Die Netzabschnitte lassen sich gemäß Kapitel L3 des neuen HBS (2012) in Strecken und Teilstrecken untergliedern.

Eine Strecke ist ein Teil einer Landstraße zwischen zwei Hauptknotenpunkten; sie kann Nebenknotenpunkte enthalten. Hauptknotenpunkte sind hierbei

definiert als Knotenpunkte, an denen der betrachtete Verkehrsstrom auf einer Straße durch Vorfahrtbeschilderung oder Lichtsignalanlage wartepflichtig sein kann. Nebenknotenpunkte sind Knotenpunkte, an denen der betrachtete Verkehrsstrom ständig vorfahrtberechtigt ist. Eine Teilstrecke ist wiederum ein Teil einer Strecke mit annähernd gleichbleibenden Eigenschaften (streckenbezogene Einflussgrößen, Verkehrsstärken, Verkehrszusammensetzung), dessen Eigenschaften sich von denen benachbarter Teilstrecken deutlich unterscheiden. Eine Teilstrecke einer Landstraße kann Nebenknotenpunkte enthalten.

Die ausschließliche Betrachtung von Einzelanlagen einer Straße und deren Verkehrsqualitätsbewertung mit QSV beschreiben, 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 Fahrtgeschwindigkeit des Kfz-Verkehrs auf Netzabschnitten ermittelt und durch einen Vergleich mit den Zielvorstellungen der RIN (2008) in Form der Angebotsqualität bewertet werden kann.

In den RIN (2008) sind für die Netzabschnitte von Landstraßen Bandbreiten angestrebter mittlerer

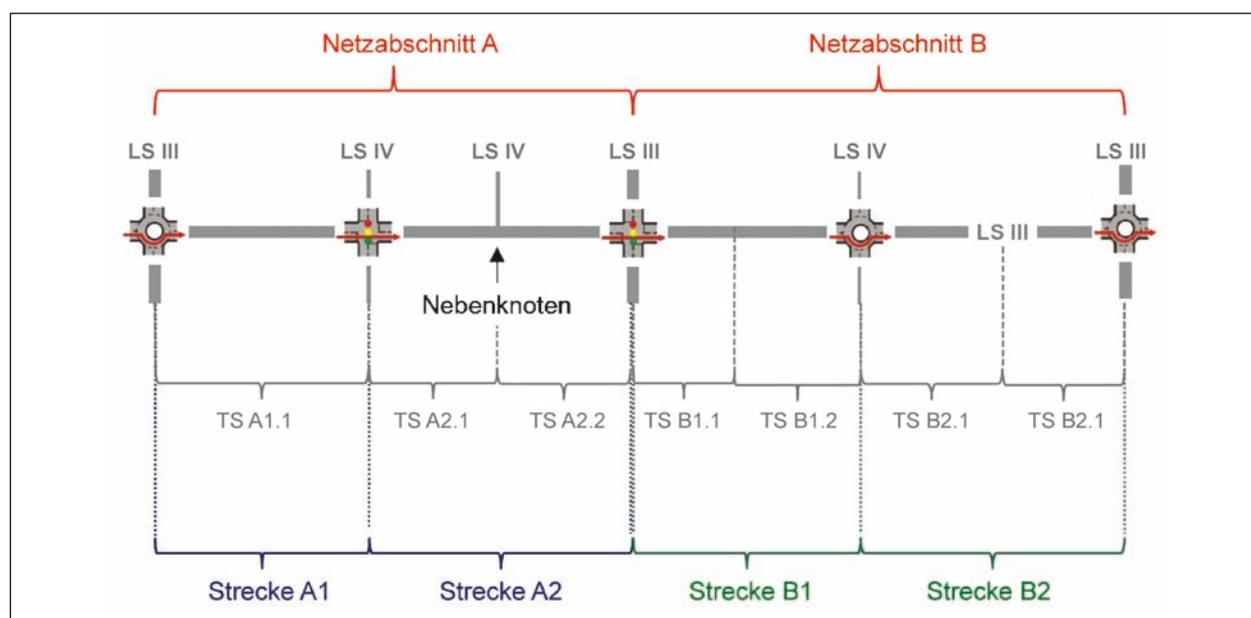


Bild 20: Untergliederung des Straßennetzes in Netzabschnitte, Strecken und Teilstrecken (TS) am Beispiel einer Landstraße der Kategorie LS III

Kategorie		$V_{F,N,Ziel}$ [km/h]
LS I	Fernstraße	80-90
LS II	Überregionalstraße	70-80
LS III	Regionalstraße	60-70
LS IV	Nahbereichsstraße	50-60
LS V	Anbindungsstraße	keine

Tab. 21: Angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) für Landstraßen der Kategoriengruppe LS

Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ (Tabelle 21) vorgegeben, die von der Straßenkategorie abhängig sind und im Bemessungszeitraum erreichbar sein sollen. Die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ sind Zielvorstellungen für eine funktionsgerechte Ausbildung des Straßennetzes. Sie bilden dadurch eine wichtige Grundlage für die entwurfstechnische Gestaltung der Strecken und Knotenpunkte gemäß den Entwurfsrichtlinien, bei Landstraßen den RAL (2012). Die Geschwindigkeiten bilden zugleich auch die Grundlage der Zielvorgaben für die Bewertung der Verbindungsqualität zwischen Quellen und Zielen von Ortsveränderungen gemäß den RIN (2008).

7.2 Qualitätskriterien und -stufen

Die Bewertung der Angebotsqualität eines Netzabschnitts soll grundsätzlich für beide Fahrtrichtungen getrennt erfolgen. Dazu ist bei Entwicklung eines standardisierten Berechnungsverfahrens ein entsprechendes Kriterium zugrunde zu legen. Mit diesem Qualitätskriterium soll die zugehörige SAQ_N eines Netzabschnitts bestimmt werden.

Die Angebotsqualität von Netzabschnitten soll dabei in sechs Qualitätsstufen von A bis F bewertet werden. Die auf diese Weise durchgeführte Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten mit SAQ_N soll beschreiben, inwieweit eine Kombination aus aufeinanderfolgenden Strecken und Knotenpunkten sicherstellen kann, dass die Zielvorstellungen der RIN (2008) in Bezug auf eine angestrebte Fahrtgeschwindigkeit im Netz verwirklicht werden. Des Weiteren soll sie eine Grundlage für die gemäß den RIN (2008) durchzuführende Beurteilung der Angebotsqualität vollständiger Verbindungen zwischen zentralen Orten mit auf Luftlinienverbindungen bezogenen SAQ_V dienen.

7.2.1 Kriterium für die Angebotsqualität

Als Kriterium für die Angebotsqualität eines Netzabschnitts wird auf Grundlage der Erkenntnisse zu den Netzabschnitten von Autobahnen der Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{VF,N}$ verwendet. Dieser ergibt sich aus der in der Bemessungsstunde zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N}$ auf dem Netzabschnitt bezogen auf eine von der Straßenkategorie gemäß den RIN (2008) abhängigen angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{LS,N}$. Mit diesem Index soll bewertet werden, mit welcher Qualität der Netzabschnitt unter den infrastrukturellen und verkehrlichen Randbedingungen die netzplanerisch angestrebte Verbindungsfunktion erfüllt. Für Netzabschnitte von Landstraßen ergibt sich der Fahrtgeschwindigkeitsindex $I_{VF,N}$ gemäß dem Vorgehen der Netzabschnitte von Autobahnen nach Gleichung 29:

$$I_{VF,N} = \frac{V_{F,N}}{V_{LS,N}} \quad \text{Gl. 29}$$

mit

$I_{VF,N}$ Fahrtgeschwindigkeitsindex für den Netzabschnitt [-]

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

$V_{LS,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategoriengruppe LS [km/h]

Die $V_{F,N}$ ist für den jeweiligen Netzabschnitt zu ermitteln. Ein Verfahren zur Bestimmung der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für Strecken von Landstraßen ist sowohl im HBS (2001) als auch im Entwurf des neuen HBS (2012) enthalten. Für die Bewertung der Netzabschnitte von Landstraßen ist zu untersuchen, inwieweit an Hauptknotenpunkten die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit sowohl von der nach dem Entwurf des HBS (2012) berechenbaren mittleren Wartezeit an Knotenpunkten, als auch den zusätzlich entstehenden Zeitverlusten in Bereichen der Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge beeinflusst wird.

Die $V_{LS,N}$ als Bezugsgröße ist von der Straßenkategorie gemäß den RIN (2008) abhängig ist. Daher soll die $V_{LS,N}$ ausgehend von den nach den RIN (2008) angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{F,N,Ziel}$ (Tabelle 21) abgeleitet und auf ihre Eignung hin überprüft werden.

7.2.2 Stufen der Angebotsqualität

Zur Einteilung der SAQ_N von A bis F soll zunächst überprüft werden, ob die Grenzwerte des Fahrtgeschwindigkeitsindex I_{VF} nach Tabelle 22 gemäß den Netzabschnitten von Autobahnen für die einzelnen Kategoriengruppen LS I bis LS IV übertragbar sind oder eine von den Autobahnen abweichende differenzierte Einteilung notwendig ist.

Die Festlegung der Grenzwerte des Fahrtgeschwindigkeitsindex I_{VF} erfolgt ausgehend von dem bereits für Netzabschnitte von Autobahnen 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 $I_{VF,N} \geq 1,00$ ausgedrückt wird.

7.3 Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt

Für ein Verfahren mit Geschwindigkeitsindex muss zunächst, unabhängig von der anzusetzenden Bezugsgröße, die unter den gegebenen verkehrlichen und geometrischen Randbedingungen und den hieraus resultierenden Einflüssen erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit über einen Netzabschnitt ermittelt werden.

Das in den Entwurf des neuen HBS (2012) integrierte Verfahren zur Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einer Strecke von Landstraßen ist richtungsgetreut und über die Einflussbereiche von Knotenpunkten hinweg anzuwenden. Differenzierungen zwischen unbeeinflusster Strecke und Einflussbereichen von Knotenpunkten erfolgen nach Kapitel L3 des Entwurfs des HBS (2012) weder für Strecken noch für Teilstrecken.

Die Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit erfolgt für die einzelnen Teilstrecken in Abhängigkeit der nachgefragten Verkehrsstärke unter Berücksichtigung der maßgebenden Einflussgrößen

- richtungsbezogene Fahrstreifenanzahl,
- Längsneigung,
- Kurvigkeit und
- Schwerverkehrsanteil.

SAQ_N	$I_{VF} [-]$
A	$\geq 1,25$
B	$\geq 1,20$
C	$\geq 1,10$
D	$\geq 1,00$
E	$\geq 0,85$
F	$< 0,85$

Tab. 22: Grenzwerte des Fahrtgeschwindigkeitsindex I_{VF} für die SAQ_N der Kategorien LS I bis LS VI bei Übertragung des Ansatzes der Netzabschnitte von Autobahnen

Aus den für die Teilstrecken ermittelten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten können die mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten innerhalb einer Strecke wie bei Autobahnen nach Gleichung 10 bestimmt werden. Mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten von Strecken (nach Kapitel L3 des Entwurfs des neuen HBS, 2012) sind Eingangsgrößen für die Ermittlung der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt.

Die Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität von Knotenpunkten mit und ohne Lichtsignalanlage stützen sich auf die Ermittlung der mittleren Wartezeit, zum Teil ohne Berücksichtigung eventueller Zeitverluste durch Beschleunigungs- bzw. Verzögerungsvorgänge im Einflussbereich der Knotenpunkte. Bei einer reinen Addition der beiden Zeitkomponenten mittlere Pkw-Fahrtzeit über die Strecke und mittlere Wartezeit am Knotenpunkt wird die tatsächliche mittlere Pkw-Fahrtzeit durch Strecken und die Knotenpunkte gegebenenfalls unterschätzt bzw. die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit gegebenenfalls überschätzt.

Die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit über einen Netzabschnitt ergibt sich daher aus den Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf den Strecken, den Wartezeiten an den Hauptknotenpunkten und den Zeitzuschlägen für die Einflussbereiche vor und nach den Knotenpunktmitten unter Berücksichtigung der Definition eines Netzabschnitts nach Gleichung 30:

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

Gl. 30

mit

$V_{F,N}$ mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit über einen Netzabschnitt [km/h]

L_N Länge des Netzabschnitts [m]

$L_{S,i}$ Länge der Strecke i

$V_{F,S,i}$ mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke i [km/h]

$t_{w,j}$ mittlere Wartezeit am Knotenpunkt j [s]

$t_{Z,KE,j}$ Zeitzuschlag im Bereich vor Knotenpunktmitte am Knotenpunkt j [s]

$t_{Z,KA,j}$ Zeitzuschlag im Bereich nach Knotenpunktmitte am Knotenpunkt j [s]

n Anzahl der Strecken in einem Netzabschnitt [-]

m Anzahl der Hauptknotenpunkte auf einem Netzabschnitt [-]

Die Zeitzuschläge an Knotenpunkten wurden aus empirischen Daten und Analogieschlüssen für Knotenpunkte mit und ohne Lichtsignalanlage abgeleitet.

7.3.1 Zeitzuschläge an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage

Grundlage zur Ermittlung der Zeitzuschläge an Knotenpunkten sind entsprechende abgeleitete Geschwindigkeitsmodelle für den Bereich der Knotenpunktzu- und -ausfahrt. Diese wurden aufbauend auf empirischen Daten und weiteren Analogiebetrachtungen für Knotenpunkte mit und ohne Lichtsignalanlage abgeleitet.

Kreisverkehr

Bei der Durchfahrt eines Kreisverkehrs entspricht der über die Wartezeit hinausgehende zusätzliche Zeitverlust in etwa der geometrischen Verlustzeit, also einer freien Fahrt (hier: verkehrlich unbeeinflusst) durch einen Kreisverkehr im Vergleich zu einer Fahrt der gleichen Länge ohne Kreisverkehr (hier: verkehrlich und geometrisch unbeeinflusst).

Für Kreisverkehre wurde in Anlehnung an den Ansatz zur Bestimmung der geometrischen Verlustzeit nach RODEGERDTS (2006; vgl. Bild 21) nach Gleichung 31:

$$d_{geo} = \left[\frac{v_{circ} - v_{app}}{a_{app \rightarrow circ}} + \frac{x_{circ}}{v_{circ}} + \frac{v_{dep} - v_{circ}}{a_{circ \rightarrow dep}} \right] - \left[\frac{x_{app}}{v_{app}} + \frac{x_{dep}}{v_{dep}} \right] \quad \text{Gl. 31}$$

mit

d_{geo} geometrische Verlustzeit [s]

v_{circ} konstante Geschwindigkeit in der Kreisfahrbahn [m/s]

v_{app} Ausgangsgeschwindigkeit in der Zufahrt [m/s]

v_{dep} Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

a_{app} Verzögerung in der Zufahrt [m/s²]

a_{dep} Beschleunigung in der Ausfahrt [m/s²]

x_{circ} Weg in der Kreisfahrbahn mit konstanter Geschwindigkeit [m/s²]

x_{app} Weg in der Zufahrt von der Ausgangsgeschwindigkeit bis zur Geschwindigkeit in der Kreisfahrbahn [m/s²]

x_{dep} Weg in der Ausfahrt von der Geschwindigkeit in der Kreisfahrbahn bis zur Endgeschwindigkeit [m/s²]

mit empirischen Daten aus den Untersuchungen von STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER (2008) die Zeitverluste einer freien Durchfahrt eines Kreisverkehrs gegenüber einer freien Durchfahrt ohne Kreisverkehr bestimmt. Als freie Durchfahrt gelten hierbei Einfahrten von Probanden mit einer Zeit-

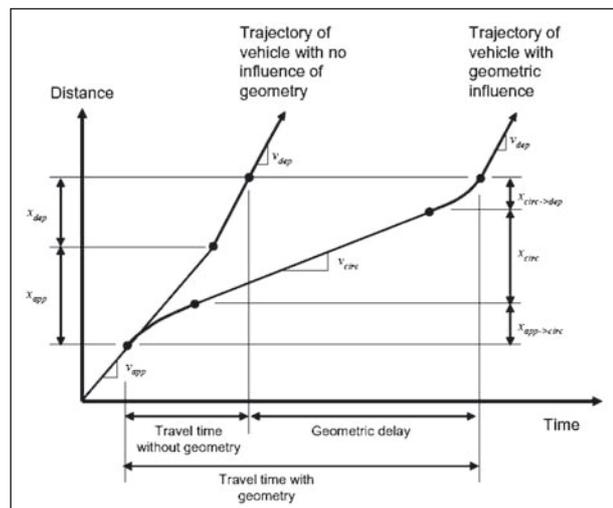


Bild 21: Ansatz zur Bestimmung der geometrischen Verlustzeit nach RODEGERDTS (2006)

lücke zum vorausfahrenden und nachfolgenden Fahrzeug von mindestens 4 s.

Aus 61 freien Fahrten, erhoben an insgesamt vier Kreisverkehren mit annähernd gleicher Geometrie (Durchmesser etwa 40 m und radial verlaufende Zufahrten im Winkel von etwa 100 gon), wurden die Parameter nach Gleichung 32 bestimmt und die geometrische Verlustzeit der Ausgangs- bzw. Endgeschwindigkeit gegenübergestellt. Bild 22 zeigt für die 61 freien Fahrten den Zusammenhang zwischen der Ausgangsgeschwindigkeit und der hieraus resultierenden geometrischen Verlustzeit unter gleichbleibenden geometrischen Randbedingungen.

Unter der Annahme einer konstanten Verzögerung in der Zufahrt bzw. konstanten Beschleunigung in der Ausfahrt und einer konstanten Geschwindigkeit in der Kreisfahrbahn kann die geometrische Verlustzeit in Abhängigkeit der Ausgangs- bzw. Endgeschwindigkeit funktional beschrieben werden. Aus den Analysen der 61 freien Fahrten ergaben sich in der Zufahrt eine mittlere Verzögerung von etwa 1,3 m/s² sowie eine gemittelte Fahrtgeschwindigkeit von 26,3 km/h (7,3 m/s) innerhalb der Kreisfahrbahn. Die nahezu konstante Geschwindigkeit in der Kreisfahrbahn selber zog sich über eine Länge von etwa 54 m. Hiervon sind jeweils 27 m dem Bereich vor bzw. nach Knotenpunktmitte zuzuordnen. Angemerkt sei, dass es

sich bei den 61 freien Fahrten ausschließlich um „Geradeausfahrten“ handelt. Ein höherer bzw. geringerer geometrischer Zeitverlust durch unterschiedliche Längen beim Durchfahren der Kreisfahrbahn als „Links- bzw. Rechtsabbieger“ bleibt bei diesen Analysen unberücksichtigt.

