

Bergische Universität Wuppertal  
Fachbereich D, Abteilung Bauingenieurwesen

**Ein Beitrag zur Entwicklung einer  
Methodik zur Analyse der Verkehrs-  
qualität in größeren Netzen bei  
vertretbarem Aufwand**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor-Ingenieur

vorgelegt von  
**Diplom-Ingenieur Daniel Seebo**  
aus Hannover

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20111220-103840-2

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20111220-103840-2>]

# Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis		IV
Abbildungsverzeichnis		VI
Abkürzungsverzeichnis		VIII
1	<b>Problemstellung und Zielsetzung</b>	<b>1</b>
1.1	Problemstellung	1
1.2	Zielsetzung	4
1.3	Struktur und Aufbau der Arbeit	5
2	<b>Literaturanalyse</b>	<b>8</b>
2.1	Einleitung	8
2.2	Grundlagen	9
2.3	<b>Bedarfsplan-Verfahren</b>	<b>14</b>
2.3.1	Verfahren auf nationaler Ebene	14
2.3.2	Verfahren auf Landesebene	18
2.3.3	Verfahren auf lokaler Ebene	27
2.4	<b>Zielsysteme</b>	<b>34</b>
2.5	<b>Mängelanalyse</b>	<b>34</b>
2.6	<b>Maßnahmenfindung</b>	<b>35</b>
2.7	<b>Bewertungsverfahren</b>	<b>36</b>
2.8	<b>Objektivität und Transparenz</b>	<b>36</b>
2.9	<b>Intermodaler Ansatz</b>	<b>37</b>
2.10	<b>Fazit</b>	<b>39</b>
3	<b>Ansatz einer Methodik zur Identifikation von Mängeln</b>	<b>41</b>
3.1	<b>Einführung</b>	<b>41</b>
3.2	<b>Auswahl von Zielgrößen</b>	<b>41</b>
3.3	<b>Auswahl von Zustandsgrößen</b>	<b>49</b>
3.4	<b>Möglichkeiten zur Ermittlung der Zustandsgrößen</b>	<b>50</b>
3.5	<b>Beschreibung von Einflussgrößen</b>	<b>53</b>
3.5.1	Einflussgrößen beim Ziel <i>geringe Reisezeit</i>	53
3.5.2	Einflussgrößen beim Ziel <i>geringe Umwegigkeit</i>	64
3.5.3	Einflussgrößen beim Ziel <i>hohe Zuverlässigkeit</i>	66
3.6	<b>Auswahl von Einflussgrößen</b>	<b>68</b>
3.7	<b>Fazit</b>	<b>69</b>

<b>4</b>	<b>Ermittlung der relevanten Zustandsgrößen</b>	<b>70</b>
4.1	<b>Einleitung</b>	<b>70</b>
4.2	<b>Zustandsgröße des Ziels <i>geringe Reisezeit</i></b>	<b>72</b>
4.2.1	Knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit einem Fahrstreifen je Richtung (FS-2)	72
4.2.2	Knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit drei Fahrstreifen im Querschnitt (FS-3)	86
4.2.3	Knotenpunktfreie Strecken autobahnähnlicher Straßen außerhalb bebauter Gebiete oder Autobahnen mit vier oder mehr Fahrstreifen im Querschnitt (FS-m)	89
4.2.4	Knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete (FS-OD)	92
4.2.5	Knotenpunkte innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (KP)	97
4.2.6	Bahnübergänge innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (BÜ)	101
4.2.7	Sonstige Anlagen (SO)	103
4.3	<b>Zustandsgröße des Ziels <i>geringe Umwegigkeit</i></b>	<b>103</b>
4.4	<b>Zustandsgröße des Ziels <i>hohe Zuverlässigkeit</i></b>	<b>103</b>
4.4.1	Knotenpunktfreie Strecken mit zwei bzw. vier oder mehr Fahrstreifen im Querschnitt (FS-2 und FS-m)	104
4.4.2	Knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit drei Fahrstreifen im Querschnitt (FS-3)	105
4.4.3	Knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete (FS-OD)	105
4.4.4	Knotenpunkte innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (KP)	106
4.4.5	Bahnübergänge innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (BÜ)	106
4.5	<b>Fazit</b>	<b>107</b>
<b>5</b>	<b>Ermittlung der Zielgrößen</b>	<b>108</b>
<b>6</b>	<b>Bewertung</b>	<b>112</b>
6.1	<b>Soll-Ist-Vergleich</b>	<b>112</b>
6.2	<b>Ergebnisdarstellung mit einem GIS</b>	<b>115</b>
6.3	<b>Ableitung von Maßnahmen</b>	<b>116</b>



<b>7</b>	<b>Überprüfung des Verfahrens</b>	<b>118</b>
7.1	Ziel	118
7.2	Methodisches Vorgehen	118
7.3	Anwendungsbeispiel	119
7.4	Anwendung des Verfahrens	121
7.4.1	Einteilung in Elemente und Abschnitte	121
7.4.2	Ermittlung der Zustandsgrößen der Elemente mit Hilfe des Verfahrens	123
7.4.3	Ermittlung der Zustandsgrößen der Elemente mit Hilfe von Messfahrten	127
7.4.4	Vergleich der Zustandsgrößen der Elemente	127
7.4.5	Vergleich der Zustandsgröße des Streckenzugs	134
7.4.6	Ermittlung der Zielgröße	135
7.4.7	Soll-Ist-Vergleich	135
7.5	Fazit Anwendungsbeispiel	135
<b>8</b>	<b>Weiterer Forschungsbedarf</b>	<b>137</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>139</b>
<b>10</b>	<b>Definitionen</b>	<b>143</b>
<b>11</b>	<b>Literatur</b>	<b>145</b>
<b>12</b>	<b>Anhang</b>	<b>149</b>
12.1	Vereinfachte Ermittlung der Wartezeiten an Knotenpunkten	149
12.2	Ermittlung der Zustandsgrößen mit Hilfe des Verfahrens	154

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Relevanz und Verfügbarkeit der Einflussgrößen für das Ziel <i>geringe Reisezeit</i>	63
Tab. 2	Relevanz und Verfügbarkeit der Einflussgrößen für das Ziel <i>geringe Umwegigkeit</i>	66
Tab. 3	Zuordnung von Steigungsklassen zu Geschwindigkeitsklassen nach HBS [9]	74
Tab. 4	Basiswert für die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Fahrstreifenzahl und der Lage des Abschnitts	95
Tab. 5	Abminderung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Fahrstreifenzahl, der Verkehrsstärke und dem Ausmaß der Störungen	96
Tab. 6	Zuordnung von Verlustzeiten in Abhängigkeit von der Bedeutung der Bahnstrecke	103
Tab. 7	Zulässige Verkehrsstärken auf dreistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung [9]	104
Tab. 8	Beurteilungsklassen von Bahnübergängen und gleichzusetzende Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs	114
Tab. 9	Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs von Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke (FS-2)	125
Tab. 10	Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs von Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke innerorts (OD)	126
Tab. 11	Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs von Knotenpunkten (KP)	126
Tab. 12	Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeiten in Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke (FS-2) – Vergleich der mit dem Verfahren ermittelten und der gemessenen Werte	130
Tab. 13	Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeiten in Ortsdurchfahrten – Vergleich der mit dem Verfahren ermittelten und der gemessenen Werte	132
Tab. 14	Mittlere Verlustzeiten an Knotenpunkten – Vergleich der mit dem Verfahren ermittelten und der gemessenen Werte	134
Tab. 15	Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an vorfahrtgeregelten Einmündungen	150
Tab. 16	Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an vorfahrtgeregelten Kreuzungen	150
Tab. 17	Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an signalisierten Einmündungen	151
Tab. 18	Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an signalisierten Kreuzungen	152
Tab. 19	Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an Kreisverkehren	153

Tab. 20	Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit in den Ortsdurchfahrten	154
Tab. 21	Ermittlung der mittleren Verlustzeit an den Knotenpunkten (kursive Werte sind Schätzwerte)	155
Tab. 22	Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit für die Abschnitt der Freien Strecke (Abschnitt 1 bis 10)	156
Tab. 23	Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit für die Abschnitt der Freien Strecke (Abschnitt 11 bis 20)	157
Tab. 24	Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit für die Abschnitt der Freien Strecke (Abschnitt 11 bis 35)	158

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Planungsprozess nach [15] unter Vernachlässigung der Zustandsanalyse und einer systematischen Feststellung von Mängeln unter Verwendung von Handlungskonzepten aus der Vororientierung	3
Abb. 2	Lageplan des „Niedstedter Passes“ über den Höhenzug Deister bei Hannover, L 401 zwischen Einbeckhausen und Eggestorf; Streckenzug mit durchschnittlich 5 % Längsneigung und mehrfachen Spitzkehren, aber insgesamt vergleichsweise gestreckter Linienführung (Quelle: Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen: Software TOP 50, Hannover 2003)	65
Abb. 3	Höhenschnitt des Streckenzugs Niedstedter Pass (Quelle: Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen: Software TOP 50, Hannover 2003)	66
Abb. 4	Geschwindigkeitsprofile für das Bemessungsschwerfahrzeug (BSF) bei unterschiedlichen Längsneigungen nach HBS [9]	74
Abb. 5	Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke am Beispiel der Steigungsklasse 1 – Qualitätsstufen A bis F [9]	76
Abb. 6	Abminderung der Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und dem Schwerverkehrsanteil	80
Abb. 7	Schematische Darstellung zur Einteilung in Abschnitte anhand der Geschwindigkeitsbeschränkung	82
Abb. 8	Schematische Darstellung der richtungsbezogenen Einteilung eines Abschnitts in Unterabschnitte	83
Abb. 9	Schematische Darstellung einer richtungsbezogenen Aufteilung eines Bereichs mit Überholverbot auf zwei benachbarte Abschnitte	84
Abb. 10	Einteilung eines Streckenabschnitts in Abschnitte und Unterabschnitte	85
Abb. 11	Ermittlung eines Korrekturfaktors für die Bemessungsverkehrsstärke zur Berücksichtigung der Abschnittslänge [21]	88
Abb. 12	Einfluss der Position ein- und zweistreifiger Abschnitte innerhalb der Gesamtstrecke auf die Pkw-Reisegeschwindigkeit – Bestimmung des Korrekturfaktors $f_2$ [21]	88
Abb. 13	Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke (zweistreifige Richtungsfahrbahnen innerhalb von Ballungsräumen, ohne Geschwindigkeitsbeschränkung) [9]	91

Abb. 14	Beispiel für ein Diagramm zur Ermittlung der Verkehrsqualität einer Hauptverkehrsstraße in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und von Umfeldeinflüssen (Straßen-Umfeld-Typ 1) [10]	94
Abb. 15	Orientierungswerte zur Bewertung der Luftliniengeschwindigkeit im Pkw-Verkehr [4]	109
Abb. 16	Orientierungswerte zur Bewertung des Umwegfaktors	110
Abb. 17	Beispiel zur Darstellung mit dem GIS: Unterscheidung der Elemente anhand der Linienart, Darstellung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit über Farben von grün nach rot	116
Abb. 18	Lage des untersuchten Streckenzugs B 216/B 248 in Niedersachsen (Quelle der Kartengrundlage: <a href="http://www.niedersachsen.de">www.niedersachsen.de</a> )	120
Abb. 19	Darstellung des untersuchten Streckenzugs B 216/B 248 zwischen dem Oberzentrum Lüneburg und dem Mittelzentrum Lüchow	121

## Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr (annum)
Abb.	Abbildung
ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
ADFC	Allgemeiner Deutscher Fahrrad-Club
AG	Aktiengesellschaft
B	Bundesstraße
B+R	Bike and Ride
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BSF	Bemessungsschwerfahrzeug
BÜ	Bahnübergang
BVWP	Bundesverkehrswegeplan
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAN	Controller Area Network
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoff-Dioxid
s	Sekunde (secunda)
d. h.	das heißt
DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
EKL	Entwurfsklasse (Landstraßen)
etc.	et cetera
EU	Europäische Union
EUR	Euro
EWS	Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen
FCD	Floating Car Data
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FS	(knotenpunkt-)freie Strecke
ggf.	gegebenenfalls
GIS	Geografisches Informationssystem
GPS	Global Positioning System
h	Stunde (hora)
HBS	Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
HVS	Handbuch für Verkehrssicherheit
i. d. R.	in der Regel
IGVP	Integrierte Gesamtverkehrsplanung
IHK	Industrie- und Handelskammer
Kfz	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
KP	Knotenpunkt
L	Länge
Lkw	Lastkraftwagen
LSA	Lichtsignalanlage
m	Meter
Mio.	Millionen
mittl.	mittlere
MIV	Motorisierter Individualverkehr
netFCD	Network Assisted Floating Car Data

Nr.	Nummer
NRW	Nordrhein-Westfalen
o. ä.	oder ähnliches
o. g.	oben genannt
OD	Ortsdurchfahrt
ÖPNV	Öffentlicher Personen-Nahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
P+R	Park and Ride
Pkw	Personenkraftwagen
q	Verkehrsstärke
QSV	Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs
RAL	Richtlinien für die Anlage von Straßen
RAS-N	Richtlinie für die Anlage von Straßen – Teil: Netze
RAS-Q	Richtlinie für die Anlage von Straßen – Teil: Querschnitte
Ri	Richtung
RIN	Richtlinien für integrierte Netzgestaltung
RWA	Raumwirksamkeitsanalyse
s.	siehe
SAQ	Stufe der Angebotsqualität
SO	sonstige Anlage
SQL	Structured Query Language
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
StEP	Stadtentwicklungsplan
SV	Schwerverkehr
t	Zeit (tempus)
Tab.	Tabelle
tats.	tatsächlich
u. a.	unter anderem
URE	Umweltrisikoeinschätzung
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
V	Geschwindigkeit
VEP	Verkehrsentwicklungsplan
Verl.	Verlust
vgl.	vergleiche
V <sub>R</sub>	Reisegeschwindigkeit
V <sub>zul</sub>	Zulässige Geschwindigkeit
z. B.	zum Beispiel
zul.	zulässig

# 1 Problemstellung und Zielsetzung

## 1.1 Problemstellung

Das deutsche Verkehrssystem war in den letzten zwei Jahrzehnten durch die Wiedervereinigung Deutschlands gravierenden Veränderungen unterworfen. Neben dem Erhalt und dem Ausbau der Infrastruktur im Westen entwickelte sich mit dem Aufbau der ostdeutschen Infrastruktur ein weiterer Schwerpunkt. Durch die Erweiterung der Europäischen Union und die damit verbundenen grenzüberschreitenden Verkehre entstehen neue Anforderungen an das Verkehrssystem.

Der Bundesverkehrswegeplan 2003, aber auch die Straßenbedarfspläne der Länder, enthalten Projekte zum Aus-, Um- und Neubau von Verkehrswegen, um diesen Anforderungen gerecht zu werden. Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt häufig auf der gezielten Beseitigung von Verkehrsengpässen, um die Verkehrsinfrastruktur effizienter nutzen zu können und die Erreichbarkeiten insbesondere von strukturschwachen Gebieten zu verbessern.

In der Bundesverkehrswegeplanung werden die Projekte in einem Verfahren anhand einer Nutzen-Kosten-Analyse, einer umwelt- und naturschutzfachlichen Beurteilung und einer Raumwirksamkeitsanalyse bewertet. Ähnliche Bewertungsverfahren werden auch bei den Bedarfsplänen der Länder verwendet.

In der Verkehrswegeplanung herrscht eine ausgeprägte Kompetenzverteilung, die sich in die Bundes-, Landes- und kommunale Ebene differenzieren lässt. Neben dieser vertikalen Differenzierung besteht zusätzlich eine horizontale Differenzierung bei der Zuständigkeit für die Gesetzgebung, die Finanzierung, die Bedarfsplanung und Durchführung von Infrastrukturmaßnahmen, die Verwaltung der Infrastruktur und für den Vollzug des Straßenverkehrsrechts. [32]

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen (SRU) kritisiert, „dass diese starke Differenzierung in der Praxis dazu führt, dass sich die Verkehrsplanung in der Praxis häufig als unkoordinierter Bottom-up-Prozess darstellt und nicht als integrierter, nach rationalen Kriterien gesteuerter Planungsprozess“. [32]

Dies spiegelt sich auch im Verfahren der Bundesverkehrswegeplanung wider. Die Projekte, die Eingang in das Verfahren finden sollen, werden von den Ländern eingebracht. Häufig stehen bei der Entwicklung oder der Auswahl der Projekte nicht nur die Fernstraßenfunktion im Vordergrund, sondern auch regionalökonomische Interessen der Länder sowie der Städte und Gemeinden. Dieses Vorgehen stellt zunächst keinen Mangel dar. Es entspricht der Stufe der Vororientierung des Planungsprozesses, wie er im Leitfaden für Verkehrsplanungen der FGSV [20] beschrieben ist.



Der nächste Schritt ist die Problemanalyse mit einer Analyse des Zustands, der Erarbeitung von Leitlinien und Zielvorstellungen sowie der daraus resultierenden Feststellung von Mängeln und Chancen. Die Erarbeitung von Leitlinien und Zielvorstellungen erfolgt bei der Bundesverkehrswegeplanung beim Bund und nimmt auch bei den Bedarfsplänen der Länder großen Raum ein, da sie auch die Grundlage für die Bewertung sind. Eine systematische Mängelanalyse anhand der Leitlinien und Zielvorstellungen und die daraus abgeleitete Entwicklung von Maßnahmen kann jedoch nur dann stattfinden, wenn eine entsprechende systematische Analyse des Zustands erfolgt ist. Eine solche Analyse und die Feststellung von Mängeln wird häufig nicht geleistet, da bereits Mängelhinweise und Vorschläge für Maßnahmen aus der Vororientierung vorliegen. Letztendlich finden dann entsprechend aufbereitete Maßnahmenvorschläge aus der Vororientierung Eingang in das Bewertungsverfahren des BVWP bzw. der Bedarfspläne der Länder.

Bei diesem Vorgehen, das vom SRU als „unkoordinierter Bottom-up-Prozess“ bezeichnet wird, wird der Schritt einer systematischen Analyse des Zustands und der daraus resultierenden Feststellung von Mängeln übersprungen. Damit können Defizite im Planungsprozess entstehen, indem möglicherweise

- besondere Problemsituationen nicht identifiziert werden, wenn keine Hinweise auf Mängel aus der Vororientierung vorliegen,
- das Ausmaß von Mängeln überschätzt wird, wenn keine systematische Analyse stattgefunden hat,
- keine detailgetreuen Zielerreichungsgrade als Differenz zwischen mangelbehaftetem Vorher-Zustand und Nachher-Situation eingeschätzt werden und damit weder eine Maßnahmenbewertung noch eine belastbare Abwägung möglich wird,
- die Wirkungen von gewünschten Maßnahmen überschätzt und damit nur gering mangelbehaftete Situationen gegenüber gravierenden Problemsituationen bevorzugt werden,
- im Nachhinein überkritisch nach Mängeln gesucht wird, um eine gewünschte Maßnahme rückwirkend zu rechtfertigen.

Die Problematik ist in Abb. 1 anhand der grafischen Darstellung des Planungsprozesses aus [20] dargestellt. Die rot markierten Schritte der Analyse des Zustands und der Feststellung von Mängeln und Chancen werden in der Praxis häufig vernachlässigt. Stattdessen finden die Mängelhinweise und Konzeptvorschläge aus der Vororientierung Eingang in die Maßnahmenuntersuchung (blau hervorgehoben). Die im Rahmen der Problemanalyse entwickelten Leitlinien und Zielvorstellungen werden in dieser Phase nicht verwendet. Sie sind jedoch die Grundlage der Bewertung in der darauffolgenden Phase der Maßnahmenuntersuchung, so dass deren „vorgezogene“ Entwicklung ebenfalls nicht die Problematik dieses Vorgehens offensichtlich werden lässt.

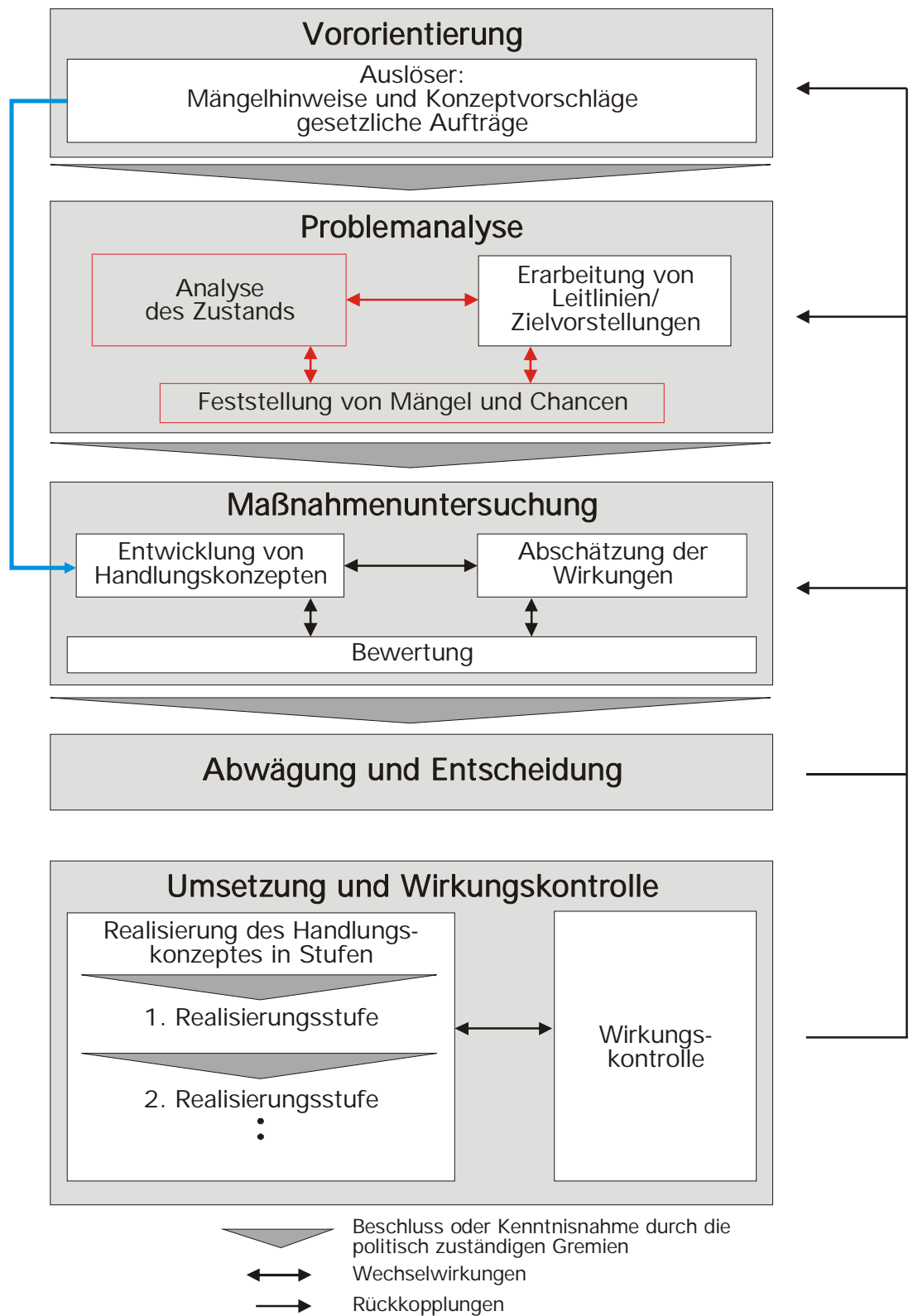


Abb. 1 Planungsprozess nach [20] unter in der Praxis häufig auftretender Vernachlässigung der Zustandsanalyse und einer systematischen Feststellung von Mängeln unter Verwendung von Handlungskonzepten aus der Vororientierung

Das Verfahren der Bundesverkehrswegeplanung dient damit in erster Linie der Bewertung und dem Vergleich der vorgeschlagenen Projekte. Eine Methodik oder ein Verfahren zum systematischen Erkennen sinnfälliger Projekte, beispielsweise durch einen systematischen Abgleich des Zustands mit den Zielen oder im Rahmen einer Mängelanalyse, ist jedoch nicht enthalten.

Das Bottom-Up-Prinzip wird in der Regel nicht nur auf der Ebene des Bundes angewendet, sondern auch auf den untergeordneten Ebenen. Eine unsystematische und durch regionale bzw. lokale Interessen geprägte Auswahl von Projekten ist daher auch für die Landesstraßennetze und teilweise auch für die regionalen Straßennetze zu erwarten.

Die Verfahren der Bedarfspläne des Bundes und teilweise der Länder setzen mit einer vorangestellten Entwicklung von Leitlinien und Zielvorstellungen in vollem Umfang erst in der Phase der Maßnahmenuntersuchung ein. Eine Kategorisierung des Straßennetzes nach den RIN [22] und eine Mängelanalyse hinsichtlich des Ausbauzustands wird zwar in vielen Ländern bereits durchgeführt. Ohne eine entsprechende systematische Feststellung von funktionalen Mängeln und einer darauf aufbauenden Maßnahmenfindung bleibt der Planungsprozess allerdings unvollständig. Konsequenz ist eine aufwändige und methodisch anspruchsvolle Bewertung von beliebigen oder auf der Grundlage anderer Zielvorstellungen bzw. Interessen entwickelter Maßnahmen.

## 1.2 Zielsetzung

Die Schwerpunkte der Bundesverkehrswegeplanung für Bundesfernstraßen liegen neben der Stärkung der Infrastruktur in einem größer werdenden Europa und der Förderung moderner Verkehrstechnologien auf dem anforderungsgerechten Erhalt des vorhandenen Netzes, dem Bau von Ortsumgehungen und der Beseitigung von Verkehrsengpässen [9]. Ähnliche Ziele verfolgen auch einige Bedarfspläne der Länder.

Im Rahmen des Verfahrens der Bundesverkehrswegeplanung und bei der Findung und Auswahl der Projekte findet jedoch keine systematische Mängelanalyse zur Erkennung von Engpässen statt. Ohne eine umfassende Mängelanalyse, d. h. einen systematischen Abgleich zwischen dem Zustand und den gesetzten Zielen, bleibt die Maßnahmenfindung lückenhaft, ggf. sogar beliebig. Um die methodischen Defizite zwischen der Vororientierung und der Maßnahmenuntersuchung zu schließen, sind daher Verfahren zur systematischen Mängelanalyse erforderlich.

In dieser Arbeit soll daher eine Methodik und ein Verfahren zum zielgerichteten Erkennen von Mängeln in Straßennetzen entwickelt werden. Ziel ist eine systematische und anhand objektiver Kriterien nachvollziehbare Mängelanalyse.

Dieses Verfahren soll im Zusammenhang mit der Aufstellung von Bedarfsplänen auf Bundes- und Landesebene sowie (ggf. eingeschränkt) auch auf

regionaler Ebene auf vollständige Straßennetze mit allen enthaltenen Elementen angewendet werden können. Es ist in Abhängigkeit von den jeweiligen Zielen des Bedarfsplans als einer von mehreren Bausteinen der Mängelanalyse zu sehen, die als Grundlage einer systematischen Maßnahmenfindung dient.

Anhand eines Anwendungsbeispiels sollen die Methodik und das Verfahren sowie die Anwendbarkeit und die Handhabbarkeit überprüft werden. Das Verfahren soll sich an Ingenieure und Techniker wenden, die im Verkehrswesen vorgebildet sind und beispielsweise zur Anwendung der HBS-Verfahren in der Lage sind.