Die geometrische Verlustzeit in der Zufahrt bis Knotenpunktmitte ergibt sich nach Gleichung 32:

$$d_{\text{geo,v}} = \left[\frac{7,3 - v_{\text{app}}}{-1,311} + \frac{27}{7,3} \right] - \left[\frac{7,3^2 - v_{\text{app}}^2}{-2,622} + 27 \right] \frac{1}{v_{\text{app}}}$$

Gl. 32

mit

$d_{\text{geo,v}}$ geometrische Verlustzeit in der Zufahrt bis Knotenpunktmitte [s]

v_{app} Ausgangsgeschwindigkeit in der Zufahrt [m/s]

Zur Ermittlung der Verlustzeit in der Ausfahrt ergaben sich aus den Analysen in etwa die gleichen Größen der Kennwerte. Die Unterschiede sind im Ergebnis als vernachlässigend anzusehen. Daher gilt die Gleichung 33 unter Verwendung der Endgeschwindigkeit anstelle der Ausgangsgeschwindigkeit auch für die Ermittlung der geometri-

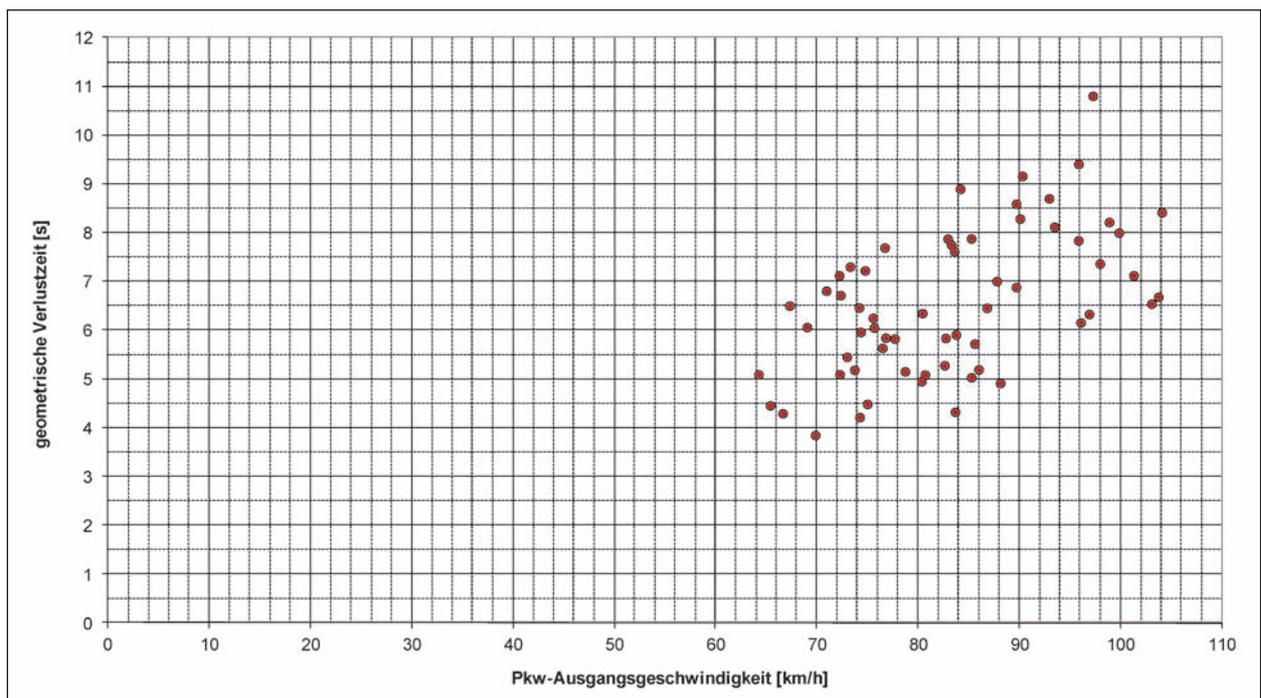


Bild 22: Ausgangsgeschwindigkeit und ermittelte geometrische Verlustzeit der 61 untersuchten freien Fahrten

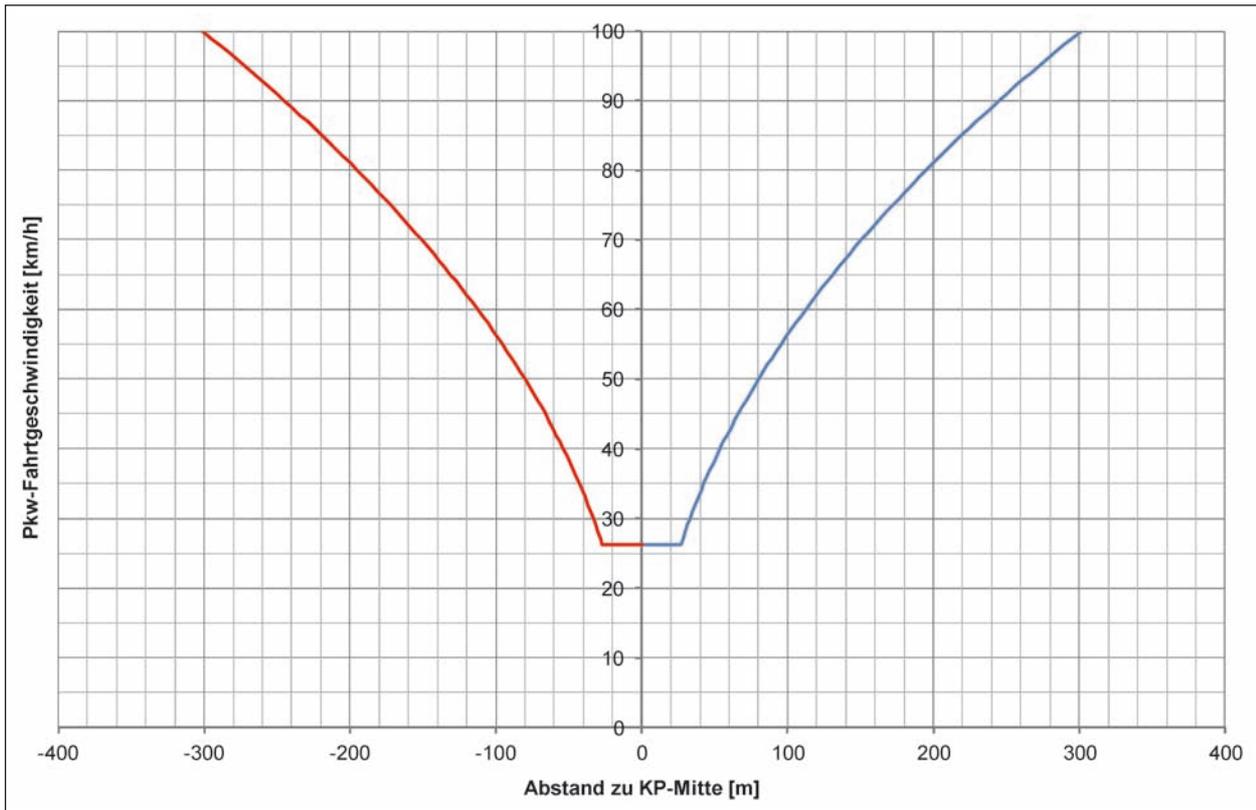


Bild 23: Abgeleitetes Geschwindigkeitsmodell für eine freie Durchfahrt eines Kreisverkehrs

schen Verlustzeit in der Ausfahrt ab Knotenpunktmitte:

$$d_{geo,n} = \left[\frac{7,3 - v_{dep}}{-1,311} + \frac{27}{7,3} \right] - \left[\frac{7,3^2 - v_{dep}^2}{-2,622} + 27 \right] \cdot \frac{1}{v_{dep}}$$

Gl. 33

mit

$d_{geo,n}$ geometrische Verlustzeit in der Ausfahrt ab Knotenpunktmitte [s]

v_{dep} Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

Das sich aus den empirisch ermittelten Kenngrößen ableitbare Geschwindigkeitsmodell ist in Bild 23 dargestellt. Für das weitere Vorgehen wird angenommen, dass für Kreisverkehre die geometrische Verlustzeit in etwa dem anzusetzenden Zeitzuschlag ($t_{z,KE}$ bzw. $t_{z,KA}$) gemäß Gleichung 27 entspricht. Die anzusetzenden Zeitzuschläge können über Bild 24 oder als abgeleitete Pauschalwerte aus Tabelle 23 ermittelt werden.

mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit V_{FS} [km/h]	Zeitverlust vor Knotenpunkt $t_{z,KE}$ [s]	Zeitverlust nach Knotenpunkt $t_{z,KA}$ [s]
≤ 50	2,5	2,5
≤ 60	3,5	3,5
≤ 70	4,5	4,5
≤ 80	5,5	5,5
≤ 90	7,0	7,0
> 90	8,5	8,5

Tab. 23: Empfohlene Zuschläge für zusätzliche Zeitverluste vor und hinter einem Kreisverkehr in Abhängigkeit von der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor und hinter dem Knotenpunkt

Anstelle der Ausgangs- bzw. der Endgeschwindigkeit kann vereinfachend die nach Kapitel L3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) ermittelte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt angesetzt werden (oder gegebenenfalls auch der jeweiligen Teilstrecke).

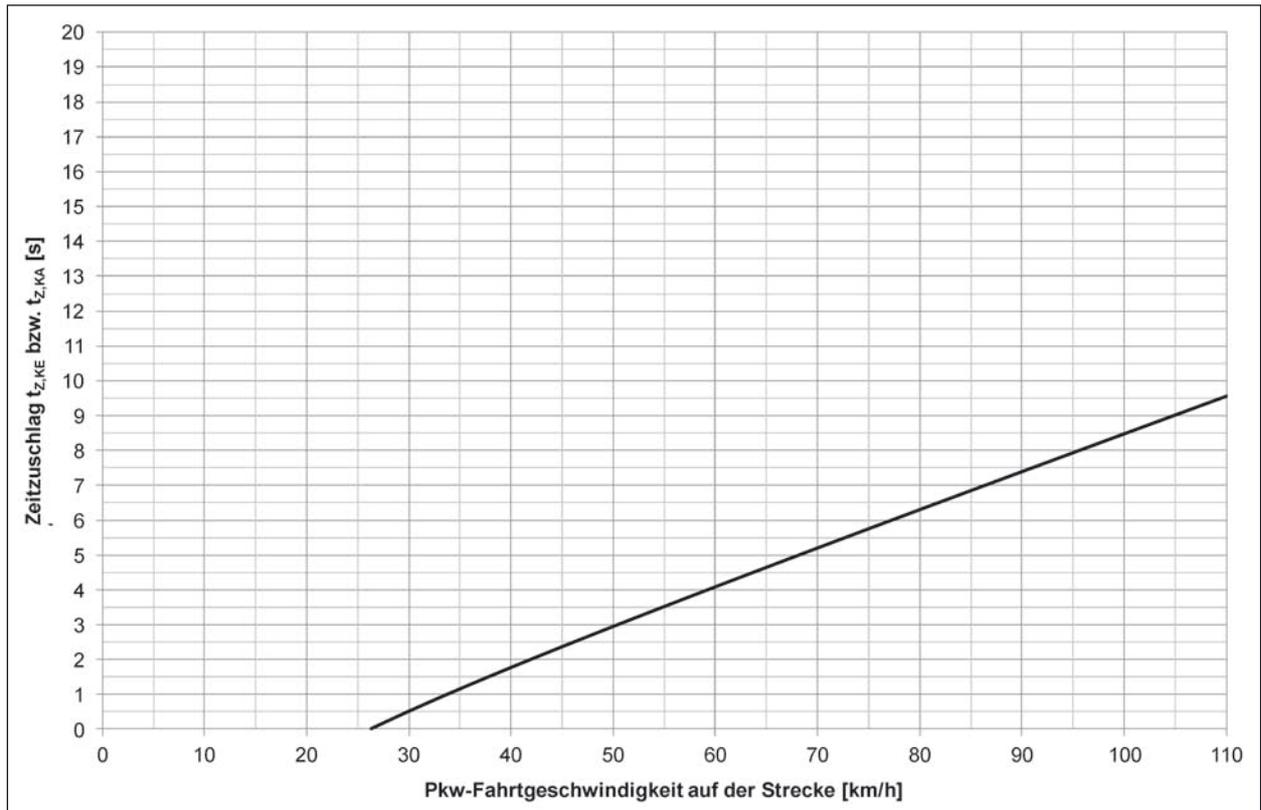


Bild 24: Funktion zur Ermittlung der zusätzlichen Zeitverluste vor bzw. hinter einem Kreisverkehr in Abhängigkeit der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt

7.3.2 Zeitzuschläge für Kreuzungen und Einmündungen ohne Lichtsignalanlage

Bei der freien Durchfahrt durch einen Knotenpunkt ohne Lichtsignalanlage als untergeordneter Verkehrsstrom entspricht der über die Wartezeit hinausgehende zusätzliche Zeitverlust in etwa dem Verzögern in der Zufahrt bis zur Warte- bzw. Haltlinie und dem Beschleunigen in der Ausfahrt im Vergleich zu einer Fahrt der gleichen Länge ohne Knotenpunkt. Die Fahrtzeit einer freien Fahrt mit einer definierten Ausgangsgeschwindigkeit bis zum Erreichen der Warte- bzw. Haltlinie ergibt sich unter der Bedingung, dass die Ausgangsgeschwindigkeit größer oder gleich der Geschwindigkeit an der Warte- bzw. Haltlinie ist, nach Gleichung 34:

$$t_{f,A} = \frac{V_H - V_A}{a_v} \quad \text{Gl. 34}$$

mit

$t_{f,A}$ Fahrtzeit in der Zufahrt bis zur Warte- bzw. Haltlinie [s]

V_H Geschwindigkeit an der Warte- bzw. Haltlinie [m/s]

V_A Ausgangsgeschwindigkeit in der Zufahrt [m/s]

a_v konstante Verzögerung [m/s]

Die Fahrtzeit einer freien Fahrt von der Warte- bzw. Haltlinie bis Knotenpunktmitte ergibt sich unter der Bedingung, dass die Geschwindigkeit in Knotenpunktmitte größer oder gleich der Geschwindigkeit an der Warte- bzw. Haltlinie ist, nach Gleichung 35:

$$t_{f,H} = \frac{V_{KPM} - V_H}{a_b} \quad \text{Gl. 35}$$

mit

$t_{f,H}$ Fahrtzeit von der Warte- bzw. Haltlinie bis Knotenpunktmitte [s]

V_{KPM} Geschwindigkeit in Knotenpunktmitte [m/s]

V_H Geschwindigkeit an der Warte- bzw. Haltlinie [m/s]

a_b konstante Beschleunigung [m/s]

Die Geschwindigkeit in Knotenpunktmitte ist bei gegebener Geschwindigkeit an der Warte- bzw. Haltlinie und der Annahme einer konstanten Be-

schleunigung abhängig von dem Abstand der Haltlinie bis Knotenpunktmittle nach Gleichung 36:

$$V_{KPM} = \sqrt{V_H^2 + 2 \cdot a_b \cdot L_H} \quad \text{Gl. 36}$$

mit

V_{KPM} Geschwindigkeit in Knotenpunktmittle [m/s]

a_b Beschleunigung [m/s]

L_H Abstand von der Warte- bzw. Haltlinie bis Knotenpunktmittle [m]

Die Fahrtzeit einer freien Fahrt in der Zufahrt bis Knotenpunktmittle ergibt sich zusammenfassend nach Gleichung 37:

$$t_{f,KE} = \frac{V_H - V_A}{a_v} + \frac{V_{KPM} - V_H}{a_b} \quad \text{Gl. 37}$$

mit

$t_{f,KE}$ Fahrtzeit in der Zufahrt bis Knotenpunktmittle [s]

V_A Ausgangsgeschwindigkeit in der Zufahrt [m/s]

V_{KPM} Geschwindigkeit in Knotenpunktmittle [m/s]

V_H Geschwindigkeit an der Warte- bzw. Haltlinie [m/s]

a_b konstante Beschleunigung [m/s]

a_v konstante Verzögerung [m/s]

Die zu vergleichende Fahrtzeit einer freien Fahrt ohne Knotenpunkt ergibt sich aus der Länge der freien Fahrt mit Knotenpunkt von der Stationierung der Ausgangsgeschwindigkeit bis Knotenpunktmittle nach Gleichung 38:

$$t_{ff,KE} = \frac{V_H^2 - V_A^2}{2 \cdot a_v} \cdot \frac{1}{V_A} + \frac{L_H}{V_A} \quad \text{Gl. 38}$$

mit

$t_{ff,KE}$ Fahrtzeit über die Länge der Zufahrt ohne Knotenpunkt [s]

V_A Ausgangsgeschwindigkeit in der Zufahrt [m/s]

L_H Abstand von der Warte- bzw. Haltlinie bis Knotenpunktmittle [m]

V_H Geschwindigkeit an der Warte- bzw. Haltlinie [m/s]

a_v konstante Verzögerung [m/s]

Der zusätzlich über die Wartezeit hinausgehende Zeitverlust in der Zufahrt bis Knotenpunktmittle ergibt sich nach Gleichung 39 zu:

$$t_{z,KE} = \left[\frac{V_H - V_A}{a_v} + \frac{V_{KPM} - V_H}{a_b} \right] - \left[\frac{\frac{V_H^2 - V_A^2}{2 \cdot a_v}}{V_A} + \frac{L_H}{V_A} \right]$$

Gl. 39

mit

$t_{z,KE}$ Zeitverlust vor dem Knotenpunkt [s]

V_A Ausgangsgeschwindigkeit in der Zufahrt [m/s]

V_{KPM} Geschwindigkeit in Knotenpunktmittle [m/s]

V_H Geschwindigkeit an der Warte- bzw. Haltlinie [m/s]

a_b konstante Beschleunigung [m/s]

a_v konstante Verzögerung [m/s]

L_H Abstand von der Warte- bzw. Haltlinie bis Knotenpunktmittle [m]

Die Fahrtzeit einer freien Fahrt nach Knotenpunktmittle bis zum Erreichen der Endgeschwindigkeit ergibt sich unter der Bedingung, dass die Endgeschwindigkeit größer oder gleich der Geschwindigkeit in Knotenpunktmittle ist, nach Gleichung 40:

$$t_{f,KA} = \frac{V_E - V_{KPM}}{a_b} \quad \text{Gl. 40}$$

mit

$t_{f,KA}$ Fahrtzeit in der Ausfahrt [s]

V_{KPM} Geschwindigkeit in Knotenpunktmittle [m/s]

V_E Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

a_b konstante Beschleunigung [m/s]

Die zu vergleichende Fahrtzeit einer freien Fahrt ohne Knotenpunkt ergibt sich aus der Länge der freien Fahrt mit Knotenpunkt von Knotenpunktmittle bis zum Erreichen der Endgeschwindigkeit nach Gleichung 41:

$$t_{ff,KA} = \frac{V_E^2 - V_{KPM}^2}{2 \cdot a_b} \cdot \frac{1}{V_E} \quad \text{Gl. 41}$$

mit

$t_{Ff,KA}$ Fahrtzeit über die Länge der Ausfahrt ohne Knotenpunkt [s]

V_{KPM} Geschwindigkeit in Knotenpunktmitte [m/s]

V_E Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

a_b konstante Beschleunigung [m/s²]

Der zusätzlich über die Wartezeit hinausgehende Zeitverlust in der Ausfahrt ergibt sich nach Gleichung 42:

$$t_{z,KA} = \left[\frac{V_E - V_{KPM}}{a_b} \right] - \left[\frac{V_E^2 - V_{KPM}^2}{2 \cdot a_b} \cdot \frac{1}{V_E} \right] \quad \text{Gl. 42}$$

mit

$t_{z,KA}$ Zeitverlust nach dem Knotenpunkt [s]

V_{KPM} Geschwindigkeit in Knotenpunktmitte [m/s]

V_E Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

a_b konstante Beschleunigung [m/s²]

Bei der Ermittlung der Zeitverluste für untergeordnete Verkehrsströme an Kreuzungen und Einmün-

dungen ohne Lichtsignalanlage muss aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten einer freien Fahrt an der Wartelinie bei Zeichen 205 StVO bzw. an der Haltlinie bei Zeichen 206 StVO eine Differenzierung hinsichtlich der Geschwindigkeitsparameter erfolgen. Für eine freie Durchfahrt als untergeordneter Verkehrsstrom mit Zeichen 205 StVO wird angenommen, dass von einer Ausgangsgeschwindigkeit > 0 km/h mit einer konstanten Verzögerung (wie bei der Zufahrt an einen Kreisverkehr) von 1,3 m/s² an der Wartelinie eine Geschwindigkeit von 25 km/h erreicht wird. Bis zum Erreichen der Endgeschwindigkeit erfolgt dann wieder eine konstante Beschleunigung mit 1,3 m/s². Für den Beschleunigungsvorgang von der Wartelinie bis Knotenpunktmitte wird eine pauschale Länge von 10 m angesetzt. Die Geschwindigkeit in Knotenpunktmitte ergibt sich dann nach Gleichung 37 zu 31,1 km/h. Das sich aus den angesetzten Kenngrößen ableitende Geschwindigkeitsmodell für eine freie Durchfahrt als untergeordneter Verkehrsstrom mit Zeichen 205 StVO ist in Bild 25 dargestellt.