### 1.3 Struktur und Aufbau der Arbeit

Aufbauend auf die Problemstellung und die Zielsetzung erfolgt eine **Literaturanalyse**. Diese zeigt auf, welche methodischen Grundlagen es für Bedarfspläne, Zieldefinitionen, Zustands- bzw. Mängelanalysen sowie Maßnahmenfindung und –bewertung gibt. Es wird gezeigt, wie bei verschiedenen Bedarfsplänen auf Bundes-, Landes- und regionaler bzw. lokaler Ebene Ziele definiert werden, wie die Analyse durchgeführt wird, wie Mängel erkannt und Maßnahmen definiert werden und wie die Maßnahmen bewertet werden. Darüber hinaus wird betrachtet, welche Rolle intermodale Ansätze und Transparenz in den einzelnen Phasen der Bedarfspläne spielen.

Aufbauend auf die Literaturanalyse erfolgt die **Entwicklung einer Methodik**. Die Grundlage bildet die Auswahl von Ziel- und Zustandsgrößen unter Berücksichtigung der vorhandenen Möglichkeiten, diese Größen in der praktischen Anwendung zu ermitteln. Die Zustandsgrößen setzen sich zusammen aus einer Vielzahl von Einflussgrößen. Die möglichen Einflussgrößen werden beschrieben und eine Auswahl der relevanten, weiter zu berücksichtigenden Einflussgrößen getroffen.

Um die Zustandsgrößen in der praktischen Anwendung zu ermitteln, sind **Verfahren zur Ermittlung der relevanten Zustandsgrößen** erforderlich. Da zu erwarten ist, dass die Zustandsgrößen nicht geschlossen für eine vollständige Strecke ermittelt werden können, ist eine Einteilung der Strecken in Elemente erforderlich. Es werden bereits vorhandenen Verfahren für Elemente beschrieben und geprüft, ob sie für die Anwendung im Rahmen dieses Verfahrens nutzbar sind. Ggf. werden Modifikationen dieser Verfahren vorgenommen, falls der erforderliche Aufwand bei der Anwendung damit deutlich verringert werden kann und die erforderliche Qualität der Aussage sichergestellt bleibt. Für diejenigen Elemente, für die es keine oder keine im Rahmen dieses Verfahrens anwendbaren Verfahren zur Ermittlung der Zustandsgrößen gibt, werden neue Verfahren entwickelt.

Den Zustandsgrößen der jeweiligen Strecke soll eine entsprechende Zielgröße gegenüber gestellt werden. Das Vorgehen zur **Ermittlung der Zielgrößen** wird beschrieben.

Die **Bewertung** erfolgt in einem Soll-Ist-Vergleich, in dem die Zielgrößen und die Zustandsgrößen gegenüber gestellt werden, um Mängel zu identifizieren. Diese können sowohl auf der Ebene der Streckenzüge betrachtet werden als auch auf der Ebene der einzelnen Elemente. Hierdurch kann die Menge der mangelbehafteten Streckenzüge eingegrenzt werden, bevor anhand der Betrachtung der Einzelelemente Maßnahmen entwickelt werden können. Die Ermittlung der Mängel wird durch eine geeignete grafische Darstellung erheblich unterstützt. Hierfür werden Möglichkeiten der Darstellung mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) aufgezeigt.

Die Methodik und das Verfahren werden mit einer Anwendung an einem konkreten Beispiel überprüft. Die **Überprüfung des Verfahrens** soll zum Einen zeigen, dass das Verfahren handhabbar und mit vertretbarem Aufwand anwendbar ist. Zum Anderen soll durch einen Abgleich mit Analysedaten (z. B. auf der Grundlage von Verfolgungsfahrten) gezeigt werden, dass die Ergebnisse des Verfahrens ausreichend genau mit der Realität übereinstimmen. Zudem wird hierdurch ein Praxisbeispiel für die Anwendung zur Verfügung gestellt.

Die Arbeit schließt mit der Beschreibung des **weiteren Forschungsbedarfs** und einer **Zusammenfassung** ab.

Die Gliederung der Arbeit ist mit den jeweiligen Zusammenhängen und der Angabe der jeweiligen Kapitelnummer in Abb. 2 dargestellt

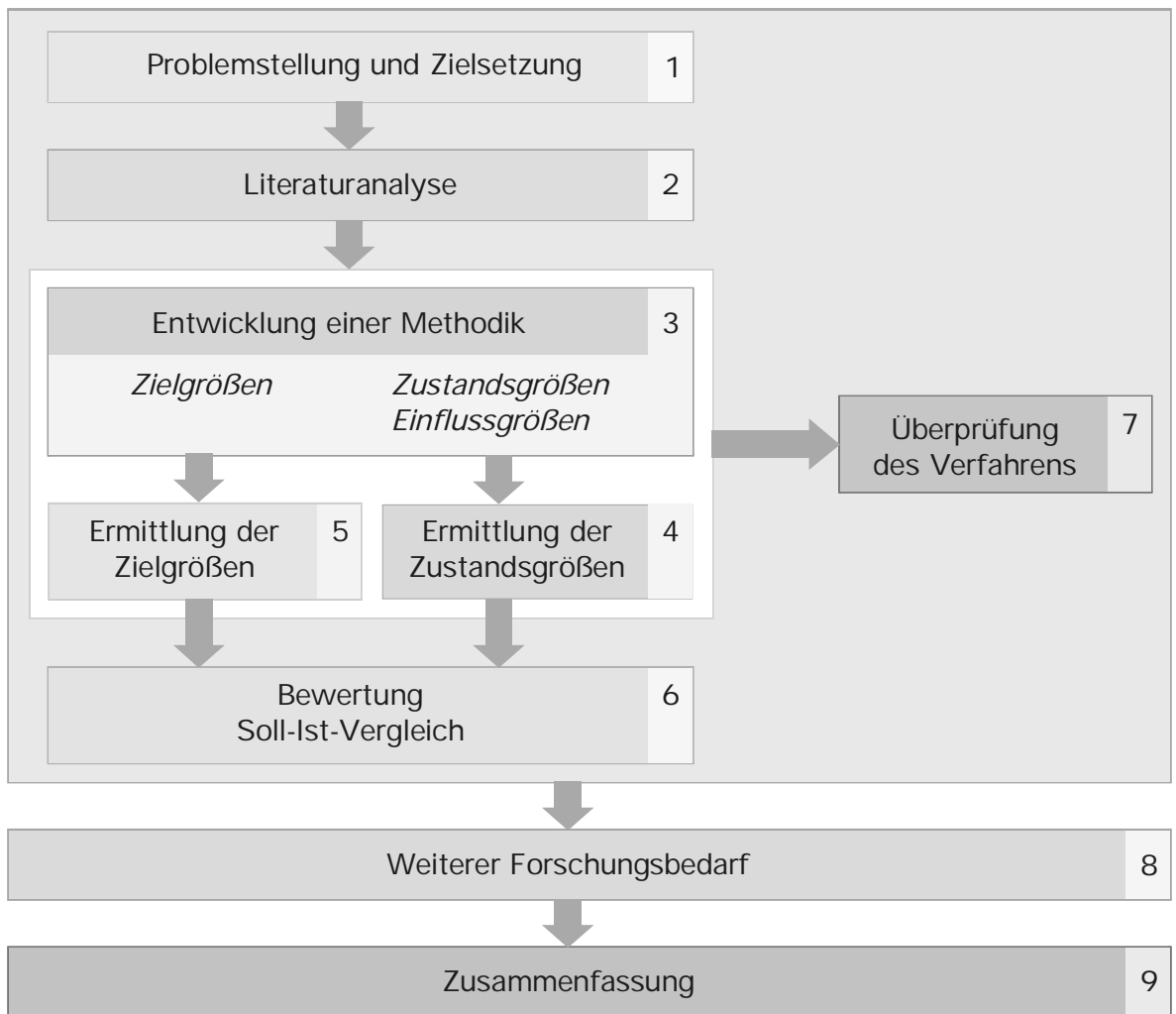


Abb. 2 Gliederung der Arbeit

## 2 Literaturanalyse

### 2.1 Einleitung

In Deutschland existieren verschiedene Verfahren, die die Aufstellung eines Bedarfsplans zum Ziel haben. Eines der bekanntesten Verfahren ist das Verfahren für die Bundesverkehrswegeplanung, mit dem die Projekte für das Bundesfernstraßennetz bewertet werden [9]. Es setzt das Vorhandensein von Maßnahmen bzw. Projekten bereits voraus. Auch die Länder haben zur Bewertung von Projekten im Landesstraßennetz entsprechende Bewertungsverfahren entwickelt, beispielsweise das Verfahren zur Integrierten Gesamtverkehrsplanung in Nordrhein-Westfalen (IGVP NRW) [29], das Integrierte Verkehrskonzept in Brandenburg [27] oder den Generalverkehrsplan Baden-Württemberg [39]. Bei den Straßennetzen der Landkreise, Städte und Gemeinden wird das Vorgehen zur Bewertung von Projekten verschieden gehandhabt. Landkreise stellen nur selten umfangreiche Bedarfspläne auf, sondern verwenden häufig pragmatische Rangfolgen oder Dringlichkeitsreihungen ohne komplexe zugrunde liegende Zielsysteme. In größeren Gemeinden und Städten ergeben sich Bedarfspläne oft im Rahmen von Verkehrsentwicklungsplänen, die in der Regel auf der Basis von objektiven und nachvollziehbaren Zielsystemen und Bewertungskriterien zu Maßnahmenbewertungen kommen. Zudem finden auf dieser Ebene häufig systematische Mängelanalysen statt.

Der Leitfaden für Verkehrsplanungen [20] gliedert den Prozess der Verkehrsplanung in Vororientierung, Problemanalyse, Maßnahmenuntersuchung, Abwägung und Entscheidung sowie Umsetzung und Wirkungskontrolle. Die Aufstellung von Bedarfsplänen auf Bundes- und auf Landesebene ist als ein solcher, komplexer Prozess der Verkehrsplanung anzusehen. Entsprechend wird der Leitfaden für Verkehrsplanungen als methodische Grundlage zur Entwicklung von Bedarfsplänen in dieser Arbeit zugrunde gelegt. Er ist in Ziffer 2.2 beschrieben.

In Ziffer 2.3 werden als Beispiele für Bedarfspläne die vorhandenen nationalen Bedarfspläne Deutschlands und Österreichs beschrieben. Zusätzlich werden mehrere Landesbedarfspläne und kommunale Bedarfspläne (Verkehrsentwicklungspläne) beispielhaft hinzugezogen.

Es werden dabei insbesondere folgende Aspekte betrachtet und untereinander verglichen:

- Wie sieht das verwendete Zielsystem aus und wie wurde es entwickelt?
- Gibt es eine systematische Mängelanalyse?
- Gibt es ein Verfahren zur Findung von Maßnahmen/Projekten; ist dieses Verfahren beschrieben?
- Wie werden die Maßnahmen bzw. Projekte bewertet?
- Wie transparent sind die Verfahren?
- Berücksichtigen die Verfahren intermodale Ansätze?

## 2.2 Grundlagen

### **Umwelt und Straßenverkehr. Sondergutachten des Sachverständigenrats für Umweltfragen**

Der Sachverständigenrat für Umweltfragen behandelt in seinem Sondergutachten aus dem Jahr 2005 [32] die Umwelt- und Gesundheitsfolgen des Straßenverkehrs. Es wird die zeitliche Entwicklung des Verkehrs und der resultierenden Umweltfolgen im Zusammenhang mit der sich verändernden Entwicklung des Umweltschutzes in der Politik aufgearbeitet. Beides wird stark durch die Akteure in der Verkehrspolitik beeinflusst. Es werden Grundlagen und Ziele und darauf aufbauende Strategien beschrieben, wie die negativen Auswirkungen des Straßenverkehrs auf die Umwelt und die Gesundheit verringert werden können. Dabei werden nicht nur verkehrspolitische Strategien vorgeschlagen, sondern auch Maßnahmen der Raumplanung und der Verkehrslenkung sowie eine Korrektur verkehrserzeugender Anreize.

Hinsichtlich der Rahmenbedingungen in der Politik wird bemängelt, dass eine starke Aufgabenteilung, sowohl vertikal als auch horizontal, besteht. Die verkehrspolitischen Zuständigkeiten sind auf Bund, Länder und Kommunen verteilt, insbesondere hinsichtlich der Gesetzgebung, der Finanzierung, die Bedarfsplanung sowie die Durchführung von Baumaßnahmen, die Verwaltung der Infrastruktur und die Durchsetzung des Straßenverkehrsrechts. Die Gesetzgebungskompetenz ist vorrangig auf der Bundesebene angesiedelt. Bei der Finanzierung ist der Bund für Neu- und Ausbau sowie Erhaltung und Ersatz von Autobahnen und Bundesstraßen zuständig. Die Länder und Kommunen übernehmen die gleichen Aufgaben für die Landesstraßen bzw. die Kreis- und Kommunalstraßen. Für diese Aufgaben erhalten sie jedoch im Rahmen des Entflechtungsgesetzes (vormals Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz) Mittel vom Bund, an die bestimmte Anforderungen geknüpft sind. Die Bedarfsplanung erfolgt auf Bundesebene, also für die Autobahnen und die Bundesstraßen mit dem Hilfsmittel Bundesverkehrswegeplan (vgl. auch Ziffer 2.3.1). In ihm wird das Investitionsvolumen definiert und eine Dringlichkeitsreihung bzw. Rangfolge der Projekte festgelegt. Die in den BVWP aufzunehmenden Projekte werden aus der Gesamtheit der von den Ländern, der Bundeswasserstraßenverwaltung und der Deutschen Bahn AG eingereichten Projekte ausgewählt.

Die Inkongruenz zwischen Bedarfsfeststellung und Finanzierung wird vom SRU kritisiert. Während die Länder den Bedarf an Autobahnen und Bundesstraßen anmelden, ist für die Finanzierung der Bund zuständig. Dies führt für die Länder – nicht zuletzt wegen der Konkurrenzsituation der Länder untereinander – zu einem deutlichen Anreiz, einen übermäßigen Bedarf zu melden. Außerdem bietet dieses Vorgehen die Möglichkeit, Projekte für Autobahnen und Bundesstraßen vorrangig mit regionalen und lokalen Zielsetzungen zu definieren. Zudem treten neben den funktionalen Aspekten zunehmend regionalökonomische Wirkungen in den Vordergrund.



Der SRU fasst diese Problematik folgendermaßen zusammen: „Die Verflechtung zwischen Bund und Ländern in der Bundesverkehrswegeplanung ist grundsätzlich problematisch, denn sie führt bei den Ländern zu wirtschaftlich und ökologisch kontraproduktiven Mitnahme-Anreizen und verhindert auf Bundesebene eine hierarchische, integrierte Verkehrsnetzplanung.“ [32]

### Leitfaden für Verkehrsplanungen

Der Leitfaden für Verkehrsplanungen [20] beschreibt das generelle Vorgehen bei Aufgaben der Verkehrsplanung. Er ist damit insbesondere für die Erarbeitung von Bedarfsplänen als komplexe Aufgabe der Verkehrsplanung anwendbar. Der Planungsprozess wird in fünf Phasen gegliedert:

- Vororientierung  
In der Phase der Vororientierung wird geklärt ob und welche verkehrsplanerische Aufgabe zu lösen ist. Häufig nennen Personen, Organisationen oder Institutionen Mängel und machen Vorschläge zur Lösung. Dieser Prozess ist in der Regel subjektiv, intuitiv und unsystematisch. Dieser zufällige und unsystematische Prozess birgt die Gefahr, dass Mängel und Lösungsvorschläge einseitig und selektiv bleiben. Zudem bietet sie Interessengruppen eine erhebliche Möglichkeit zur Einflussnahme, wenn eine kritische, fachliche Begleitung unterbleibt. Aufgabe der öffentlichen Verwaltungen ist es daher, den Prozess der Vororientierung fachlich und transparent zu begleiten, um wertvolle Beiträge von Fachfremden aufzubereiten und Verkehrsplanungsprozesse anzustoßen.
- Problemanalyse  
Im Rahmen der Problemanalyse sind drei Tätigkeitsbereiche zu betrachten: „Analyse des Zustands“, „Erarbeitung von Leitlinien und Zielvorstellungen“ sowie „Feststellung von Mängeln und Chancen“. Diese drei Tätigkeitsbereiche sind in hohem Maße voneinander abhängig und erfordern entsprechend ein iteratives Vorgehen, bei dem die Erkenntnisse in einem Tätigkeitsbereich mit den jeweils anderen Bereichen rückgekoppelt werden.

Bei der Erarbeitung von Leitlinien und Zielvorstellungen sind neben den verkehrlichen Aspekten auch andere gesellschaftliche, ökonomische und ökologische Bereiche abzudecken. Dabei kann es zu Zielkonflikten kommen, wenn die Wirkungen einzelner Ziele oder Zielfelder entgegengesetzt verlaufen. So kann die Entlastung eines Ortskerns zu negativen Auswirkungen bei ökologisch geprägten Zielen führen. Bei der Erarbeitung von Leitlinien und Zielvorstellungen ist in besonderem Maße die Politik zu beteiligen und zu berücksichtigen, da sich Zielvorstellungen im Laufe der Zeit verändern können.

Eine Analyse des Zustands kann nur dann sinnvoll stattfinden, wenn die entsprechenden Zielvorstellungen bekannt sind bzw. antizipiert

werden können. Art und Umfang der Analyse müssen sich an den Zielvorstellungen und an der verkehrsplanerischen Aufgabe orientieren. Zudem sollte der Analyseaufwand für die Lösung der Planungsaufgabe angemessen sein. Die Analyse sollte auch die in der Vororientierung genannten Mängel einbeziehen und fachlich belegen.

Mängel sind Diskrepanzen zwischen Soll- und Ist-Zuständen. Sie können entsprechend nur dann festgestellt werden, wenn sowohl die Ziele als auch der Zustand bekannt sind. In der Regel werden verkehrliche Planungsprozesse aufgrund festgestellter Mängel ausgelöst.

– Maßnahmenuntersuchung

Im Rahmen der Maßnahmenuntersuchung sind drei Tätigkeitsbereiche zu bearbeiten: Die „Entwicklung von Handlungskonzepten“, die „Abschätzung der Wirkungen“ sowie die „Bewertung“.

Bei der Entwicklung von Handlungskonzepten werden Maßnahmenvorschläge, die aus der Mängelanalyse entwickelt werden, vorliegende Planungen sowie Ideen und Vorschläge aus dem politischen Raum bzw. von anderen Planungsträgern berücksichtigt.

Die Abschätzung der Wirkungen dient dazu, die positiven und negativen Folgen im Hinblick auf die Zielvorstellungen zu ermitteln und darzustellen. Es sind entsprechend nicht nur die verkehrlichen Wirkungen aufzuarbeiten, sondern sämtliche relevante Auswirkungen aller Zielfelder.

Bei der Bewertung findet ein Abgleich zwischen den Zielvorstellungen und den Wirkungen der Maßnahmen, Handlungskonzepte bzw. Planfälle statt. Sie dient der Identifizierung erwünschter und unerwünschter Folgen sowie einer Abschätzung der Zielerreichung. Die Bewertung ist die wesentliche Grundlage der anschließenden Abwägung.

– Abwägung und Entscheidung

Im Rahmen der Abwägung sind die Wirkungen in den unterschiedlichen Wirkungsbereichen sowie deren Bewertung gegeneinander abzuwägen. Dabei sind sowohl die in Anspruch zu nehmenden Ressourcen als auch die Handlungsfolgen zu berücksichtigen und die Betroffenheiten abzuschätzen. Abwägungen sind zwingende Voraussetzungen für die Bestandskraft von Genehmigungen und dienen der Transparenz der Entscheidungen gegenüber den Betroffenen.

– Umsetzung und Wirkungskontrolle

Die Umsetzung ist als Zeitabschnitt zu sehen, in dem wiederum Rückkopplungen mit anderen Phasen des Planungsprozesses stattfinden. Häufig werden Betroffene erst in dieser Phase des Planungsprozesses auf den Umfang der Wirkungen aufmerksam. Zudem wird ggf. noch Einfluss auf die zugrunde liegenden Zielvorstellungen und die Bewertung genommen. An die Umsetzung schließt eine Wirkungskontrolle an, bei der festzustellen ist, ob die Maßnahme tatsächlich die erwarteten Wirkungen zur Beseitigung von Mängeln zeigt. Zudem ist zu prü-

fen, ob die dem (ggf. langwierigen) Planungsprozess zugrunde liegenden Zielvorstellungen noch Gültigkeit haben. Häufig unterbleibt in der Praxis jedoch eine Wirkungskontrolle, da sie einen zusätzlichen Aufwand bedeutet und vordergründig nicht wertschöpfend ist. Zudem kann eine Wirkungskontrolle zeigen, dass die prognostizierten Wirkungen nicht in vollem Umfang eingetreten sind und dies in der Öffentlichkeit als Planungsmangel aufgefasst werden könnten. Hierdurch kann ein Grund für die Planungsverantwortlichen bestehen, eine Wirkungskontrolle zu vermeiden.

Der beschriebene Verkehrsplanungsprozess ist in Ziffer 1.1 Abb. 1 dargestellt.

An den verschiedenen Phasen sind die Prozessbeteiligten in unterschiedlichem Maße beteiligt. Zu den Prozessbeteiligten gehören die Verwaltungen, die politischen Gremien, Interessengruppen, Fachbehörden, Träger öffentlicher Belange sowie Bürger bzw. Betroffene.

In der Phase der Vororientierung sind im Wesentlichen Interessengruppen und Bürger bzw. Betroffene beteiligt. In den Phasen der Problemanalyse und der Maßnahmenuntersuchung sind vorrangig die Verwaltungen gefordert, begleitet von Politik und Bürgern. Die Abwägung und Entscheidung ist eine politische Aufgabe, während bei der Umsetzung und Wirkungskontrolle wiederum die Verwaltungen gefordert sind.

Der hier beschriebene Verkehrsplanungsprozess zeigt im Zusammenhang mit der vom Sachverständigenrat für Umweltfragen aufgezeigten Kompetenzverteilung zwischen Bund und Ländern das Problem auf, das durch mangelnde Schnittstellen zwischen der Vororientierung und der Maßnahmenuntersuchung die Möglichkeit zur Umgehung der Problemanalyse entsteht.

### **Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN)**

Mit Hilfe der Richtlinien [22] lässt sich die funktionale Gliederung der Straßennetze aus der zentralörtlichen Gliederung ableiten. Sie dient damit der strategischen Entwicklung von Verkehrsnetzen.

Das Zielsystem der Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN) greift auf die Ziele der Raumordnung und der Landesplanung hinsichtlich der Erreichbarkeit der Zentralen Orte zurück. Dabei bezieht es auch Planungsziele des Naturschutzes und der Landschaftsplanung mit ein, um Zielkonflikte bei der Verkehrsnetzentwicklung bereits in einem frühen Stadium zu erkennen.

Die RIN gliedern sich in drei Schritte:

1. Funktionale Gliederung der Verkehrsnetze
2. Bewertung der verbindungsbezogenen Angebotsqualität
3. Qualitätsvorgaben zur Gestaltung von Verkehrsnetzen, Netzabschnitten und Verknüpfungspunkten

Schritt 1 entspricht der Analyse des (vorhandenen oder zu planenden) Verkehrsnetzes hinsichtlich der jeweiligen Aufgaben der Verkehrswege. Schritt 2 dient der Ermittlung der Qualität eines (vorhandenen oder geplanten) Angebots. Dies ist der Schritt, der das Bewertungsverfahren umfasst und im Rahmen einer Maßnahmenuntersuchung angewendet wird. Schritt 3 dient einer zielgerichteten Gestaltung von Maßnahmen.

Durch die funktionale Gliederung des Verkehrsnetzes in Schritt 1 werden der Netzplanung zahlreiche Ziele zugrunde gelegt. Durch die Berücksichtigung der jeweiligen Verbindungsfunktion der Verkehrswege bei der funktionalen Gliederung wird die Erreichbarkeit von Infrastruktureinrichtungen sowie der Leistungsaustausch zwischen diesen Einrichtungen der Daseinsvorsorge angestrebt. Sie soll eine aufgabengerechte Bündelung der Verkehrsströme bewirken, die durch die Siedlungsstruktur, den Städtebau und den Umweltschutz bestimmt wird. Außerdem wird eine Stärkung des Zentrale-Orte-Systems angestrebt, durch die die Entwicklung von Siedlungsachsen und Verdichtungsräumen unterstützt wird. Sie soll die Rahmenbedingungen für eine verkehrs- und stadtgerechte sowie landschaftschonende und verkehrssichere Netzgestaltung entwickeln und zu einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung führen. Da alle weiteren Schritte auf der funktionalen Gliederung aufbauen, liegen auch diesen Schritten jeweils die genannten Ziele zugrunde.

Im Bewertungsverfahren in Schritt 2 wird im Wesentlichen auf das Ziel einer guten Angebotsqualität zurückgegriffen. Diese Ziel wird mit Hilfe der beiden Kriterien „Zeitaufwand“ und „Direktheit“ beschrieben.

Indirekt werden weitere Ziele zugrunde gelegt, da bei allen Kriterien eine gemeinsame und vergleichende Betrachtung der verschiedenen Verkehrssysteme stattfindet. Hierdurch werden die Ziele einer abgestimmten Entwicklung und Verknüpfung der Verkehrssysteme verfolgt.

Die Richtlinien für integrierte Netzgestaltung sind damit eine wichtige Grundlage für ein Zielsystem bei der Aufstellung von Bedarfsplänen, sie fördern eine systematische Entwicklung der Verkehrsnetze. Im Verkehrsplanungsprozess der Aufstellung von Bedarfsplänen ist sie ein wichtiger Bestandteil der Leitlinien und Zielvorstellungen und eine wesentliche Grundlage für die Analyse des Zustands. Sie gibt damit den Rahmen für die Feststellung von Mängeln und Chancen vor.

Zu beachten ist hierbei jedoch wiederum die Problematik der ausgeprägten Kompetenzverteilung zwischen Bund und Ländern. Da die Bundesfernstraßen zwar vom Bund finanziert werden, die Länder jedoch die Zentralen Orte ausweisen, besteht ein großer Drang in den Bundesländern, möglichst viele Ober- und Mittelzentren auszuweisen und damit unmittelbaren Einfluss auf die vom Bund zu finanzierende Infrastruktur zu nehmen.

## 2.3 Bedarfsplan-Verfahren

### 2.3.1 Verfahren auf nationaler Ebene

#### Deutscher Bundesverkehrswegeplan (BVWP)

Der Bundesverkehrswegeplan [9] ist das bestimmende Instrument zur Planung und Verteilung der Finanzmittel für den Neu- und Ausbau von Bundesfernstraßen. Er dient der Entscheidung, welche Projekte mit Mitteln des Bundes finanziert und damit weiter verfolgt werden.

Das Zielsystem der Bundesverkehrswegeplanung umfasst drei Ebenen: die Metaebene, die Szenarienebene und die Bewertungsebene.