Auf Grundlage des Geschwindigkeitsmodells ergibt sich für untergeordnete Verkehrsströme an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage mit Zei-

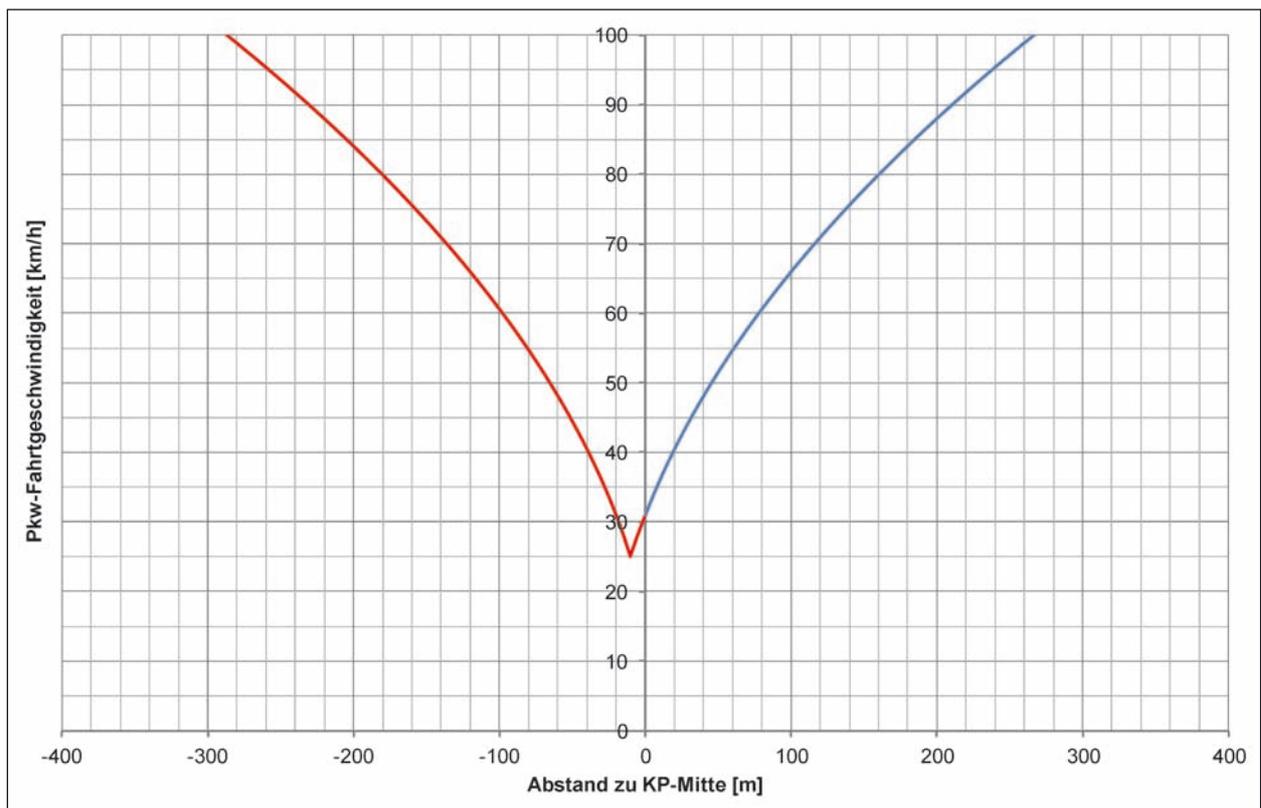


Bild 25: Abgeleitetes Geschwindigkeitsmodell für eine freie Durchfahrt einer Einmündung oder Kreuzung mit Zeichen 205 StVO

chen 205 StVO der zusätzliche Zeitverlust in der Zufahrt für Ausgangsgeschwindigkeiten $\geq 31,1$ km/h (8,63 m/s) nach Gleichung 43:

$$t_{Z,KE} = \left[\frac{6,94 - V_A}{-1,311} + 1,29 \right] - \left[\frac{48,23 - V_A^2}{-2,622} + \frac{10}{V_A} \right]$$

Gl. 43

mit

$t_{Z,KE}$ Zeitverlust vor dem Knotenpunkt [s]

V_A Ausgangsgeschwindigkeit in der Zufahrt [m/s]

Auf Grundlage des Geschwindigkeitsmodells ergibt sich für untergeordnete Verkehrsströme an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage mit Zeichen 205 StVO der zusätzliche Zeitverlust in der Ausfahrt für Endgeschwindigkeiten $\geq 31,1$ km/h (8,63 m/s) nach Gleichung 44:

$$t_{Z,KA} = \left[\frac{V_E - 8,63}{1,311} \right] - \left[\frac{V_E^2 - 74,48}{2,622} \cdot \frac{1}{V_E} \right]$$

Gl. 44

mit

$t_{Z,KA}$ Zeitverlust nach dem Knotenpunkt [s]

V_E Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

Die anzusetzenden Zeitzuschläge $t_{Z,KE}$ bzw. $t_{Z,KA}$ können für untergeordnete Verkehrsströme an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage mit Zeichen 206 StVO über Bild 26 oder als abgeleitete Pauschalwerte aus Tabelle 24 ermittelt werden.

Für eine freie Durchfahrt eines untergeordneten Verkehrsstroms mit Zeichen 206 StVO wird angenommen, dass von einer Ausgangsgeschwindigkeit

mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,S}$ [km/h]	Zeitverlust vor Knotenpunkt $t_{Z,KE}$ [s]	Zeitverlust nach Knotenpunkt $t_{Z,KA}$ [s]
≤ 50	1,5	0,5
≤ 60	2,5	1,0
≤ 70	3,5	1,5
≤ 80	4,5	2,5
≤ 90	5,5	3,5
> 90	6,5	4,5

Tab. 24: Empfohlene Zuschläge für zusätzliche Zeitverluste vor und hinter einer Kreuzung oder Einmündung mit Zeichen 205 StVO in Abhängigkeit von der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor und hinter dem Knotenpunkt

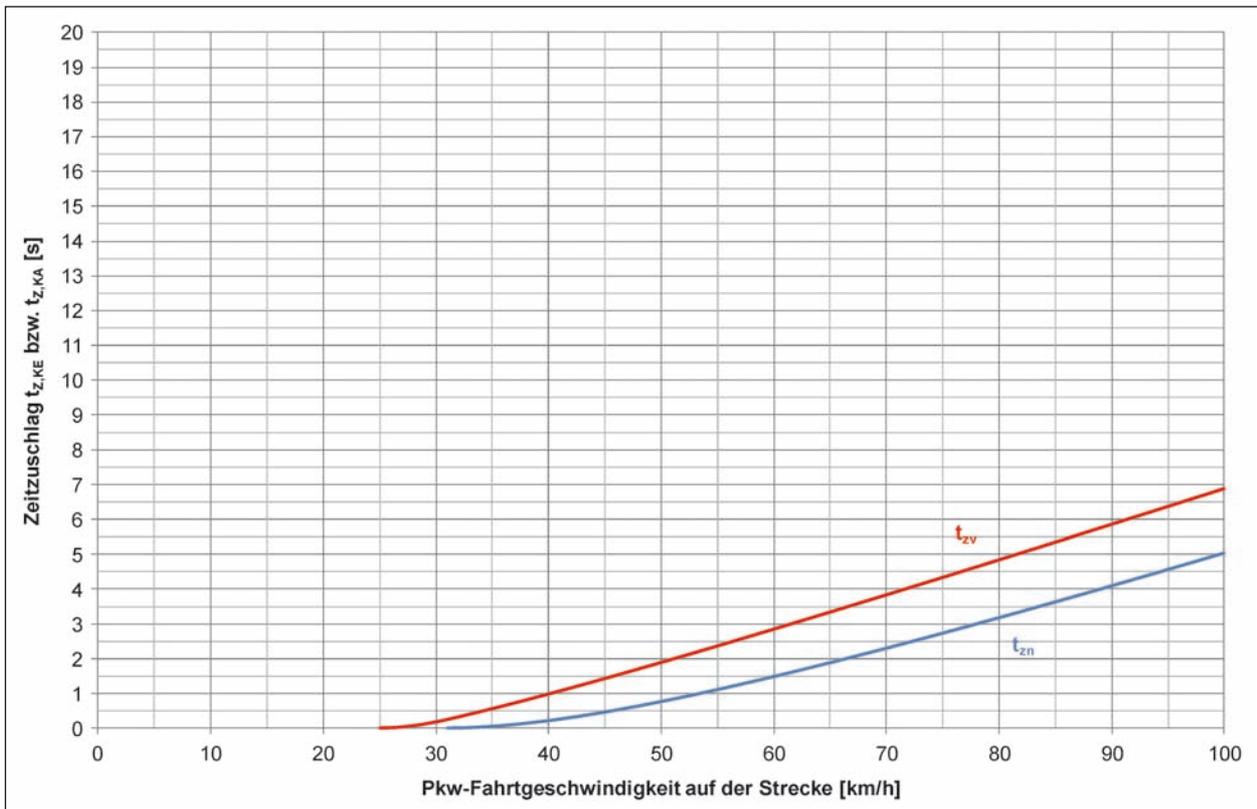


Bild 26: Funktion zur Ermittlung der zusätzlichen Zeitverluste vor und hinter einer Kreuzung oder Einmündung mit Zeichen 205 StVO in Abhängigkeit der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt

keit > 0 km/h mit einer konstanten Verzögerung (wie bei der Zufahrt an einen Kreisverkehr) von $1,3 \text{ m/s}^2$ an der Haltlinie eine Geschwindigkeit von 0 km/h erreicht wird. Bis zum Erreichen der Endgeschwindigkeit erfolgt dann wieder eine konstante Beschleunigung mit $1,3 \text{ m/s}^2$. Für den Beschleunigungsvorgang von der Haltlinie bis Knotenpunktmitte wird eine pauschale Länge von 10 m angesetzt. Die Geschwindigkeit in Knotenpunktmitte ergibt sich dann nach Gleichung 37 zu $18,4 \text{ km/h}$.

Das sich aus den angesetzten Kenngrößen ableitende Geschwindigkeitsmodell für eine freie Durchfahrt als untergeordneter Verkehrsstrom mit Zeichen 206 StVO ist in Bild 27 dargestellt.

Auf Grundlage des Geschwindigkeitsmodells ergibt sich für untergeordnete Verkehrsströme an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage mit Zeichen 206 StVO der zusätzliche Zeitverlust in der Zufahrt für Ausgangsgeschwindigkeiten $\geq 18,4 \text{ km/h}$ ($5,12 \text{ m/s}$) nach Gleichung 45:

$$t_{z,KE} = \left[\frac{-V_A}{-1,311} + \frac{5,12}{1,311} \right] - \left[\frac{-V_A^2}{-2,622} + \frac{10}{V_A} \right] \quad \text{Gl. 45}$$

mit

$t_{z,KE}$ Zeitverlust vor dem Knotenpunkt [s]

V_A Ausgangsgeschwindigkeit in der Zufahrt [m/s]

Auf Grundlage des Geschwindigkeitsmodells ergibt sich für untergeordnete Verkehrsströme an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage mit Zeichen 206 StVO der zusätzliche Zeitverlust in der Ausfahrt für Endgeschwindigkeiten $\geq 18,4 \text{ km/h}$ ($5,12 \text{ m/s}$) nach Gleichung 46:

$$t_{z,KA} = \left[\frac{V_E - 5,12}{1,311} \right] - \left[\frac{V_E^2 - 5,12^2}{2,622} \cdot \frac{1}{V_E} \right] \quad \text{Gl. 46}$$

mit

$t_{z,KA}$ Zeitverlust nach dem Knotenpunkt [s]

V_E Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

Die anzusetzenden Zeitzuschläge $t_{z,KE}$ bzw. $t_{z,KA}$ können für einen untergeordneten Verkehrsstrom an Knotenpunkten ohne Lichtsignalanlage mit Zeichen 206 StVO über Bild 28 oder als abgeleitete Pauschalwerte aus Tabelle 25 ermittelt werden.

Anstelle der Ausgangs- bzw. der Endgeschwindigkeit kann vereinfachend die nach Kapitel L3 des

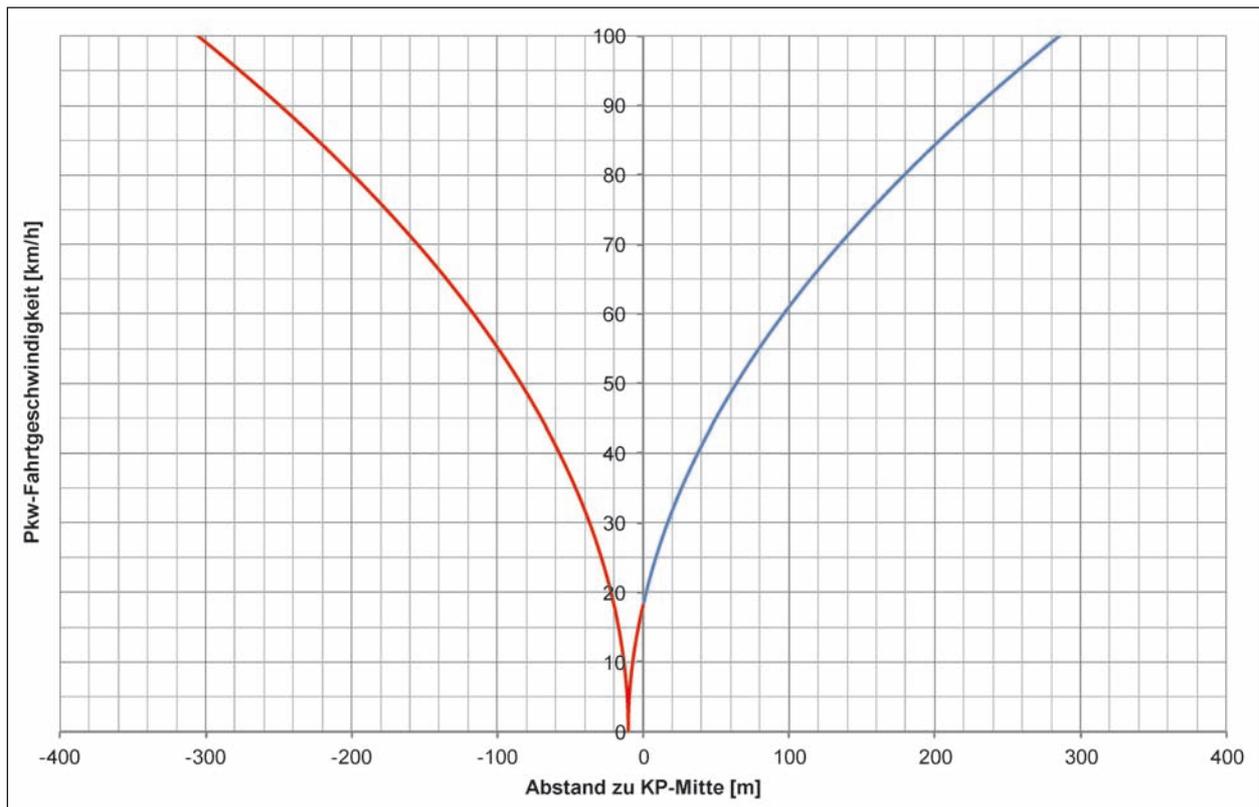


Bild 27: Abgeleitetes Geschwindigkeitsmodell für eine freie Durchfahrt einer Einmündung oder Kreuzung mit Zeichen 206 StVO

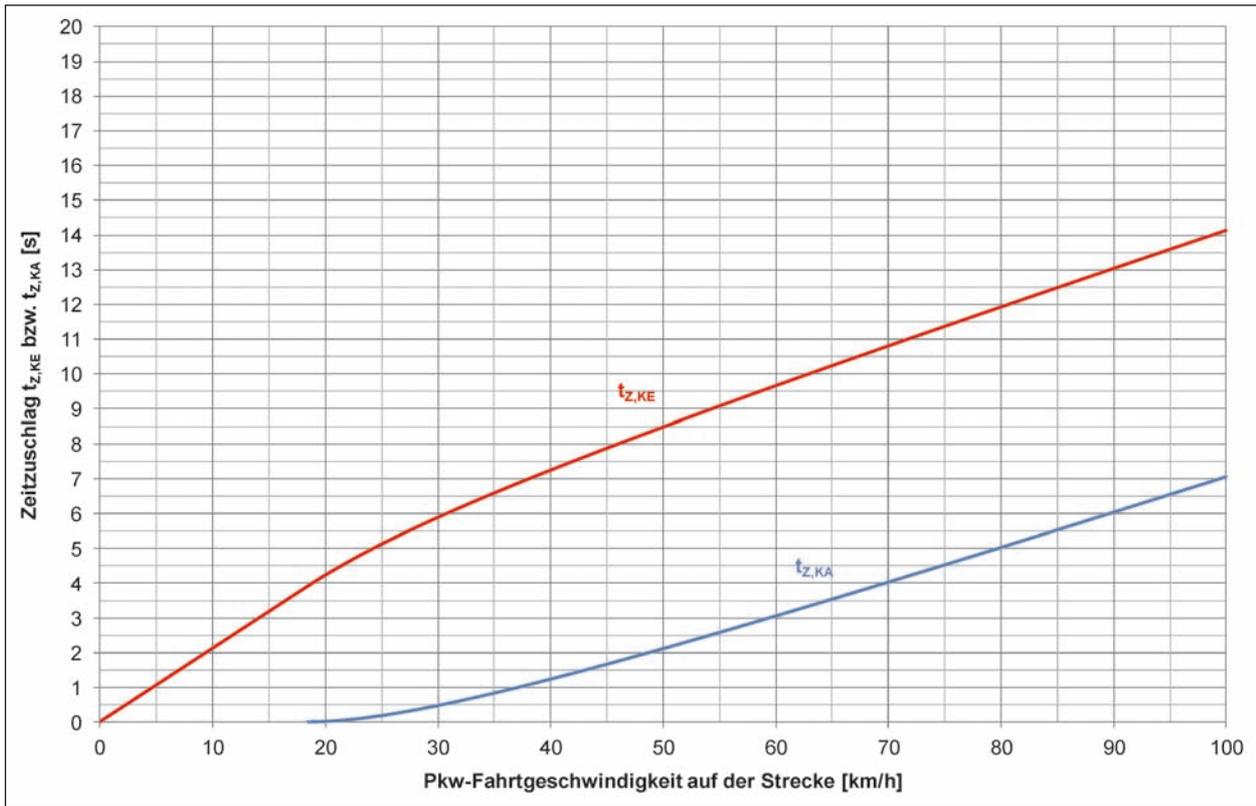


Bild 28: Funktion zur Ermittlung der zusätzlichen Zeitverluste vor und hinter einer Kreuzung oder Einmündung mit Zeichen 206 StVO in Abhängigkeit der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt

mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,S}$ [km/h]	Zeitverlust vor Knotenpunkt $t_{z,KE}$ [s]	Zeitverlust nach Knotenpunkt $t_{z,KA}$ [s]
≤ 50	8,5	1,0
≤ 60	10,0	1,5
≤ 70	11,5	2,5
≤ 80	12,5	3,5
≤ 90	13,5	4,5
> 90	14,5	5,5

Tab. 25: Empfohlene Zuschläge für zusätzliche Zeitverluste vor und hinter einer Kreuzung oder Einmündung mit Zeichen 206 StVO in Abhängigkeit von der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor und hinter dem Knotenpunkt

Entwurfs des neuen HBS (2012) ermittelte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt angesetzt werden.

7.3.3 Zeitzuschläge für Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage

Bei Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage ist selbst bei einer freien Fahrt damit zu rechnen, dass man innerhalb der Sperrzeit auf den Knotenpunkt zu-

fährt. Schon bei geringen Wartezeiten um die 20 s (dies entspricht der QSV A) muss fast jedes Fahrzeug aufgrund der Sperrzeit mindestens einmal halten (Bild 29). Zur Ermittlung eines Geschwindigkeitsmodells für eine freie Fahrt durch einen Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage werden daher zwei Fälle kombiniert. Im ersten Fall (mit Halt) trifft ein frei fahrendes Fahrzeug während der Sperrzeit an der Haltlinie ein. Im zweiten Fall (ohne Halt) trifft das Fahrzeug während der Freigabezeit ein.

$$t_{z,KA} = \left[\frac{V_E - 5,12}{1,311} \right] - \left[\frac{V_E^2 - 5,12^2}{2,622} \cdot \frac{1}{V_E} \right] \quad \text{Gl. 47}$$

mit

$t_{z,KA}$ Zeitverlust nach dem Knotenpunkt [s]

V_E Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

Die Fahrt mit Halt entspricht im Wesentlichen dem Geschwindigkeitsmodell gemäß Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage mit Zeichen 206 StVO. Lediglich der Abstand von der Haltlinie bis Knotenpunktmitte wird abweichend mit 20 m angesetzt. Hierdurch ergibt sich bei einer Geschwindigkeit an der Haltlinie von 0 km/h und einer konstanten Beschleunigung von 1,311 m/s² nach Gleichung 37

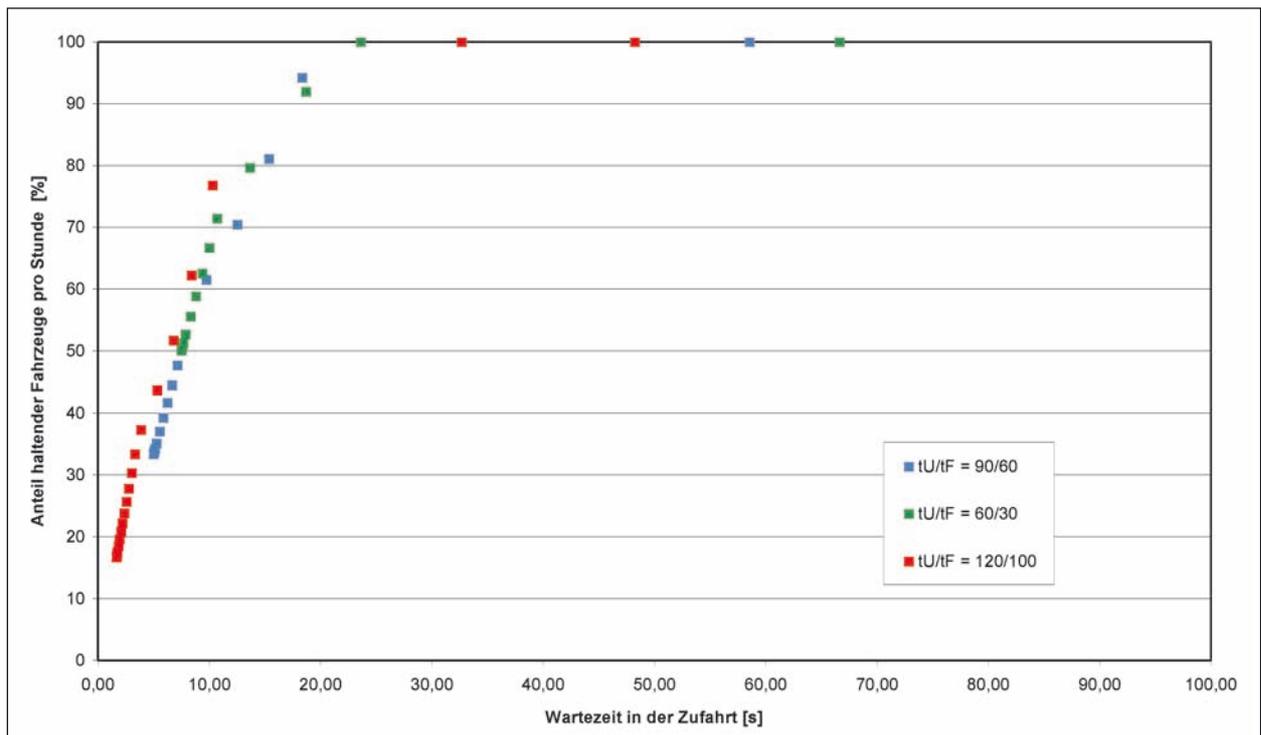


Bild 29: Zusammenhang zwischen mittlerer Wartezeit nach HBS (2001) und dem Anteil haltender Fahrzeuge für verschiedene Varianten von Umlauf- und Freigabezeit (STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER, 2008)

eine Geschwindigkeit in Knotenpunktmittle von 26,07 km/h. Bei einer freien Fahrt ohne Halt wird davon ausgegangen, dass ausgehend von einer Anfangsgeschwindigkeit > 70 km/h bis Knotenpunktmittle mit einer konstanten Verzögerung von 1,311 m/s² die Geschwindigkeit auf 70 km/h reduziert wird.