Bei den Zielen der Metaebene handelt es sich um übergeordnete verkehrspolitische und gesellschaftliche Ziele. Auf der Szenarienebene werden Szenarien für die Verkehrsprognosen festgelegt. Diese enthalten die Rahmenbedingungen, die die Entwicklung des Verkehrs beeinflussen (demografische Faktoren, Kostenentwicklung der einzelnen Verkehrsträger, wirtschaftliche Veränderungen etc.). Auf der Bewertungsebene werden die Komponenten der gesamtwirtschaftlichen Bewertung festgelegt. Die Ziele, die dieser Ebene zugrunde liegen, werden jedoch nicht explizit genannt. Sie lassen sich aber indirekt aus den drei Komponenten des Bewertungsverfahrens erschließen.

Die Nutzenkomponenten der Nutzen-Kosten-Analyse umfassen:

- die Senkung der Beförderungskosten,
- die Erhaltung der Verkehrswege,
- die Erhöhung der Verkehrssicherheit,
- die Verbesserung der Erreichbarkeit,
- positive räumliche Wirkungen,
- eine Entlastung der Umwelt,
- die Berücksichtigung des induzierten, d. h. des durch neue Verkehrsanlage zusätzlich erzeugten Verkehrs und
- die Verbesserung der Anbindung von See- und Flughäfen an das Straßen- und Schienennetz.

Aus dem Vorgehen bei der Umweltrisikoeinschätzung lassen sich folgende Ziele ermitteln:

- die Vermeidung von umwelt- und naturschutzrelevanten Risiken und
- die Vermeidung erheblicher Beeinträchtigungen von Natura-2000- und Fauna-Flora-Habitat-Gebieten (FFH-Gebieten).

Die Raumwirksamkeitsanalyse umfasst zwei Zielbereiche: Verteilungs- und Entwicklungsziele sowie Entlastungs- und Verlagerungsziele. Die Verteilungs- und Entwicklungsziele umfassen:

- die Schaffung von Standortvoraussetzungen für die wirtschaftliche Entwicklung und
- die gute Erreichbarkeit aller Teilräume untereinander.

Die Entlastungs- und Verlagerungsziele beinhalten

- die Verbesserung der Voraussetzungen zur Verlagerung von Verkehr auf umweltverträgliche Verkehrsträger in hoch belasteten Räumen und Korridoren und
- die lokale Entlastung bebauter Bereiche und der dort lebenden Menschen.

Die Zustandsanalyse, das Ableiten von Maßnahmen und die Entwicklung von Maßnahmen liegt im Aufgabenbereich der Länder. Es gibt jedoch weder vorgegebene Kriterien zur Zustandsanalyse, noch eine einheitliche Systematik für die Maßnahmenfindung. Ein häufig angewendetes Vorgehen zur Maßnahmenfindung ist die Abfrage von Situationen, die als mangelbehaftet eingeschätzt werden, sowie von Maßnahmenvorschlägen zur Verbesserung von als mangelbehaftet eingeschätzten Situationen. Diese Abfragen erfolgen häufig auf regionaler Ebene. Damit ist weder bundesweit noch landesweit ein einheitliches und nach nachvollziehbaren Kriterien belastbares Verfahren zur Maßnahmenfindung vorhanden.

Kern des Bundesverkehrswegeplans ist das Bewertungsverfahren, mit dem die Projekte für den Neu- und Ausbau des Bundesfernstraßennetzes untereinander verglichen und in eine Rangfolge gebracht werden. Das Bewertungsverfahren besteht im Wesentlichen aus einer Nutzen-Kosten-Analyse, in der die Wirkungen eines Projekts in Geldeinheiten ausgedrückt werden und den Kosten gegenüber gestellt werden. Entsprechend können nur solche Wirkungen berücksichtigt werden, die sich in Geldeinheiten ausdrücken lassen. Nichtmonetarisierbare Wirkungen können dagegen nicht berücksichtigt werden.

Durch den Wertewandel, insbesondere durch den gewachsenen Stellenwert des Umweltschutzes seit den 1980er Jahren und die Forderung nach stärkerer Berücksichtigung weiterer Aspekte des Verkehrs, wurde das Verfahren in mehreren Schritten weiterentwickelt. 1992 wurde in Folge der Wiedervereinigung der erste gesamtdeutsche Bundesverkehrswegeplan aufgestellt, mit dem der 1985 aufgestellte Bundesverkehrswegeplan ergänzt und erweitert wurde. Mit dem Bundesverkehrswegeplan 2003, der die wachsende Bedeutung der Ost-West-Verkehre in Europa durch die EU-Erweiterung berücksichtigt, wurde das Bewertungsverfahren um zwei wesentliche Komponenten ergänzt: die Raumwirksamkeitsanalyse (RWA) und die Umweltrisikoeinschätzung (URE). Hierbei handelt es sich um Komponenten mit Bewertungskriterien, die nicht in Geldeinheiten ausgedrückt werden können.

Das BVWP-Verfahren bietet damit ein umfangreiches Werkzeug zur Bewertung von Projekten bzw. Maßnahmen. Die bislang vorgebrachte Kritik am Verfahren konzentriert sich vorwiegend auf die zugrunde gelegte Nutzen-Kosten-Analyse. Diese ist zwar durch die beiden Module zur Raumwirksamkeitsanalyse und zur Umweltrisikoeinschätzung erweitert worden. Der Kern des Zielsystems und damit der Bewertungen liegt jedoch auf monetarisierbaren Kriterien. Insbesondere das Aufaddieren von geringfügigen Wirkungen im Bereich weniger Sekunden anhand großer Fahrzeugzahlen stößt auf Kritik, da zwar rechnerisch ein großer volkswirtschaftli-

cher Nutzen erreicht wird, die geringen Zeitvorteile vom Einzelnen jedoch praktisch nicht genutzt werden können.

Die Transparenz des Verfahrens ist in den einzelnen Verfahrensschritten unterschiedlich hoch. Für die Maßnahmenbewertung werden ausführlich Ziele und Kriterien definiert und beschrieben. Damit ist grundsätzlich die Maßnahmenbewertung und die daraus resultierende Dringlichkeitsreihung transparent. Es ist hierfür jedoch auch die Offenlegung der tatsächlichen Bewertung sämtlicher Maßnahmen erforderlich. Die Verfahrensschritte der Zustandsanalyse und der Maßnahmenfindung sind hingegen nicht transparent, da diese Aufgaben an die Länder abgegeben werden. Die Länder verwenden zur Maßnahmenfindung keine einheitlichen Verfahren, in der Regel sind nicht einmal verbindliche und belastbare Kriterien und Vorgehensweisen zur Zustandsanalyse und zur Maßnahmenfindung vorhanden. Diese der Maßnahmenbewertung vorgeschalteten Schritte sind damit völlig intransparent.

Der Bundesverkehrswegeplan betrachtet Projekte in den Bereichen Straße, Schiene und Wasserstraße parallel, um Doppelförderungen zu vermeiden. Die Verknüpfung verschiedener Verkehrsarten wird jedoch nicht explizit betrachtet.

### **Österreichischer Bundesverkehrswegeplan**

Sowohl das Zielsystem als auch das Bewertungsverfahren des Österreichischen Bundesverkehrswegeplans [31] ähneln dem deutschen Verkehrswegeplan. Das Zielsystem umfasst folgende Zielbereiche:

- Wirtschaft
- Umwelt und Sicherheit
- Raumordnung
- Politische Kriterien

Der Verkehr wird als ein unterstützendes Segment der Volkswirtschaft angesehen, das möglichst effizient arbeiten soll.

Anders als der deutsche Bundesverkehrswegeplan enthält der Österreichische Bundesverkehrswegeplan systematische Mängelanalysen der Straßen- und Schienenverkehrsnetze. Hierfür wurde ein landesweites Verkehrsmodell aufgebaut, das Netzgraphen für das Straßennetz und das Schienennetz sowie Fahrplandaten enthält. Hiermit wurden die Erreichbarkeiten der regionalen Teilräume für das gesamte Bundesgebiet ermittelt. Dabei wurde nach Schiene und Straße differenziert und ein Vergleich der Erreichbarkeiten über die Schiene gegenüber denen der Straße angestellt. Daran anschließend wurde eine Untersuchung durchgeführt, in wieweit die eingeschränkte Erreichbarkeit Auswirkungen auf folgende Kriterien hat:

- Wohlstand (ausgedrückt durch die Kaufkraft)
- Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit (ausgedrückt durch die Gewerbesteuer)

- Attraktivität als Wohnstandort (ausgedrückt durch Wanderungsbewegungen)
- Attraktivität als Betriebsstandort (ausgedrückt durch Betriebsverlagerungen)

Zusätzlich wurde eine Schwachstellenanalyse des Österreichischen Eisenbahnnetzes mit Hilfe des Modells durchgeführt. Dabei wurden folgende Kriterien berücksichtigt:

- Raumerschließung
- Ausbauzustand hinsichtlich der Kapazität
- Ausbauzustand hinsichtlich der Fahrgeschwindigkeit
- Betriebsbezogene Mängel
- Sonstige Mängel (Umweltbelange, Sicherheit, etc.)

Aufbauend auf die Mängelanalyse wurden entsprechende Projekte entwickelt. Hinzugenommen wurden bereits beschlossene bzw. in der Diskussion befindlichen Projekte.

Die Bewertung von Projekten erfolgt in einem dreistufigen Verfahren. Die erste Stufe umfasst eine Kosten-Nutzen-Analyse, in der die Zielbereiche Wirtschaft sowie Umwelt und Sicherheit enthalten sind. Entsprechend werden in diesen Zielbereichen ausschließlich Ziele verwendet, deren Ziel- und Zustandsgrößen monetarisierbar sind. Sie sind größtenteils vergleichbar mit den Zielen des deutschen Bundesverkehrswegeplans.

In einer zweiten Stufe findet eine Transformation des in der Nutzen-Kosten-Analyse ermittelten monetären Nutzens in Wirksamkeiten statt. Hiermit wird eine Wirksamkeits-Kosten-Analyse aufgebaut, in die die Wirksamkeiten des Zielbereichs Raumordnung einbezogen werden. Die Ziele des Zielbereichs Raumordnung sind wiederum grundsätzlich vergleichbar mit denen des deutschen Bundesverkehrswegeplans.

In einer dritten Stufe findet eine verbale Diskussion statt, um die politischen Kriterien einzubeziehen, die in den übrigen Zielfeldern bzw. Zielen nicht berücksichtigt wurden. Hierbei handelt es sich um politische Rahmenbedingungen, aber auch Aussagen zur Realisierbarkeit.

Die Methodik und das Verfahren zur Maßnahmenfindung und –bewertung sind größtenteils nicht näher beschrieben. Einzelne Teile wurden auf Druck der Fachöffentlichkeit veröffentlicht. Insbesondere die Methodik bzw. das Vorgehen bei der Maßnahmenfindung ist jedoch nicht näher beschrieben, so dass zumindest die Mängelanalyse intransparent bleibt.

Im Österreichischen Bundesverkehrswegeplan werden Straßen- und Schienennetze berücksichtigt und im Rahmen der Mängelanalyse auch verglichen. Die Projekte beider Netze stehen jedoch wie auch im deutschen Bundesverkehrswegeplan in Konkurrenz zueinander, intermodale Ansätze werden nicht verfolgt.



## 2.3.2 Verfahren auf Landesebene

### Integrierte Gesamtverkehrsplanung NRW (IGVP NRW)

Die Integrierte Gesamtverkehrsplanung NRW [29] ist als verkehrsträgerübergreifender Verkehrsinfrastrukturbedarfsplan an die Stelle der sektoralen Bedarfspläne (Landesstraßenbedarfsplan NRW, ÖPNV-Bedarfsplan NRW) getreten und soll insbesondere den Grundsätzen und Zielen der Raumordnung und Landesplanung, den Belangen der Wirtschaft, der Verkehrsentwicklung, des Umweltschutzes und des Städtebaus entsprechen.

Das Zielsystem der IGVP NRW gliedert sich in drei Wirkungsbereiche: individuelle und gesellschaftliche Belange, Wirtschaft und Umwelt. Diese sind in zehn Zielbereiche untergliedert:

- Verbesserung der Mobilität im Personenverkehr
- Herstellung gleichwertiger Chancen der Mobilitätsteilnahme für alle Bevölkerungsgruppen
- Verbesserung der Lebensbedingungen durch Weiterentwicklung stadtverträglicher Verkehrsinfrastrukturen und Mobilitätsangebote
- Erhöhung der Verkehrssicherheit unter Berücksichtigung besonders gefährdeter Personengruppen sowie des Rad- und Fußgängerverkehrs
- Unterstützung verkehrssparsamer Raumstrukturen
- Sicherung und Weiterentwicklung der wirtschaftlichen Standortqualität sowie Verbesserung und Sicherung der einzelbetrieblichen Effizienz aus Nutzer- und Betreibersicht
- Verbesserung und Sicherung der gesamtwirtschaftlichen Effizienz der Verkehrsträger
- Verbesserung der Mobilitätsangebote im Wirtschaftsverkehr
- Gewährleistung der Umweltverträglichkeit von Verkehrsinfrastruktur (Anlage und Betrieb) und Mobilitätsangeboten in NRW
- Beachtung und Unterstützung der globalen Anstrengungen zum Klimaschutz.

Die als Vorhaben bezeichneten Maßnahmen wurden auf regionaler Ebene entwickelt und diskutiert und fanden Eingang in die Maßnahmenbewertung. Die bewerteten Maßnahmen wurden anschließend in den Regionalräten beraten. Es wird nicht näher darauf eingegangen, wie die jeweiligen Vorhaben auf regionaler Ebene entwickelt wurden. Entsprechend ist davon auszugehen, dass keine systematische und für alle Regionen einheitliche Mängelanalyse durchgeführt wurde.

Als wesentliche Grundlage zur Wirkungsanalyse wurde ein landesweites Modell des Straßen- und Schienennetzes aufgebaut. Die Ergebnisse der Wirkungsanalyse mit Hilfe des Modells dienen der Bewertung der Vorhaben. Die Bewertung erfolgt sowohl anhand einer Nutzen-Kosten-Analyse als auch einer Nutzwertanalyse. Sämtliche Kriterien sind sowohl für Vorhaben von Straßennetzen als auch von Schienennetzen dokumentiert, das Bewertungsverfahren ist damit transparent. Die Ergebnisse beider Analyseverfahren werden gemeinsam zur Bewertung der Vorhaben herangezogen.

Wie auch bei den beschriebenen landesweiten Bedarfsplänen ist beim IGVP NRW die Maßnahmenbewertung transparent. Die vorgeschaltete Maßnahmenfindung erfolgt jedoch auf regionaler Ebene nach nicht einheitlich vorgegebenen und nicht dokumentierten Kriterien, so dass die Maßnahmenfindung intransparent bleibt.

Gegenüber dem deutschen Bundesverkehrswegeplan werden im IGVP NRW intermodale Aspekte berücksichtigt. Bei überregionalen, umfangreichen Vorhaben, bei denen auch Wirkungen beim jeweils anderen Verkehrsträger zu erwarten sind, wurde die Vorhabenbewertung bimodal für beide Verkehrsträger durchgeführt. Damit konnten auch die Wirkungen von modalen Verkehrsverlagerungen berücksichtigt werden.

### **Integriertes Verkehrskonzept 2002 des Landes Brandenburg**

Das integrierte Verkehrskonzept 2002 [27] ist die Überarbeitung und Aktualisierung des Verkehrskonzepts von 1995. Die Überarbeitung dient der Überprüfung und Weiterentwicklung verkehrspolitischer Ziele. Anlass sind einerseits veränderte Rahmenbedingungen wie der in den 1990er Jahren erfolgte Ausbau der Infrastruktur, Änderungen in der Finanzierung des Nahverkehrs, Stärkung des Wettbewerbs, etc.. Andererseits ergibt sich ein Handlungsbedarf durch die bereits erfolgten und die prognostizierten Veränderungen der Verkehrsnachfrage, insbesondere durch die demografische Entwicklung und die im Raum Berlin-Brandenburg sehr ausgeprägten Wanderungsbewegungen.

Das Integrierte Verkehrskonzept 2002 weicht von der üblichen Vorgehensweise, beispielsweise der des deutschen Bundesverkehrswegeplans, deutlich ab. Es werden Ziele als Vorgabe für die künftige Verkehrsentwicklung definiert. Dabei werden Ziele aus verschiedenen Zielfeldern und für alle Verkehrsarten und deren Verknüpfung berücksichtigt. Die Ziele werden jedoch nicht durch eine Zuordnung von relevanten Bewertungskriterien beschrieben, sondern vielmehr als Visionen. Diese Visionen vereinen sowohl die Ziele als auch mögliche Maßnahmen und Entwicklungsstrategien. Infolgedessen ist eine qualitative oder quantitative Bewertung von Maßnahmen anhand eines Zielkonzepts nicht vorgesehen.

Das Zielsystem basiert auf den Strategien „Verkehrsvermeidung“, „Verkehrsverlagerung“ und „Verkehrsverknüpfung“ im Sinne einer Integration der Verkehrsmittel. Es ist geprägt durch die Notwendigkeit, in Räumen mit sich stark verändernder, insbesondere schrumpfender Verkehrsnachfrage einerseits und steigendem Bedarf in bestimmten Räumen andererseits eine Ausgewogenheit zwischen den Verkehrsmitteln zu erreichen und das Angebot und die Qualität zu sichern und auszubauen. Gleichzeitig sind jedoch Einschränkungen bei der Finanzierung zu berücksichtigen. Möglichkeiten hierzu werden in einer höheren Effizienz, einer besseren Verzahnung der Verkehrsmittel und im Einsatz neuer Finanzierungsmodelle gesehen. Eine Schaffung verkehrsvermeidender Strukturen soll durch eine Verzahnung von Verkehrspolitik, Wirtschaftspolitik, Umweltpolitik sowie Stadt- und Landesentwicklungspolitik erreicht werden.

Zur Entwicklung der Infrastruktur werden in erster Linie folgende Tätigkeitsbereiche gesehen:

- Förderung des Telematikeinsatzes, insbesondere zur Vernetzung der Verkehrsarten,
- Modernisierung des regionalen Eisenbahnnetzes,
- Ausbau des Straßennetzes mit der Zielsetzung, die Erreichbarkeiten und die Verkehrssicherheit zu verbessern und prognostizierte Verkehrsstärken aufnehmen zu können,
- Bau von Ortsumgehungen und Umbau der Ortsdurchfahrten,
- Aufbau und Ergänzung des „Blauen Netzes“: Nutzung hochwertiger Landstraßen zur Verknüpfung Zentraler Orte in Räumen, in denen die Nachfrage für Autobahnen zu gering ist,
- Umstufung von Bundesstraßen zu Landesstraßen und umgekehrt, um auf der Basis einer umfassenden Analyse beide Netze jeweils im Hinblick auf ihre spezifischen Aufgaben zu stärken,
- Definition von Qualitäts- und Erreichbarkeitsstandards sowie angestrebte Fahrtenhäufigkeiten im Öffentlichen Personennahverkehr,
- Schaffung eines integrierten Taktfahrplans („Berlin-Brandenburg-Takt“),
- Ausbau von Park + Ride-Angeboten unter der Maßgabe, dass sie nicht in Konkurrenz zum Zubringer-ÖPNV treten,
- Ausbau und Nutzung der Bahnhöfe als städtebauliche Verknüpfungspunkte,
- Schaffung von Angeboten, die Freizeitaktivitäten auch mit dem ÖPNV ermöglichen, wie Radtouren, Wanderungen, etc.,
- Ausbau des Radverkehrs als System,
- Vernetzung des Radverkehrs mit anderen Verkehrsarten,
- Förderung des Fahrradtourismus.

Neben der Einbindung verschiedener Politikbereiche zur Lösung verkehrlicher Probleme wird gleichzeitig die Verkehrspolitik als ein Instrument für die Raum-, Wirtschafts- und Umweltentwicklung gesehen.

Wesentliche Ziele zur Raum- und Wirtschaftsentwicklung sind

- eine möglichst gleichwertige Erschließung und Verknüpfung der Räume untereinander
- die Verbesserung der Erreichbarkeit Zentraler Orte,
- multimodale Güterverkehrskonzepte zur Verlagerung von Güterverkehren von der Straße auf andere Verkehrsträger
- Ausweisung von großflächigem Einzelhandel nur noch an innerstädtischen Standorten mit guter ÖPNV-Erschließung
- Vorrang der Innenentwicklung gegenüber der Außenentwicklung

Der Beitrag zur Umwelt- und Klimapolitik wird im Wesentlichen in einer Entlastung vom Verkehr gesehen. Dabei stützt man sich wiederum auf die Strategie von Verkehrsvermeidung, -verlagerung und -verknüpfung.

Im Rahmen des Integrierten Verkehrskonzepts hat eine Analyse der Rahmenbedingungen stattgefunden, u. a. der Entwicklung der Verkehrsleis-

tung und der Verkehrsmittelwahl, der Bevölkerungsentwicklung und –verteilung sowie der Entwicklung des Verkehrsnetzes und der europäischen Verkehre. Da jedoch Maßnahmen ein Bestandteil der Visionen sind, kann die Maßnahmenfindung aus systematischen Gründen auch nicht auf einer umfassenden Analyse basieren. Im Zusammenhang mit den Visionen wird teilweise ein entsprechender Handlungsbedarf beschrieben.

Durch die Definition von Handlungsfeldern aufbauend auf einem Zielsystem bzw. auf „Visionen“ erfolgt weder eine konkrete Maßnahmenentwicklung noch eine –bewertung. Auch eine Wirkungsanalyse wird dementsprechend nicht durchgeführt. Die Handlungsfelder werden ausgehend von den Visionen verbal-argumentativ hergeleitet und mit Analysen belegt. Diese Verfahrensschritte sind entsprechend transparent. Eine unmittelbare Zuordnung konkreter Maßnahmen zu den beschriebenen Handlungsfeldern ist jedoch nicht vorgesehen. Der Schritt vom Integrierten Verkehrskonzept zu konkreten Maßnahmen ist damit nicht unmittelbar nachvollziehbar.

Das Integrierte Verkehrskonzept ist in seiner Grundlage intermodal angelegt. Zusätzlich zum Straßen- und Schienenverkehr wird auch der Radverkehr grundsätzlich mit einbezogen, ebenso die Verknüpfungspunkte zwischen den einzelnen Verkehrsarten (P+R, B+R, etc.). Die Bahnhöfe werden zudem nicht nur als verkehrliche sondern auch als städtebauliche Verknüpfungspunkte betrachtet. Zudem wird auch der Güterverkehr explizit berücksichtigt.

### **Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 1995**

Ebenso wie im Integrierten Verkehrskonzept Brandenburg wird im Generalverkehrsplan Baden-Württemberg [39] mit Visionen gearbeitet. In diesen Visionen findet eine Integration von Zielen, angestrebten Zuständen und zugehörigen Maßnahmen statt. Eine explizite Trennung von Zielsystem, Handlungskonzept und Wirkungsanalyse ist damit nicht möglich.

Die Aufgabe des Generalverkehrsplans wird darin gesehen, „der weiteren Verschärfung der Verkehrssituation entgegenzusteuern und die vom Verkehr ausgehenden Umweltprobleme zu begrenzen“<sup>1</sup>. Durch eine integrative Verkehrspolitik, die auch wirtschaftliche und gesellschaftliche Kriterien berücksichtigt, sollen die wirtschaftlichen, sozialen, kulturellen und ökologischen Anforderungen bewältigt werden. Im Zentrum des Generalverkehrsplans steht die effizientere Nutzung der vorhandenen Verkehrsinfrastruktur, die Verlagerung von Verkehr auf öffentliche Verkehrsmittel und die Vermeidung von Verkehr „durch einen sinnvolleren Umgang mit der Mobilität“.

---

<sup>1</sup> [39], Seite 3

Ein Zielsystem wird durch fünf verkehrspolitische Ziele definiert, die den Rahmen für die Visionen bilden. Dies sind

- die langfristige Sicherung der Mobilität und des freien Güterausstausches,
- Verbesserung der Lebensqualität der Bevölkerung im ganzen Land durch umweltgerechte, wirtschaftsfreundliche und sozialverträgliche Verkehrsbedingungen,
- Beseitigung von Verkehrsengpässen durch Ausbau auf internationales Niveau sowie Ausschöpfung von Kapazitätsreserven und Rationalisierungspotenzialen,
- Senkung der Umweltbelastung durch den Verkehr auf ein dauerhaft niedriges Niveau und
- Verbesserung der Verkehrssicherheit.

Zur Erreichung der Ziele werden technische, organisatorische und erzieherische/gesellschaftspolitische Maßnahmen genannt:

- Optimierung der Verkehrssysteme durch den Einsatz eines verkehrsträgerübergreifenden Managements,
- Ausbau der Verkehrsinfrastruktur,
- Schaffung von Taktfahrplänen im ÖPNV,
- Priorität von Substanzerhalt, sechsstreifiger Ausbau stark belasteter Autobahnen und der Bau von Ortsumgehungen,
- systematische Verkehrserziehung aller Bevölkerungsgruppen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit,
- Schaffung vergleichbarer Wettbewerbsbedingungen, harmonisierte Steuern sowie vergleichbare Umwelt- und Sozialstandards zur Ermöglichung einer sinnvollen Arbeitsteilung konkurrierender Anbieter,
- europaweite Verschärfung technischer Normen zur Schadstoffemission von Kraftfahrzeugen, Eisenbahnen und Flugzeugen,
- Orientierung von Abgaben und Gebühren an der Nutzungshäufigkeit, der angebotenen Verkehrsqualität und den Umweltauswirkungen,
- Anstoß von freiwilligen Verhaltensänderungen bei den Verkehrsteilnehmern und Verkehrserzeugern durch Mobilitätsberatung, um langfristig ein umweltschonendes Verhalten zu erreichen und unnötigen Verkehr zu vermeiden.

Auf der Grundlage der Ziele und der Maßnahmen wird eine zukünftige Entwicklung des Verkehrs bis zum Jahr 2010 aufgezeigt. Hierbei werden sowohl die Einflussmöglichkeiten der Verkehrspolitik des Landes beschrieben als auch Entwicklungen und Tendenzen, die auf Landesebene nicht

beeinflusst werden können. Zudem wird erwähnt, dass die Auswirkungen der neuen Verkehrspolitik erstmals wissenschaftlich untersucht worden seien und die Erreichbarkeit der gesetzten Ziele mit den beschriebenen Maßnahmen gegeben sei. Eine weitergehende Wirkungsanalyse erfolgt jedoch nicht.

Im Weiteren werden die Visionen, d. h. angestrebte Entwicklungen im Zusammenhang mit den vorgesehenen Rahmenbedingungen bzw. Maßnahmen, beschrieben. Es werden die folgenden Bereiche angesprochen: Straßenverkehr, Schienenpersonennahverkehr, Öffentlicher Personennahverkehr, Luftverkehr, Binnenschifffahrt, Fußgänger- und Radverkehr, Güterverkehr, Integriertes Verkehrsmanagement, Verkehrsplanung in Verdichtungsräumen, Erholungs- und Fremdenverkehr und „Bewusste Mobilität“.

Während sich viele dieser Handlungsfelder auch in anderen Bedarfsplänen finden, ist die explizite Einbeziehung von Maßnahmen erwähnenswert, die eine Erziehung und Bewusstseinsänderung hin zu einer nachhaltigen und umweltbewussten Mobilität sowie einer Vermeidung von Verkehren beinhalten. Damit wird darauf eingegangen, dass die Mobilität der Bevölkerung nicht allein vom Verkehrsangebot beeinflusst wird, sondern dass auch der individuelle Lebensstil, die persönlichen Ansichten und eingefahrene Gewohnheiten wesentlichen Einfluss haben. Die Veränderung der Nachfrage wird damit als wesentliches Instrument zusätzlich zu den Handlungsbereichen der „aktiven“ Maßnahmen zur Veränderung des Angebots gesehen.

Die zugrunde liegende Methodik des Generalverkehrsplans Baden-Württemberg mit der Verwendung von Visionen hat große Ähnlichkeiten mit der des Integrierten Verkehrskonzepts des Landes Brandenburg. Anders als in anderen Bedarfsplänen werden Zielsysteme, Handlungskonzepte und Wirkungsanalysen weniger stark differenziert, sondern verschmelzen in „Visionen“. Systematische Mängelanalysen oder eine darauf aufbauende Maßnahmenfindung wurden nicht durchgeführt. Die Zusammenhänge zwischen Zielen und Maßnahmen werden verbal-argumentativ hergeleitet und sind damit transparent. Ein Zusammenhang zwischen konkreten Maßnahmen und deren Auswahl mit den Zielen und Visionen lässt sich jedoch nicht unmittelbar herstellen und bleibt damit intransparent.

Ein intermodaler Ansatz ist in einigen der explizit genannten Maßnahmen erkennbar, beispielsweise durch den Einsatz eines verkehrsträgerübergreifenden Verkehrsmanagements. Zudem wird auf die Maßnahmen „Erziehung“ und „Bewusstseinsänderung“ eingegangen, die mittelbar zu einer Verkehrsverlagerung und zu einem bewussteren Umgang mit Mobilität führen sollen.

### **Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 2010**

Der Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 2010 [28] ist der Nachfolger des Generalverkehrsplans von 1995. Anders als sein Vorgänger arbeitet er nicht mit Visionen. Der Aufbau ist deutlich formaler auf die Verkehrsarten

bzw. sog. „Fachkonzepte“ ausgerichtet. Konkrete Maßnahmen werden jedoch auch im Generalverkehrsplan 2010 nicht genannt.

Während beim Generalverkehrsplan 1995 der Hauptaspekt darin gesehen wurde, „der weiteren Verschärfung der Verkehrssituation entgegenzusteuern...“ [39], wird im Generalverkehrsplan 2010 nicht explizit ein verkehrliches Oberziel genannt. Oberziele im Generalverkehrsplan 2010 sind „Nachhaltigkeit“, „Realitätsnähe“ und „Haushaltskonsolidierung“. Der Generalverkehrsplan hat keine festgelegte Laufzeit, die Ziele orientieren sich aber am Prognosehorizont 2025.

Es erfolgt eine Trennung von verkehrspolitischen Grundsätzen und Maßnahmenplanung, der Generalverkehrsplan beschreibt nur den politischen Rahmen und klammert die Maßnahmenplanung explizit aus. Die Maßnahmenplanung soll parallel erfolgen, laufend fortgeschrieben werden und damit auf den prognostizierten Bedarf und die Finanzierbarkeit reagieren.

Der Generalverkehrsplan ist erstmals explizit als verkehrsträgerübergreifender Maßnahmenplan konzipiert. Er gliedert sich in vier sogenannte Fachkonzepte „Straßenverkehr“, „Öffentlicher Personenverkehr“, „Wirtschaftsverkehr“ und „Luftverkehr“.

Das Zielkonzept basiert auf den drei Leitmotiven „Verkehr und Gesellschaft“, „Verkehr und Umwelt“ sowie „Verkehr und Wirtschaft“. Im Leitmotiv „Verkehr und Gesellschaft“ wird insbesondere auf die demografische Entwicklung eingegangen und auf die Differenzierung von Verkehrsangeboten in Städten und im ländlichen Raum. Außerdem sollen kurze Wege angestrebt werden durch „kompakte Siedlungsstrukturen, Innenentwicklung und Stärkung regionaler Wirtschaftskreisläufe“. Im Leitmotiv „Verkehr und Wirtschaft“ wird die Leistungsfähigkeit des Personenverkehrs- und Güterverkehrs als wesentliche Grundlage der Standortsicherung in Baden-Württemberg beschrieben. Eine konsequente Nutzung und intelligente Verknüpfung von Straße, Schiene, Binnenwasserstraße und Luftverkehr wird gefordert. Im Leitmotiv „Verkehr und Umwelt“ wird auf die negativen Folgen des motorisierten Verkehrs hingewiesen. Diese sollen auf ein umwelt- und sozialverträgliches Maß reduziert werden.

Neben diesen drei Leitmotiven werden in den vier Fachkonzepten „Straßenverkehr“, „Öffentlicher Personenverkehr“, „Wirtschaftsverkehr“ und „Luftverkehr“ zahlreiche, vergleichsweise differenzierte Ziele beschrieben. Die Ziele sind, ausgehend von der Gliederung in Fachkonzepte, teilweise in Zielfelder eingebunden, teilweise werden sie als Einzelaspekte eingebracht. Es wird nicht beschrieben, wie und auf welcher Grundlage das Zielkonzept erarbeitet wurde.

Die Maßnahmenplanung ist vollständig aus dem Generalverkehrsplan ausgeklammert. Es wird weder beschrieben, ob es eine systematische Mängelanalyse gibt, noch, wie Maßnahmen zustanden kommen. Auch das Vorgehen zur Bewertung und Auswahl von Maßnahmen wird nicht beschrieben. Eine Dokumentation der Maßnahmenplanung, aus der diese

Aspekte hervorgehen, ist nicht veröffentlicht.

Der intermodale Ansatz wird im Generalverkehrsplan nicht – wie in anderen Bedarfsplänen häufig praktiziert – in Form eines zusätzlichen Kapitels zu den klassischen Kapiteln der einzelnen Verkehrsarten aufbereitet. Er findet sich wieder in der Konzipierung der vier Fachkonzepte, die nicht nach Verkehrsarten trennen, sondern (zumindest größtenteils) nach Nutzergruppen. Hierdurch ist ein intermodaler Ansatz bereits innerhalb der Fachkonzepte angelegt. Es werden in den Fachkonzepten verschiedene intermodale Ansätze beschrieben, u.a. Park+Ride, Carsharing, Harmonisierung von Fahrradmitnahmeregelungen im Öffentlichen Verkehr.

Als Besonderheit ist hervorzuheben, dass der Generalverkehrsplan 2010 – wie auch schon der Generalverkehrsplan 1995 – eine „bewusste Mobilität“ fordert. Das Mobilitätsbedürfnis wird nicht als gegeben akzeptiert, auf das mit entsprechenden Maßnahmen zu reagieren ist. Es wird stattdessen als beeinflussbar beschrieben. Die Menschen sollen die Grenzen der motorisierten Mobilität erfassen und die motorisierten Verkehrsmitteln, insbesondere den Pkw, „mit Vernunft“ nutzen.

Eine weitere Besonderheit im Generalverkehrsplan ist die Einbeziehung von Modellprojekten, die bereits realisiert sind oder kurz vor der Realisierung stehen. Sie sind in loser Folge an entsprechenden Stellen in den Text eingestreut und illustrieren Möglichkeiten, die jeweils beschriebenen Ziele umzusetzen.

### **Bewertungsverfahren für den Umbaubedarf von Ortsdurchfahrten in Niedersachsen**

Das in [3] beschriebene Bewertungsverfahren wird zur Analyse und Bewertung von Ortsdurchfahrten von Bundesstraßen in Niedersachsen verwendet. Ziel der Anwendung dieses Verfahrens ist es, systematisch eine Dringlichkeitsreihung für den Umbau von Ortsdurchfahrten abzuleiten. Das Verfahren wurde in den 1990er Jahren entwickelt und auf alle Ortsdurchfahrten in Niedersachsen angewendet. Im Jahr 2010 wurden die Inhalte zum zweiten Mal aktualisiert und das auch die Methodik und das Verfahren an geänderte Zielvorstellungen und Richtlinien angepasst.

Dem Bewertungsverfahren liegt ein ganzheitliches Zielsystem zugrunde, das verkehrliche, umfeldorientierte und straßenraumgestalterische Belange integriert. Aus Zielen der Zielfelder Verkehr, Umfeld und Straßenraumgestalt werden Bewertungskriterien abgeleitet, die jeweils durch Zielgrößen und durch Zustandsgrößen beschrieben werden. Insgesamt werden 25 Bewertungskriterien verwendet. In einem Soll-Ist-Vergleich werden dann die Zustandsgrößen den Zielgrößen gegenübergestellt und daraus Mängel bzw. Qualitäten ermittelt. Die Ergebnisse werden in einer fünfstufigen Skala entsprechend Schulnoten aufbereitet und grafisch als Bewertungsprofile dargestellt. Das Zielsystem ist multikriteriell aufgebaut und bietet eine hohe Transparenz, da alle Bewertungskriterien und erhobenen Zustandsgrößen offengelegt sind.



Das Verfahren enthält eine Methodik, die eine systematische Mängelanalyse ermöglicht. Für alle Ortsdurchfahrten werden die im Bewertungsverfahren verwendeten Zustandsgrößen nach einheitlichen Kriterien zentral erhoben. Dies erfolgt zum Teil anhand vorhandener Daten, teilweise werden jedoch auch Bereisungen notwendig. Mängel werden dann anhand eines Soll-Ist-Vergleichs im Rahmen der Bewertung ermittelt. Auf der Grundlage der Mängelanalyse wird eine Dringlichkeitsreihung erstellt, aus der dann Projekte abgeleitet werden. Eine Beteiligung auf regionaler bzw. lokaler Ebene erfolgt erst im Anschluss an die Festlegung von Projekten im Rahmen der Entwicklung der Maßnahmen. Die Festlegung von Projekten ist damit unbeeinflusst von regionalen oder lokalen Interessen. Die Ziele und Kriterien sowie die Verfahren zur Mängelanalyse und zur Bewertung sind vollständig beschrieben. Die Bewertung jeder Maßnahme kann nachvollzogen werden. Im Gegensatz zu vielen der bereits beschriebenen Bedarfspläne ist das Verfahren für den Umbaubedarf von Ortsdurchfahrten damit in allen Verfahrensschritten transparent.

Das Verfahren berücksichtigt einen intermodalen Ansatz, indem die Nutzungsansprüche aller Verkehrsteilnehmer und auch nicht-verkehrliche Nutzungsansprüche als Bewertungskriterien berücksichtigt werden.

### **Bewertungsverfahren für den Landesstraßenbedarfsplan Berlin**

Das Bewertungsverfahren für den Landesstraßenbedarfsplan Berlin [37] [1] wurde entwickelt, um künftige Investitionsplanungen zuverlässiger zu begründen. Die vorhandenen Verfahren wie das EWS-Verfahren [12] dienen vorrangig der Ermittlung volkswirtschaftlicher Wirkungen, erschienen aber nicht geeignet, Maßnahmen in einem städtischen Umfeld miteinander zu vergleichen. Ziel des Bewertungsverfahrens war es, die vollständige Bandbreite an Wirkungen von Maßnahmen einzubeziehen und zu bewerten, um verschiedenste Infrastrukturmaßnahmen miteinander vergleichen zu können. Beispielsweise sollte der Neubau einer Entlastungsstraße mit der Verlängerung einer Straßenbahnlinie und der Ergänzung eines straßenbegleitenden Radwegs vergleichbar sein.

Das Bewertungsverfahren basiert auf der Nutzwertanalyse. Es bezieht die Zielfelder Verkehr, Umfeld, Straßenraumgestalt und Wirtschaftlichkeit ein. In diesen vier Zielfeldern wurden elf Ziele definiert, die insgesamt 40 Einflussgrößen berücksichtigen. Das Zielkonzept wurde zwischen den Gutachtern und der Senatsverwaltung abgestimmt.

Eine systematische Mängelanalyse war im Rahmen der Entwicklung des Verfahrens nicht vorgesehen. Sie wäre jedoch aus dem Bewertungsverfahren grundsätzlich ableitbar. Auch eine darauf aufbauende Maßnahmenfindung wurde nicht durchgeführt. Das Verfahren wurde auf zwei Maßnahmenpakete angewendet, die bereits existierende Planungen enthielten.

Die Bewertung von Maßnahmen erfolgt anhand einer Punkteskala von 0 bis 10. Für jede Einflussgröße existiert eine Bewertungsfunktion, die die

Wirkung anhand eines Anspruchs- und eines Ausschlussniveaus in eine entsprechende Punktebewertung überführt. Da die Maßnahmen einen sehr unterschiedlichen räumlichen Umfang haben können, werden die Wirkungen für Teilräume mit einer Länge von jeweils 100 m ermittelt. Die Ziele können über eine innere und eine äußere Gewichtung unterschiedlich stark berücksichtigt werden. Anhand einer Sensitivitätsanalyse kann die Stabilität einer Bewertung überprüft werden.

Durch eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens und eine umfassende Dokumentation der Bewertungsergebnisse sind die Bewertungsergebnisse transparent und nachvollziehbar. Das Verfahren ist intermodal angelegt, es berücksichtigt neben den verkehrlichen Wirkungen aller Verkehrsarten auch gestalterische und Umfeld-Kriterien.

### **2.3.3 Verfahren auf lokaler Ebene**

Im Folgenden werden vier Verfahren auf lokaler Ebene beschrieben. Als Beispiele dienen:

- Berlin als Metropolregion und Oberzentrum mit 3,4 Mio. Einwohnern,
- München als Oberzentrum mit 1,3 Mio. Einwohnern,
- Oldenburg als Oberzentrum mit 160.000 Einwohnern und
- Emden als Mittelzentrum mit 51.000 Einwohnern.

#### **Stadtentwicklungsplan Verkehr der Stadt Berlin 2003**

Der „Stadtentwicklungsplan Verkehr“ (StEP Verkehr 2003) [33] ist ein in den Stadtentwicklungsplan integrierter Verkehrsentwicklungsplan. Durch diesen integrativen Ansatz ist eine sehr weitgehende Verknüpfung zwischen den städtebaulichen und räumlichen Entwicklungen und den verkehrlichen Wechselwirkungen gegeben.

Die Ursachen für die verkehrliche Entwicklung werden in vielen Politikbereichen gesehen, insbesondere in der Bevölkerungs- und Raumentwicklung, der Wirtschafts- und Technologieentwicklung sowie der Sozialentwicklung. Entsprechend muss der Einfluss auf die Verkehrsentwicklung politikbereichübergreifend und integrativ sein und im Falle der Stadt Berlin auch länderübergreifend in Kooperation mit dem Land Brandenburg. Der StEP Verkehr betont sehr ausdrücklich die Notwendigkeit, den Bestand der Verkehrsinfrastruktur zu erhalten, was in den letzten Jahren zugunsten des Neubaus vernachlässigt worden sei.

Das Zielkonzept enthält vier als „Zieldimensionen“ bezeichnete Zielfelder: die ökonomische, soziale, ökologische und institutionelle Zieldimension. Diese enthalten zwölf sogenannte Qualitätsziele, die durch 42 Handlungsziele konkretisiert sind.

Das Handlungskonzept besteht aus sechs Teilstrategien:

- Förderung des Umweltverbunds,
- Wirtschaftsverkehr,
- Gesundheit und Sicherheit,
- Innere Stadt,
- Äußere Stadt und
- Verkehrsverknüpfung Standort Berlin.

Es umfasst 60 Maßnahmen, die durch die Kosten, eine zeitliche Einordnung und die organisatorische Zuständigkeit konkretisiert sind. Sie wurden so identifiziert bzw. konzipiert, dass sie „zur Erreichung der Ziele erforderlich und geeignet sind“<sup>2</sup>. Das Handlungskonzept baut auf Analysen bisheriger und künftiger Entwicklungstrends auf. Die Maßnahmen werden anhand einer Wirkungsabschätzung beurteilt.

Zudem werden Gewichtungs- und Entscheidungsregeln definiert, um Maßnahmen, die alle Regeln erfüllen und damit ein breites Wirkungsspektrum aufweisen, zu priorisieren. Diese sind:

- Die Maßnahme ist in besonderem Maße effizient und/oder steigert die Effizienz anderer Maßnahmen,
- Die Maßnahme ist auch unter veränderten Verkehrsnachfragebedingungen begründet oder aber (grundsätzlich) reversibel,
- Die Maßnahme trägt dazu bei, die Mobilitätschancen verschiedener Bevölkerungsgruppen anzugleichen,
- Die Maßnahme ist geeignet, das Wachstum des Verkehrsaufwands zu begrenzen.

Durch eine Erläuterung von Wirkungszusammenhängen soll der StEP Verkehr dazu beitragen, „eine pragmatische Beliebigkeit bei verkehrspolitischen Einzelentscheidungen durch strategisch orientiertes Handeln zu ersetzen“<sup>3</sup>.

Eine systematische Analyse zur Findung von Maßnahmen hat im Rahmen des StEP Verkehr nicht stattgefunden. Ein Verfahren, wie es zur Aufnahme der 60 Maßnahmen gekommen ist, wird nicht beschrieben. Die Erläuterungen im Handlungskonzept konzentrieren sich auf die Auswahl und die Strukturierung der Maßnahmen. Damit bleibt – ähnlich wie bei vielen der bereits beschriebenen Bedarfspläne – die Maßnahmenfindung intransparent.

Der StEP Verkehr berücksichtigt alle Verkehrsarten und auch die Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsarten.

---

<sup>2</sup> [33], Kapitel 3, Seite 23

<sup>3</sup> [33], Kapitel 1, Seite 14

## Stadtentwicklungsplan Verkehr der Stadt Berlin 2010

Der Stadtentwicklungsplan Verkehr der Stadt Berlin von 2010 (Entwurfassung) ist die Fortschreibung und Weiterentwicklung des Stadtentwicklungsplans von 2003 [33]. Der Aufbau und die Methodik wurden im Wesentlichen beibehalten, der Stadtentwicklungsplan Verkehr 2010 verfolgt wieder einen sehr deutlichen integrativen Ansatz und bezieht verschiedene Politikfelder wie die Landes- und Stadtplanung, die städtebauliche Planung, Energieplanung, Umweltplanung etc. mit ein. Das Zusammenspiel der Verkehrsarten soll so optimiert werden, dass jede Verkehrsart ihre Stärken zur Geltung bringen kann. Der Zeithorizont ist auf das Jahr 2025 gelegt. Das „konsultative Verfahren“ wie beim ersten Stadtentwicklungsplan Verkehr (StEP Verkehr 2003) mit Rundem Tisch und wissenschaftlichem Beirat wurde beibehalten.

Der Stadtentwicklungsplan Verkehr 2010 ist geprägt durch die Aspekte einer sinkenden Verkehrsleistung im MIV und einer zwar gleichbleibend großen, aber alternden Bevölkerung, die eine bedarfsgerechte Gestaltung der Verkehrs- und Mobilitätsangebote stärker in den Fokus rückt.

Dem Zielkonzept liegt das Oberziel zugrunde „...die Mobilitätsbedürfnisse der Menschen und der Unternehmen in der Stadt sozial gerecht, den ökologischen und ökonomischen Gegebenheiten angepasst und zukunftsfähig zu befriedigen.“ [33]. Die Formulierung eines Leitbilds erfolgt in Form einer fiktiven Beschreibung des Stadtlebens im Jahr 2040. Das Zielkonzept ist vergleichbar mit dem des StEP Verkehr 2003. Es enthält zwölf Qualitätsziele in vier Zieldimensionen (ökonomische, soziale, ökologische und institutionelle Zieldimension). Das Handlungskonzept sieht sieben Teilstrategien vor.

Grundlage des Stadtentwicklungsplans Verkehr 2010 ist eine sehr differenzierte Analyse der Randbedingungen und allgemeiner Entwicklungen bzw. Trends, beispielsweise zur Bevölkerungsentwicklung, wirtschaftlichen Entwicklung, Wanderungsbewegungen, etc. Eine systematische Mängelanalyse der Verkehrssysteme ist jedoch nicht erfolgt.

Auch eine systematische Maßnahmenfindung hat nicht stattgefunden. Die Maßnahmen werden größtenteils im Sinne von Handlungsoptionen ohne konkrete Aussage zum Umfang und zur Verortung der Maßnahme angeführt (z. B. „Ausweitung und Verbesserung der Leistungsfähigkeit dynamischer Fahrgastinformationssysteme“), teilweise werden jedoch auch konkrete Maßnahmen genannt (z. B. „Bau der Straßenbahnstrecke Nordbahnhof-Hauptbahnhof“). Bei den konkreten Maßnahmen handelt es sich vorwiegend um bereits diskutierte Maßnahmen.

Für 15 Maßnahmen wurde eine Wirkungsschätzung vorgenommen. Dabei handelt es sich um Maßnahmen, die umstritten oder in ihrer Wirkung nicht eindeutig waren oder als besonders zielführend eingeschätzt wurden. Für alle Maßnahmen erfolgte eine Abschätzung der Zielerreichung. Auf der Grundlage dieser Zielerreichungsgrade und weiterer Priorisierungsregeln wurde eine Rangfolge bzw. Auswahl von Maßnahmen erstellt.

Im Rahmen des Stadtentwicklungsplan Verkehr 2010 wurde wieder ein Runder Tisch als „stadtgesellschaftlicher Resonanzboden“ beteiligt. Der Runde Tisch war in allen Phasen beteiligt, nicht nur bei der Zieldefinition, sondern beispielsweise auch bei der Maßnahmenbewertung.

Der Stadtentwicklungsplan Verkehr 2010 ist grundlegend intermodal aufgebaut. Die Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsarten bilden ein wesentliches Grundgerüst. Viele Maßnahmen sind so angelegt, dass sie den Modal Split aktiv beeinflussen. Auch die Verknüpfung von Verkehrsarten, insbesondere innerhalb des Umweltverbunds, wird thematisiert.

### **Verkehrsentwicklungsplan München 2006**

Der Münchener Verkehrsentwicklungsplan [26] wurde in zwei Phasen entwickelt. In der ersten Phase wurde ein Vorentwurf erstellt. Unter Einbeziehung der Bezirksausschüsse, öffentlicher Foren und Stellungnahmen der Verwaltung der Stadt München und der umliegenden Gebietskörperschaften wurden verkehrliche Ziele geklärt, Handlungsfelder zur zielorientierten Beeinflussung der Verkehrsentwicklung und der Auswirkungen des Verkehrs geprüft und Einzelmaßnahmen einer Vorbeurteilung unterzogen.

Die Ziele der Verkehrsentwicklungsplanung sind vergleichsweise allgemein gehalten:

- Verkehrsverminderung und Verkehrsverlagerung auf umweltgerechte Verkehrsmittel,
- Verbesserung der Verkehrsbedingungen für den Wirtschaftsverkehr,
- stadtverträgliche Organisation des Kfz-Verkehrs (u. a. durch Verkehrslenkung).

Über diese Oberziele hinaus wurde keine weitere Differenzierung vorgenommen.

Bereits im Rahmen des Vorentwurfs wurde ein Verkehrsmodell für den Kfz-Verkehr und den ÖPNV erstellt. Auf der Grundlage einer Analyse der für die Verkehrserzeugung, Verkehrsentwicklung und Verkehrsmittelwahl relevanten Einflussgrößen wurde ein „Basisszenario“ für das Jahr 2015 erstellt. Es enthielt alle wahrscheinlichen strukturellen Entwicklungen sowie alle bereits begonnenen, beschlossenen und unstrittigen Verkehrsprojekte. Zusätzlich wurden drei Testszenarien („MIV-orientiert“, „ÖV-orientiert“ und „Bewusste Mobilität“) entwickelt, mit denen die Wirkungen verschiedener Handlungskonzepte beurteilt werden sollten. Aus den Ergebnissen einer vergleichenden Bewertung der drei Testszenarien wurde ein Handlungskonzept für den VEP abgeleitet. Dieses Handlungskonzept wurde veröffentlicht, um eine Grundlage für die Beteiligung von Politik, der Träger öffentlicher Belange, der Interessensvertreter und der Öffentlichkeit bei der Erarbeitung des Verkehrsentwicklungsplans zu schaffen.

Die zweite Phase umfasste die eigentliche Entwicklung des Verkehrsentwicklungsplans, für die die Ergebnisse und Stellungnahmen aus dem Vorentwurf übernommen wurden.

Maßnahmen wurden zum Einen aus dem Vorentwurf entnommen, wobei es sich dabei um Stellungnahmen der Beteiligten handelte oder um Maßnahmen, die sich bereits in der Diskussion befanden. Zum Anderen wurden Maßnahmen aus der Optimierung der Testszenarien abgeleitet. Es wird nicht weiter differenziert, welche Maßnahmen aus der Phase der Vororientierung stammen und welche auf der Grundlage der Mängelanalyse mit Hilfe des Verkehrsmodells entwickelt wurden.

Die Maßnahmen wurden zu einem Handlungspaket zusammengefasst, das folgende Handlungsfelder umfasst:

- Öffentlicher Personennahverkehr
- Motorisierter Individualverkehr
- ruhender Verkehr
- Wirtschaftsverkehr
- Mobilitäts- und Verkehrsmanagement
- Fahrradverkehr
- Fußgängerverkehr
- Erhöhung der straßenräumlichen Verträglichkeit innerhalb des Mittleren Rings
- „Weiche Maßnahmen“ zur Ergänzung und Verstärkung der Wirkungen infrastruktureller Maßnahmen

In einem weiteren Kapitel wird auf die Umweltwirkungen und die Beeinflussungsmöglichkeiten auf lokaler Ebene eingegangen. Dabei werden vor allem die Themen Gesundheitsschutz und Klimaschutz behandelt. Anschließend werden die Perspektiven aufgezeigt, die sich durch die Entwicklung und Beeinflussung einer „regionalen Mobilitätskultur“ ergeben. Themen sind hier neben der Siedlungs- und Standortpolitik die Ausweitung des Mobilitäts- und Verkehrsmanagements.

Beim Verkehrsentwicklungsplan München steht der Prozess der Entwicklung und eine breite Beteiligung von Akteuren im Vordergrund. Das Zielsystem ist im Vergleich zu anderen Bedarfsplänen, insbesondere anderen Verkehrsentwicklungsplänen, wenig differenziert. Entsprechend wird die Mängelanalyse und die Maßnahmenbewertung nur am Rande behandelt. Wie bei vielen der beschriebenen Bedarfspläne sind damit auch beim VEP München einzelne Verfahrensteile sehr transparent angelegt, andere hingegen bleiben intransparent, insbesondere die Mängelanalyse und die Maßnahmenfindung.

Einen für Bedarfspläne vergleichsweise großen Anteil nehmen Maßnahmen des Mobilitätsmanagements und der Veränderung der „Mobilitätskultur“ ein mit den Zielen, eine Verkehrsvermeidung und Verkehrsverlagerung auf den Umweltverbund zu erreichen.

Der Verkehrsentwicklungsplan München betrachtet alle Verkehrsarten. Mit den genannten Maßnahmen zur Veränderung der „Mobilitätskultur“ liegt damit auch ein Schwerpunkt auf den Wechselwirkungen zwischen den Verkehrsarten.