Für beide Fälle ist das Geschwindigkeitsmodell in Bild 30 dargestellt. Die Zeitverluste durch das Verzögern in der Zufahrt sind bereits im Verfahren des Entwurfs des neuen HBS (2012) zur Ermittlung der Wartezeit an Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage berücksichtigt. Nach VIETEN (2011) tritt bei lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten vor dem Knotenpunkt ein Anfahrzeitverlust von der Haltlinie bis zur Knotenpunktmittle auf, der nicht in der Wartezeit enthalten ist. Dieser Anfahrzeitverlust beträgt laut VIETEN (2011) etwa 1 s und wird unabhängig von der Geschwindigkeit an der Haltlinie und der Knotenpunktmittle als Zeitzuschlag $t_{Z,KE}$ übernommen.

Für den Zeitverlust mit Halt nach dem Knotenpunkt gilt Gleichung 48 mit einer Geschwindigkeit in Knotenpunktmittle von 26,07 km/h (7,24 m/s):

$$t_{Z,KA,mH} = \left[\frac{V_E - 7,24}{1,311} \right] - \left[\frac{V_E^2 - 52,42}{2,622} \cdot \frac{1}{V_E} \right] \quad \text{Gl. 48}$$

mit

$t_{Z,KA,mH}$ Zeitverlust nach dem Knotenpunkt bei einer Fahrt mit Halt [s]

V_E Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

Für den Zeitverlust ohne Halt nach dem Knotenpunkt gilt Gleichung 49 mit einer Geschwindigkeit in Knotenpunktmittle von 70 km/h (19,44 m/s):

$$t_{Z,KA,oH} = \left[\frac{V_E - 19,44}{1,311} \right] - \left[\frac{V_E^2 - 377,91}{2,622} \cdot \frac{1}{V_E} \right] \quad \text{Gl. 49}$$

mit

$t_{Z,KA,oH}$ Zeitverlust nach dem Knotenpunkt bei einer Fahrt mit Halt [s]

V_E Endgeschwindigkeit in der Ausfahrt [m/s]

Gemäß den Erkenntnissen aus der Untersuchung von STEINAUER/SCHUCKLIEß/BECHER (2008) halten ab einer Wartezeit von > 20 s alle Fahrzeuge einmal an. Der Zeitverlust nach dem Knotenpunkt entspricht somit für Wartezeiten > 20 s dem Zeitverlust nach Gleichung 48. Für Wartezeiten < 20 s wird vereinfachend die Verteilung der haltenden und nicht haltenden Fahrzeuge bei einer Wartezeit von 10 s angesetzt. Nach Bild 31 halten bei einer Wartezeit von 10 s rund 60 % der Fahr-

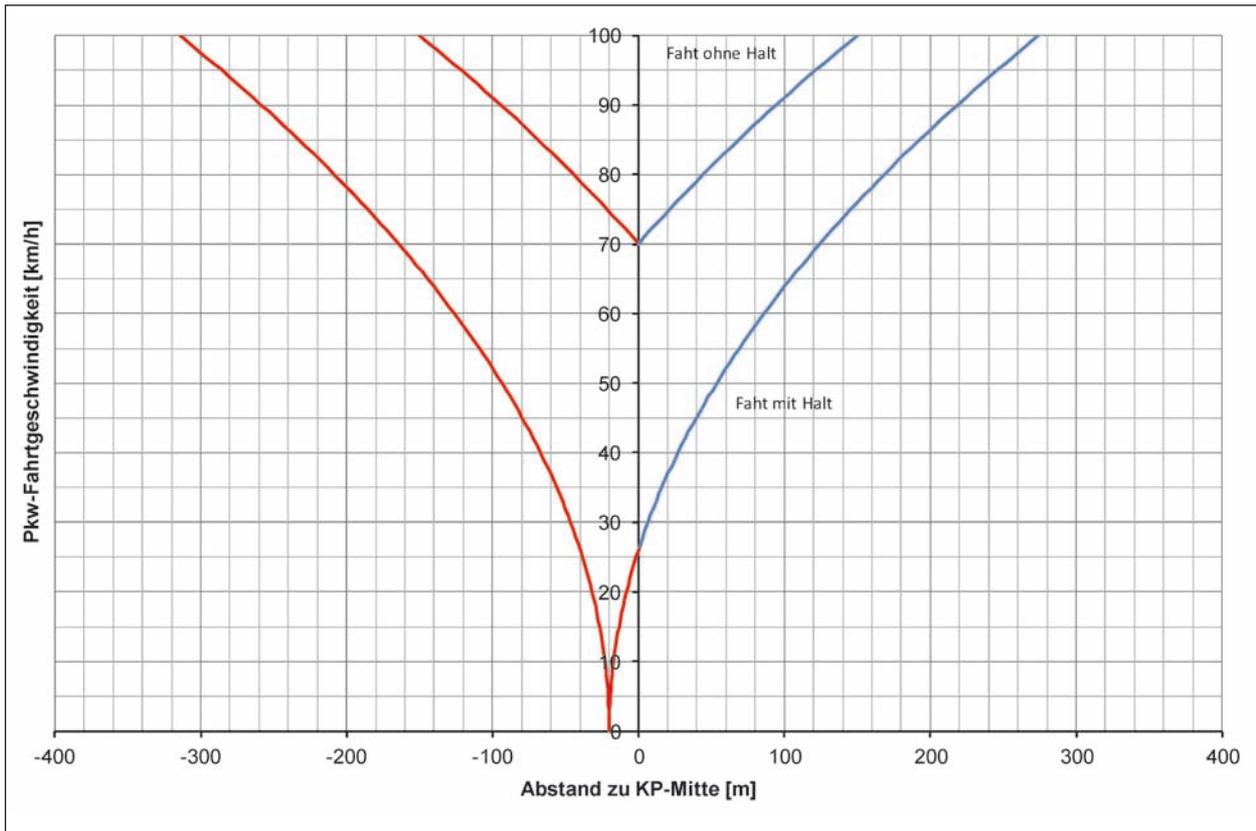


Bild 30: Abgeleitetes Geschwindigkeitsmodell für eine Durchfahrt einer Einmündung oder Kreuzung mit Lichtsignalanlage mit und ohne Halt

zeuge an. Der Zeitverlust kann mit einer Gewichtung der entsprechenden Zeitverluste mit und ohne Halt ermittelt werden.

Für die Zeitverluste nach einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage gelten zusammenfassend die Gleichungen 50 und 51:

$$t_{Z,KA} = t_{Z,KA,mH} \quad \text{für } t_w > 20 \text{ s Gl. 50}$$

$$t_{Z,KA} = t_{Z,KA,mH} \cdot 0,6 + t_{Z,KA,oH} \quad \text{für } t_w \leq 20 \text{ s Gl. 51}$$

Die anzusetzenden Zeitzuschläge $t_{Z,KA}$ können für Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage über Bild 31 oder als abgeleitete Pauschalwerte aus Tabelle 26 ermittelt werden. Anstelle der Ausgangs- bzw. der Endgeschwindigkeit kann vereinfachend die nach Kapitel L3 des Entwurfs des neuen HBS (2012) ermittelte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt angesetzt werden.

mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,S}$ [km/h]	Zeitverlust vor Knotenpunkt $t_{Z,KE}$ [s]	Zeitverlust nach Knotenpunkt $t_{Z,KA}$ [s]	
		$t_w \leq 20 \text{ s}$	$t_w > 20 \text{ s}$
≤ 50	1,0	0,5	1,0
≤ 60	1,0	1,0	1,5
≤ 70	1,0	1,5	2,5
≤ 80	1,0	2,0	3,5
≤ 90	1,0	3,0	4,5
> 90	1,0	4,0	5,5

Tab. 26: Empfohlene Zuschläge für zusätzlichen Zeitverlust vor und hinter einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage in Abhängigkeit von der mittleren Wartezeit des betroffenen Fahrstreifens (Signalgruppe) und der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke vor bzw. hinter dem Knotenpunkt

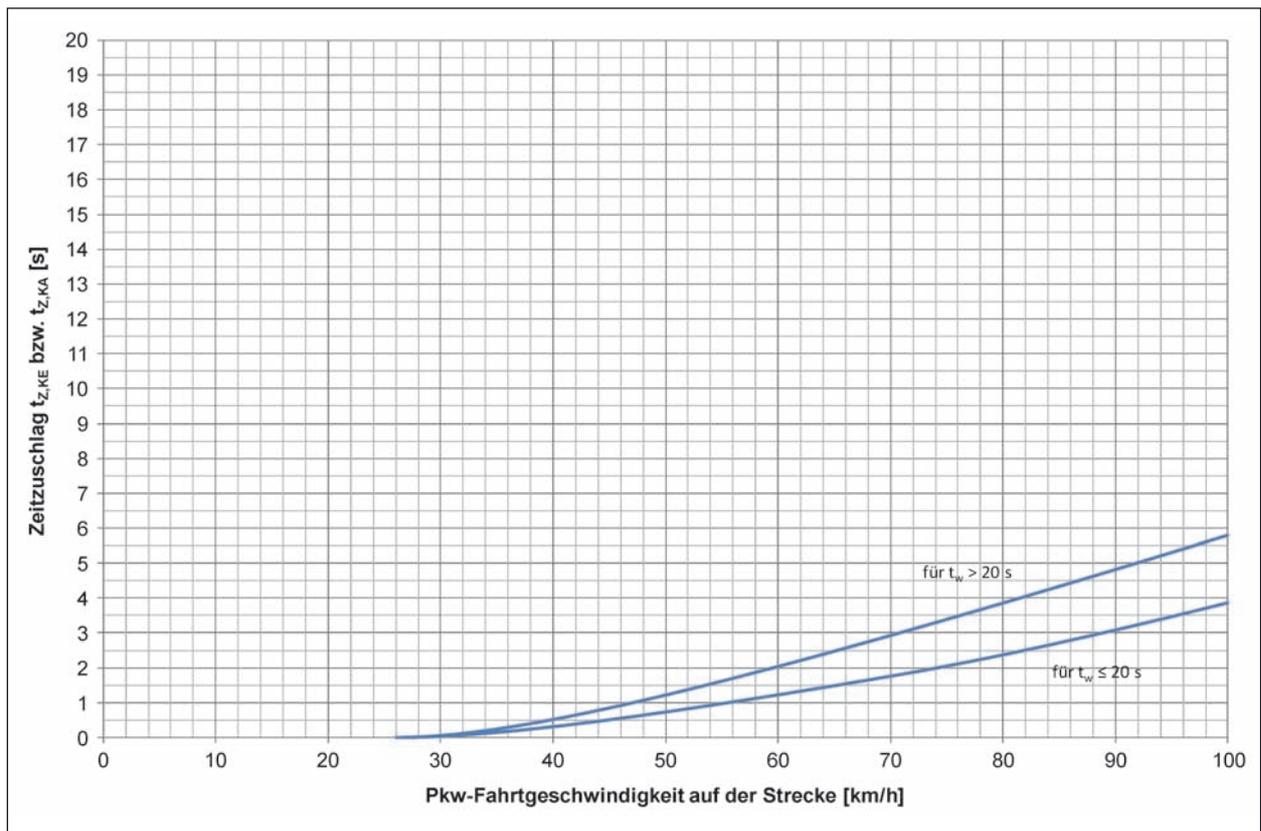


Bild 31: Funktion zur Ermittlung der zusätzlichen Zeitverluste hinter einem Knotenpunkt mit Lichtsignalanlage in Abhängigkeit von der mittleren Wartezeit des betroffenen Fahrstreifens (Signalgruppe) und der mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke hinter dem Knotenpunkt

7.4 Ableitung der Bezugsgröße zur Ermittlung der Angebotsqualität

Für die Ansetzung einer netzplanerischen Geschwindigkeit als Bezugsgröße ist diese zunächst aus den Entwurfsklassen (EKL) der RAL (2012) abzuleiten und dann zu überprüfen, inwieweit diese mit den statischen Zielgrößen der angemessenen Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ (Tabelle 21) nach den RIN (2008) korrespondiert. Einganggröße zur Bestimmung der Entwurfsklasse einer Landstraße ist die entsprechende Straßenkategorie gemäß den RIN (2008) nach Tabelle 27. Nach den Vorgaben der RIN (2008) soll die Verbindungsfunktionsstufe entlang eines Straßenzugs möglichst einheitlich sein. Dies gilt insbesondere für die Netzabschnitte, d. h. für die Teile einer Straße zwischen Knotenpunkten, an denen die Straße mit einer anderen Straße gleicher oder höherrangiger Verbindungsfunktionsstufe verknüpft ist. Entsprechend diesen Zielvorgaben soll die Entwurfsklasse zumindest für einen, möglichst aber auch für mehrere zusammenhängende Netzabschnitte einheitlich gewählt werden.

Straßenkategorie	Entwurfsklasse
LS I	EKL 1
LS III	EKL 2
LS III	EKL 3
LS IV	EKL 4

Tab. 27: Zuordnung der Entwurfsklassen der RAL (2012) nach den Straßenkategorien gemäß RIN (2008)

In den RAL (2012) sind daher für die unterschiedlichen Entwurfsklassen entsprechende Entwurfs- und Betriebsmerkmale sowie Eigenschaften zur Führung auf der Strecke vorgegeben (Tabelle 28). Mit der Vorgabe eines Regelquerschnitts und der bevorzugten Lösung der Knotenpunktausführung ergibt sich ein konkretes Bild einer Landstraße entsprechend der zugeordneten Straßenkategorie.

Aus den Angaben der planerisch angemessenen Geschwindigkeit und der bevorzugten Knotenpunktform einer Entwurfsklasse lässt sich unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus Kapitel 7.3 für die unterschiedlichen Straßenkategorien jeweils ein idealisierter Netzabschnitt (Bild 32) mit einer bei freiem Verkehr entsprechenden erreich-

Merkmal	Entwurfsklasse			
	EKL 1	EKL 2	EKL 3	EKL 4
Planungsgeschwindigkeit	110 km/h	100 km/h	90 km/h	70 km/h
Betriebsform	Krafftahrstraße	allg. Verkehr	allg. Verkehr	allg. Verkehr
Querschnitt	RQ 15,5	RQ 11,5+	RQ 11	RQ 9
gesicherte Überholabschnitte pro Richtung	~ 40 %	≥ 20 %	keine	keine
Führung des Radverkehrs	straßenunabhängig	straßenunabhängig oder fahrbahnbegleitend	fahrbahnbegleitend oder auf der Fahrbahn	auf der Fahrbahn
Linienführung der Strecke	sehr gestreckt	gestreckt	angepasst	sehr angepasst
empfohlener Radienbereich R [m]	≥ 500	400-900	300-600	175-300
Höchstlängsneigung max s [%]	4,5	5,5	6,5	8,0
empfohlener Kuppenhalbmesser H _K [m]	≥ 8.000	≥ 6.000	≥ 5.000	≥ 3.000
Führung im Knotenpunkt (Regellösung auf der übergeordneten Straße)	Einfädeln/Ausfädeln	Ein-/Abbiegen und Kreuzen mit LSA	Ein-/Abbiegen und Kreuzen mit/ohne LSA	Ein-/Abbiegen und Kreuzen ohne LSA

Tab. 28: Entwurfs- und Betriebsmerkmale, Führung der Strecke und Führung im Knotenpunkt für unterschiedliche Entwurfsklassen von Landstraßen nach den RAL (2012)

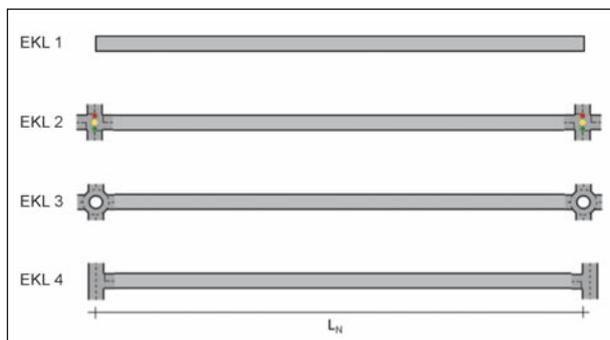


Bild 32: Idealisierte Netzabschnitte von Landstraßen zur Ermittlung der bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{f,N}$

baren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N}$ nach Gleichung 52 ableiten:

$$V_{f,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{V_{f,S}} + \frac{t_{v,KN}}{3,6}} \quad \text{Gl. 52}$$

mit

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

L_N Länge des Netzabschnitts [m]

$t_{v,KN}$ Summe der Verlustzeiten an den beiden den Netzabschnitt begrenzenden Knotenpunkten bei freiem Verkehr

Bei den EKL 1 wird in der idealisierten Form des Netzabschnitts aufgrund der planfreien Knotenpunkte lediglich die Strecke angesetzt. Die Ableitung der idealisierten Netzabschnitte beruht auf dem Entwurf der RAL (2008). Hierbei erfolgte bei den einzelnen Entwurfsklassen noch eine Abgrenzung der Führung im Knotenpunkt als „bevorzugte Lösung“. Insbesondere in der EKL 3, die vormals Kreisverkehre als bevorzugte Lösung beinhalteten, haben sich zwischenzeitlich in den RAL (2012) deutliche Änderungen ergeben. Möglich sind nun Knotenpunkte mit und ohne Lichtsignalanlage. Für den Ansatz zur Ermittlung der Angebotsqualität sind die Festlegungen der idealisierten Netzabschnitte dennoch zielführend, da hierbei die ungünstigsten Konstellationen in Bezug auf die zu erreichende Reisezeit bei freiem Verkehr betrachtet werden.

Die auf der Strecke bei freiem Verkehr erreichbaren $V_{f,S}$ nach Gleichung 52 entsprechen den planerisch angestrebten Geschwindigkeiten für die einzelnen Straßenkategorien. Die Verlustzeiten $t_{v,KN}$ an den beiden den Netzabschnitt begrenzenden Knotenpunkten resultieren aus Zeitverlusten für Beschleunigen $t_{z,KA,NB}$ 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 Verlustzeit $t_{V,KN}$ bei freiem Verkehr ergibt sich nach Gleichung 53:

$$t_{V,KN} = t_{Z,KA,NB} + t_{W,NE} + t_{Z,KE,NE} \quad \text{Gl. 53}$$

mit

$\sum t_{V,KN}$ Summe der 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 ausschließlich in der Zufahrt des am Ende des Netzabschnitts liegenden lichtsignalgesteuerten Knotenpunkts der LS II auf und bezieht sich auf die Haltlinie. Als Wartezeit wird hier gemäß den Erkenntnissen und Ansätzen aus Kapitel 7.3 $t_{W,NE} = 10$ s angesetzt. Die Wartezeit an den Knotenpunkten der Netzabschnitte der LS III und LS IV wird zu $t_w = 0$ s angesetzt.

Die zusätzlich auftretenden Zeitverluste $t_{Z,KA,NB}$ und $t_{Z,KE,NE}$ hinter bzw. vor den Knotenpunkten werden bei den LS II, LS III und LS IV nach Kapitel 7.3 berücksichtigt und beziehen sich immer auf die Knotenpunktmitte (bei Kreuzungen und Einmündungen der Achsenschnittpunkt). Zur Ermittlung der Zeitzuschläge wird die planerisch angemessene Geschwindigkeit als Ausgangs- bzw. Endgeschwindigkeit angesetzt.

Für die unterschiedlichen Straßenkategorien LS I bis LS IV wurden nach Gleichung 47 unter Berücksichtigung der entsprechenden Parameter aus Tabelle 29 die bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten für Netzabschnitte zwischen 800 m und 10.000 m berechnet und die Ergebnisse in Bild 33 zusammenfassend dargestellt. Die bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf Netzabschnitten von Landstraßen sind, wie zu erwarten, bei den Netzabschnitten mit Berücksichtigung von Verlustzeiten (LS II, LS III und LS IV) an Knotenpunkten abhängig von der Länge des Netzabschnitts bzw. dem Knotenpunktabstand. Die bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf Netzab-

Straßenkategorie	netzplanerisch angemessene Geschwindigkeit $V_{f,s}$ [km/h]	Gesamtverlustzeit $t_{V,KN}$ [s]
LS I	110	0
LS II	100	15
LS III	90	15
LS IV	70	15

Tab. 29: Bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{f,s}$ auf der Strecke und Summe der Verlustzeiten $t_{V,KN}$ an den beiden Knotenpunkten des Netzabschnitts bei freiem Verkehr

schnitten der Kategorie LS I sind dagegen wie bei Autobahnen (vgl. Kapitel 6.1) längenunabhängig.