## Verkehrsentwicklungsplan Oldenburg 2001

Im Verkehrsentwicklungsplan Oldenburg [36] wird eingangs der Wandel in der städtischen Verkehrsplanung beschrieben. Während früher die Bewältigung des ständig wachsenden motorisierten Individualverkehrs im Vordergrund stand, ist mittlerweile die umwelt- und sozialverträgliche Gestaltung des Verkehrssystems unter Beachtung der verschiedenen Verkehrsarten in den Mittelpunkt des Interesses gerückt. Der Verkehrsentwicklungsplan Oldenburg verfolgt daher nicht einen deterministisch-nachfrageorientierten Ansatz, sondern einen konzeptorientierten Ansatz.

Die Erarbeitung von Leitlinien und Zielvorstellungen hat im Prozess der Verkehrsentwicklungsplanung in Oldenburg großen Raum eingenommen. Hiermit waren eine verwaltungsinterne Arbeitsgruppe, ein begleitender Arbeitskreis und das Verkehrsforum Oldenburg befasst. Im verwaltungsinernen Arbeitskreis waren die Ämter der Stadt Oldenburg vertreten. Der begleitende Arbeitskreis setzte sich aus Vertretern der Politik, der Verwaltung, örtlichen Interessenverbänden und externen Gutachtern zusammen. Beim Verkehrsforum Oldenburg handelte es sich um eine Reihe öffentlicher Veranstaltungen, bei denen sich die Bürger einbringen konnten.

Das Planungsleitbild ist nach Wertezielen und Handlungszielen differenziert. Die Ebene der Werteziele enthält übergeordnete gesellschaftliche Ziele, während sich die Handlungsziele aus konkreten Zielen der Verkehrsplanung zusammensetzen. Zu den Wertezielen gehören neben verkehrlichen Zielen wie die Gleichheit der Mobilitätschancen und der Verkehrssicherheit vor allem auch soziale, umweltbezogene und raumordnerische Ziele. Die Handlungsziele sind hierarchisch in die drei Gruppen „Verkehr vermeiden“, „Verkehr verlagern“ und „Verkehr stadtverträglich und effizient abwickeln“ gegliedert. Hinzu kommt ein Handlungsbereich „Öffentlichkeitsarbeit zur Verbesserung der Akzeptanz der Verkehrssysteme“.

Aufbauend auf eine Prognose wurden verschiedene Szenarien entwickelt, die sich im Wesentlichen im Ausmaß der Verringerung des MIV-Anteils am Verkehrsaufkommen unterscheiden. Den Szenarien wurden jeweils verschiedene Maßnahmen zugeordnet, von denen erwartet wurde, dass sie zur erfolgreichen Umsetzung des Szenarios beitragen. Die zu untersuchenden Maßnahmen wurden im Wesentlichen von den Mitgliedern des begleitenden Arbeitskreises benannt. Es handelte sich dabei vorwiegend um Maßnahmen, die bereits in Oldenburg diskutiert wurden. Eine Reihe von Maßnahmen ergab sich zusätzlich aus einer Mängelanalyse.

Die zu erwartenden Wirkungen der Maßnahmen im fließenden Kfz-Verkehr wurden teilweise mit Hilfe eines makroskopischen Verkehrsmodells ermittelt, bei den übrigen Maßnahmen im fließenden Kfz-Verkehr sowie den Maßnahmen der übrigen Verkehrsarten handelte es sich im Wesentlichen um Gutachtereinschätzungen.

Die Diskussion der Szenarien führte dazu, dass die Szenarien „Trend“ und „MIV –15 %“ als jeweils extremste Szenarien verworfen wurden. Aus den

verbleibenden Szenarien „MIV –5%“ und „MIV –10 %“ wurden im begleitenden Arbeitskreis sämtliche Maßnahmen diskutiert. Aus beiden Szenarien wurden Maßnahmen zu einem integrierten Handlungskonzept zusammen gestellt. Angesichts der großen Anzahl an verschiedenen Maßnahmen wurden Schlüsselmaßnahmen definiert, die die Ziele des VEP vorrangig fördern, von denen eine Signalwirkung für eine veränderte Verkehrspolitik erwartet wird, die konsensfähig sind und damit Priorität in der Umsetzung haben sollen.

Ein differenziertes Bewertungsverfahren für die Maßnahmen kam damit bei der Entwicklung des VEP nicht zum Einsatz. Im Vordergrund stand eine konsensorientierte Auswahl von Maßnahmen, die die Erreichung der im Planungsleitbild beschriebenen Ziele erwarten ließ.

Der Verkehrsentwicklungsplan ist intermodal angelegt, betrachtet werden der MIV, ÖPNV sowie Rad- und Fußgängerverkehr. Im Zusammenhang mit den MIV-reduzierenden Szenarien wurden auch die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Verkehrsarten betrachtet.

### **Verkehrsentwicklungsplan Emden 2003**

Die Stadt Emden hat ca. 51.000 Einwohner und ist als Mittelzentrum ausgewiesen. Der im Jahr 2003 erstellte Verkehrsentwicklungsplan [35] ersetzt den Generalverkehrsplan von 1976. Die Inhalte des Generalverkehrsplans waren geprägt von den damaligen verkehrlichen Problemen der Stadt, insbesondere der stetig wachsenden Verkehrsnachfrage im motorisierten Individualverkehr. Der Generalverkehrsplan wurde 1980 durch ein Innenstadtgutachten und 1981 durch eine Radwegenetzplanung ergänzt. Im Jahr 1999 erfolgte eine weitere inhaltliche Ergänzung durch die Aufstellung des ersten Nahverkehrsplans.

Der Aufbau des Verkehrsentwicklungsplans entspricht größtenteils dem in [20] dargestellten Planungsablauf. Die Stufe der Vororientierung wird in groben Zügen im Rahmen der Problemstellung behandelt.

Großen Raum nimmt die Erarbeitung von Leitlinien und Zielvorstellungen ein, die als Planungsleitbild bezeichnet werden. Die Erarbeitung erfolgte in einem Verkehrsbeirat, dem Mitglieder der im Rat vertretenen Parteien, Interessenvertreter wie ADAC, ADFC und IHK, die Polizei, verschiedene Beiräte, die Verwaltung und ein Gutachterbüro angehörten. Im Planungsleitbild werden Oberziele und entsprechende Handlungsziele definiert. In den Zielen nimmt die Leistungsfähigkeit des Verkehrssystems nur einen vergleichsweise kleinen Raum ein. Eine sozialverträgliche und stadtverträgliche Gestaltung, die Vermeidung unnötiger Verkehrsleistung, die Förderung des Umweltverbundes und die Attraktivierung des Stadtraums dominieren das Leitbild.

Eine Zustandsanalyse wurde getrennt nach fließendem Kfz-Verkehr, ruhenden Kfz-Verkehr, ÖPNV, Radverkehr und Fußgängerverkehr durchge-



führt und durch einen Abgleich mit dem Planungsleitbild Mängel abgeleitet.

Im Rahmen der Maßnahmenfindung wurden im Kfz-Verkehr vorwiegend bereits in der Diskussion befindliche Maßnahmen behandelt. In den übrigen Verkehrsarten resultierten die Maßnahmen größtenteils aus der Mängelanalyse. Die Wirkungen der Maßnahmen im Kfz-Verkehr wurden mit Hilfe eines Verkehrsmodells ermittelt und argumentativ anhand des Planungsleitbilds bewertet. Die zu erwartenden Wirkungen der Maßnahmen für die übrigen Verkehrsarten wurden vorwiegend verbal-argumentativ beurteilt.

Auf die Empfehlung von Maßnahmenpaketen wird im Verkehrsentwicklungsplan verzichtet. Es werden stattdessen „Leitideen“ formuliert, die den Rahmen für die künftige verkehrliche Entwicklung vorgeben sollen. Zu deren Unterstützung werden abschließend neun Schlüsselmaßnahmen empfohlen.

Durch den vergleichsweise geringen erforderlichen Aufwand für ein Verkehrssystem einer Stadt mit 51.000 Einwohnern ist im Verkehrsentwicklungsplan Emden die Zustands- und Mängelanalyse stark ausgeprägt. Entsprechend besteht eine breite Basis, auf die die Maßnahmenfindung aufbauen kann. Tatsächlich wird der Großteil der Maßnahmen aus den ermittelten Mängeln abgeleitet. Nur bei einem kleinen Teil handelt es sich um Maßnahmen, die im Rahmen der Vororientierung eingebracht wurden.

Im Verkehrsentwicklungsplan werden zwar alle Verkehrsarten behandelt, ein Ansatz für eine Kooperation der Verkehrsarten findet sich jedoch nicht. Dies ist im Wesentlichen in der geringen Größe der Netze begründet, die einer Kombination von Verkehrsarten (P + R, B + R) nicht förderlich ist.

## 2.4 Zielsysteme

Die Zielsysteme fast aller betrachteter Bedarfspläne sind sehr differenziert, alle Zielsysteme wurden unter Beteiligung von Politik, Öffentlichkeit und Fachleuten erarbeitet. Die Struktur der Zielsysteme und auch die Zielfelder zeigen zwar sehr deutliche Unterschiede, die zugrunde gelegten Zielfelder sind jedoch in allen Bedarfsplänen vergleichbar. Neben rein verkehrlichen Zielen werden fast immer auch die Aspekte Umwelt/Klima, Lebensqualität/Immissionen und Standortqualität/Wirtschaft betrachtet. Auch Aspekte der Stadt- bzw. Raumplanung werden in der Regel zugrunde gelegt. Erstaunlich ist hingegen, dass der Aspekt Verkehrssicherheit in kaum einem der betrachteten Zielsysteme eine Rolle spielt.

## 2.5 Mängelanalyse

Nach dem Leitfaden für Verkehrsplanungen [20] wird unter der Mängelanalyse ein Abgleich zwischen dem Zustand und den Zielen verstanden, um daraus Mängel abzuleiten. Wie zum Einen Ziele definiert werden und

zum Anderen der Zustand erhoben wird, ist vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig.

Für Verkehrsnetze stellen die RIN [22] eine Bewertungsgrundlage dar. Den aus der Raumordnung abgeleiteten Zielen „Zeitaufwand“ und „Direktheit“ wird der jeweilige Zustand gegenüber gestellt. Für die Bewertung des Zustands sind entsprechende Verfahren notwendig. Betrachtungen mit makroskopischen Verkehrsmodellen und entsprechender pauschaler Streckenattributierung haben den Nachteil, dass sie vergleichsweise ungenau sind. So gehen Einflüsse aus Geschwindigkeitsbeschränkungen, Überholverbieten oder der Kurvigkeit nur selten ein. Die Widerstände durch Knotenpunkte oder Bahnübergänge werden in der Regel nur pauschal abgeschätzt. Bei großen Netzen mit großen regionalen Unterschieden in der Topografie, beispielsweise den Bundes- oder Landesstraßennetzen eines Bundeslandes, kann es damit zu einer systematischen Über- oder Unterschätzung der Zustandsgrößen kommen.

Eine differenziertere Betrachtungen von Strecken bzw. Netzen würde eine Zerlegung in einzelne Elemente erforderlich machen. Die einzelnen Elemente werden mit entsprechenden Verfahren untersucht und die Ergebnisse anschließend zusammengeführt. Das HBS [14] enthält entsprechende Verfahren. Sie sind für die jeweiligen Elemente geeignet, um die Verkehrsqualität zu bewerten und damit eine Mängelanalyse durchzuführen. Allerdings gibt es nicht für alle Elemente Verfahren, die in Netzen auftreten können (z. B. für Bahnübergänge). Zudem sind die Zustandsgrößen nicht aufeinander abgestimmt und lassen damit keinen direkten Abgleich mit den RIN zu.

Eine systematische Mängelanalyse ist mit den vorhandenen Verfahren zurzeit nur eingeschränkt möglich. Lediglich das in [3] beschriebene Verfahren bietet eine methodische Grundlage für eine solche Mängelanalyse.

## 2.6 Maßnahmenfindung

Auf die Notwendigkeit der Maßnahmenfindung als Bestandteil des Verkehrsplanungsprozesses wird in verschiedenen Werken eingegangen, insbesondere im Leitfaden für Verkehrsplanungen [20]. Werke, die Verfahren oder Vorgehensweisen zur systematischen Maßnahmenfindung auf der Basis einer Mängelanalyse beschreiben, konnten jedoch nicht gefunden werden. Ein ähnliches Bild zeigen auch die beschriebenen Bedarfspläne. Während auf die Entwicklung eines Zielsystems vor allem auch unter Beteiligung der Öffentlichkeit großen Wert gelegt wird und auch die systematische Zustandsanalyse durch die Anwendung von Verkehrsmodellen großen Raum einnimmt, wird das Vorgehen zur Maßnahmenfindung in der Regel nicht oder nur am Rande erwähnt. Häufig finden sich Hinweise auf die Phase der Vororientierung oder es wird erwähnt, dass die „sich in der Diskussion befindlichen“ Maßnahmen weiterverfolgt wurden. Selbst wenn Mängelanalysen durchgeführt wurden, wird in der Regel nicht beschrieben, wie aus den systematisch erhobenen Mängeln Maßnahmen entwi-

ckelt werden.

Um diese Lücke zwischen Problemanalyse und Maßnahmenuntersuchung zu schließen, fehlt zurzeit sowohl das methodische „Handwerkszeug“ als auch die Erfahrung in der Umsetzung. Diese Lücke muss in der praktischen Anwendung von den Entwicklern der Bedarfspläne, also in der Regel von Mitarbeitern in den Verwaltungen, als Mangel erkannt werden. Am Verfahren beteiligte Interessenvertreter erkennen diese Lücke hingegen in der Regel nicht als Mangel, sondern als Chance, um Maßnahmen außerhalb einer systematischen Betrachtung in der Maßnahmenuntersuchung platzieren zu können.

## 2.7 Bewertungsverfahren

In den betrachteten Bedarfsplänen kommen unterschiedlichste Bewertungsverfahren zum Einsatz. Der grundlegendste Unterschied liegt bereits darin, dass ein Großteil der Bedarfspläne „klassische“ Bewertungsverfahren einsetzen, während die Landesbedarfspläne von Brandenburg und Baden-Württemberg das Konzept der „Visionen“ verfolgen. In diesem Konzept werden Ziele, angestrebte Zustände und hierfür notwendige Maßnahmen zu verbal beschriebenen Visionen verschmolzen. Die Anwendung von Bewertungsverfahren, aber auch systematische Mängelanalysen und Wirkungskontrollen sind damit nicht mehr möglich.

Die Bedarfspläne, in denen „klassische“ Bewertungsverfahren angewendet werden, nutzen die gesamte Bandbreite von Bewertungsverfahren. Eingesetzt werden verschiedenste Variationen, angefangen bei der klassischen Nutzen-Kosten-Analyse über Kosten-Wirksamkeitsanalysen bis hin zu Nutzwertverfahren. Insbesondere bei den neueren Verfahren und den auf regionaler bzw. lokaler Ebene eingesetzten Verfahren werden vorrangig Nutzwertverfahren eingesetzt.

## 2.8 Objektivität und Transparenz

Gemeinsam ist den vorgestellten Verfahren das Ziel, eine einheitliche und objektive Bewertungsgrundlage zu finden, die die Entscheidungsprozesse transparent und nachvollziehbar macht. Dies soll durch ein einheitliches Verfahren sowie ein transparentes Ziel- und Bewertungssystem erreicht werden, die gut dokumentiert und öffentlich zugänglich sind.

So heißt es in der Einleitung der Integrierten Gesamtverkehrsplanung NRW (IGVP NRW) [29]: „[Durch die Beschreibung des Bewertungssystems] soll zugleich eine größtmögliche Transparenz für die Bewertungsergebnisse zu den einzelnen Vorhaben sowie zur Situationsanalyse und zu den Szenarien [...] geschaffen werden.“ Darüber hinaus beinhalten die Grundsätze gemäß §1 und §2 des IGVP-Gesetzes die Diskussion mit den Planungsbeteiligten und die Integration verschiedener gesellschaftlicher Planungsbelange.

Der deutsche Bundesverkehrswegeplan wird vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung nicht nur als Information, sondern weitergehend als Angebot zum Dialog kommuniziert. Im Vorwort zu den „Grundzügen der gesamtwirtschaftlichen Bewertungsmethodik“ [10] heißt es: „Wichtig für uns [...] ist die transparente Gestaltung des Überarbeitungsprozesses: Bundesverkehrswegepläne gehen Bürger und Unternehmen, Länder und Kommunen gleichermaßen an. Zur Transparenz und zum angebotenen Dialog gehört auch eine zeitnahe Information über die angewandte Bewertungsmethodik.“

Der österreichische Bundesverkehrswegeplan ist der Öffentlichkeit nicht direkt zugänglich. Erst nachdem ein Interesse von Vertretern von Ämtern, Universitäten und Medien geäußert wurde, wurde eine Broschüre [31] erstellt, in der die bis dato vorliegenden Arbeitspakete beschrieben wurden. Über das verwendete Zielsystem wird folgende Aussage getroffen: „Grundlage der Bewertung war ein Zielsystem, das die unterschiedlichen Anforderungen an die Planung systematisch darstellte und ein transparentes, umfassendes und eindeutiges Verfahren ermöglichte.“

Die betrachteten Bedarfspläne zeigen alle ein Bestreben nach Transparenz, das sich teilweise in der Dokumentation und Offenlegung der Ziele, Kriterien, Methoden und Verfahren zeigt und teilweise in einer Öffentlichkeitsbeteiligung bereits bei der Entwicklung der Bedarfspläne. Bei fast allen betrachteten Bedarfsplänen beschränkt sich die Transparenz jedoch auf die Verfahrensschritte Zieldefinition und Maßnahmenbewertung. Nur in wenigen Bedarfsplänen erfolgt jedoch die Mängelanalyse und die Maßnahmenentwicklung nach definierten und nachvollziehbaren Kriterien.

Anlässlich des Bestrebens nach Transparenz und Objektivität bei den Bewertungsverfahren werden Mängel bei den Verfahren zur Maßnahmenfindung umso gravierender. Ein Fehlen von Transparenz und Objektivität bei der Maßnahmenfindung führt letztlich zu einer „versteckten“ Intransparenz beim Bewertungsverfahren, da alle Ziele, Bewertungskriterien und Wirkungen offengelegt sind, das Vorgehen bei der Maßnahmenfindung jedoch nicht.

## **2.9 Intermodaler Ansatz**

Bei der Überarbeitung der Verfahren und Richtlinien wird in den letzten Jahren zunehmend ein integrativer Ansatz verfolgt. So werden beispielsweise im österreichischen Bundesverkehrswegeplan, dem Integrierten Verkehrskonzept Brandenburg oder im StEP Verkehr Berlin Straßen- und Schienennetze parallel betrachtet. Insbesondere bei den Landesbedarfsplänen und den kommunalen Bedarfsplänen wird auch detailliert auf die Verknüpfungen zwischen den Verkehrsarten eingegangen. In manchen landesweiten Bedarfsplänen und allen lokalen Bedarfsplänen wird auch der Radverkehr berücksichtigt.

Diese Entwicklung spiegelt sich beispielsweise auch in den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN) wider. Sie basieren im Gegensatz zur Vorläuferrichtlinie RAS-N von 1988 nicht nur auf dem Motorisierten Individualverkehr, sondern beziehen auch die Verkehrssysteme des Öffentlichen Personennahverkehrs, des Fußgänger- und des Radverkehrs sowie intermodale Verkehre mit ein.

Anlass für diese grundlegende Änderung ist die Erkenntnis, dass sich die verkehrlichen Probleme, insbesondere auch die Finanzierungsprobleme, besser durch eine Kombination und Verknüpfung der Verkehrssysteme lösen lassen als durch den Erhalt mehrerer konkurrierender Systeme. Hierdurch können gegenseitige Wechselwirkungen erfasst und gezielt genutzt werden, um eine optimale Lösung für das Gesamtsystem zu erreichen.

Viele Ansätze der letzten Jahre zur Bewältigung der Verkehrsprobleme, insbesondere der Immissionsbelastung in den Ballungsräumen und der Belastung der Umwelt, beruhen auf der Kombination der Verkehrsträger. Dabei wird nicht nur berücksichtigt, dass sich die Verkehrsträger in Grenzen gegenseitig ersetzen können, sondern auch besonderer Wert auf die Verknüpfung bzw. Vernetzung gelegt, wodurch intermodale Verkehre ermöglicht oder verbessert werden können. Beispiele hierfür sind die gezielte Anbindung von Flughäfen an das Schienennetz (Rail+ Fly), Güterverkehrszentren für den Kombinierten Verkehr, Park+ Ride- sowie Bike+ Ride-Angebote, Carsharing und Pendlernetze. Diese Ansätze lassen sich nur weiterentwickeln und in Infrastrukturbedarfspläne integrieren, wenn die sektoralen Pläne zu integrierten Plänen zusammengeführt werden.

Die Bundesverkehrswegeplanung verfolgt dieses Ziel in Ansätzen bereits seit den 1970er Jahren. In der Bundesverkehrswegeplanung 2003 [9] heißt es: „Zwischen den einzelnen Verkehrszweigen bestehen vielfältige Wechselbeziehungen. Schienen-, Straßen-, Luftverkehr und Schifffahrt können sich gegenseitig ergänzen und in Grenzen auch ersetzen. Große Investitionsprojekte konkurrieren insofern untereinander um knappe Haushaltsmittel.“

Der österreichische Bundesverkehrswegeplan [31] verfolgt die Ziele des Österreichischen Gesamtverkehrskonzepts von 1991 weiter und ist verkehrsträgerübergreifend ausgerichtet. Dies dient jedoch weniger dazu, eine Verknüpfung der Verkehrsträger zu erreichen, als vielmehr einen Finanzierungsschlüssel für die konkurrierenden Verkehrssysteme abzuleiten. Weiterhin wird ein „Vorrang für sichere und umweltverträgliche Verkehrsträger“ festgeschrieben.

Durch den integrativen und verkehrssystemübergreifenden Ansatz ergeben sich höhere Anforderungen an die Bewertungsverfahren von Maßnahmen bzw. Projekten. Die den Bewertungsverfahren zugrunde liegenden Zielsysteme müssen ggf. ergänzt oder erweitert werden. Die Bewertung wird damit komplexer und umfassender. Da die Qualität der Ergebnisse der Maßnahmenbewertung in hohem Maße von der Qualität der Maßnahmenfindung abhängt, ergeben sich auch für die Mängelanalyse und die Maßnahmenfindung höhere Anforderungen. Um zu einer verkehrssystemüber-

greifenden Bewertung zu kommen, ist ein einheitliches Zielsystem erforderlich. Die Mängelanalyse und die darauf aufbauende Maßnahmenfindung kann dann auch mit Hilfe sektoraler Verfahren erfolgen.

## 2.10 Fazit

Die **Zielsysteme** fast aller betrachteter Verfahren zeichnen sich durch eine differenzierte Verwendung von Zielfeldern aus, die deutlich über die rein verkehrlichen Aspekte hinausreichen. Das Zielfeld Wirtschaftlichkeit ist bei allen Bewertungsverfahren bereits immer ein wesentlicher Bestandteil gewesen. Durch die gewachsene Bedeutung des Umweltschutzes wurde diese in den 1980er und 1990er Jahren ebenfalls als Zielfeld aufgenommen. Eine wachsende Bedeutung erfahren Ziele aus dem Zielfeld der Raumordnung, die sich in allen Verfahren in unterschiedlicher Weise wiederfinden. Erstaunlicherweise berücksichtigt kaum einer der betrachteten Bedarfspläne explizit das Zielfeld Verkehrssicherheit, lediglich im BVWP ist es über die monetarisierten Wirkungen erfasst.

Nur wenige der betrachteten Verfahren schließen eine **systematische Mängelanalyse** mit ein. Es wird jeweils davon ausgegangen, dass bereits eine Sammlung von zu bewertenden Maßnahmen bzw. Projekten vorliegt.

Eine **Maßnahmenfindung** kommt in der Regel durch die Beteiligung der untergeordneten Behörden und Ämter sowie Vertreter der Öffentlichkeit zustande (Bottom-Up-Prinzip). Die Folge ist, dass Regionen mit aktiven Beteiligten dann überproportional in Maßnahmensammlungen vertreten sind, während andere Regionen mit ggf. deutlich gravierenderen Mängeln wegen weniger aktiver Beteiligten nicht vertreten sind. Entsprechend können dann auch keine Maßnahmen zur Beseitigung der besonders gravierenden Mängel entwickelt werden. Nicht einmal das Wissen, ob die gravierendsten Mängel überhaupt durch Maßnahmen erfasst werden, ist vorhanden. Dies kann dazu führen, dass bereits gute Verkehrsangebote oder -anlagen noch weiter verbessert werden, während mangelhafte Situationen nicht als solche erkannt werden und entsprechend auch nicht mit Hilfe von entsprechenden Maßnahmen verbessert werden.

Hinzu kommt die Problematik, dass Maßnahmen nicht bzw. nicht nur entsprechend der jeweils zugrunde liegenden Mängel finanziert werden, sondern parallel ein Länderproporz angesetzt wird, wodurch alle Bundesländer entsprechend dem Königsberger Schlüssel Finanzmittel zugewiesen bekommen. Hierdurch werden u.U. Maßnahmen in Bundesländern, die eine vergleichsweise entspannte Problemlage haben, finanziert, obwohl die zugrunde liegenden Mängel vergleichsweise gering sind.

Zudem sind die Beteiligten, die die Maßnahmen einbringen, durch lokale oder regionale Aufgaben und Ziele geprägt und entwickeln demgemäß Maßnahmen nicht unbedingt auf der Basis der Ziele und Anforderungen des jeweiligen (großräumigen, landesweiten oder bundesweiten) Bedarfsplans. So entstehen Anreize, einen überregionalen, landesweiten oder bundesweiten Bedarfsplan zu nutzen, um lokale Verkehrssituationen zu

verbessern und allenfalls am Rande die eigentlichen Ziele des Bedarfsplans zu verfolgen.

Das Problem bei diesem Prinzip spiegelt sich bei nahezu allen Verfahren wider. Werden Defizite im (Straßen-)Netz nicht im Rahmen einer systematischen Mängelanalyse erkannt und in entsprechende Projekte gefasst, so lassen sich diese Lücken im Rahmen des jeweiligen Bewertungsverfahrens nicht mehr füllen. Die Qualität der Ergebnisse der Bewertungsverfahren kann hierdurch trotz der ständigen Weiterentwicklung der Verfahren immer nur so gut sein, wie die vorausgegangene Maßnahmen- bzw. Projektfindung.

Die **Bewertung von Maßnahmen** erfolgt mit Hilfe verschiedenster Bewertungsverfahren. Neben der Nutzen-Kosten-Analyse und der Kosten-Wirksamkeitsanalyse kommt auch die Nutzwertanalyse zum Einsatz. Die Verfahren selbst sind häufig differenziert und nachvollziehbar beschrieben. Die Bewertung der einzelnen Maßnahmen hingegen wird häufig nicht offengelegt.

Die Weiterentwicklung der Verfahren schloss fast immer eine Erhöhung der **Objektivität** und der **Transparenz** mit ein. Hierdurch werden zwei Ziele verfolgt. Zum Einen sollen die Möglichkeiten erweitert werden, dass Bürger, Interessengruppen und Verbände mitwirken können. Zum Anderen erleichtern Objektivität und Transparenz, gegenüber der Öffentlichkeit Maßnahmen und Entscheidungen zu begründen. Allerdings erstreckt sich die Transparenz oft nur auf einzelne Verfahrensteile, andere Verfahrensteile (häufig die Mängelanalyse und die Maßnahmenfindung) bleiben intransparent.