Unter der Voraussetzung, dass eine Angebotsqualität über einen Fahrtgeschwindigkeitsindex zu ermitteln ist, muss die Abhängigkeit der zu erreichenden Pkw-Geschwindigkeit von der Länge des Netzabschnitts bei der weiteren Vorgehensweise berücksichtigt werden. Demzufolge kann die Bezugsgröße für die Netzabschnitte von Landstraßen der Kategorie LS I weiterhin längenunabhängig sein, während die Bezugsgröße der Netzabschnitte von Landstraßen der Kategorien LS II, LS III und LS IV in Abhängigkeit der Länge des Netzabschnitts zu formulieren ist.

Ausgehend von einem längenabhängigen Ansatz bedeutet dies zugleich, dass 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-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{F,N}$ nur für bestimmte, den Kategorien (hier LS II, LS III und LS IV) entsprechende Netzabschnittslängen L_N gelten. Typische Netzabschnittslängen wurden von SCHUCKLIEß (2011) für ausgewählte Bereiche des bayerischen Straßennetzes ermittelt. Für Netzabschnitte der Kategorie LS II ergibt sich als Median eine Länge von rund 4 km und für Netzabschnitte der Kategorie LS III eine Länge von rund 3 km. Netzabschnitte der Kategorie LS IV wurden nicht betrachtet.

Der Abgleich der in den RAL (2012) vorgegebenen netzplanerischen Geschwindigkeit mit der nach den RIN (2008) definierten angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit erfolgt für die Kategorien LS II und LS III auf Basis dieser ermittelten Netzlängen. Für die Kategorie LS IV werden 2 km angesetzt.

Für die einzelnen Kategorien ist zu überprüfen, ob die Festlegung der Grenzwerte des Fahrtge-

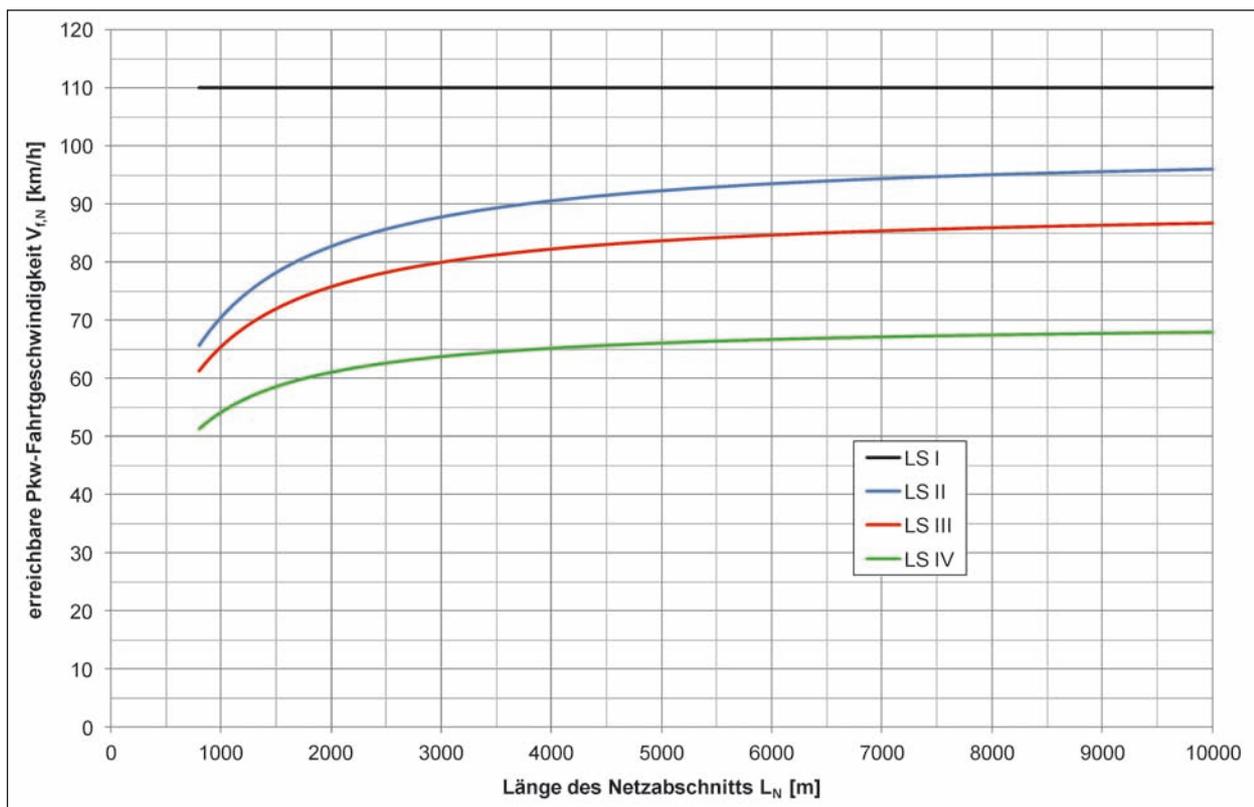


Bild 33: Bei freier Fahrt erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf idealisierten Netzabschnitten von Landstraßen unterschiedlicher Straßenkategorie in Abhängigkeit der Länge des Netzabschnitts

schwindigkeitsindex I_{VF} , ausgehend von dem bereits für Netzabschnitte von Autobahnen 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, auf die Netzabschnitte von Landstraßen übertragbar ist. 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 $I_{VF,N} \geq 1,00$ ausgedrückt wird (vgl. hierzu Tabelle 22).

Die Überprüfung und Plausibilisierung erfolgte auf Basis idealisierter Netzabschnitte von Landstraßen und den hierauf an den Grenzwerten der Verkehrsqualitäten der Strecken (Abhängig von der Dichte) und bei den Kategorien LS II, LS III und LS VI zusätzlich der Knotenpunkten (Abhängig von der Wartezeit) rechnerisch erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten.

7.4.1 Landstraßen der Kategorie LS I

Zur Berechnung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit wird der idealisierte Netzabschnitt der Kategorie LS I anhand der Angaben der RAL (2012) zunächst

konkretisiert. Gemäß Tabelle 28 ist für die Strecken ein RQ 15,5 anzusetzen. Für jede Fahrtrichtung sind dabei 40 % der Länge in Form von gesicherten Überholabschnitten (zweistreifige Abschnitte) auszuführen. Die sehr gestreckte Linienführung wird dabei vornehmlich als Steigungsklasse 1 interpretiert. Die Steigungsklasse 2 wird aber in der Analyse zusätzlich betrachtet. Durch den Ansatz von planfreien Knotenpunkten werden keine Wartezeiten und keine zusätzlichen Zeitzuschläge an Knotenpunkten berücksichtigt.

Die Grenzwerte der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit an den einzelnen QSV A bis F ergeben sich auf Basis der entsprechenden q-V-Beziehungen unter Berücksichtigung der Grenzwerte für die Dichten gemäß dem Entwurf des neuen HBS (2012). Unter Berücksichtigung der für einen RQ 15,5 bestimmenden Kapazität werden zunächst die Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der einstreifigen Teilstrecken für die Steigungsklasse 1 (Bild 34) und Steigungsklasse 2 (Bild 35) sowie die entsprechenden zugehörigen Verkehrsstärken ermittelt (Tabelle 30). Die Ermittlung erfolgt dabei unter dem Ansatz eines SV-Anteils von 10 %.

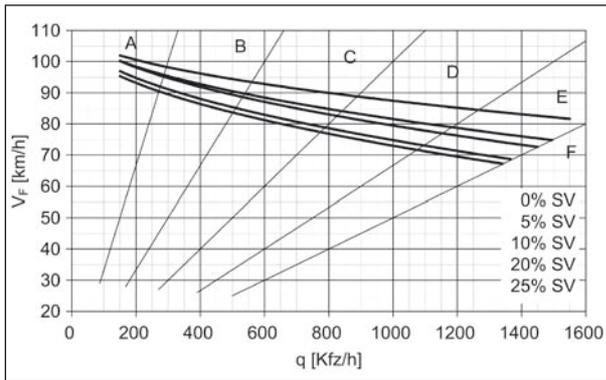


Bild 34: q-V-Beziehungen für einstreifige Teilstrecken von durchgängig oder abschnittsweise dreistreifigen Straßen (Steigungsklasse 1)

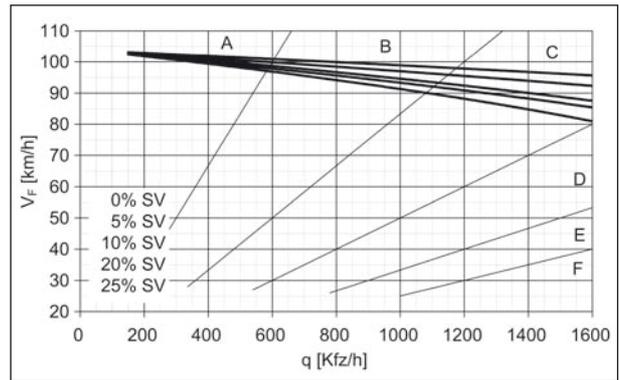


Bild 36: q-V-Beziehungen für zweistreifige Teilstrecken von durchgängig oder abschnittsweise dreistreifigen Straßen (Steigungsklasse 1)

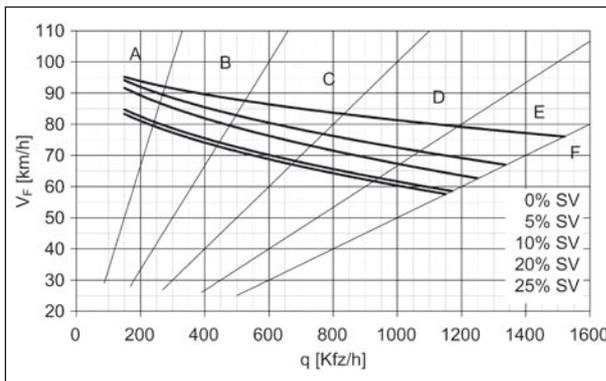


Bild 35: q-V-Beziehungen für einstreifige Teilstrecken von durchgängig oder abschnittsweise dreistreifigen Straßen (Steigungsklasse 2)

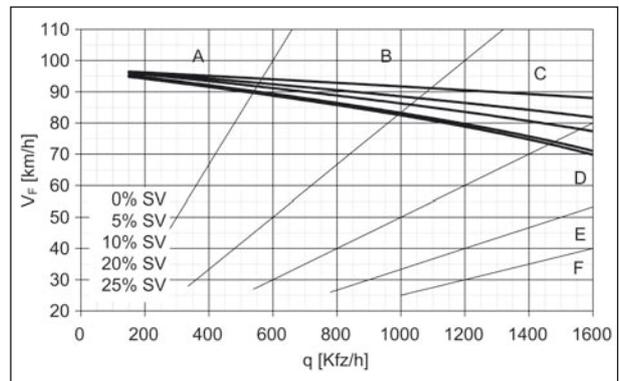


Bild 37: q-V-Beziehungen für zweistreifige Teilstrecken von durchgängig oder abschnittsweise dreistreifigen Straßen (Steigungsklasse 2)

einstreifig					
QSV	k [Kfz/km]	Steigungsklasse 1		Steigungsklasse 2	
		q [Kfz/h]	V _{F,FS1} [km/h]	q [Kfz/h]	V _{F,FS1} [km/h]
A	≤ 3	≤ 286	≥ 95	≤ 260	≥ 87
B	≤ 6	≤ 532	≥ 89	≤ 478	≥ 80
C	≤ 10	≤ 825	≥ 83	≤ 731	≥ 73
D	≤ 15	≤ 1.154	≥ 77	≤ 1.008	≥ 67
E	≤ 20	≤ 1.451	≥ 73	≤ 1.252	≥ 63
F	> 20	> 1.451	< 73	> 1.252	< 63

Tab. 30: Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der Stufen der Verkehrsqualität gemäß HBS (2012) für einstreifige Teilstrecken von durchgängig oder abschnittsweise dreistreifigen Straßen bei einem SV-Anteil von 10 %

zweistreifig			
Steigungsklasse 1		Steigungsklasse 2	
q [Kfz/h]	V _{F,FS2} [km/h]	q [Kfz/h]	V _{F,FS2} [km/h]
≤ 286	≥ 102	≤ 260	≥ 95
≤ 532	≥ 99	≤ 478	≥ 93
≤ 825	≥ 96	≤ 731	≥ 90
≤ 1.154	≥ 93	≤ 1.008	≥ 86
≤ 1.451	≥ 89	≤ 1.252	≥ 83
> 1.451	< 89	> 1.252	< 83

Tab. 31: Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten für die Verkehrsstärken an zweistreifigen Teilstrecken von durchgängig oder abschnittsweise dreistreifigen Straßen bei einem SV-Anteil von 10 %

Die anzusetzende Verkehrsstärke der zweistreifigen Teilabschnitte richtet sich nach den für die in den einzelnen Verkehrsqualitätsstufen ermittelten Verkehrsstärken der einstreifigen Teilabschnitte. Mit den ermittelten Verkehrsstärken der einstreifigen Teilstrecken werden die entsprechenden Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten aus den q-V-Beziehungen

der zweistreifigen Teilstrecken für die Steigungsklasse 1 (Bild 36) und Steigungsklasse 2 (Bild 37) bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 31 zusammenfassend für beide Steigungsklassen dargestellt.

Die Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten für den idealisierten Netzabschnitt werden für die einzelnen Stei-

gungsklassen gemäß der Aufteilung 60 % einstreifige und 40 % zweistreifige Teilabschnitte nach Gleichung 54 berechnet:

$$V_{F,S(STi)} = \frac{1}{\frac{0,6}{V_{F,FS1}} + \frac{0,4}{V_{F,FS2}}} \quad \text{Gl. 54}$$

mit

$V_{F,N(STi)}$ erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit der Strecke mit einer konstanten Steigungsklasse i [km/h]

i Steigungsklasse

$V_{F,FS1}$ erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem einstreifigen Teilabschnitt [km/h]

$V_{F,FS2}$ erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem zweistreifigen Teilabschnitt [km/h]

Dabei erfolgt die Berechnung jeweils in Bezug auf die Verkehrsqualitätsstufen der einstreifigen Teilabschnitte. Die berechneten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten liegen für die Strecke und somit für einen Netzabschnitt bei Ansatz der Steigungsklasse 1 für die Verkehrsqualitätsstufen A bis E im Bereich von 98 km/h bis 78 km/h, für einen Netzabschnitt mit der Steigungsklasse 2 im Bereich von 90 km/h bis 69 km/h. Der Geschwindigkeitsbereich innerhalb der Angebotsqualitätsstufen A bis E liegt zwischen 100 km/h und 68 km/h (Tabelle 32). Sowohl der abgedeckte Bereich der Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zwischen den Stufen A und E als auch die jeweiligen zu erreichenden Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den einzelnen Stufen erscheinen nach diesem Ansatz der Angebotsqualität plausibel.

Angebotsqualität			Verkehrsqualität ¹		
SAQ _N	I _{VF} [-]	V _{F,N} [km/h]	QSV	V _{F,N(ST1)} [km/h]	V _{F,N(ST2)} [km/h]
A	≥ 1,25	≥ 100	A	≥ 98	≥ 90
B	≥ 1,20	≥ 96	B	≥ 93	≥ 84
C	≥ 1,10	≥ 88	C	≥ 88	≥ 79
D	≥ 1,00	≥ 80	D	≥ 83	≥ 74
E	≥ 0,85	≥ 68	E	≥ 78	≥ 69
F	< 0,85	< 68	F	< 78	< 69

¹ QSV der einstreifigen Teilstrecken; Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt bestehend aus 60 % einstreifigen und 40 % zweistreifigen Teilstrecken

Tab. 32: Erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten gemäß der definierten Angebotsqualitätsstufen und der Stufen der Verkehrsqualität

7.4.2 Landstraßen der Kategorie LS II

Zur Berechnung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit wird der idealisierte Netzabschnitt der Kategorie LS II anhand der Angaben der RAL (2012) zunächst konkretisiert. Gemäß Tabelle 28 ist für die Strecke ein RQ 11,5+ anzusetzen. Für jede Fahrtrichtung sind dabei 20 % der Länge in Form von gesicherten Überholabschnitten (zweistreifige Abschnitte) auszuführen. Die gestreckte Linienführung wird dabei als Steigungsklasse 1 bis Steigungsklasse 2 interpretiert. Insgesamt wird eine Länge des Netzabschnitts von 4 km angenommen.

Die Grenzwerte der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit an den einzelnen Stufen der Verkehrsqualität A bis F ergeben sich für die Teilstrecken auf Basis der entsprechenden q-V-Beziehungen unter Berücksichtigung der Grenzwerte für die Dichten gemäß dem Entwurf des HBS (2012). Unter Berücksichtigung der für einen RQ 11,5+ bestimmenden Kapazität werden zunächst die Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der einstreifigen Teilstrecken für die Steigungsklasse 1 (Bild 34) und Steigungsklasse 2 (Bild 35) sowie die entsprechenden zugehörigen Verkehrsstärken aus Tabelle 31 übernommen. Die Ermittlung erfolgt dabei unter dem Ansatz eines SV-Anteils von 10 %. Ebenso werden die entsprechenden Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten aus den q-V-Beziehungen der zweistreifigen Teilstrecken für die Steigungsklasse 1 (Bild 36) und Steigungsklasse 2 (Bild 37) übernommen (Tabelle 31).

Die Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten für die Strecke des idealisierten Netzabschnitts werden für die einzelnen Steigungsklassen gemäß der Aufteilung 80 % einstreifige und 20 % zweistreifige Teilabschnitte nach Gleichung 55 berechnet:

$$V_{F,S(STi)} = \frac{1}{\frac{0,8}{V_{F,FS1}} + \frac{0,2}{V_{F,FS2}}} \quad \text{Gl. 55}$$

mit

$V_{F,N(STi)}$ erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf der Strecke mit einer konstanten Steigungsklasse i [km/h]

i Steigungsklasse

$V_{F,FS1}$ erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem einstreifigen Teilabschnitt [km/h]

$V_{F,FS2}$ erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem zweistreifigen Teilabschnitt [km/h]

Dabei erfolgt die Berechnung jeweils in Bezug auf die Verkehrsqualitätsstufen der einstreifigen Teilabschnitte. Durch den Ansatz von Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage werden Wartezeiten und entsprechend der Geschwindigkeit auf der Strecke zusätzliche Zeitzuschläge (nach Kapitel 7.3.3) berücksichtigt. Zur Ermittlung der Wartezeiten werden die Verkehrsstärken an den Grenzwerten der einstreifigen Teilabschnitte an den entsprechenden Verkehrsqualitätsstufen angesetzt. Da mindestens zwei gleichrangige Landstraßen verknüpft werden, wird angenommen, dass von der richtungsbezogenen Verkehrsbelastung auf der Strecke 50 % dem Verkehrsstrom der Geradeausfahrer und damit einer Signalgruppe zuzuordnen sind. Des Weiteren werden an dem Knotenpunkt zur Ermittlung der Wartezeit folgende Parameter festgelegt: Umlaufzeit $t_U = 90$ s, Zwischenzeit $t_z = 14$ s und Freigabeanteil $f_F = 0,42$. Aus diesen Parametern ergibt sich eine Freigabezeit von $t_F = 38$ s.

Mit diesen festgelegten Annahmen und Ableitungen bezüglich der Strecke und der Knotenpunkte lassen sich die Parameter zur Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit differenziert nach den beiden Steigungsklassen der Strecken (Tabelle 33 und Tabelle 34) berechnen. Die berechneten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten liegen für einen Netzabschnitt mit einer Strecke der Steigungsklasse 1 für die SAQ_N A bis E im Bereich von 84 km/h bis 49 km/h, für einen Netzabschnitt mit einer Strecke der Steigungsklasse 2 im Bereich von 78 km/h bis 55 km/h. Der Geschwindigkeitsbereich innerhalb der SAQ_N

LS II mit einer Strecken der Steigungsklasse 1						
QSV ¹	q kFz/h	V _{F,S(ST1)} [km/h]	t _w [s]	t _{z,KE} [s]	t _{z,KA} [s]	V _{F,N(ST1)} [km/h]
A	≤ 286	≥ 96	≤ 17	1,0	3,5	≥ 84
B	≤ 532	≥ 91	≤ 19	1,0	3,0	≥ 79
C	≤ 825	≥ 85	≤ 23	1,0	4,5	≥ 73
D	≤ 1.154	≥ 80	≤ 32	1,0	4,0	≥ 66
E	≤ 1.451	≥ 75	≤ 93 ²	1,0	3,5	≥ 49
F	> 1.451	< 75	> 93	1,0	3,5	< 49

¹ QSV der einstreifigen Teilstrecken; Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,S(ST1)}$ auf der Strecke bestehend aus 80 % einstreifigen und 20 % zweistreifigen Teilstrecken; Wartezeit an den Knotenpunkten für $q/2$

² Die Kapazität der Signalgruppe liegt bei 775 Kfz/h und wird demzufolge mit $q/2$ nicht überschritten

Tab. 33: Parameter zur Ermittlung der erreichbaren mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der QSV für den idealisierten Netzabschnitt der Kategorie LS II mit einer Strecke der Steigungsklasse 1

A bis E liegt zwischen 88 km/h und 60 km/h (Tabelle 35). Sowohl der abgedeckte Bereich der Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zwischen den SAQ_N A und E als auch die jeweiligen zu erreichenden Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den einzelnen SAQ_N erscheinen nach diesem Ansatz der Angebotsqualität zu hoch. Die nach den RIN (2008) angemessene Pkw-Fahrtgeschwindigkeit von 70 km/h bis 80 km/h für einen Netzabschnitt der Kategorie LS II sollte deshalb angepasst werden.

Bei einem Ansatz einer angemessenen Pkw-Fahrtgeschwindigkeit von 60 km/h anstatt der 70 km/h liegt der Geschwindigkeitsbereich innerhalb der SAQ_N A bis E zwischen 75 km/h und 51 km/h (Tabelle 36). Sowohl der abgedeckte Bereich der Pkw-

LS II mit einer Strecken der Steigungsklasse 2						
QSV ¹	q kFz/h	V _{F,S(ST2)} [km/h]	t _w [s]	t _{z,KE} [s]	t _{z,KA} [s]	V _{F,N(ST2)} [km/h]
A	≤ 260	≥ 88	≤ 17	1,0	3,0	≥ 78
B	≤ 478	≥ 82	≤ 18	1,0	2,5	≥ 73
C	≤ 731	≥ 76	≤ 21	1,0	3,5	≥ 67
D	≤ 1.008	≥ 70	≤ 26	1,0	3,0	≥ 61
E	≤ 1.252	≥ 66	≤ 39	1,0	2,5	≥ 55
F	> 1.252	< 66	> 39	1,0	2,5	> 55

¹ QSV der einstreifigen Teilstrecken; Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,S(ST2)}$ auf der Strecke bestehend aus 80 % einstreifigen und 20 % zweistreifigen Teilstrecken; Wartezeit an den Knotenpunkten für $q/2$

² Die Kapazität der Signalgruppe liegt bei 775 Kfz/h und wird demzufolge mit $q/2$ nicht überschritten

Tab. 34: Parameter zur Ermittlung der erreichbaren mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der QSV für den idealisierten Netzabschnitt der Kategorie LS II mit einer Strecke der Steigungsklasse 2

Angebotsqualität ¹			Verkehrsqualität		
SAQ _N	I _{VF} [-]	V _{F,N} [km/h]	QSV ²	V _{F,N(ST1)} [km/h]	V _{F,N(ST2)} [km/h]
A	≥ 1,25	≥ 88	A	≥ 84	≥ 78
B	≥ 1,20	≥ 84	B	≥ 79	≥ 73
C	≥ 1,10	≥ 77	C	≥ 73	≥ 67
D	≥ 1,00	≥ 70	D	≥ 66	≥ 61
E	≥ 0,85	≥ 60	E	≥ 49	≥ 55
F	< 0,85	< 60	F	< 49	> 55

¹ Gilt für eine Länge des Netzabschnitts von 4.000 m

² QSV der einstreifigen Teilstrecken

Tab. 35: Erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten gemäß der definierten Angebotsqualitätsstufen (SAQ_N D mit $V_{F,N,Ziel} = 70$ km/h) für einen Netzabschnitt der Kategorie LS II und einer Länge von 4.000 m sowie Verkehrsqualitätsstufen (QSV)

Fahrtgeschwindigkeiten zwischen den Stufen A und E als auch die jeweiligen zu erreichenden Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den einzelnen Stufen erscheinen nach diesem Ansatz der Angebotsqualität eher zutreffend.

Die $V_{F,N,Ziel}$ wird aufgrund des bei kurzen Netzabschnitten zunehmenden Einflusses der Verlust-

Angebotsqualität ¹			Verkehrsqualität		
SAQ _N	I _{VF} [-]	V _{F,N} [km/h]	QSV ²	V _{F,N(ST1)} [km/h]	V _{F,N(ST2)} [km/h]
A	≥ 1,25	≥ 75	A	≥ 84	≥ 78
B	≥ 1,20	≥ 72	B	≥ 79	≥ 73
C	≥ 1,10	≥ 66	C	≥ 73	≥ 67
D	≥ 1,00	≥ 60	D	≥ 66	≥ 61
E	≥ 0,85	≥ 51	E	≥ 49	≥ 55
F	< 0,85	< 51	F	< 49	> 55

¹ Gilt für eine Länge des Netzabschnitts von 4.000 m
² QSV der einstreifigen Teilstrecken

Tab. 36: Erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten gemäß der geänderten Angebotsqualitätsstufen (SAQ_N D mit $V_{F,N,Ziel} = 60$ km/h) für einen Netzabschnitt der Kategorie LS II und einer Länge von 4.000 m sowie Verkehrsqualitätsstufen (QSV)

zeiten an plangleichen Knotenpunkten auf die zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{F,N}$ nur ab bestimmten Netzabschnittslängen L_N erreicht. Daher wird angenommen, dass die $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) bzw. die vorgeschlagene Anpassung hierfür für Netzabschnitte mit einer für die jeweilige Straßenkategorie typischen Länge gelten. Aus diesem Grund soll eine längen- und kategoriebezogene angestrebte mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten $V_{LS II,N}$ auf einem Netzabschnitt definiert werden. Die $V_{f,N}$ bei freiem Verkehr bilden hierbei die Grundlage. Die $V_{LS II,N}$ ergibt sich in Abhängigkeit von der $V_{f,N}$ nach Gleichung 56:

$$V_{LS II,N} = V_{f,N} \cdot f_{V,L} \tag{Gl. 56}$$

mit

$V_{LS II,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategorie LS II [km/h]

$V_{f,N}$ bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt der Kategorie LS II nach Gleichung 47 [km/h]

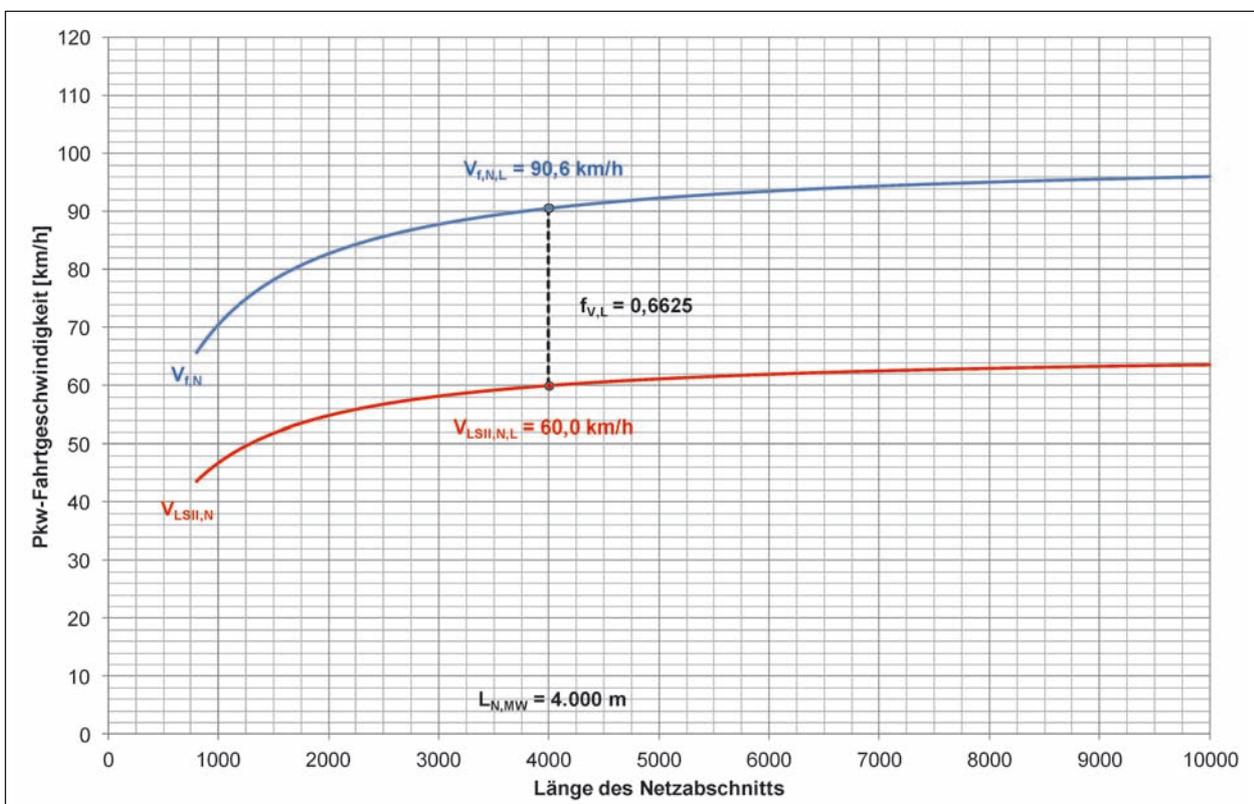


Bild 38: Bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N}$ in Abhängigkeit der Länge L_N des Netzabschnitts und hieraus mit der bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N,L}$ und der bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{LS II,N,L}$ abgeleitete angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{LS II,N}$ auf einem Netzabschnitt einer Landstraße der Kategorie LS II

$f_{V,L}$ Faktor zur Anpassung der $V_{f,N}$ an die $V_{F,N,Ziel}$

Für den Faktor $f_{V,L}$ gilt dabei nach Gleichung 57:

$$f_{V,L} = \frac{V_{LS II,N,L}}{V_{f,N,L}} \quad \text{Gl. 57}$$

mit

$f_{V,L}$ Faktor zur Anpassung der $V_{f,N}$ an die $V_{F,N,Ziel}$

$V_{LS II,N,L}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategorie LS II mittlerer Länge $L_{N,MW}$ [km/h]

$V_{f,N,L}$ bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt nach Gleichung 47 bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$

Für einen Netzabschnitt der Kategorie LS II ergibt sich bei einer mittleren Länge von 4.000 m unter dem Ansatz $V_{LS II,N,L} = V_{F,N,Ziel} = 60$ km/h und einer bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit von 90,6 km/h der Faktor $f_{V,L}$ zu 0,6625 (Bild 38).

Die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt $V_{LS II,N}$ ergibt sich unter Berücksichtigung der Länge des Netzabschnitts nach Gleichung 58:

$$V_{LS II,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{100} + \frac{15}{3,6}} \cdot 0,6625 \quad \text{Gl. 58}$$

mit

$V_{LS II,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategorie LS II [km/h]

L_N Länge des Netzabschnitts

7.4.3 Landstraßen der Kategorie LS III

Zur Berechnung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit wird der idealisierte Netzabschnitt der Kategorie LS III anhand der Angaben der RAL (2012) zunächst konkretisiert. Gemäß Tabelle 28 ist für die Strecke ein RQ 11 anzusetzen. Die angepasste Linienführung wird dabei als Steigungsklasse 1 mit der Kurvigkeitsklasse 1 bis Steigungsklasse 2 mit der Kurvigkeitsklasse 2 interpretiert. Insgesamt wird eine Länge des Netzabschnitts von 3 km angenommen.

Die Grenzwerte der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit an den einzelnen Stufen der Verkehrsqualität A bis F ergeben sich für die Teilstrecken auf Basis der entsprechenden q-V-Beziehungen unter Berücksichtigung der Grenzwerte für die Dichten gemäß Kapitel L3 des Entwurfs des neuen HBS (2012). Zunächst werden die Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der einstreifigen Strecken für die Steigungsklasse 1 mit Kurvigkeitsklasse 1 (Bild 39) und Steigungsklasse 2 mit Kurvigkeitsklasse 2 (Bild 40) sowie die entsprechenden zugehörigen Verkehrsstärken (Tabelle 37) ermittelt. Die Ermittlung erfolgt dabei unter dem Ansatz eines SV-Anteils von 10 %.

Durch den Ansatz von Knotenpunkten als Kreisverkehr werden Wartezeiten und entsprechend der Geschwindigkeit auf der Strecke zusätzliche Zeitzuschläge (nach Kapitel 7.3.1) berücksichtigt. Zur Ermittlung der Wartezeiten wird vereinfachend angenommen, dass sich in Bezug auf die QSV der Strecken die gleiche QSV am Knotenpunkt ergibt.

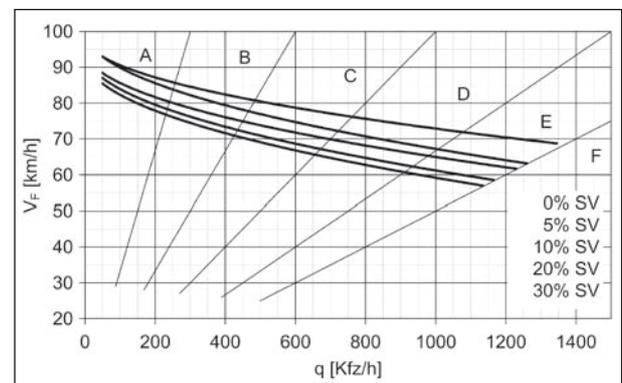


Bild 39: q-V-Funktion für Teilstrecken von zweistreifigen Straßen mit einem Fahrstreifen für die betrachtete Richtung (Steigungsklasse 1/Kurvigkeitsklasse 1)

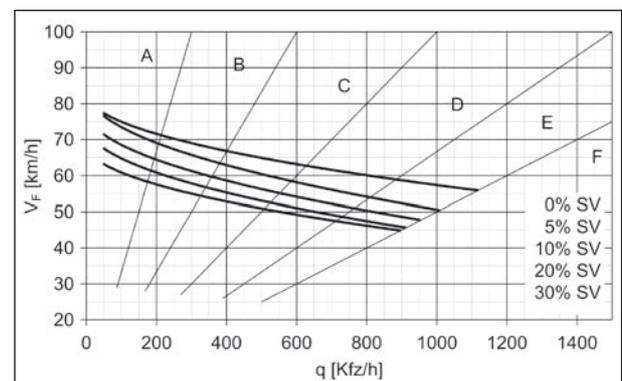


Bild 40: q-V-Funktion für Teilstrecken von zweistreifigen Straßen mit einem Fahrstreifen für die betrachtete Richtung (Steigungsklasse 2/Kurvigkeitsklasse 2)

Mit diesen festgelegten Annahmen und Ableitungen bezüglich der Strecke und der Knotenpunkte lassen sich die Parameter zur Ermittlung der Pkw-Fahrtgeschwindigkeit differenziert nach den beiden Steigungsklassen bzw. Kurvigkeitsklassen der Strecken (Tabelle 38 und Tabelle 39) berechnen.

Die berechneten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten liegen für einen Netzabschnitt bei Ansatz der Steigungsklasse 1 für die Verkehrsqualitätsstufen A bis E im Bereich von 69 km/h bis 49 km/h, für einen Netzabschnitt mit einer Strecke der Steigungsklasse 2 im Bereich von 57 km/h bis 39 km/h. Der Geschwindigkeitsbereich innerhalb der Angebotsqualitätsstufen A bis E liegt zwischen 75 km/h und 51 km/h (Tabelle 40). Sowohl der abgedeckte Bereich der Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zwischen den Stufen A und E als auch die jeweiligen zu er-

QSV	k [Kfz/km]	Steigungsklasse 1 Kurvigkeitsklasse 1		Steigungsklasse 2 Kurvigkeitsklasse 2	
		q [Kfz/h]	V _{F,FS1} [km/h]	q [Kfz/h]	V _{F,FS1} [km/h]
A	≤ 3	≤ 241	≥ 80	≤ 194	≥ 65
B	≤ 6	≤ 449	≥ 75	≤ 358	≥ 60
C	≤ 10	≤ 699	≥ 70	≤ 551	≥ 55
D	≤ 15	≤ 979	≥ 65	≤ 765	≥ 51
E	≤ 20	≤ 1.233	≥ 62	≤ 955	≥ 48
F	> 20	> 1.233	< 62	> 955	< 48

Tab. 37: Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der Stufen der Verkehrsqualität gemäß HBS (2012) für Teilstrecken von zweistreifigen Straßen mit einem Fahrstreifen bei einem SV-Anteil von 10 %

LS III mit einer Strecken der Steigungsklasse 1 und der Kurvigkeitsklasse 1						
QSV ¹	q kfz/h	V _{F,S(ST1)} [km/h]	t _w [s]	t _{z,KE} [s]	t _{z,KA} [s]	V _{F,N(ST1)} [km/h]
A	≤ 241	≥ 80	≤ 10	6,5	6,5	≥ 69
B	≤ 449	≥ 75	≤ 20	5,5	5,5	≥ 62
C	≤ 699	≥ 70	≤ 30	5,0	5,0	≥ 56
D	≤ 979	≥ 65	≤ 45	4,5	4,5	≥ 49
E	≤ 1.233	≥ 62	2	-	-	< 49
F	> 1.233	< 62	2	-	-	<< 49-

¹ QSV der einstreifigen Teilstrecken und der Knotenpunkte
² Bei einer Belastung in der Zufahrt von 1.233 Kfz/h ist die Kapazität bereits überschritten

Tab. 38: Parameter zur Ermittlung der erreichbaren mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der QSV für den idealisierten Netzabschnitt der Kategorie LS III mit einer Strecke der Steigungsklasse 1 und der Kurvigkeitsklasse 1

reichenden Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den einzelnen Stufen erscheinen nach diesem Ansatz der Angebotsqualität zu hoch. Die Zielvorstellungen der RIN (2008) für die angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeit von 60 km/h bis 70 km/h für einen Netzabschnitt der Kategorie LS II sollte im Rahmen einer Fortschreibung der RIN nach diesen Erkenntnissen angepasst werden.

Angemerkt sei, dass die erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten ausgehend von den Grenzwerten (Dichten) der Strecken ermittelt und die Grenzwerte der Wartezeiten für den Kreisverkehr entsprechend gesetzt wurden. Denkbar ist auch eine Ableitung der erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf Basis

LS III mit einer Strecken der Steigungsklasse 2 und der Kurvigkeitsklasse2						
QSV ¹	q kfz/h	V _{F,S(ST2)} [km/h]	t _w [s]	t _{z,KE} [s]	t _{z,KA} [s]	V _{F,N(ST2)} [km/h]
A	≤ 194	≥ 65	≤ 10	4,5	6,5	≥ 69
B	≤ 358	≥ 60	≤ 20	4,0	5,5	≥ 62
C	≤ 551	≥ 55	≤ 30	3,5	5,0	≥ 56
D	≤ 765	≥ 51	≤ 45	3,0	4,5	≥ 49
E	≤ 955	≥ 48	> 45	2,5	-	< 49
F	> 955	< 48	-	-	-	<< 49-

¹ QSV der einstreifigen Teilstrecken; Pkw-Fahrtgeschwindigkeit V_{F,S(ST1)} auf der Strecke bestehend aus 80 % einstreifigen und 20 % zweistreifigen Teilstrecken; Wartezeit an den Knotenpunkten für q/2

Tab. 39: Parameter zur Ermittlung der erreichbaren mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den Grenzwerten der QSV für den idealisierten Netzabschnitt der Kategorie LS III mit einer Strecke der Steigungsklasse 2 und der Kurvigkeitsklasse 2

Angebotsqualität ¹			Verkehrsqualität		
SAQ _N	I _{VF} [-]	V _{F,N} [km/h]	QSV ²	V _{F,N(ST1)} [km/h]	V _{F,N(ST2)} [km/h]
A	≥ 1,25	≥ 75	A	≥ 69	≥ 57
B	≥ 1,20	≥ 72	B	≥ 62	≥ 51
C	≥ 1,10	≥ 66	C	≥ 56	≥ 46
D	≥ 1,00	≥ 60	D	≥ 49	≥ 41
E	≥ 0,85	≥ 51	E	< 49	< 39
F	< 0,85	< 51	F	<< 49-	<< 39

¹ Gilt für eine Länge des Netzabschnitts von 3.000 m
² QSV der einstreifigen Strecken

Tab. 40: Erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten gemäß der definierten Angebotsqualitätsstufen (SAQ_N D mit V_{F,N,Ziel} = 60 km/h) für einen Netzabschnitt der Kategorie LS III und einer Länge von 3.000 m sowie der Verkehrsqualitätsstufen (QSV)

von Annahmen zur Verkehrsstärke in der Zufahrt des Kreisverkehrs und der Kreisfahrbahn, die zu den Grenzwerten der Wartezeit führen. Die Verkehrsstärke in der Zufahrt kann dann als Belastung für die Strecke angesetzt werden. Je nach Ansatz der Belastungskonstellation am Kreisverkehr (zu berücksichtigen ist hierbei auch die Verknüpfung von mindestens gleichrangigen Landstraßen) sind bei gleicher Wartezeit bei dem in dieser Untersuchung durchgeführten Ansatz durchaus niedrigere Zufahrtsbelastungen und somit auch höhere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf der Strecke zu erwarten. Auf Grundlage dieser Überlegungen sollte die Anpassung der angemessenen Pkw-Fahrtgeschwindigkeit eher in Richtung 50 km/h als gegen 40 km/h tendieren.