Die Entwicklung oder Weiterentwicklung eines **verkehrsträgerübergreifenden Ansatzes** ist in vielen Verfahren zu erkennen. Durch wachsende, finanzielle Restriktionen bei der Finanzierung der Infrastruktur werden hierdurch zunehmend die Potenziale ausgeschöpft, die die Integration der Verkehrsträger gegenüber der in der Vergangenheit vorherrschenden Konkurrenz bietet.

Zur Weiterentwicklung der Verfahren zur Bedarfsplanung ist daher nicht nur eine Verbreiterung der Zielsysteme, ein verkehrsträgerübergreifender Ansatz sowie eine höhere Transparenz erforderlich. Die Qualität von Bedarfsplänen ist in besonderem Maße von Verfahren zur systematischen Mängelanalyse und zur Maßnahmenfindung abhängig. Hier zeigen sich bei fast allen beschriebenen Bedarfsplänen deutliche Defizite, die in der Regel auf das Fehlen geeigneter Verfahren zurückzuführen sind.

## **3 Ansatz einer Methodik zur Identifikation von Mängeln**

### **3.1 Einführung**

Die Einordnung der Mängelanalyse in den Verkehrsplanungsprozess und das Vorgehen bei der Ermittlung von Mängeln ist im Leitfaden für Verkehrsplanungen [20] beschrieben. Die Ermittlung von Mängeln baut auf den Abgleich der Ziele mit der Zustandsanalyse auf. Diskrepanzen zwischen einem Zustand und einem Ziel ergeben einen Mangel hinsichtlich dieses Ziels. Dabei stellt in der Regel nur eine unvollständige Zielerreichung einen Mangel dar. Eine Übererfüllung ist im Allgemeinen nicht als Mangel zu sehen. Allerdings ist zu beachten, dass diese zu einem Mangel hinsichtlich eines anderen Ziels führen kann. Ziele können gleichgerichtet sein, sie können voneinander entkoppelt sein oder entgegengerichtet wirken. Teilweise gleichgerichtete Ziele wären beispielsweise eine „geringe Reisezeit“ und eine „geringe Umwegigkeit“, da eine geringe Umwegigkeit tendenziell auch zu einer geringeren Reisezeit führt. Voneinander entkoppelte Ziele wären z. B. „geringe Unterhaltungskosten“ und „geringer CO<sub>2</sub>-Ausstoß“. Für entgegengerichtete Ziele können eine „geringe Reisezeit“ und „geringe Investitionskosten“ genannt werden, da sich eine geringe Reisezeit in der Regel nur mit einem entsprechend hohen Investitionsaufwand erreichen lässt.

Hieraus wird zum Einen deutlich, dass sich Mängel in einem zugrunde gelegten Netz, Streckenzug oder Element auf mehrere Ziele beziehen können und häufig voneinander abhängig sind sowie zum Anderen, dass die Definition der Ziele beherrschende Grundlage für die Mängelanalyse ist. Im Folgenden werden daher Zielfelder und Ziele beschrieben, die dem Verfahren zur Identifikation von Mängeln zugrunde gelegt werden können.

### **3.2 Auswahl von Zielgrößen**

In der Bedarfsplanung des Bundes sowie der Länder und der Kommunen wird in den jeweiligen Zielsystemen eine große Vielfalt aus verkehrlichen, wirtschaftlichen, soziodemografischen, raumplanerischen sowie umwelt- und umfeldbezogenen Zielen verwendet. Allen Bedarfsplänen gemeinsam ist, dass multikriterielle Zielkataloge verwendet werden. Die Bedarfspläne haben jedoch teilweise recht unterschiedliche Schwerpunktsetzungen. Aus diesem Grund ist es problematisch, ein geschlossenes Verfahren zur systematischen Mängelanalyse zu entwickeln, das allen denkbaren Aspekten gerecht wird und dabei gleichzeitig handhabbar bleibt. Eine Aufteilung in verschiedene, sektorale Mängelanalysen in Abhängigkeit von den jeweils verwendeten Zielen ist daher sinnvoll.

Vergleichbares gilt für die Berücksichtigung verschiedener Verkehrsarten. Um einem verkehrsträgerübergreifenden Ansatz gerecht zu werden, der immer häufiger in Bedarfsplänen verfolgt wird, ist ein gemeinsamer Zielka-



talog notwendig. Eine gemeinsame Zustandsanalyse ist jedoch häufig nicht möglich, da die selben Ziele bei verschiedenen Verkehrsarten durch unterschiedliche Zustandsgrößen beschrieben werden. Beispielsweise wirkt sich eine hohe Auslastung einer Straße durch die Gefahr der Stau-bildung vorrangig beim Ziel „hohe Zuverlässigkeit“ aus. Beim Öffentlichen Verkehr hingegen wäre bei einer hohen Auslastung das Platzangebot im Fahrzeug beschränkt, wodurch sie sich vorrangig auf das Ziel „hoher Fahrkomfort“ auswirken würde. Wenn zwar ein gemeinsamer Zielkatalog besteht, die Zustandsanalyse jedoch nicht gemeinsam durchgeführt werden kann, ist eine integrierte Mängelanalyse problematisch. Diese kann dann einfacher für jede Verkehrsart separat durchgeführt werden.

Auch bei der Maßnahmenfindung ist dann aus zwei Gründen ein getrennter Ansatz zielführend. Zum Einen baut die Maßnahmenfindung auf die Mängelanalyse auf. Wenn diese bereits für die verschiedenen Verkehrsarten getrennt erfolgt ist, ist in der Regel auch eine getrennte Maßnahmenentwicklung sinnvoll. Zum Anderen begründen auch inhaltliche Aspekte eine getrennte Maßnahmenfindung. Um zum Beispiel eine höhere Reisegeschwindigkeit im städtischen Busverkehr zu erreichen, wären andere Maßnahmen denkbar als für die Erreichung höherer Reisegeschwindigkeiten im städtischen Motorisierten Individualverkehr, selbst wenn in beiden Fällen dieselben Strecken genutzt würden. Die unterschiedlichen Maßnahmenkataloge der Verkehrsarten machen damit eine getrennte Maßnahmenfindung sinnvoll.

Auch wenn die Mängelanalyse und die Maßnahmenfindung getrennt durchgeführt werden, schließt dies eine anschließende verkehrsträgerübergreifende Bewertung nicht aus. Um den Aufwand und die Komplexität zu begrenzen, konzentriert sich das im Rahmen dieser Arbeit zu entwickelnde Verfahren daher auf den Straßenverkehr.

Es werden im Folgenden die im Rahmen von Bedarfsplänen üblicherweise auftretenden Zielfelder und Ziele diskutiert und beurteilt,

- ob sie im Rahmen der Bedarfsplanung relevant sind,
- ob durch eine systematische Mängelanalyse Defizite hinsichtlich dieses Ziels festgestellt werden können,
- in wieweit es bereits Verfahren für die Zustandsanalyse gibt und
- ob und in welchem Zusammenhang vorhandene Verfahren bereits angewendet werden.

Die Ziele, die üblicherweise in Bedarfsplänen zugrunde gelegt werden, können in folgenden Zielfeldern zusammengefasst werden:

- Verkehrsqualität,
- Verkehrssicherheit,
- Umfeld und
- Kosten.

## Zielfeld Verkehrsqualität

Der Begriff „Verkehrsqualität“ wird hier im erweiterten Sinne als nutzerbezogene und angebotsbezogene Verkehrsqualität verwendet. Dies schließt die üblicherweise gebrauchte Definition im Sinne des HBS [14] als „Qualität des Verkehrsablaufs“ auf einem Streckenabschnitt oder an einem Knotenpunkt ein, geht aber noch darüber hinaus.

Das Zielfeld Verkehrsqualität bündelt damit eine große Bandbreite an verschiedenen Zielen. Für die Beurteilung der Verkehrsqualität in Netzen oder Teilnetzen bietet sich als Ziel eine *gute Erreichbarkeit Zentraler Orte* an. Dieses Ziel spiegelt die im § 1 des Raumordnungsgesetzes [7] beschriebene Leitvorstellung von „gleichwertigen Lebensverhältnissen in allen Teilräumen“ wider. Das Ziel hat demnach hohe Bedeutung in der Raumplanung, die als Rahmen der Infrastrukturplanung fungiert. Zudem können erkannte Mängel hinsichtlich dieses Ziels durch Bedarfsplanmaßnahmen beseitigt werden.

Betrachtet man nicht ganze Netze, sondern individuelle Verbindungen „von Tür zu Tür“, so ist aus Sicht der Nutzer eine *geringe Reisezeit* erstrebenswert. Ebenso ist aus Sicht der Nutzer eine *geringe Umwegigkeit* wünschenswert. Beide Ziele korrespondieren mit dem bereits beschriebenen Ziel einer *guten Erreichbarkeit Zentraler Orte*. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass die beiden Ziele aus Sicht der Nutzer definiert sind, wohingegen eine Erreichbarkeit Zentraler Orte diese Ziele aus Sicht der Gesellschaft sieht. Zudem wird beim Ziel *gute Erreichbarkeit Zentraler Orte* die Menge aller Quellen und Ziele auf die Zentralen Orte beschränkt. Es bietet sich also an, die Ziele *geringe Reisezeit* und *geringe Umwegigkeit* weiter zu verfolgen, wobei der Schwerpunkt auf die geringe Reisezeit zu legen ist, da dieses Ziel in der Wahrnehmung der Nutzer gegenüber der geringen Umwegigkeit bzw. einer geringen Fahrtweite dominiert.

Ein weiteres Ziel vorwiegend aus Nutzersicht ist ein *hoher Fahrkomfort*. Dieses kann sich zum Einen auf die Infrastruktur beziehen, beispielsweise im Hinblick auf eine ebene und gut befahrbare Oberflächenbeschaffenheit. Zum Anderen kann es sich auf den Verkehrsablauf beziehen im Sinne eines entspannten Fahrens ohne viele Interaktionen (geringe Verkehrsdichte).

Im Rahmen der Infrastrukturplanung und –erhaltung kann ein hoher Fahrkomfort im Hinblick auf die Oberflächenbeschaffenheit berücksichtigt werden. Allerdings ist dies eher ein Thema der Erhaltung, das bereits im Rahmen von Erhaltungsprogrammen bzw. Straßendatenbanken berücksichtigt ist. Im Rahmen der Bedarfsplanung erscheint eine zusätzliche Berücksichtigung wenig sinnvoll, da dieses Ziel beim Neubau bzw. Umbau von Straßen ohnehin als technische Grundanforderung zu betrachten ist.

Deutet man das Ziel *hoher Fahrkomfort* im Sinne eines entspannten Fahrens ohne viele Interaktionen, so ist es gleichbedeutend mit einer geringen Auslastung der Straßenverkehrsanlage. Dieses individuelle Ziel im Sinne eines „Überangebots“ widerspricht grundsätzlich den unten beschriebenen

volkswirtschaftlichen Zielen von *geringen Investitionskosten* sowie *geringen Unterhaltungs- und Betriebskosten*. Da die letztgenannten Ziele wesentliche Bestandteile der Zielkataloge von Bedarfsplänen sind und eine Überprüfung der Zielerreichung im Zusammenhang mit Nutzen-Kosten-Analysen teilweise sogar gesetzlich vorgeschrieben sind, wird das Ziel aufgrund der großen Konkurrenz entgegengerichteter Ziele als nicht relevant angesehen. Zudem ist es im Sinne einer geringen Auslastung auch im Ziel *hohe Zuverlässigkeit* enthalten.

Ein weiteres Ziel zur Beschreibung der Verkehrsqualität ist eine *hohe Zuverlässigkeit*. Es kann im Sinne einer guten Planbarkeit, von geringen Schwankungen der Reisezeiten und einer geringen Anzahl an Störungen bzw. Staus gesehen werden. Eine geringe Zuverlässigkeit kann resultieren aus Störungen aufgrund einer hohen Auslastung,

- wenn die Verkehrsstärke die übliche Kapazität der Verkehrsanlage erreicht oder überschreitet („Überlastungsstau“),
- wenn die Verkehrsstärke eine temporär geringere Kapazität erreicht oder überschreitet, z. B. bei Witterungseinflüssen wie Starkregen, Nebel, Eisglätte, etc.,
- wenn die Verkehrsstärke eine durch Baustellen verringerte Kapazität erreicht oder überschreitet oder
- wenn ein Unfall zu einer temporär verringerten Kapazität führt.

Störungen durch Witterungseinflüsse lassen sich grundsätzlich nicht verhindern, es lassen sich direkte Störungen jedoch durch geeignete betriebliche Maßnahmen verringern. Dies kommt aus wirtschaftlichen Überlegungen jedoch vorwiegend in Bereichen in Frage, in denen diese Auswirkungen gehäuft zu erwarten sind, z. B. in Tälern, in denen Nebel regelmäßig auftritt oder auf Brücken, die anfällig für Eisbildung sind. Die Anzahl dieser beeinflussbaren Störungsquellen ist jedoch bezogen auf die gesamte Ausdehnung der betrachteten Netze vergleichsweise gering. Daher ist es fraglich, ob im Rahmen eines Bedarfsplans eine systematische, netzweite Mängelanalyse zielführend ist oder ob sich diese Stellen nicht im Rahmen anderer Analysen (z. B. hinsichtlich der Verkehrssicherheit) ermitteln lassen.

Störungen durch Unfälle lassen sich nicht unmittelbar sinnvoll durch Um- oder Ausbau (zur Umfahrung der Unfallstelle) verringern. Hier ist vorrangig eine Beseitigung der Unfallursache sinnvoll, sofern dies baulich möglich ist. Dies lässt sich jedoch weniger im Rahmen einer Störungsanalyse feststellen, sondern vielmehr durch Sicherheitsanalysen, insbesondere Sicherheitsaudits.

Störungen durch Baustellen lassen sich ggf. durch einen entsprechenden Bau- und Betriebsablauf verringern. Dies ist jedoch eine Aufgabe, die im Rahmen der Planung und Vorbereitung von Baustellen zu leisten ist und nicht im Rahmen von Bedarfsplänen. Im Zusammenhang mit Entwurfsrichtlinien (z. B. RAA [16]) lassen sich Fahrbahnquerschnitte von Autobah-

nen so anlegen, dass bei Baustellen ausreichende Breiten für einen möglichst ungestörten Verkehrsablauf zur Verfügung stehen.

Störungen durch Überlastungen, die nicht durch Baustellen oder Unfälle hervorgerufen werden, lassen sich durch Um- oder Ausbau von Straßen verringern oder beseitigen. Eine Mängelanalyse hinsichtlich dieser Störungen zur Erreichung einer hohen Zuverlässigkeit ist daher als Bestandteil der Aufstellung von Bedarfsplänen zu sehen.

### **Zielfeld Verkehrssicherheit**

Verkehrssicherheit kann durch verschiedene Ziele beschrieben werden. Zum Einen ist anzustreben, dass insgesamt wenige, nach Möglichkeit überhaupt keine Unfälle geschehen. Das Ziel wäre entsprechend *geringe Anzahl an Unfällen*, bzw. unter Einbeziehung der Streckenlänge *geringe Unfalldichte*. Bezieht man zusätzlich noch die Verkehrsstärke auf der Strecke mit ein, so ergibt sich als Ziel *geringe Unfallrate*. Da die Schwere und damit die Auswirkung von Unfällen sehr unterschiedlich sein kann, sollte außerdem die Unfallschwere bzw. die Unterscheidung in Unfälle mit Sachschäden und Unfälle mit Personenschäden gemacht werden. Verfolgt man dabei den Ansatz, die Unfallschwere und die Beteiligung von Personen zu monetarisieren, so ergibt sich als Ziel eine *geringe Unfallkostenrate*.

Bei der Betrachtung der Verkehrssicherheit ist zu unterscheiden zwischen der Vermeidung einer hohen Unfallkostenrate durch Berücksichtigung entsprechend sicherer Elemente bei der Planung sowie der Entschärfung bereits vorhandener Elemente mit einer Häufung von Unfällen. Eine Entschärfung von Unfallschwerpunkten erfolgt bereits im Rahmen von örtlichen Unfalluntersuchungen, zudem sind in den letzten Jahren Verfahren zur systematischen Sicherheitsanalyse von Netzen entwickelt worden und befinden sich teilweise bereits in der Anwendung ([19][4][24]). Entsprechend wird in diesem Verfahren keine Notwendigkeit gesehen, ein paralleles Verfahren zu entwickeln. Ein solches Verfahren ist in eine Mängelanalyse zu integrieren und mit dem hier entwickelten Verfahren zusammenzuführen.

Bei noch nicht vorhandenen, sondern lediglich erst geplanten Strecken ergeben sich weitreichende Möglichkeiten, auf eine hohe Verkehrssicherheit hinzuwirken. Dies kann durch die Berücksichtigung besonders sicherer Elemente bei der Planung geschehen und durch eine Kontrolle des gesamten Entwurfsvorgangs hinsichtlich der Verkehrssicherheit. Dies wurde in den vergangenen Jahren durch die Einführung des Sicherheitsaudits [13] vorangetrieben. Zudem enthalten verschiedene Richtlinien und Empfehlungen (z. B. RAS-Q [18], EWS [12], HVS [15]) Sicherheitskennwerte für verschiedene Elemente, Querschnitte etc., die zur Gestaltung möglichst sicherer Verkehrsanlagen herangezogen werden können.

Indem man sich von der rein infrastrukturseitigen Betrachtungsweise löst, ergibt sich eine weitere Möglichkeit, auf eine hohe Verkehrssicherheit hinzuwirken. Durch eine entsprechende verkehrssichere Gestaltung von Fahr-

zeugen können im hohen Maße die Unfallschwere verringert werden und teilweise auch Unfälle vollständig vermieden werden. Die Entwicklung und Einführung entsprechender Technologien ist jedoch außerhalb der Mängelanalyse bei der Bedarfsplanung, sondern bei der Richtliniengestaltung zu sehen.

### **Zielfeld Umfeld**

Im Zielfeld Umfeld lassen sich –abgesehen vom bereits beschriebenen Thema der Verkehrssicherheit– alle wesentlichen, vorrangig negativen Auswirkungen des Verkehrs zusammenfassen. Wesentliche Aspekte sind dabei der Lärm, die lokal wirksamen Schadstoffemissionen und –immissionen (z. B. Stickstoff-Dioxid (NO<sub>2</sub>), Feinstaub (PM10, PM2,5), Benzol), die klimawirksamen Schadstoffemissionen (z. B. Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>)), der Flächenverbrauch, Zerstörung von Lebensräumen von Flora und Fauna, Beeinträchtigung des Oberflächen- und des Grundwassers, Inanspruchnahme gewachsener Böden, Beeinträchtigung des Luftaustausches und des Kleinklimas, etc..

Diese Wirkungen können unterschieden werden in Wirkungen, die durch den Bau der Infrastruktur entstehen (z. B. Flächenverbrauch, Beeinträchtigung des Luftaustausches) und Wirkungen, die durch die Nutzung der Infrastruktur entstehen (z. B. Lärm, Schadstoffemissionen). Während sich Wirkungen, die durch die Nutzung der Infrastruktur (also durch den Verkehr) entstehen, auch bei bereits vorhandenen Verkehrsanlagen beeinflussen lassen, ist die nachträgliche Korrektur von Wirkungen, die durch den Bau der Infrastruktur entstehen, weitgehend ausgeschlossen. Eine teilweise Wiederherstellung beispielsweise der Lebensräume für Flora und Fauna wäre lediglich durch einen Rückbau von Verkehrsanlagen möglich.

Sowohl bei vorhandenen als auch bei geplanten Verkehrsanlagen können die Wirkungen des Verkehrs durch bauliche und betriebliche Maßnahmen verringert werden (z. B. durch Lärmschutzwände, offenporige Asphalte, Geschwindigkeitsbeschränkungen, lokale oder temporäre Fahrverbote). Solche „reagierenden“ Maßnahmen sind jedoch erst nachgeordnet zur Bedarfsplanung auf der Ebene der einzelnen Maßnahmen zu sehen. Hierfür steht ein großes und stetig wachsendes Repertoire an Analyseverfahren und Konzepten zur Verfügung. Zusätzlich entwickeln sich mittlerweile insbesondere auf EU-Ebene Ansätze zur flächendeckenden Betrachtung und selektiven Beseitigung von negativen Auswirkungen. Dies geschieht beispielsweise im Rahmen von Luftreinhalteplänen oder der Lärmkartierung.

Ebenfalls auf der Ebene des Entwurfs von Maßnahmen zu sehen ist die am Beginn des Entwurfsprozesses ansetzende Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Durch die frühzeitige Betrachtung der Auswirkungen auf Mensch und Umwelt können die negativen Auswirkungen bereits im Ansatz möglichst gering gehalten werden. Diese frühzeitige Berücksichtigung eröffnet weitreichende Handlungsmöglichkeiten über die bereits beschriebenen „reagierenden“ Maßnahmen hinaus.

Während die UVP erst auf der Projektebene einsetzt, wird die Strategische Umweltprüfung (SUP) bereits auf der Ebene der Bedarfsplanung zugrunde gelegt. Sie setzt also bereits an der Stelle an, an der die Entscheidung für ein Projekt mit möglicherweise problematischen Umweltauswirkungen noch nicht getroffen ist.

Vorgelagert zur Bedarfsplanung kann zusätzlich auf der Ebene der Verkehrsvermeidung und der Verkehrsverlagerung gehandelt werden. Dies beeinflusst die Gestaltung von (Straßen-)Netzen dahingehend, dass die Nachfrage im Kfz-Verkehr und entsprechend der Bedarf an Straßenverkehrsanlagen verringert wird. Darüber hinaus kann im Rahmen der Bedarfsplanung durch eine möglichst wenig umwegige Streckengestaltung auf eine geringe Fahrleistung hingearbeitet werden. Dies entspricht dem im Zielfeld Verkehrsqualität beschriebenen Ziel *geringe Umwegigkeit*.

Wie auch beim Zielfeld Verkehrssicherheit bieten sich über die Betrachtung der Infrastrukturseite hinaus im Bereich der Fahrzeugtechnik weitere Möglichkeiten an, die negativen Auswirkungen des Straßenverkehrs zu verringern.

Auf eine direkte Berücksichtigung von Zielen im Zielfeld Umfeld wird im Rahmen des hier zu entwickelnden Verfahrens verzichtet. Entsprechende Ziele sind in einer systematischen Mängelanalyse und auch in anderen Stufen der Bedarfsplanung unabhängig vom hier zu entwickelnden Verfahren zu berücksichtigen. In eine systematische Mängelanalyse ist entsprechend das Verfahren der Strategischen Umweltprüfung (SUP) zu integrieren.

### **Zielfeld Kosten**

Der Hauptaspekt im Zielfeld Kosten ist die Minimierung der Kosten. Hierbei ist nach den Kosten für den Betreiber und den Kosten für den Nutzer zu unterscheiden. Ziele aus Sicht des Betreibers sind damit *geringe Investitionskosten*, *geringe Betriebskosten* sowie *geringe Unterhaltungskosten*. Für den Nutzer hingegen spielen im Wesentlichen nur die eigenen Betriebskosten eine Rolle, die sich über die Fahrzeit und die fahrzeugbedingten Kosten (also im Wesentlichen die Treibstoffkosten) beschreiben lassen. Eine geringe Fahrzeit entspricht dem gleichen Ziel im Zielfeld Verkehrsqualität. Die Treibstoffkosten lassen sich als Funktion der Fahrtweite beschreiben. Da Start und Ziel einer Fahrt als festgelegt anzusehen sind, entstünden geringe Fahrtweiten lediglich durch eine geringe Umwegigkeit, was als Ziel bereits im Zielfeld Verkehrsqualität beschrieben ist. Als zusätzliche Betriebskosten für den Nutzer etablieren sich in letzter Zeit Kosten für Maut. Für Lkw sind die Mautkosten entfernungsabhängig, so dass in dieser Hinsicht das Ziel *geringe Betriebskosten* kongruent zum Ziel *geringe Umwegigkeit* ist.

Die durch den Betreiber angestrebten geringen Investitionskosten lassen sich im Wesentlichen bei der Planung einer Maßnahme beeinflussen. Nach der Umsetzung einer Maßnahme sind Einflussmöglichkeiten nicht mehr

gegeben, wodurch dieses Ziel im Rahmen einer Mängelanalyse keine Rolle mehr spielt.

Unterhaltungskosten entstehen durch das Altern von Straßen, was im Wesentlichen von der Verkehrsbelastung und der Konstruktion der Straße sowie nicht beeinflussbaren Größen wie der Witterung (insbesondere Frost) abhängig ist. Betriebskosten entstehen durch die Ausstattung (Signalanlagen, Begrünung, etc.) und den Betrieb (z. B. Winterdienst) der Straßen. Sowohl Unterhaltungs- und Betriebskosten betreffen direkt den Baulastträger und sind für diesen vergleichsweise einfach ermittelbar. Es wird daher kein Bedarf gesehen, die beiden Ziele *geringe Unterhaltungskosten* und *geringe Betriebskosten* in die Identifikation von Mängeln einzubeziehen. In späteren Schritten der Aufstellung eines Bedarfsplans, spätestens bei der Bewertung von Projekten, sind sie jedoch zu berücksichtigen, da bereits bei der Entwurfsplanung von Projekten auf geringe betriebs- und Unterhaltungskosten hingewirkt werden kann [25].

## Fazit

Die vorangegangene Betrachtung zeigt, welche Ziele im Rahmen einer systematischen Mängelanalyse bei der Erarbeitung von Bedarfsplänen relevant sind. In den Zielfeldern Verkehrssicherheit, Umfeld und Wirtschaftlichkeit sind viele Ziele bereits durch andere Verfahren abgedeckt. Das hier zu entwickelnde Verfahren zur Ermittlung von Mängeln im Zielfeld Verkehrsqualität leistet einen Beitrag als Teil einer systematischen Mängelanalyse.

Im Zielfeld Verkehrsqualität sind drei Ziele herausgearbeitet worden, die eine wesentliche Rolle für diesen Teil der Mängelanalyse spielen:

- Geringe Reisezeit
- Geringe Umwegigkeit
- Hohe Zuverlässigkeit (geringe Störungen durch Überlastung von Verkehrsanlagen)

Diese Ziele bilden die Grundlage für das Verfahren. Die Ziele *geringe Reisezeit* und *geringe Umwegigkeit* sind zudem Ziele, die als Kriterien für die Bewertung der verbindungsbezogenen Angebotsqualität in den RIN dienen. Es bietet sich daher eine Abstimmung mit dem Verfahren der RIN im Rahmen der Ermittlung der Zustandsgrößen an.

Im Folgenden werden geeignete Zustands- und Einflussgrößen ausgewählt, die diese Ziele beschreiben.

### 3.3 Auswahl von Zustandsgrößen

#### Ziel *geringe Reisezeit*

Da in der Anwendung des Verfahrens bei der Beurteilung der Verkehrsqualität verschiedenste Verbindungen zugrunde gelegt werden, ist eine absolute Beurteilung der Reisezeit nicht sinnvoll. Es ist jeweils auch die Fahrtweite einer Verbindung zu berücksichtigen. Dieser Zusammenhang lässt sich herstellen, indem statt der Reisezeit die Reisegeschwindigkeit<sup>4</sup> zugrunde gelegt wird.