Bei einem Ansatz einer angemessenen Pkw-Fahrtgeschwindigkeit von 50 km/h anstatt der 60 km/h liegt der Geschwindigkeitsbereich innerhalb der Angebotsqualitätsstufen A bis E zwischen 63 km/h und 43 km/h (Tabelle 41). Sowohl der abgedeckte Bereich der Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zwischen den Stufen A und E als auch die jeweiligen zu erreichenden Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten an den einzelnen Stufen erscheinen nach diesem Ansatz der Angebotsqualität zutreffender.

Wie bei den Landstraßen der Kategorie LS II soll auch für die Kategorie LS III eine längenabhängige Bezugsgröße ausgehend von der bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt der Kategorie LS III definiert werden.

Für einen Netzabschnitt der Kategorie LS III ergibt sich bei einer mittleren Länge von 3.000 m unter

Angebotsqualität ¹			Verkehrsqualität		
SAQ _N	I _{VF} [-]	V _{F,N} [km/h]	QSV ²	V _{F,N(ST1)} [km/h]	V _{F,N(ST2)} [km/h]
A	≥ 1,25	≥ 63	A	≥ 69	≥ 57
B	≥ 1,20	≥ 60	B	≥ 62	≥ 51
C	≥ 1,10	≥ 55	C	≥ 56	≥ 46
D	≥ 1,00	≥ 50	D	≥ 49	≥ 41
E	≥ 0,85	≥ 43	E	< 49	< 39
F	< 0,85	< 43	F	<< 49-	<< 39

¹ Gilt für eine Länge des Netzabschnitts von 3.000 m
² QSV der einstreifigen Strecken

Tab. 41: Erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten gemäß der geänderten Angebotsqualitätsstufen (SAQ_N D mit V_{F,N,Ziel} = 50 km/h) für einen Netzabschnitt der Kategorie LS II und einer Länge von 3.000 m sowie Verkehrsqualitätsstufen (QSV)

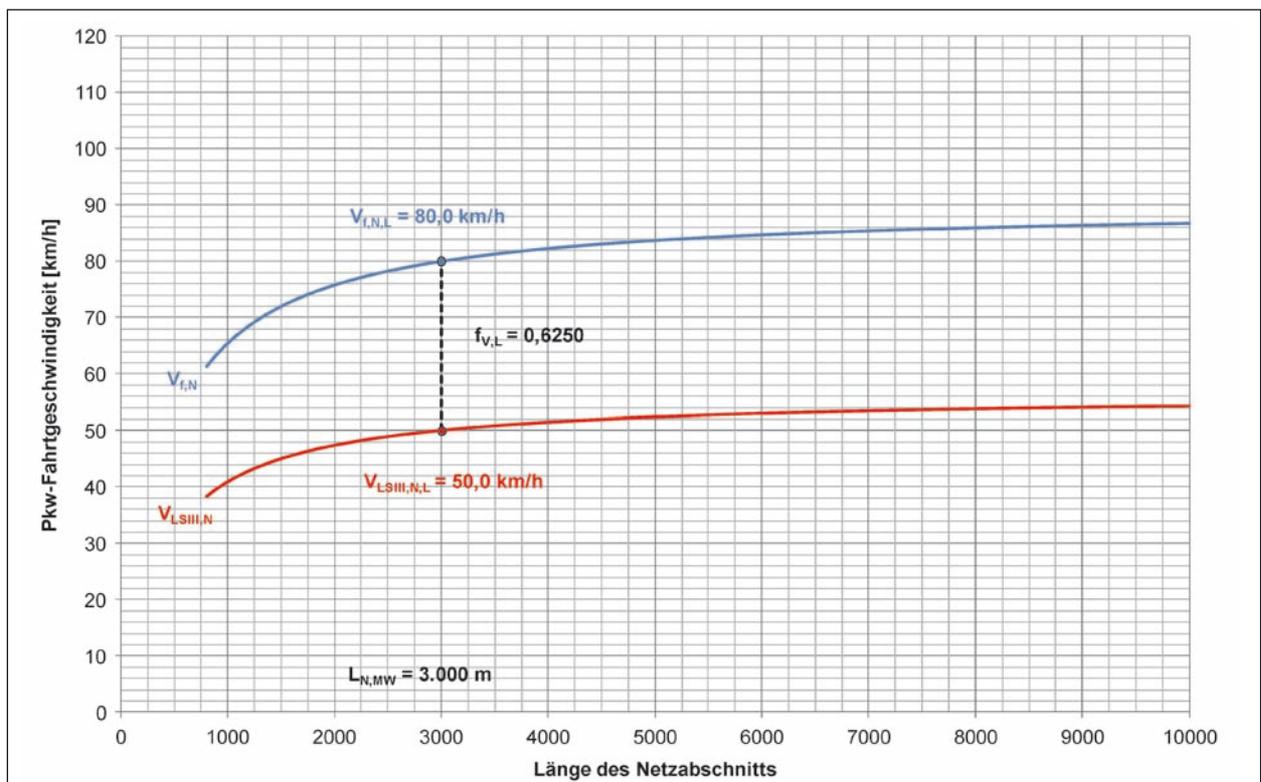


Bild 41: Bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N}$ in Abhängigkeit der Länge L_N des Netzabschnitts und hieraus mit der bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N,L}$ und der bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{LS III,N,L}$ abgeleitete angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{LS III,N}$ auf einem Netzabschnitt einer Landstraße der Kategorie LS III

dem Ansatz $V_{LS II,N,L} = V_{F,N,Ziel} = 50 \text{ km/h}$ und einer bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit von $80,0 \text{ km/h}$ der Faktor $f_{V,L}$ zu $0,6250$ (Bild 41).

Die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt $V_{LS III,N}$ ergibt sich unter Berücksichtigung der Länge des Netzabschnitts nach Gleichung 59:

$$V_{LSII,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{90} + \frac{15}{3,6}} \cdot 0,6250 \quad \text{Gl. 59}$$

mit

$V_{LS II,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategorie LS II [km/h]

L_N Länge des Netzabschnitts

7.4.4 Landstraßen der Kategorie LS IV

Für Landstraßen der Kategorie LS IV ist nach den RAL (2012) ein RQ 9 vorgesehen. Derzeit stehen keine Berechnungsverfahren zur Verfügung, mit

denen sich eine richtungsbezogene Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für diese Strecken ermitteln lässt. Aus den vorangegangenen Analysen lässt sich jedoch ableiten, dass die nach den RIN (2008) angegebene angemessene Pkw-Fahrtgeschwindigkeit von 50 km/h bis 60 km/h ebenfalls zu hoch ist. Analog zu den Vorgehensweisen bei Landstraßen der Kategorie LS II und LS III wird die Untergrenze $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) um 10 km/h auf 40 km/h reduziert.

Für einen Netzabschnitt der Kategorie LS IV ergibt sich bei einer mittleren Länge von 2 km unter dem Ansatz $V_{LS III,N,L} = V_{F,N,Ziel} = 40 \text{ km/h}$ und einer bei freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit von $61,1 \text{ km/h}$ der Faktor $f_{V,L}$ zu $0,6548$ (Bild 42).

Die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt $V_{LS IV,N}$ ergibt sich unter Berücksichtigung der Länge des Netzabschnitts nach Gleichung 60:

$$V_{LSII,N} = \frac{L_N}{\frac{L_N}{70} + \frac{15}{3,6}} \cdot 0,6548 \quad \text{Gl. 60}$$

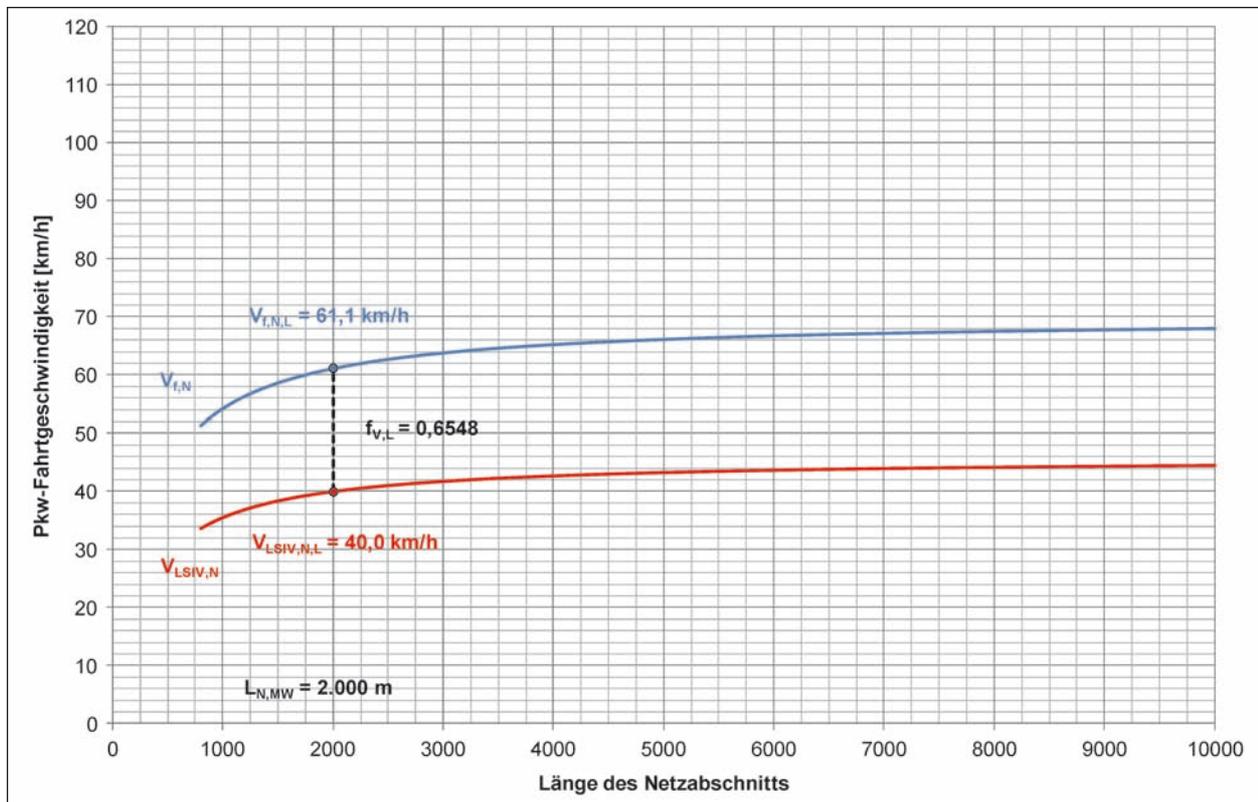


Bild 42: Bei freiem Verkehr erreichbare Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N}$ in Abhängigkeit der Länge L_N des Netzabschnitts und hieraus mit der bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{f,N,L}$ und der bei mittlerer Länge $L_{N,MW}$ angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{LS IV,N,L}$ abgeleitete angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{LS IV,N}$ auf einem Netzabschnitt einer Landstraße der Kategorie LS IV

mit

$V_{LS II,N}$ angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt der Kategorie LS II [km/h]

L_N Länge des Netzabschnitts

7.5 Zusammenfassung

In den RIN (2008) sind für Netzabschnitte von Landstraßen der Kategorien LS I bis LS IV Zielvorstellungen in Bezug auf netzplanerisch angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten angegeben. Auf Grundlage dieser Zielvorstellungen wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem die Angebotsqualität eines Netzabschnitts unter den gegebenen Randbedingungen bestimmt werden kann. Die Bewertung erfolgt wie bei Autobahnen auf Basis eines Fahrtgeschwindigkeitsindex. Eingangsgrößen sind die unter den gegebenen verkehrlichen und infrastrukturellen Randbedingungen erreichbaren mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf einem Netzabschnitt und eine aus der Kategorie abgeleitete Bezugsgröße.

Die auf einem Netzabschnitt erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit ist abhängig von den Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf den Strecken sowie den Wartezeiten und den zusätzlichen Zeitverlusten an den Knotenpunkten. Für die bislang in den Wartezeiten nicht berücksichtigten Zeitverluste durch Verzögern und Beschleunigen im Bereich von Knotenpunkten wurden Zeitzuschläge für Kreisverkehre, Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und vorfahrtgeregelte Knotenpunkte mit Zeichen 205 StVO und Zeichen 206 StVO teils aus empirischen Daten, teils aus Analogiebetrachtung abgeleitet. Insbesondere die abgeleiteten Werte für die Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und den vorfahrtgeregelten Kreuzungen und Einmündungen sollten weitergehend mit empirischen Daten überprüft werden.

Die Bezugsgröße zur Ermittlung des Fahrtgeschwindigkeitsindex wurde ausgehend von einer auf einem der Kategorie entsprechenden idealisierten Netzabschnitt unter freiem Verkehr erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit abgeleitet. Hierbei konnte gezeigt werden, dass die Bezugsgröße für Netzabschnitte der Kategorien LS II, LS III und LS IV aufgrund der Wirkung der Verlustzeiten der plangleichen Knotenpunkte auf die Pkw-Fahrtgeschwindigkeit längenabhängig ist.

Straßenkategorie	angestrebter Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsbereich		Bezugsgrößen für Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex $V_{LS,N}$
	nach RIN (2008)	Modifikationsvorschlag	
LS I	80 bis 90 km/h	-	80 km/h
LS II	70 bis 80 km/h	60 bis 70 km/h	60 km/h
LS III	60 bis 70 km/h	50 bis 60 km/h	50 km/h
LS IV	50 bis 60 km/h	40 bis 50 km/h	40 km/h

Tab. 42: Angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten nach den RIN (2008) einschließlich Modifikationsvorschläge und Bezugsgrößen für den Pkw-Fahrtgeschwindigkeitsindex für die Straßenkategorien LS I bis LS IV

Ein Vergleich der nach den RIN (2008) definierten Zielgeschwindigkeiten mit anhand von Beispielrechnungen ermittelten erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zeigte, dass die Zielvorstellung der RIN (2008) in Bezug auf die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten für Straßen der Kategorien LS II, LS III und LS IV etwas hoch ist. Daher wurden aus den Beispielrechnungen jeweils Empfehlungen für die im Rahmen der Fortschreibung der RIN (2008) anzusetzenden Zielvorstellungen abgeleitet (Tabelle 42).

8 Schlussfolgerungen

In den RIN (2008) werden für Netzabschnitte nahezu aller Straßenkategorien Zielvorgaben für die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit genannt, ohne dass die RIN (2008) selbst Verfahren zur Ermittlung der tatsächlichen Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt bieten. Es wird lediglich darauf verwiesen, dass im Rahmen der verkehrstechnischen Bemessung die im Bemessungszeitraum erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit mit der jeweiligen Zielgröße für die angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit verglichen werden soll. Deshalb sind im neuen HBS (2012) geeignete Verfahren für die Ermittlung der erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf Autobahnen, Landstraßen sowie innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen bereitzustellen.

Dabei ist zu beachten, dass die RIN (2008) einen Netzabschnitt als Folge von Strecken und Knotenpunkten gleicher Kategorie definieren, der durch Knotenpunkte mit Straßen gleicher oder höherran-

giger Verbindungsfunktionsstufe bzw. bei Landstraßen zusätzlich durch einen Wechsel der Kategoriengruppe (z. B. bei Ortsdurchfahrten) begrenzt wird. Deshalb ist neben der bisher ausschließlich auf Strecken bezogenen Geschwindigkeitsermittlung – im HBS (2001) nur für Abschnitte von Autobahnen und Abschnitte von zweistreifigen Landstraßen enthalten – auch eine anlagenübergreifende Aussage zu Geschwindigkeiten auf Netzabschnitten erforderlich.

Neben einer damit möglichen Überprüfung aus netzplanerischer Sicht sollte auch ein eigenes Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs auf diesen Netzabschnitten entwickelt und in den Entwurf des neuen HBS (2012) integriert werden. Hierfür galt es, ein geeignetes Qualitätskriterium abzuleiten und bezüglich der Aussagefähigkeit zu Qualitätsstufen zu untersuchen.

Die zur netzplanerischen Überprüfung gemäß den RIN (2008) erforderliche tatsächliche Pkw-Fahrtgeschwindigkeit sollte bei der Betrachtung von Neu-, Um- und Ausbaumaßnahmen auf Grundlage der Verfahren für die einzelnen Straßenverkehrsanlagen (Strecken und Knotenpunkte) ermittelt werden, da in diesen Fällen gemäß dem ARS Nr. 10/2002 für alle betroffenen Einzelanlagen ein Verkehrsqualitätsnachweis zu erbringen ist. Die auf dieser Grundlage zu ermittelnde Fahrtgeschwindigkeit oder auch die damit zusammenhängende Fahrzeit können und sollen dann als Eingangsgrößen für die anlagenübergreifende Bewertung der Angebotsqualität herangezogen werden.

Die konzeptionellen Betrachtungen konzentrierten sich somit im Wesentlichen auf die Ableitung und Festlegung eines geeigneten Qualitätskriteriums und zugehöriger Qualitätsstufen. Dazu wurden zunächst bisherige Ansätze zur Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs auf Netzabschnitten bzw. Straßenzügen (als Folge von Strecken und Knotenpunkten) auf Basis von Fahrtgeschwindigkeiten, Fahrzeiten und/oder sich auf diese Kenngrößen beziehender Indizes (indexbasierte Bewertungsansätze) analysiert und hinsichtlich ihrer Eignung vergleichend bewertet. Durch einen Index wird die im Bemessungszeitraum erreichbare Fahrzeit oder Fahrtgeschwindigkeit im Verhältnis zu einer als Referenz angegebenen Fahrzeit oder Fahrtgeschwindigkeit auf dem betrachteten Netzabschnitt in Abhängigkeit der Straßenkategorie ermittelt und bewertet. D. h., die Abweichungen von einem bestimmten Zielniveau werden als Einschränkungen der Qualität quantifiziert.

Hierauf aufbauend erfolgte die Festlegung des Konzepts zur anlagenübergreifenden Bewertung. Mit dieser Bewertung wird folgendes Ziel verfolgt: Während mit der Bewertung von Einzelanlagen die Frage beantwortet werden soll, wie gut eine Anlage bei hohen Belastungen „funktioniert“, hebt die anlagenübergreifende Bewertung darauf ab zu klären, wie gut eine Aufeinanderfolge von Einzelanlagen (Strecken und Knotenpunkte) die der Straße zugeordnete netzplanerische Aufgabe erfüllt.

Zunächst wurden Konzeptansätze entwickelt, differenziert für die einzelnen Straßenkategorien der RIN (2008). Neben Ansätzen auf Basis der absoluten Fahrgeschwindigkeit wurden auch Ansätze sowohl mit Fahrtgeschwindigkeit- als auch mit Fahrzeitindizes untersucht und deren Eignung zu beurteilt. Bereits bei der Konzeptentwicklung wurden mögliche Qualitätsabstufungen einbezogen. So ist bei einem indexbasierten Ansatz die Festlegung der Referenzgröße von grundlegender Bedeutung. Eine Orientierung stellen hier die Zielvorgaben der RIN (2008) für die mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf einem Netzabschnitt dar, die definitionsgemäß für eine angemessene Verkehrsqualität stehen.

Bei der Festlegung maßgebender Kenngrößen zur Beurteilung der Angebotsqualität ist zu berücksichtigen, dass sich aus abweichenden Steuerungsbedingungen (z. B. zulässige Höchstgeschwindigkeit) bzw. aus unterschiedlichen Streckencharakteristika (z. B. Steigungstrecken) unabhängig von der Verkehrsbelastung unterschiedliche theoretisch erreichbare Fahrtgeschwindigkeiten für Netzabschnitte ergeben können. Bei der Fahrzeit als Bewertungsmaß eines Netzabschnitts wird diese Größe zusätzlich wesentlich durch die Länge des Netzabschnitts bzw. die Abstände relevanter Knotenpunkte beeinflusst. Eine unmittelbare Ableitung eines Qualitätsmaßstabs auf Basis der absoluten Fahrtgeschwindigkeit bzw. Fahrzeit ist folglich nicht zielführend.

Die Verwendung einer indexbasierten Bewertungsgröße dagegen ermöglicht die Berücksichtigung der zuvor genannten Aspekte. Bei einer indexbasierten Bewertung wird die für einen Netzabschnitt unter bestimmten Bedingungen (vorhandene Verkehrsstärke, Steuerungsbedingungen, Streckencharakteristika) ermittelte Fahrtgeschwindigkeit bzw. Fahrzeit auf eine Referenzgröße bezogen.