Eher ungeeignet sind allerdings Größen, die den Zustand nur für einzelne Fahrzeuge oder fiktive Werte verwenden. Hierzu gehören die Zustandsgrößen *maximale Geschwindigkeit* oder *zulässige Geschwindigkeit*. Besser geeignet sind Zustandsgrößen, die den Zustand für alle Fahrzeuge in ihrer Gesamtheit beschreiben. Entsprechend bietet sich die Zustandsgröße *mittlere Reisegeschwindigkeit* an. Würde man diese Größe auf alle Fahrzeugarten beziehen, so wäre der Mittelwert jedoch oberhalb der grundsätzlich zulässigen Geschwindigkeit von 60 bzw. 80 km/h für Lkw verzerrt. Bei Strecken, die lediglich mittlere Reisegeschwindigkeiten unterhalb von 60 bzw. 80 km/h ermöglichen, wäre der Einfluss der Lkw einfach berücksichtigt, während bei Strecken mit mittleren Reisegeschwindigkeiten oberhalb von 60 bzw. 80 km/h dieser Einfluss doppelt berücksichtigt würde: zum Einen durch den Einfluss der Lkw auf schnellere Pkw und zum Anderen durch die Berücksichtigung der Lkw-Geschwindigkeiten im Mittelwert. Dies wird vermieden, indem die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit betrachtet wird, da sie den Einfluss des Lkw-Anteils unabhängig von der Geschwindigkeit nicht doppelt berücksichtigt.

Zudem bietet es sich an, Zustandsgrößen in Übereinstimmung mit dem Verfahren nach den RIN zu wählen. Hierdurch können einerseits in der praktischen Anwendung bereits vorhandene Ergebnisse aus anderen Untersuchungen auf der Grundlage der RIN verwendet werden. Andererseits lässt das Verfahren der RIN einen hohen Bekanntheitsgrad mit einer entsprechenden Akzeptanz erwarten.

Für das primäre Ziel *geringe Reisezeit* wird, basierend auf dem Verfahren der RIN, das Verhältnis von Luftliniengeschwindigkeit zu Luftlinienentfernung im Pkw-Verkehr verwendet, was einer „mittleren Pkw-Luftlinien-Reisezeit“ entspricht. Als Zielgröße werden die Diagramme der RIN verwendet, in denen für geringe Entfernungen verhältnismäßig höhere Reisezeiten akzeptiert werden als für große Entfernungen. Der Hintergrund liegt darin, dass Quelle und Ziel in der Regel innerhalb bebauter Bereiche liegen und

---

<sup>4</sup> Zu unterscheiden ist grundsätzlich die Reisegeschwindigkeit als mittlere Geschwindigkeit über die gesamte Quelle-Ziel-Relation und die Fahrgeschwindigkeit als mittlere Geschwindigkeit auf einem Teilabschnitt. Da die Fahrgeschwindigkeiten der Teilabschnitte jedoch ermittelt werden, um sie zu einer Reisegeschwindigkeit zu aggregieren, wird aus Gründen der Übersichtlichkeit und besseren Lesbarkeit auf diese Unterscheidung verzichtet und generell der Begriff Reisegeschwindigkeit verwendet.



dort geringere Geschwindigkeiten möglich sind. Bei geringen Entfernungen von Verbindungen ist der Anteil der Abschnitte innerhalb bebauter Gebiete groß. Würde man dies nicht berücksichtigen, so würden auf kurzen Verbindungen systematisch mehr Mängel erkannt als auf langen Verbindungen.

### **Ziel *geringe Umwegigkeit***

Da beim Entwurf einer Straße verschiedenste Einflüsse wie beispielsweise Topografie, Umfeld, Siedlungsraum oder die vorhandene Netzstruktur zu berücksichtigen sind, ist die Herstellung einer geradlinigen Straßenverbindung zwischen Quelle und Ziel in der Praxis nahezu unmöglich. Hinzu kommt, dass es aufgrund der räumlichen Verteilung der Straßennutzer eine nahezu endlose Menge an Quelle-Ziel-Kombinationen gibt. Gegenüber der minimalen Entfernung zwischen Quelle und Ziel (Luftlinienentfernung) ist daher für jede Verbindung ein Umweg in Kauf zu nehmen. Dieser lässt sich beschreiben als Verhältnis der Entfernung bei Nutzung des vorhandenen (oder geplanten) Streckenzugs gegenüber der Luftlinienentfernung zwischen Quelle und Ziel.

### **Ziel *Hohe Zuverlässigkeit***

Eine Zuverlässigkeit gegenüber Störungen durch Überlastungen lässt sich interpretieren als Wahrscheinlichkeit, dass keine Störung durch Überlastung auftritt.

Störungen durch Überlastungen treten bei sehr hohen Belastungen des betrachteten Elements auf. Die Belastung lässt sich jedoch nicht absolut betrachten, sondern muss ins Verhältnis gesetzt werden zur Kapazität des Elements. Eine hohe Zuverlässigkeit infolge geringer Störungen durch Überlastung lässt sich demnach über das Verhältnis von Belastung zu Kapazität, d. h. über die Auslastung, beschreiben. Bei geringer Auslastung bzw. großen Reserven stellt sich eine gute Verkehrsqualität ein, die Wahrscheinlichkeit für Störungen durch Überlastungen ist gering. Liegt dagegen die Belastung nahe an der Kapazitätsgrenze oder darüber, können bereits kleine Veränderungen der Einflussgrößen (z. B. der Verkehrsstärke oder der Verkehrszusammensetzung) große Auswirkungen bei der Zustandsgröße (z. B. Verlustzeit an einem Knotenpunkt, Reisegeschwindigkeit, etc.) haben. Es liegt ein labiler Verkehrsablauf vor. Die Wahrscheinlichkeit für Störungen ist entsprechend bei hoher Auslastung sehr groß.

## **3.4 Möglichkeiten zur Ermittlung der Zustandsgrößen**

Bei der Ermittlung der Zustandsgröße im Rahmen des Verfahrens stehen eine möglichst hohe Genauigkeit und ein möglichst geringer Aufwand bei der Ermittlung im Vordergrund. Um die Zustandsgrößen zu ermitteln, bieten sich zwei grundsätzliche Wege an: die empirische Ermittlung durch Messen der Zustandsgrößen und die deterministische Ermittlung durch

Ableiten der Zustandsgröße aus geeigneten und verfügbaren Einflussgrößen.

Das Messen der mittleren Reisezeit bzw. -geschwindigkeit wäre mit Hilfe von Verfolgungsfahrten möglich. Dabei wird ein zufällig ausgewähltes Fahrzeug mit einem Messfahrzeug verfolgt und permanent die Geschwindigkeit des Fahrzeugs ermittelt und aufgezeichnet. Da es sich dabei um eine Stichprobe aus der Grundgesamtheit aller auf diesem Streckenabschnitt in einem begrenzten Zeitraum fahrenden Fahrzeuge handelt, lässt sich hieraus noch nicht direkt auf die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit schließen. Dies ist erst durch eine ausreichende Anzahl an Wiederholungen möglich. Diese Notwendigkeit, eine größere Anzahl von Verfolgungsfahrten auf einem Streckenabschnitt durchzuführen (etwa 30 je Richtung), führt zu einem großen Aufwand zur Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit. Zudem ist diese Möglichkeit nur bei vorhandenen Strecken anwendbar und nicht bei geplanten.

Die Umwegigkeit lässt sich hingegen problemlos deterministisch ermitteln durch Bestimmung der Luftlinienentfernung und der tatsächlichen Entfernung. Es besteht keine Notwendigkeit, die tatsächliche Streckenlänge in der Realität zu messen.

Die Ermittlung der Zuverlässigkeit gegenüber Störungen durch Überlastungen ist empirisch wiederum mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Es müssten für jedes betrachtete Element über einen ausreichend langen Zeitraum diejenigen Zustandsgrößen erhoben werden, anhand derer sich eine Störung festmachen lässt. Diese sind jedoch bei vielen Elementen unterschiedlich. Bei einem Streckenabschnitt außerhalb bebauter Gebiete wäre dies beispielsweise die mittlere lokale Geschwindigkeit, bei einem Knotenpunkt hingegen die mittlere Verlustzeit für jeden Knotenstrom. Durch die Notwendigkeit, diese Größen für jedes einzelne Element zu ermitteln, ist der empirische Aufwand noch deutlich größer als bei Verfolgungsfahrten. Für einige bedeutende Streckenabschnitte werden Störungsdaten direkt über Detektoren oder indirekt über Verkehrsmeldungen erfasst. Diese Daten reichen bei einer Betrachtung von Netzen jedoch nicht aus, da selbst innerhalb einer Straßenkategorie nicht alle Abschnitte erfasst werden. In Zukunft könnten Technologien wie Floating Car Data (FCD) oder Floating Phone Data (FPD bzw. netFCD) dazu beitragen, die Zustandsgrößen empirisch zu ermitteln.

Hinzu kommt ein weiterer Aspekt, der bei der analytischen Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit und der Auslastung berücksichtigt werden muss. Um zu zuverlässigen Ergebnissen zu kommen, müssen entweder verschiedene Mittelwerte bei unterschiedlichen Randbedingungen ermittelt werden (z. B. zu verschiedenen Tageszeiten, Wochentagen oder Jahreszeiten, bei unterschiedlichen Zuständen wie Helligkeit, Wetter, etc.), oder es müssten immer die gleichen Randbedingungen herrschen. Die erste Möglichkeit würde direkt zu einer Vervielfachung des Aufwandes führen. Die zweite Möglichkeit würde bei der Umsetzung Schwierigkeiten bereiten, da es bei großen Netzen problematisch wäre, immer die gleichen Randbedingungen abzuwarten. Dies würde in der Praxis zu sehr langen

Zeiträumen zur Ermittlung der Zustandsgrößen führen.

Eine empirische Ermittlung der Zustandsgrößen für die Ziele *geringe Reisezeit* und *hohe Zuverlässigkeit* scheidet aus, da bereits bei einem vergleichsweise geringen Umfang des betrachteten Netzes ein extrem großer Aufwand betrieben werden müsste. In diesem Zusammenhang sei auf das Anwendungsbeispiel in Ziffer 7.3 hingewiesen. Der betrachtete Streckenzug mit einer Länge von 66 km umfasst 62 Elemente. Zur Ermittlung der Zustandsgrößen für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit* müsste jedes dieser Elemente über einen längeren Zeitraum über mehrere Tage beobachtet werden. Für die Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit wurden im beschriebenen Beispiel Verfolgungsfahrten durchgeführt. Um für jeden Abschnitt eine ausreichende Aussagekraft mit mindestens 30 Messungen je Richtung zu erhalten, war ein Zeitaufwand von mehr als 100 Stunden notwendig. Schon bei vergleichsweise kleinen Netzen steht der empirische Aufwand in keinem angemessenen Verhältnis mehr zur gewonnenen Aussage. Für die Ermittlung der Zustandsgrößen aller drei Ziele ist damit eine deterministische Bestimmung erforderlich.

Zur Ermittlung der Zustandsgrößen auf der Basis von relevanten Einflussgrößen sind geeignete Verfahren notwendig, die den Zusammenhang zwischen einer oder mehrerer Einflussgrößen und der jeweiligen Zustandsgröße herstellen.

Da die Kenntnis der vorhandenen oder prognostizierten mittleren Reisegeschwindigkeit sowie der Auslastung in verschiedenen Bereichen der Verkehrsplanung und des Entwurfs notwendig oder zumindest hilfreich ist, gibt es bereits eine Anzahl von Verfahren, die dies leisten. Sie unterscheiden sich im Wesentlichen in den verwendeten Einflussgrößen und der Art der Verkehrsanlage, für die sie die Reisegeschwindigkeit bzw. Auslastung liefern. Die Verfahren sind in der Regel so angelegt, dass sie mit vergleichsweise geringem Aufwand anwendbar sind. Entsprechende Verfahren enthält das HBS [14] und auch vergleichbare Werke, wie das US-amerikanische Highway Capacity Manual (HCM) [35].

Die für die Verfahren notwendigen Einflussgrößen sind mit unterschiedlich großem Aufwand ermittelbar. Da sie sich in der Regel nicht verändern, lassen sie sich durch eine Bereisung ermitteln, die deutlich weniger aufwändig ist als Verfolgungsfahrten. Außerdem liegen viele Einflussgrößen bereits in Datensammlungen vor. Zunehmend werden solche Daten auch gezielt und systematisch gesammelt, um Straßendatenbanken aufzubauen (Vorratshaltung von Daten in Straßendatenbanken oder Straßeninformationsbanken).

## 3.5 Beschreibung von Einflussgrößen

Im Folgenden werden die Einflussgrößen getrennt nach den drei Zielen *geringe Reisezeit*, *geringe Umwegigkeit* und *hohe Zuverlässigkeit* beschrieben.

### 3.5.1 Einflussgrößen beim Ziel *geringe Reisezeit*

Die Zustandsgröße *Verhältnis von Luftliniengeschwindigkeit zu Luftlinienentfernung im Pkw-Verkehr* ist von verschiedenen Einflüssen abhängig, wobei sich diese im Wesentlichen auf die Luftliniengeschwindigkeit beziehen. Die Luftlinienentfernung hingegen wird lediglich durch Beginn und Ende der Verbindung definiert. Bei der Luftliniengeschwindigkeit beziehen sich die Einflüsse wiederum nur auf die Geschwindigkeit zwischen Quelle und Ziel, die zur Ermittlung der Luftliniengeschwindigkeit durch die bereits angesprochene Luftlinienentfernung geteilt wird. Im Folgenden werden daher lediglich die Einflussgrößen für die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit betrachtet.

Die Einflussgrößen haben verschieden große Auswirkungen und sind unterschiedlich gut verfügbar. Auf die wenig relevanten Einflussgrößen kann im Hinblick auf eine einfache Durchführbarkeit des Verfahrens ggf. verzichtet werden. Auch ein Verzicht auf die schlecht verfügbaren Einflussgrößen bietet sich an. Dies ist jedoch davon abhängig, wie groß der Einfluss auf die Zustandsgröße ist. Um dies beurteilen zu können, sind im Folgenden eine Reihe von Einflussgrößen beschrieben und in Tab. 1 (s. Seite 63) und Tab. 2 (s. Seite 66) entsprechend ihrer Relevanz und Verfügbarkeit beurteilt. Es wird dafür ein fünfstufiges Bewertungsschema in Anlehnung an Schulnoten verwendet.

Bei der Bewertung der Relevanz haben die Noten folgende Bedeutung:

- 1 = sehr hoch
- 2 = hoch
- 3 = mittel
- 4 = gering
- 5 = sehr gering.

Bei der Bewertung der Verfügbarkeit bedeuten die Noten im Einzelnen:

- 1 = sehr gut
- 2 = gut
- 3 = befriedigend
- 4 = ausreichend
- 5 = mangelhaft.

Die Bewertung der Verfügbarkeit orientiert sich vor allem am Aufwand zur Beschaffung der Daten. Daten, die zentral verwaltet werden und in ähnlicher Qualität überall verfügbar sind, werden als gut verfügbar eingeschätzt. Daten, die dezentral verwaltet werden und für verschiedene Be-

reiche evtl. nicht oder nicht in ausreichender Qualität verfügbar sind, werden entsprechend als schlecht verfügbar eingeschätzt. Daten, die im Rahmen einer Bereisung mit vergleichsweise geringem Aufwand erhoben werden können, werden als sehr gut verfügbar beurteilt.

Im Folgenden werden die Einflussgrößen der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit beschrieben und deren Relevanz sowie Verfügbarkeit abgeschätzt.

### **Straßenquerschnitt**

Der Straßenquerschnitt wird im Sinne der Anzahl der Fahrstreifen je Richtung betrachtet. Die Fahrstreifenbreite wird gesondert beschrieben. Der Straßenquerschnitt hat einen deutlichen Einfluss auf die Pkw-Reisegeschwindigkeit, da er zum Einen für die Kapazität bestimmend ist und zum Anderen entscheidend für die Überholmöglichkeiten. Ein Querschnitt mit nur einem Fahrstreifen je Richtung ermöglicht bei einer großen Belastung nur geringe Pkw-Reisegeschwindigkeiten, da der Einfluss des Schwerverkehrs groß ist, kaum Möglichkeiten zum Überholen im Gegenverkehr bestehen und die gegenseitigen Einflüsse der Fahrzeuge untereinander zu geringeren Geschwindigkeiten führen als bei unbeeinflusster Fahrweise. Ein Querschnitt mit zwei oder mehr Fahrstreifen je Richtung kann dagegen bei gleicher Belastung eine deutlich größere Pkw-Reisegeschwindigkeit ermöglichen, da das Überholen des Schwerverkehrs außerhalb des Gegenverkehrs möglich ist und damit der Einfluss des Schwerverkehrs erheblich reduziert wird. Zudem führt der zweite Fahrstreifen zu einer höheren Kapazität, in der Folge zu einer geringeren Auslastung und damit zu geringeren gegenseitigen Einflüssen der Fahrzeuge, was höhere Geschwindigkeiten ermöglicht.

Der Straßenquerschnitt ist damit von großer Relevanz. Zudem ist er aus Lageplänen bzw. Planungen einfach ermittelbar.

### **Lage innerhalb oder außerhalb von Ballungsräumen**

Die Einflüsse in Ballungsräumen, beispielsweise die höheren Verkehrsstärken und Auslastungen von Verkehrsanlagen, beeinflussen das Fahrverhalten der Verkehrsteilnehmer. Dies äußert sich sowohl auf der freien Strecke – vorwiegend auf Autobahnen – als auch an Knotenpunkten. Die Lage lässt sich ohne nennenswerten Aufwand ermitteln, die Relevanz wird als mäßig eingeschätzt.

### **Fahrstreifenbreite**

Die Fahrstreifenbreite hat nur mäßigen Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit, sofern die üblichen Mindest- und Regelwerte eingehalten werden. Allenfalls bei Unterschreitung dieser Werte kann die Reisegeschwindigkeit durch problematische Begegnungs- oder ggf. Überholvorgänge erheblich beeinträchtigt werden. Entsprechende Daten können durch Bereisung erhoben werden.

### **Kurvigkeit**

Die Kurvigkeit hat zumindest außerhalb bebauter Gebiete direkten Einfluss auf die gefahrenen Geschwindigkeiten. Außerdem sind in Verbindung mit

der Kurvigkeit auch andere Einflüsse auf die Reisegeschwindigkeit zu erwarten, beispielsweise größere Bereiche mit Überholverbot. Die Kurvigkeit kann aus Plänen ermittelt werden, wobei die Genauigkeit dieser Ermittlung von der Verfügbarkeit ausreichend genauer Pläne abhängt.

### **Längsneigung**

Sofern die Längsneigung keine extremen Werte annimmt, beeinträchtigt sie die Reisegeschwindigkeit moderner Pkw kaum. Jedoch sind bereits bei relativ geringen Längsneigungen Auswirkungen für Lkw zu erwarten. Damit sind im Zusammenhang mit der Längsneigung immer auch die Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke (DTV) und insbesondere der Schwerverkehrsanteil sowie die Überholmöglichkeit zu betrachten. Die Längsneigung kann aus den Höhendaten (digitaler) topografischer Karten ermittelt werden und kann ggf. im Rahmen einer Bereisung durch Messungen überprüft bzw. präzisiert werden. Teilweise werden bei der Erstellung digitaler Straßeninformationsbanken auch die Achsen mit aufgenommen, aus denen sich ebenfalls die Längsneigungen ermitteln lassen.

### **Fahrbahnbeschaffenheit**

Die Fahrbahnbeschaffenheit hat ähnlich wie die Fahrbahnbreite nur dann größere Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeit, wenn sie erheblich von üblichen Standards abweicht. Ansonsten ist kein nennenswerter Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit zu erwarten. Die Fahrbahnbeschaffenheit kann im Rahmen einer Bereisung durch eine qualitative Einschätzung erhoben werden.

### **Streckenanteil mit Überholverböten**

Der Anteil an Überholverböten auf zweistreifigen Landstraßen hat erhebliche Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeit, insbesondere in Verbindung mit einem hohen DTV und Schwerverkehrsanteil. Diese Größe kann im Rahmen der Bereisung ermittelt werden. Aus Straßeninformationsbanken lassen sich die Überholverböte in dem meisten Fällen nicht entnehmen, da das Überholverbot sowohl durch Fahrbahnmarkierungen (StVO-Zeichen 295, 296 und 298) als auch durch Verkehrszeichen (StVO-Zeichen 276, 277, 280, 281 und 282) geregelt wird und diese Attribute in der Regel nicht oder zumindest nicht gemeinsam aufgenommen werden.

### **Verkehrsstärke**

Die Verkehrsstärke beeinflusst die Reisegeschwindigkeit in hohem Maße, insbesondere dann, wenn eine ungleichförmige Geschwindigkeitsverteilung zu erwarten ist (beispielsweise an Steigungen) oder wenn die Wirkungen von Störungen durch Staubbildung verstärkt werden. Die Verfügbarkeit dieser Daten kann nicht generell abgeschätzt werden, da sie von den betrachteten Straßenkategorien abhängt. Häufig liegen zumindest Daten zum durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) vor, aus dem über Ganglinien oder bekannte Stundenanteile auf die Bemessungsverkehrsstärke geschlossen werden kann.

### **Schwerverkehrsanteil**

Da Schwerverkehrsfahrzeuge über andere fahrdynamische und –geometrische Eigenschaften verfügen als Pkw, ist der Schwerverkehrsanteil vor

allem bei bestimmten Randbedingungen der Trassierung von maßgebender Bedeutung. Dies ist beispielsweise bei hoher Kurvigkeit und Längsneigung zu erwarten. Auf Landstraßen ist auch zu beachten, dass die zulässige Geschwindigkeit ohne Geschwindigkeitsbeschränkung für Pkw mit 100 km/h und für den Schwerverkehr mit 80 km/h bzw. 60 km/h auf Straßen außerhalb geschlossener Ortschaften deutlich unterschiedlich ist, wodurch es in Verbindung mit geringen Überholmöglichkeiten zu erheblichen Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeit der Pkw kommen kann. In der Regel kann der Schwerverkehrsanteil im Zusammenhang mit dem DTV ermittelt werden.

### **Streckenanteil mit Geschwindigkeitsbeschränkung**

Eine Geschwindigkeitsbeschränkung kann Ursachen haben, die bereits bei anderen Einflussgrößen erfasst sind, z. B. eine hohe Kurvigkeit oder Längsneigung, oder andere Gründe wie Wildwechsel, eingeschränkte Sichtweiten o. ä.. In der Regel wirkt eine Geschwindigkeitsbeschränkung in Verbindung mit anderen Einflüssen nicht additiv, sondern ersetzt die Auswirkungen des jeweiligen Einflusses. Ist beispielsweise eine Geschwindigkeitsbeschränkung vorhanden, so hat eine hohe Kurvigkeit keine zusätzlichen Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeit. Durch Verkehrsbeeinflussungsanlagen sind auch dynamische Geschwindigkeitsbeschränkungen möglich. Sie dienen in der Regel zur Optimierung der Auslastung der Strecke bei hohen Verkehrsstärken, wirken aber ansonsten wie statische Geschwindigkeitsbeschränkungen. Statische Geschwindigkeitsbeschränkungen können durch Bereisung aufgenommen werden. Zur Erhebung von dynamischen Geschwindigkeitsbeschränkungen muss unter Umständen auf Daten der Betreiber zurückgegriffen werden.

### **Knotenpunktgrundform**

Die Knotenpunktgrundform hat erhebliche Auswirkungen auf die Höhe der Verlustzeiten an Knotenpunkten und damit auf die Reisegeschwindigkeit. An vorfahrtgeregelten Knotenpunkten können möglicherweise keine Verlustzeiten auftreten, wenn die betrachtete Straße die bevorrechtigte ist. Die größere Rolle spielen jedoch signalisierte Knotenpunkte, an denen in jedem Fall Verlustzeiten entstehen. Entsprechendes gilt für Knotenpunkte mit Kreisverkehren. Die Knotenpunktgrundform kann durch eine Bereisung ermittelt werden.

### **Verkehrsstärke der Querrichtung**

Neben der Knotenpunktgrundform spielen auch die Verkehrsstärken am Knotenpunkt eine wesentliche Rolle für die Verlustzeiten. Dabei geht neben der Verkehrsstärke der betrachteten Strecke (s. Einflussgröße DTV) auch die Verkehrsstärke der Querrichtung ein. Die Verfügbarkeit dieser Verkehrsstärken lässt sich ähnlich wie die Verfügbarkeit für die betrachtete Strecke schlecht abschätzen. Sie ist jedoch tendenziell geringer, da auch Knotenpunkte mit untergeordneten Straßen (beispielsweise Kreis- oder Gemeindestraßen) betrachtet werden müssen und diese Daten häufig nicht zentral verwaltet werden.

### **Verlustzeit aufgrund Vorrang anderer Fahrzeuge**

Die Höhe der Verlustzeiten an Knotenpunkten ist neben der Verkehrsstärke der betrachteten Strecke und der Querrichtung auch abhängig von der Anzahl und der Aufteilung der Fahrstreifen. Diese Daten können im Rahmen einer Bereisung erhoben werden.

### **Parameter einer Signalsteuerung**

An signalisierten Knotenpunkten ist die Verlustzeit zusätzlich abhängig von den Parametern der Signalisierung, beispielsweise der Umlaufzeit, der Verteilung der Freigabezeiten und ggf. der Steuerungslogik und der Strategie einer verkehrsabhängigen Steuerung. Es ist zu erwarten, dass diese Daten nicht oder nur mit beträchtlichem Aufwand erhoben werden können.

### **Koordinierung von Signalanlagen**

Durch eine Koordinierung von Signalanlagen wird erreicht, dass entweder in einem Netz oder auf einem Streckenzug bestimmte Zustandsgrößen optimiert werden. Bei Netzsteuerungen zielt man in der Regel darauf ab, die Verlustzeiten, die Zahl der Halte oder den Schadstoffausstoß im gesamten koordinierten Netz zu reduzieren. Bei der Koordinierung von Strecken („Grüne Welle“) soll die Zahl der Halte bzw. die Verlustzeit für die Hauptrichtung des Streckenzugs minimiert werden, möglichst ohne die entsprechenden Zustandsgrößen der Querrichtungen und anderer Verkehrsteilnehmer zu stark negativ zu beeinflussen. Bezogen auf einen im Rahmen dieses Verfahrens untersuchten Streckenzug können auch die Einflüsse einer adaptiven Netzsteuerung relevant sein. Die Einflussgrößen einer Netzsteuerung zu ermitteln, bezogen auf lediglich einen betrachteten Streckenzug, ist wegen der Vielfalt der Einflüsse mit extrem großem Aufwand verbunden. Die Einflussgrößen der Koordinierung über einen Streckenzug zu ermitteln (bzw. festzustellen, ob überhaupt eine Koordinierung vorliegt), ist vergleichsweise weniger aufwändig. Es wäre jedoch hierfür die Kenntnis der Signalsteuerungen aller betroffenen Signalanlagen notwendig. Der Aufwand, diese Daten zu beschaffen, liegt demnach um ein Vielfaches höher als der, die Parameter einer einzigen Signalsteuerung zu erhalten. Bereits dieser Aufwand wird als beträchtlich eingeschätzt.