Für die indexbasierte Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten wurden individuelle und

netzplanerische Bezugsgrößen hergeleitet und untersucht. Die individuellen Bezugsgrößen greifen den Grundgedanken auf, eine bestehende bzw. zu planende Verkehrsanlage aus Nutzersicht zu bewerten, und bilden somit die Bezugsgrößen zur Beurteilung der Verkehrsqualität in Netzabschnitten. Bei dieser Bewertung tritt der Gedanke der Erreichbarkeit in den Hintergrund. D. h., es wird in erster Linie die Frage beantwortet, wie gut eine zu planende Anlage unter den zu erwartenden Verkehrsbelastungen funktionieren wird. Dieser Ansatz wurde aus verschiedenen Gründen verworfen und für die anlagenübergreifende Bewertung von Netzabschnitten wurde stattdessen ein Verfahren für die netzplanerische Bewertung in Form der Angebotsqualität erarbeitet. Dazu wurden netzplanerische Bezugsgrößen hergeleitet, welche zur Beurteilung der Angemessenheit einer bestehenden bzw. geplanten Anlage unter Berücksichtigung der maßgebenden Verbindungsfunktionsstufe im Sinne der RIN (2008) dienen.

Die Beurteilung der Angebotsqualität von Netzabschnitten im Sinne der RIN (2008) soll auf Basis der erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf einem Netzabschnitt erfolgen. Dabei wird die in einem Netzabschnitt zu erwartende mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf eine aus den Zielvorgaben der RIN (2008) abgeleitete angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeit (Referenzgeschwindigkeit) bezogen. Diese angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeit ergibt sich in Abhängigkeit der Straßenkategorie in Anlehnung an die RIN (2008). Als maßgebendes Bewertungskriterium wurde ein entsprechender Fahrtgeschwindigkeitsindex definiert, welcher das Verhältnis aus der zu erwartenden mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf dem Netzabschnitt und der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit beschreibt.

Hierauf aufbauend wurden die Verfahren zur Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten unter Berücksichtigung bzw. auf Basis des Verkehrsablaufs auf/an einzelnen Straßenverkehrsanlagen im Zuge eines Netzabschnitts und deren Zuordnung zu Stufen der Angebotsqualität (SAQ_N) entwickelt. Die Betrachtungen beziehen sich dabei ausschließlich auf Außerortsstraßen, d. h. Autobahnen und Landstraßen. Das entsprechende Verfahren für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten anbaufreier und angebaute Hauptverkehrsstraßen wurde in einer gesonderten Untersuchung von BAIER/HARTKOPF (2012) erarbeitet.

Unter der Maßgabe, dass die in den RIN (2008) angegebenen Bandbreiten für angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten einer SAQ_N C bis D entsprechen sollen, wurde ein Bewertungsmaßstab für den Fahrtgeschwindigkeitsindex abgeleitet. Bei dessen Entwicklung und Überprüfung wurde festgestellt, dass die in den RIN (2008) für Autobahnen der Kategorie AS 0/I angegebene Bandbreite der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit tendenziell zu hoch liegt. Dies konnte damit begründet werden, dass für Netzabschnitte der Kategorie AS 0/I typische Strecken, welche bei der Verkehrsqualitätsbewertung der Strecken eine QSV D erreichen, Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten aufweisen, welche unter den Mindestanforderungen der RIN (2008) liegen. Für Netzabschnitte der Kategorie AS II liegt dagegen das Anspruchsniveau der RIN (2008) tendenziell zu niedrig, da die Vorgaben der RIN (2008) bei diesen Straßen – unabhängig von den Verkehrsbelastungen – generell übertroffen werden. Daher wurden für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten entsprechende Anpassungen der in den RIN (2008) angegebenen Bandbreiten der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit und somit der Referenzgrößen für den Fahrtgeschwindigkeitsindex vorgenommen. Des Weiteren war zu berücksichtigen, dass für Stadt- und Autobahnen und deren besondere Trassierungseigenschaften (eigene Entwurfsklasse nach den RAA, 2008) keine gesonderten Zielvorgaben in den RIN (2008) enthalten sind. Aufgrund der nach den RAA (2008) planmäßigen Geschwindigkeitsbeschränkungen bei Stadt- und Autobahnen wird eine gemeinsame Behandlung mit den Straßen der Kategorie AS 0/I bzw. AS II als nicht sachgerecht angesehen. Daher wurden für Stadt- und Autobahnen, in Ergänzung zu den Vorgaben der RIN (2008), gesonderte angestrebte mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten abgeleitet. Mit diesen modifizierten angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten konnte ein plausibler Bewertungsmaßstab für die Beurteilung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Autobahnen hergeleitet werden, welcher auch für die Beurteilung der Angebotsqualität von Netzabschnitten von Landstraßen verwendbar war.

Bei Landstraßen mit plangleichen Knotenpunkten, an denen der Verkehr auf der betrachteten Straße vorfahrrechtlich untergeordnet oder durch eine Lichtsignalanlage gesteuert ist, ist die auf einem Netzabschnitt erreichbare mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit abhängig von den Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf den Strecken sowie den War-

tezeiten und den zusätzlichen Zeitverlusten an den Knotenpunkten. Für die bislang in den Wartezeiten nicht berücksichtigten Zeitverluste durch Verzögern und Beschleunigen im Bereich von Knotenpunkten wurden deshalb zunächst Zeitzuschläge für Kreisverkehre, Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und vorfahrtsignalisierte Knotenpunkte mit Zeichen 205 StVO und Zeichen 206 StVO abgeleitet. Insbesondere die abgeleiteten Werte für die Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage und die vorfahrtsignalisierten Kreuzungen und Einmündungen sollten künftig weitergehend mit empirischen Daten überprüft werden.

Bei Landstraßen der Kategorien LS II, LS III und LS IV gemäß den RIN (2008) mit plangleichen Knotenpunkten nimmt mit kürzer werdender Netzabschnittslänge der Einfluss der Verlustzeiten an den Knotenpunkten auf die zu erwartende mittlere Pkw-Fahrtgeschwindigkeit zu. Der große Einfluss der Knotenpunkte macht es erforderlich, die als Referenzgeschwindigkeit für die Bewertung gewählte angestrebte Pkw-Fahrtgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Länge des Netzabschnitts zu variieren. Mit dieser Entscheidung löst sich das Bewertungsverfahren von den längenunabhängigen Zielvorgaben der RIN (2008). Dabei wurde unterstellt, dass die in den RIN (2008) angegebenen angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten nur bei bestimmten, für die jeweilige Kategorie typischen Netzabschnittslängen gültig sind, da sie nur bei diesen erreicht werden können. Aufgrund dieser Entscheidung kann mit dem hier entwickelten Bewertungsverfahren ein sehr kurzer Netzabschnitt noch mit $SAQ_N D$ bewertet werden, dessen tatsächliche Pkw-Fahrtgeschwindigkeit unterhalb der in den RIN (2008) angegebenen Bandbreite der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit liegt.

Ein Vergleich der in den RIN (2008) angegebenen angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten mit anhand von Beispielrechnungen ermittelten tatsächlich erreichbaren Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten zeigte darüber hinaus, dass die Vorgaben der RIN (2008) für die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeiten auf Netzabschnitten von Landstraßen der Kategorien LS II, LS III und LS IV insgesamt zu hoch sind. Daher wurden auch hier bei der Festlegung der Referenzgeschwindigkeit für die Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten entsprechende Anpassungen gegenüber den in den RIN (2008) angegebenen Bandbreiten der angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit vorgenommen.

Die Ergebnisse wurden als standardisierte Verfahren zur Integration in den Entwurf des HBS (2012) als Kapitel A5 und Kapitel L7 aufbereitet. Darin ist auch der jeweilige Anwendungsbereich der Berechnungsverfahren definiert. Für Fälle außerhalb des jeweiligen Anwendungsbereichs sind ergänzende Hinweise zur Anwendung alternativer Verfahren, wie beispielsweise mikroskopische Verkehrsflusssimulationen, enthalten. Bei der Bewertung der Angebotsqualität von Netzabschnitten ist zu berücksichtigen, dass der Übergang von der $SAQ_N E$ zur $SAQ_N F$ nicht die Kapazität der Netzabschnitte widerspiegelt, da bei der Beurteilung der Angebotsqualität nicht die Funktionstüchtigkeit einer Straßenanlage, sondern die Erfüllung der netzplanerischen Zielvorstellungen in Bezug auf die Erreichbarkeit von Zielen im Sinne der RIN (2008) beurteilt wird.

Bei einer Fortschreibung der RIN (2008) sollten die bisher angegebenen Bandbreiten der angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit für Autobahnen und für Landstraßen entsprechend den Werten der Tabelle 43 angepasst werden. Die Bandbreiten der RIN (2008) erscheinen teilweise zu hoch, insbesondere bei Landstraßen mit plangleichen Knotenpunkten (Kategorien LS II, LS III und LS IV). Bei Autobahnen der Kategoriengruppe AS sollten gesonderte Zielvorgaben für die angestrebten Pkw-Fahrtgeschwindigkeit auf Stadtautobahnen ausgewiesen werden. Darüber hinaus sollte auch verdeutlicht werden, dass sämtliche diesbezüglichen Zielvorgaben der RIN (2008), wie auch die empfohlenen Anpassungen, nur für bestimmte, für die jeweilige Straßenkategorie typische Längen von Netzabschnitten gültig sind.

Kategorie	$V_{F,N,Ziel}$ [km/h]	
	gemäß den RIN (2008)	empfohlene Anpassung
AS 0/I	100-120	90-110
AS II	70-90	80-100
Stadtautobahnen	n. a. ¹	70-90
LS I	80-90	k. A. ²
LS II	70-80	60-70
LS III	60-70	50-60
LS IV	50-60	40-50

¹ n. a. = nicht angegeben, da in den RIN (2008) keine gesonderte Betrachtung von Stadtautobahnen erfolgt
² k. A. = keine Anpassung erforderlich

Tab. 43: Bandbreiten der angestrebten mittleren Pkw-Fahrtgeschwindigkeit $V_{F,N,Ziel}$ gemäß den RIN (2008) und empfohlene Anpassungen

9 Literatur

- ANGENENDT, W., JANSEN, V., UNKHOFF, R., MATERN, U., MEIER, M.: Bemessung von Stadtstraßen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Verkehrsqualitäten bei Beachtung der Auswirkungen auf die Wohnumfeldqualität. FE 02.061S78F im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Aachen 1983 (unveröffentlicht)
- 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., HARTKOPF, G.: Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität von anbaufreien und angebauten Hauptverkehrsstraßen. Teil 2 zum FE 02.324/2010/ARB „Weiterentwicklung von Verfahren zur Verkehrsqualitätsbewertung im Rahmen der Fortschreibung des HBS“ im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Aachen/Rösrath 2012 (unveröffentlicht)
- BAIER, M. M., VOLKENHOFF, T.: Modelle zur Ermittlung von Fahrtgeschwindigkeiten. 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)
- BASELAU, C.: Entwicklung eines Verfahrens zur Beurteilung der Verkehrsqualität auf Straßen mit 2+1-Verkehrsführung. Schriftenreihe der Professur für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der Bauhaus-Universität Weimar, Heft 3, Weimar 2005
- BETZ, C.: Verkehrsablauf auf Autobahnen mit dicht aufeinander folgenden Knotenpunkten. Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, Heft 31, Bochum 2008
- BREUER, F.-J.: Elemente des Verkehrsablaufs an kreuzungsfreien Straßenknoten. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 88, Bonn-Bad Godesberg 1969
- BRILON, W., GEISTEFELDT, J.: Überprüfung der Kapazitätswerte und q-V-Diagramme des HBS 2001 für Autobahnabschnitte außerhalb der Knotenpunkte. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 1033, Bonn 2010
- 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., GROßMANN, M., BLANKE, H.: Ein Deutsches Highway Capacity Manual? In: Straßenverkehrstechnik 38 (1994), Heft 5, S. 261-277
- BRILON, W., SCHNABEL, W.: Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs auf Hauptverkehrsstraßen. In: Straßenverkehrstechnik 47 (2003), Heft 1, S. 21-26
- BRILON, W., ZURLINDEN, H.: Kapazität von Straßen als Zufallsgröße. In: Straßenverkehrstechnik 48 (2004), Heft 4, S. 164-172
- BRILON, W., ESTEL, A.: Differenzierte Bewertung der Qualitätsstufen im HBS im Bereich der Überlastung. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 999, Bonn 2008
- BRILON, W., WEISER, F.: Kapazität und Verkehrsqualität auf zweistreifigen Landstraßen. In: Straßenverkehrstechnik 48 (2004), Heft 10, S. 532-542
- Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 10/2002: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Ausgabe 2001, AZ: S28/16.57.10-6.0/F2002, Bonn, den 28. Mai 2002
- BUSCH, F., GLAS, F., BERMANN, E.: Dispositionssysteme als FCD-Quellen für eine verbesserte Verkehrslagerekonstruktion in Städten – ein Überblick. In: Straßenverkehrstechnik 48 (2004), Heft 9, S. 437-444
- DAMMANN, W.: Weiterentwicklung von Bemessungsverfahren in planfreien Knotenpunkten. Veröffentlichungen des Instituts für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau der Universität Hannover, Heft 32, Hannover 2005

- Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS), Entwurf 1997. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln 1997
- Federal Highway Administration: Travel Time Reliability: Making It There On Time, All The Time. 2006
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Begriffsbestimmungen, Teil: Verkehrsplanung, Straßenentwurf und Straßenbetrieb, Ausgabe 2000, Köln 2000
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Ausgabe 2001, Fassung 2009, Köln 2001/2009
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS), Entwurf 2012, Köln 2012 (Stand: 07/2012)
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA), Ausgabe 2008, Köln 2008
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL), Entwurf 2012, Köln 2012 (Stand: XXX 2012)
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt), Ausgabe 2006, Köln 2006
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N), Ausgabe 1988, Köln 1988
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN), Ausgabe 2008, Köln 2008
- FRIEDRICH, B., PRIEMER, C.: Auswirkungen von Überlastungen an Einzelanlagen des Straßenverkehrs auf die Verbindungsqualität in Straßennetzen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 982, Bonn 2007
- FRIEDRICH, M.: Angebotsqualität in Straßennetzen – Bewertung und Mängelanalyse. In: 2. Straßenverkehrsforum der DVWG: Qualität und Sicherheit im deutschen Straßennetz – neue Herausforderungen in der Mitte Europas. Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft, München 2005 (Quelle: <http://www.isv.uni-stuttgart.de/vuv>)
- GEISTEFELDT, J.: Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit auf Autobahnen mit vierstreifigen Richtungsfahrbahnen. Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, Heft 30, Bochum 2007
- GÖBBELS, A.: Verkehrsqualität an unterschiedlichen Knotenpunkten – Ein Vergleich subjektiver Bewertungen und objektiver Verkehrskenngrößen. Diplomarbeit am Lehrstuhl für Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau der RWTH Aachen, Aachen (unveröffentlicht)
- GREENSHIELDS, B. D.: Quality of Traffic Transmission. In: 34th Annual Meeting of the Highway Research Board. Proceedings No. 37, Washington, D.C. 1955
- HARDING, J.: Modellierung und mikroskopische Simulation des Autobahnverkehrs. Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, Heft 29, Bochum 2007
- Highway Capacity Manual (HCM): Special Report 87, Highway Research Board, Washington, D.C. 1965
- Highway Capacity Manual (HCM): Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1985
- Highway Capacity Manual (HCM): Special Report 209, 2nd Edition (Updated 1994), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1994
- Highway Capacity Manual (HCM): Special Report 209, 3rd Edition (Updated 1997), Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1997
- Highway Capacity Manual (HCM): Transport Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 2000
- HÖFLER, F.: Leistungsfähigkeit von Ortsdurchfahrten bei unterschiedlichen Geschwindigkeitsbeschränkungen – untersucht mithilfe der Simulation. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität (TH) Karlsruhe, Heft 50, Karlsruhe 1994

- KEUDEL, W.: Beiträge zur Problematik der Bemessung von Straßen, Teil II: Das Qualitätsgefüge im Angebot. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 320, Bonn-Bad Godesberg 1981
- 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
- LOMAX, T., TURNER, S., SHUNK, G.: Quantifying Congestion. Volume 1: Final Report, NCHRP Report 398, Transport Research Board, Washington, D.C. 1997
- MAILER, M., MUNK, T., SPANGLER, M., HABERER, Th.: Verkehrsqualität auf Hauptverkehrsstraßen – Empfindung, Messung und Bewertung. In: Internationales Verkehrswesen 60 (2008), Heft 6 und 7, S. 270-277
- MEYER, M. D.: Alternative Performance Measures for Transportation Planning: Evolution Toward Multimodal Planning. Report FTA-GA-26-7000-95-1, Georgia Institute of Technology, Atlanta, 1995
- MUNK, T.: Subjektive Bewertung von Verkehrsqualität und Alternativrouten – ein Feldexperiment auf städtischen Hauptverkehrsstraßen. Diplomarbeit am Seminar für Sozialwissenschaftliche Geographie der Ludwig-Maximilian-Universität München, München 2007 (unveröffentlicht)
- OELLERS, F. W.: Untersuchung über den Verkehrsablauf und das Fahrverhalten auf zweistreifigen Ortsdurchfahrten und ihre Auswirkungen auf den Energiebedarf und den Kraftstoffverbrauch der Pkw. Mitteilungen des Lehrstuhls für Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau der RWTH Aachen, Nr. 11, Aachen 1983
- PLATT, F. N.: A Proposed Index for the Level of Traffic Service. In: Traffic Engineering 34 (1963), No. 2, pp. 21-26
- POLLISCHANSKY, R.: Akzeptanz von Verlustzeiten an Knotenpunkten – ein Vergleich zwischen Kreisverkehr und lichtsignalgeregelter Kreuzung. Diplomarbeit am Institut für Straßen- und Verkehrswesen der TU Graz, Graz 2002 (unveröffentlicht)
- RETZKO, H.-G., CERWENKA, P., KOSHI, M., SAKI, T.: Optimierungskriterien für die Steuerung des Straßenverkehrs mit Lichtsignalanlagen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 194, Bonn-Bad Godesberg 1975
- RETZKO, H.-G., FORST-LÜRKEN, R.: Berücksichtigung von Qualitätskriterien des Verkehrsablaufs bei der Lichtsignalsteuerung. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 382, Bonn-Bad Godesberg 1983
- SCHNABEL, W.: Die Bewertung des Verkehrsflusses in Grünen Wellen. In: Die Straße 28 (1988), Heft 9, S. 275-279
- 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., KORN, J.: Knotenpunkte mit Lichtsignalanlage: Das Kapitel 6 im „Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen“ (HBS) – Inhalt, Erläuterungen und Hinweise. In: Straßenverkehrstechnik 44 (2000), Heft 11, S. 581-589
- SCHNABEL, W., LÄTZSCH, L., BRÜCKNER, N.: Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr. In: Straßenverkehrstechnik 45 (2001), Heft 12, S. 584-595
- SCHÖNHARTING, J.: Verkehrstechnische Grundlagen zur Bewertung von Betriebssystemen zur verkehrsabhängigen Signalsteuerung. In: Kriterien zur Bewertung von Betriebssystemen zur verkehrsabhängigen Signalsteuerung, Symposium vom 17.-19. Mai 1971 in Hamburg. Tagungsband (S. 15-26), Köln 1971
- 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
- SHAW, T.: Performance Measures of Operational Effectiveness for Highway Segments and

- Systems. NCRHP Synthesis 311, Transport Research Board, Washington, D.C. 2003
- SIMON, M. J.: Ermittlung der intermodalen Leistungsfähigkeit bei lichtsignalgeregelten Knoten. Forschungsberichte auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure, Heft 485, Zürich 2001
- STEIERWALD, G.: Bewertung verschiedener Konzeptionen zur verkehrsabhängigen Signalsteuerung. In: Straße-Brücke-Tunnel 23 (1971), Heft 8, S. 201-205
- STEIERWALD, G., FEIER-FRITZ, H.: Zusammenhänge zwischen dem Kraftstoffverbrauch und Kenngrößen des Verkehrsablaufs in innerörtlichen Straßennetzen mit Lichtsignalanlagen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 565, Bonn-Bad Godesberg 1989
- STEINAUER, B., BECHER, T., KLEIN, A.: Bewertung der Verkehrsqualität in planfreien, teilplanfreien und teilplangleichen Knotenpunkten von Landstraßen. FE 03.442/2008/AGB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Aachen 2012 (in Bearbeitung)
- 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
- THEIS, C.: Modellierung des Fahrverhaltens an autobahnanschlussstellen. Dissertation an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH), Karlsruhe 1997
- TRACZ, M., CHODUR, J., GONDEK, S.: The Use of Reserve Capacity and Delay as the Complementary Measures of Junction Effectiveness. In: 11th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Proceedings (pp. 497-516), Elsevier Science Publishing, New York/Amsterdam/London 1990
- WATLING, D., SUMALEE, A., CONNORS, R., BALIJEPALLI, C.: Advancing Methods for Evaluating Network Reliability. A Department for Transport New Horizons Project, Final Report, Institute for Transport Studies, Leeds 2004
- WESTPHAL, S.: Bemessung von Einfahrten an planfreien Knotenpunkten. Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, Heft 13, Bochum 1995
- ZACKOR, H., BUSCH, F., HÖPFL, W.: Entwicklung eines Verfahrens zur adaptiven koordinierten Steuerung von Lichtsignalanlagen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 607, Bonn-Bad Godesberg 1991

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, Schäufole € 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 € 17,00

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.