### **Anzahl und zeitliche Verteilung der Zugfahrten an Bahnübergängen**

An Bahnübergängen haben die Anzahl und die zeitliche Verteilung der Zugfahrten den größten Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit, da diese die Häufigkeit und das Ausmaß der Störungen auf der betrachteten Strecke bestimmen. Die zeitliche Verteilung der Zugfahrten über den Tag ist von Bedeutung, da Störungen zur Hauptverkehrszeit für die hier vorliegende Betrachtung in Bezug auf die Verkehrsqualität weitaus größere Beeinträchtigungen der Reisegeschwindigkeit darstellen als nächtliche Störungen. Hier müsste auf Daten des Streckenbetreibers zurückgegriffen werden, wobei nicht abzusehen ist, ob solche Daten verfügbar sind.

### **Dauer der Sperrung an Bahnübergängen**

Die Dauer der Sperrung entspricht im Wesentlichen der Dauer der Störung des Verkehrs auf der betrachteten Strecke und hat damit große Bedeu-



tung. Es ist jedoch fraglich, ob diese Größe erhoben werden kann, da sie von Faktoren wie der Geschwindigkeit, der Länge und der Art des Zuges, der Lage der Kontakte zur Fahrstraßenbildung sowie weiteren betrieblichen Randbedingungen abhängt und damit selbst für einen bestimmten Bahnübergang nicht konstant ist. Hier ist abzusehen, dass ein solcher Wert entweder stichprobenartig gewonnen werden müsste oder eine pauschale Annahme zu treffen ist.

### **Verlustzeit durch Überlastung**

Überlastungen von Verkehrsanlagen, d. h. Auslastungen von über 100 Prozent, führen nicht nur zu einer geringen Reisegeschwindigkeit, sondern in Form von Staus zu zusätzlichen Verlustzeiten beim Stillstand der Fahrzeuge. Im Hinblick auf die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten einer Störung ist dies eine Einflussgröße für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit*. Die tatsächliche mittlere Verlustzeit je Fahrzeug jedoch hat auch einen Einfluss auf die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit. Die Verlustzeit durch eine geringere Reisegeschwindigkeit ist bereits durch andere Einflussgrößen erfasst, solange es nicht zum Stillstand der Fahrzeuge kommt (Stau). Tritt dieser Fall ein, so sind die Verlustzeiten nicht mehr bei anderen Einflussgrößen berücksichtigt, da die Verlustzeit bei einer Geschwindigkeit von 0 km/h theoretisch unendlich groß ist. Die zusätzlichen Verlustzeiten beim Stillstand werden bei dieser Einflussgröße im Sinne von Stillstandszeiten im Stau berücksichtigt.

Bereits eine Ermittlung der Wahrscheinlichkeit einer Störung durch Überlastung ist problematisch. Im Grenzbereich der Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage können bereits kleine Änderungen der Einflüsse (momentane Verkehrsstärke, momentane Verkehrszusammensetzung, Fahrerverhalten, etc.) zu großen Auswirkungen bei den Zustandsgrößen führen. Bei Autobahnen wird dieser Effekt häufig auch als „Stau aus dem Nichts“ bezeichnet. Die Ermittlung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Störung durch Überlastung ist damit selbst bei Vorliegen sehr exakter Daten problematisch.

Verlustzeiten durch Überlastungen treten in Folge solcher Überlastungen auf. Ähnlich problematisch wie die Ermittlung der Störungswahrscheinlichkeit ist auch die Ermittlung der Auswirkungen. Diese hängen wiederum von kurzzeitigen Einflüssen ab und lassen sich kaum über generelle Daten wie den DTV, selbst in Verbindung mit mittleren Stundenanteilen, ermitteln. Auch eine empirische Ermittlung scheidet wegen des beträchtlichen Aufwandes aus. Die Kombination aus problematischer Ermittlung der Störungswahrscheinlichkeit und nur eingeschränkt aussagefähiger Ermittlung der resultierenden Wirkungen führt dazu, dass keine belastbare Ermittlung der Verlustzeit durch Überlastungen möglich ist.

Die Relevanz von Verlustzeiten durch Überlastungen ist bei den verschiedenen Elementen recht unterschiedlich einzuschätzen. Zieht man die allgemeine Wahrnehmung für die Beurteilung heran, so treten Verlustzeiten durch Überlastungen vorwiegend auf Autobahnen sowie an Knotenpunkten innerhalb bebauter Gebiete auf. Selten dagegen treten größere Verlustzeiten bzw. Staus auf Streckenabschnitten außerhalb bebauter Gebiete

auf. Dies ist vermutlich auf die Pförtnerwirkung der dazwischen liegenden Knotenpunkte oder Ortsdurchfahrten zurückzuführen, die in der Regel eine geringere Kapazität aufweisen als die angrenzenden Streckenabschnitte.

### **Verlustzeit durch Unfälle**

Die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten von Störungen durch Unfälle wäre eine Einflussgröße für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit*. Das Ausmaß der Folgen einer Störung durch einen Unfall ist jedoch eine Einflussgröße für die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit. Ähnlich wie bei der Verlustzeit durch Überlastung ist bereits die Ermittlung der Wahrscheinlichkeit von Störungen schwierig. Dies wäre jedoch über makroskopische Kenngrößen wie die Unfalldichte oder die Unfallrate grundsätzlich möglich. Das Ausmaß der Störungen hängt jedoch von vielfältigen Einflüssen ab. Hierzu gehören Einflüsse aus der Verkehrsanlage selbst, beispielsweise die Möglichkeit, über einen zweiten Fahrstreifen an der Unfallstelle vorbeizufahren. Dies ist jedoch nur dann relevant, wenn nicht auch der zweite Fahrstreifen oder sogar die Fahrstreifen der Gegenrichtung für die Sicherung der Unfallstelle in Anspruch genommen werden, wie dies häufig bei Autobahnen der Fall ist. Die Dauer der Störung hängt dann wesentlich von der Art und dem Ausmaß des Unfalls ab, wie schnell die Unfallstelle gesichert werden kann, wie zügig Rettungsdienste und Abschleppdienste den Unfallort erreichen und wie schnell der Unfallort geräumt werden kann. Hier könnte allenfalls mit Mittelwerten gearbeitet werden. Ähnlich bei der Verlustzeit durch Überlastungen ist daher auch die Ermittlung der Verlustzeit durch Unfälle problematisch, jedoch möglicherweise auch in geringerem Umfang, wenn man sich auf makroskopische Größen zurückzieht.

Die Relevanz von Verlustzeiten durch Unfälle ist ähnlich wie bei der Verlustzeit durch Überlastung bei den verschiedenen Elementen sehr unterschiedlich. Auf Autobahnen führen Unfälle häufig zu Sperrungen der gesamten Richtungsfahrbahn oder sogar der Gegenfahrbahn und verursachen dann in Verbindung mit den großen Verkehrsstärken große Verlustzeiten. Bei anderen Elementen werden Verlustzeiten durch Unfälle hingegen praktisch kaum wahrgenommen. Setzt man die Verlustzeiten durch Unfälle, gemittelt über alle Fahrten (also auch die Fahrten ohne Störungen durch Unfälle) ins Verhältnis zur mittleren Reisezeit, so wirken sich die Verlustzeiten durch Unfälle selbst bei Autobahnen vergleichsweise gering aus.

### **Verlustzeit durch Baustellen**

Durch Baustellen wird die Kapazität einer Verkehrsanlage temporär verringert, wodurch es zu baustellenbedingten Überlastungen kommen kann. Die Ermittlung der Wahrscheinlichkeit von baustellenbedingten Störungen ist ähnlich problematisch wie die der Wahrscheinlichkeit von Störungen durch Überlastungen. In beiden Fällen genügen kleine Änderungen der Einflüsse, um eine Störung zu bewirken. Bei Baustellen kommt hinzu, dass die ungewohnte Situation, häufig in Kombination mit geringeren Maßen der Elemente (z. B. geringere Fahrstreifenbreite, ungewohnte Querneigungen in Wechselbereichen) verstärkt zu Unfällen innerhalb des Baustellenbereichs führen kann. Ebenfalls vergleichbar zu den Verlustzeiten durch

Überlastung ist die Ermittlung der Verlustzeiten durch Baustellen mit großen Unsicherheiten behaftet.

Die Relevanz von baustellenbedingten Verlustzeiten ist als vergleichsweise gering einzuschätzen. Baustellen bestehen nur in einem begrenzten Zeitraum und sind damit nicht maßgebend für eine systematische Mängelanalyse eines Straßennetzes, selbst wenn sie längere Zeit bestehen und zu erheblichen Störungen führen. Lediglich für die Betrachtung eines Zwischenzustandes wären sie relevant, was jedoch im Rahmen von Bedarfsplänen eher eine Ausnahme bilden dürfte.

### **Häufigkeit und Dauer von Einparkvorgängen**

Auf Straßen innerorts kann die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit durch eine Reihe von Störeinflüssen beeinflusst werden. Hierzu gehört die Häufigkeit von Einparkvorgängen sowie deren Dauer. Mit zunehmender Anzahl von (störenden) Einparkvorgängen reduziert sich die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit. Die Dauer der Einparkvorgänge beschreibt dabei jeweils das Ausmaß der Störung. Die Dauer ist zum Einen von der Art der Stellplatzanordnung abhängig (parallel, senkrecht, schräg) und zum Anderen von der Auslastung der Stellplätze. Bei Schrägparkständen sind vergleichsweise geringe Störungen zu erwarten. Bei Senkrechtparkständen ist das Ausmaß der Störung davon abhängig, ob vorwärts oder rückwärts eingeparkt wird bzw. werden muss. Am häufigsten sind entlang von Hauptverkehrsstraßen jedoch Längsstellplätze bzw. Parkmöglichkeiten am Fahrbahnrand anzutreffen. Hier hängt die Dauer der Störung stark von der Länge der verfügbaren Stellplätze ab. Sind sie lang genug, um vorwärts einzuparken, so sind vergleichsweise geringe Störungen zu erwarten. Im Gegensatz dazu sind beim Rückwärts-Einparken größere Störungen zu erwarten.

In einer Untersuchung der BAST zur Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen [6] sind die Auswirkungen von Einparkvorgängen auf die Verkehrsdichte beschrieben. Diese sind je nach Straßenumfeldtyp unterschiedlich. Allerdings ist erkennbar, dass bei Verkehrsstärken unter 1.000 Kfz/(h·Ri) die Auswirkungen sehr gering sind. Oberhalb dieses Wertes treten Störungen auf, durch die sich die Verkehrsdichte je nach Straßenumfeldtyp um 5 bis 40 % erhöht. Die Anzahl und Dauer der Einparkvorgänge ist damit im Wesentlichen bei hohen Verkehrsstärken relevant.

Die Anzahl und die Dauer von Einparkvorgängen lässt sich nur durch Beobachtungen vor Ort ermitteln. Da jeweils nur ein kleiner Abschnitt der Straße überblickt werden kann und repräsentative Beobachtungen über längere Zeiträume erfolgen müssten, ist der Aufwand zur Erhebung dieser Einflussgröße extrem groß.

### **Anzahl und Dauer von Liefer- und Ladevorgängen**

Ähnlich wie bei der Anzahl und Dauer der Einparkvorgänge entstehen Störungen auf Straßen in bebauten Gebieten auch durch Liefer- und Ladevorgänge, die auf der Fahrbahn stattfinden. Liefern und Laden außerhalb der Fahrbahn erzeugt dagegen lediglich Störungen durch das Einparken bzw.

Rangieren der Fahrzeuge. Die Anzahl der Störungen hängt stark vom Umfeld ab. Außerhalb von Abschnitten mit starkem Geschäftsbesatz treten Liefer- und Ladevorgänge eher als vereinzelte, zufällige Ereignisse auf. Die Dauer dieser Vorgänge kann wiederum sehr stark streuen. Das Ausmaß der Störung ist jedoch erheblich größer als bei Einparkvorgängen.

Die Relevanz dieser Einflussgröße ist ähnlich wie die der Einparkvorgänge. Bei geringen Verkehrsstärken ist der Einfluss vergleichsweise gering, oberhalb von 1.000 Kfz/(h·Ri) sind je nach Umfeldtyp sehr deutliche Auswirkungen auf die Verkehrsdichte zu erwarten.

Die Ermittlung der Zustandsgröße lässt sich nur durch Beobachtungen feststellen. Der Aufwand hierfür ist sogar noch größer als bei Einparkvorgängen, da Liefer- und Ladevorgänge weniger häufig auftreten und diese entsprechend über längere Zeiträume beobachtet werden müssten.

### **Anzahl und Dauer der Bushalte auf der Fahrbahn**

Störungen auf Straßen sind auch durch Bushalte auf der Fahrbahn zu erwarten. Wegen der Sicherheitsproblematik von haltenden Bussen auf der Fahrbahn außerhalb bebauter Gebiete sind jedoch Haltestellen dort in der Regel mit Busbuchten ausgestattet. Störungen durch Bushalte auf der Fahrbahn treten entsprechend vorwiegend innerhalb bebauter Gebiete auf.

Anders als bei Störungen durch Einparken sowie durch Liefer- und Ladevorgänge lässt sich die Anzahl der Bushalte vergleichsweise einfach anhand des Fahrplans ermitteln. Die Dauer ließe sich u. a. durch Beobachtungen feststellen. Sofern es sich nicht um Schwerpunkthaltestellen handelt, würde jedoch auch eine Schätzung genügen. Der Aufwand zur Ermittlung der Anzahl der Halte hält sich damit in Grenzen. Für jede Haltestelle müsste zwar der Fahrplan eingesehen werden, dies kann jedoch entweder im Rahmen einer Bereisung direkt an der Haltestelle erfolgen oder durch Abrufen der Fahrplandaten im Internet.

Die Relevanz ist ähnlich einzuschätzen wie Störungen durch Einparken, wobei Einparkvorgänge in der Regel eine geringere Dauer haben, dafür aber häufiger auftreten.

### **Anzahl an Überquerungen von bevorrechtigten Fußgängern**

An Fußgängerüberwegen („Zebrastreifen“) oder bedarfsgesteuerten Fußgängerfurten kann es durch den Vorrang der Fußgänger zu Störungen kommen. Die Dauer der Störung und damit die Relevanz ist vergleichbar mit der Störung durch Bushalte auf der Fahrbahn oder längere Einparkvorgänge. Die Häufigkeit lässt sich bei Fußgängerüberwegen lediglich durch Beobachtungen ermitteln. Dies bietet sich auch bei Fußgängerfurten an, wobei bei bedarfsgeregelten Fußgängerfurten ggf. auch auf Protokolle der Signalanlagen zurückgegriffen werden könnte. Der Aufwand beider Möglichkeiten ist jedoch vergleichbar hoch.

### **Anzahl von Abbiegern an nachrangigen Knotenpunkten und Grundstückszufahrten**

Die Auswirkungen auf die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit durch Knotenpunkte sind bereits über andere Einflussgrößen erfasst. Neben den Wirkungen von Knotenpunkten gibt es jedoch auch Störungen an nachrangigen Knotenpunkten, die im Rahmen dieses Verfahrens nicht als Knotenpunkte betrachtet werden, sowie an Grundstückszufahrten. Das Ausmaß der Störung ist hauptsächlich von der Verkehrsstärke des Gegenverkehrs abhängig, da die abbiegenden Fahrzeuge durch den Gegenstrom durchsetzen müssen. Da an nachrangigen Knotenpunkten in der Regel keine Knotenstromzählungen durchgeführt werden und dies bei Grundstückszufahrten nur in den allerseltensten Fälle geschieht, kann zur Ermittlung der Einflussgröße nicht auf vorhandene Daten zurückgegriffen werden. Es sind entsprechende Verkehrszählungen erforderlich. Der Aufwand hierfür übersteigt jedoch den Aufwand für eine übliche Knotenpunktzählung um ein Vielfaches, da prinzipiell jede Grundstückszufahrt erfasst werden müsste. Die Verfügbarkeit ist damit als sehr schlecht einzustufen. Die Relevanz ist wiederum vergleichbar mit der von Bushalten oder Überquerungen von bevorrechtigten Fußgängern.

Die Verfügbarkeit und die Relevanz der beschriebenen Einflussgrößen sind in der folgenden Tabelle bewertet.

<b>Einflussgröße</b>	<b>Verfügbarkeit</b>	<b>Relevanz</b>
Fahrbahnquerschnitt	1	1
Fahrstreifenbreite	2	4
Lage innerhalb oder außerhalb von Ballungsräumen	1	3
Kurvigkeit	3	2
Längsneigung	1	2
Fahrbahnbeschaffenheit	2	4
Streckenanteil mit Überholverbotten	2	2
Verkehrsstärke	1	1
Schwerverkehrsanteil	1	2
Streckenanteil mit Geschwindigkeitsbeschränkung	1	1
Knotenpunktgrundform	1	1
Verkehrsstärke der Querrichtung	4	2
Verlustzeit aufgrund Vorrang anderer Fahrzeuge	2	2
Parameter einer Signalsteuerung	5	3
Koordinierung von Signalanlagen	5	4
Anzahl und Verteilung von Zugfahrten an Bahnübergängen	5	1
Dauer der Sperrung an Bahnübergängen	5	1
Verlustzeit durch Überlastung	5	3
Verlustzeit durch Unfälle	4	4
Verlustzeit durch Baustellen	5	5
Anzahl und Dauer von Einparkvorgängen	5	3
Anzahl und Dauer von Liefer- und Ladevorgängen	5	3
Anzahl und Dauer von Bushalten auf der Fahrbahn	2	3
Anzahl an Querungen von bevorrechtigten Fußgängern	5	3
Anzahl von Abbiegern an nachrangigen Knotenpunkten und Grundstückszufahrten	5	3

Tab. 1 Relevanz und Verfügbarkeit der Einflussgrößen für das Ziel *geringe Reisezeit*

### 3.5.2 Einflussgrößen beim Ziel *geringe Umwegigkeit*

Unter Umwegigkeit wird das Verhältnis zwischen tatsächlicher Fahrtweite und idealer Fahrtweite verstanden. Dieses Verhältnis ist von zwei Einflussgrößen abhängig.

#### **Verhältnis zwischen tatsächlicher Fahrtweite und Luftlinienentfernung**

Die ideale Fahrtweite wird in der Regel mit der Luftlinienentfernung gleichgesetzt. Die Luftlinienentfernung berücksichtigt jedoch nur den horizontalen Umweg, d. h. den Umweg einer auf eine horizontal Ebene projizierten Raumkurve. Das Verhältnis zwischen tatsächlicher Fahrtweite und Luftlinienentfernung hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Umwegigkeit. Extremwerte kann die Umwegigkeit beispielsweise bei Pässestraßen annehmen, wenn zur Einhaltung der maximalen Längsneigung Spitzkehren erforderlich sind. Aber auch in weniger stark bewegtem Gelände kann eine große Umwegigkeit auftreten. Schon allein durch die Netzbildung sind häufig Umwege in Kauf zu nehmen. Je weitmaschiger das Netz ist (z. B. das Autobahnnetz), desto größer können die Umwege werden. Die Ermittlung des Verhältnisses zwischen tatsächlicher Fahrtweite und Luftlinienentfernung bereitet keine Probleme, da beide Anteile aus Lageplänen entnommen werden können.

#### **Vertikale Umwege**

Die Verwendung der Luftlinienentfernung als Bezugsgröße berücksichtigt nur die horizontalen Umwege. Betrachtet man eine Trasse als Raumkurve, so wäre noch denkbar, auch die vertikalen Umwege zu berücksichtigen. Denkt man beispielsweise an Pässestraßen, so könnten diese durchaus eine Rolle spielen. Im Verhältnis zu den horizontalen Umwegen spielt die vertikalen Umwege jedoch keine Rolle.

Dies wird am folgenden Beispiel erläutert: Eine Pässestraße mit mehreren Spitzkehren und einer durchschnittlichen Längsneigung von ca. 5 %, aber einer ansonsten vergleichsweise gestreckten Linienführung (dargestellt in Abb. 3 und Abb. 4). Die Luftlinienentfernung beträgt 8.625 m, die tatsächliche horizontale Entfernung 11.309 m. Daraus ergibt sich ein Faktor für den horizontalen Umweg von 1,31119. Die Länge der Raumkurve (Kombination aus horizontalem und vertikalem Umweg) beträgt 11.328 m. Der vertikale Umweg verlängert die Strecke damit lediglich um 18 m. Der Umwegfaktor beträgt unter Berücksichtigung des horizontalen und des vertikalen Anteils 1,31339. Die Berücksichtigung des vertikalen Anteils verändert den Umwegfaktor erst in der dritten Nachkommastelle, der Fehler beträgt damit in diesem Fall weniger als 0,2 %.

An einer theoretischen Betrachtung lässt sich der maximale Fehler bestimmen. Nach den RAL-Entwurf [17] beträgt die maximale Längsneigung für Landstraßen 8,0 % (EKL 4). Vergleicht man bei einem Dreieck mit einem Winkel von 8 % bzw.  $4,57^\circ$  die Länge der Ankathete (horizontale Entfernung) mit der Länge der Hypotenuse (zusätzliche Berücksichtigung des vertikalen Anteils), so ist die Hypotenuse nur um 0,3 % länger. Im Extremfall einer vollständig mit den Grenzwerten der Trassierungsparameter entworfenen Strecke beträgt der maximale Fehler durch Ver-



nachlässigung des vertikalen Anteils demnach maximal 0,3 %. Aus diesem Grund besitzt der vertikale Umweg keine nennenswerte Relevanz für das Ziel *geringe Umwegigkeit*. Die Ermittlung dieser Größe würde jedoch keinen großen Aufwand erfordern, da er aus Lage- und Höhenplänen ermittelbar wäre.

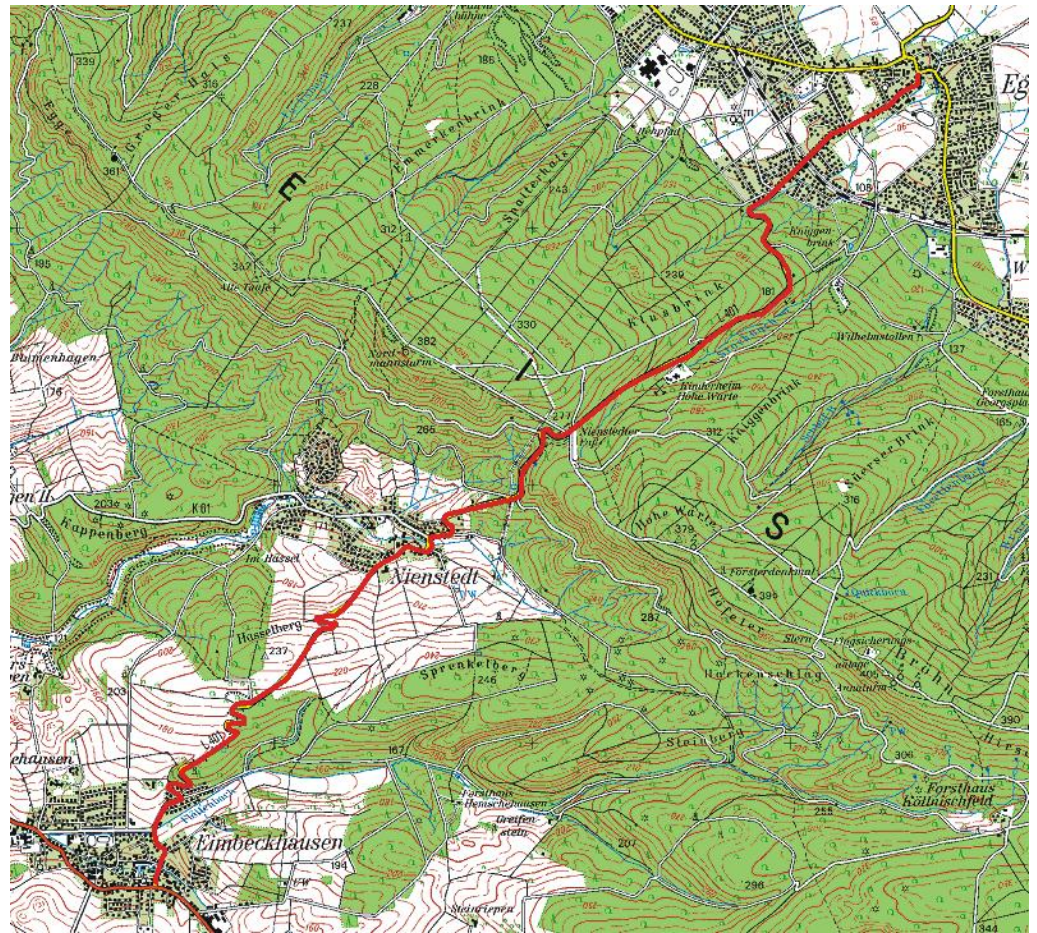


Abb. 3 Lageplan des „Niedstedter Passes“ über den Höhenzug Deister bei Hannover, L 401 zwischen Eimbeckhausen und Egestorf; Streckenzug mit durchschnittlich 5 % Längsneigung und mehrfachen Spitzkehren, aber insgesamt vergleichsweise gestreckter Linienführung (Quelle: Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen: Software TOP 50, Hannover 2003)



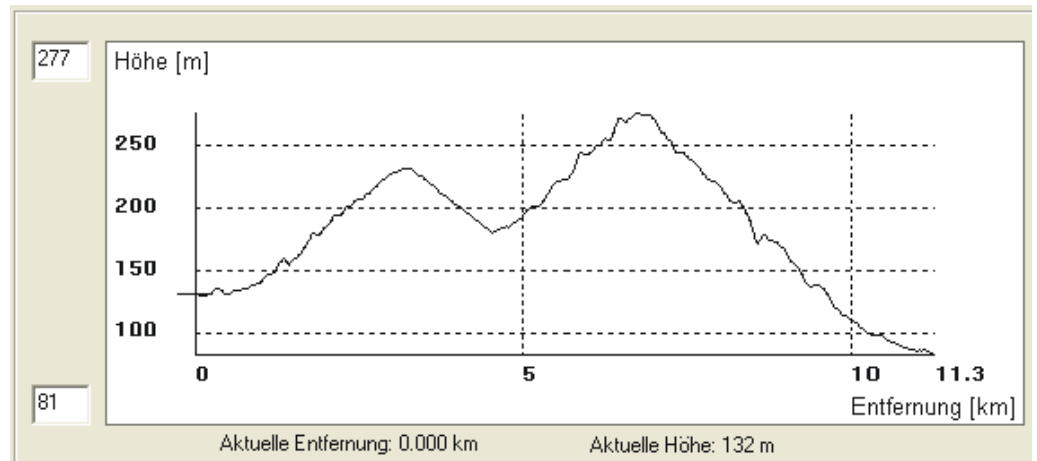


Abb. 4 Höhenschnitt des Streckenzugs Niedstedter Pass (Quelle: Landesvermessung und Geobasisinformation Niedersachsen: Software TOP 50, Hannover 2003)

Die Verfügbarkeit und die Relevanz der beschriebenen Einflussgrößen sind in der folgenden Tabelle bewertet.

Einflussgröße	Verfügbarkeit	Relevanz
Verhältnis zwischen tatsächlicher Fahrweite und Luftlinienentfernung	1	1
Vertikaler Umweg	2	5

Tab. 2 Relevanz und Verfügbarkeit der Einflussgrößen für das Ziel *geringe Umwegigkeit*

### 3.5.3 Einflussgrößen beim Ziel *hohe Zuverlässigkeit*

Die Zuverlässigkeit einer Verkehrsanlage gegenüber Überlastung nimmt mit zunehmender Auslastung ab. Bei Abschnitten der freien Strecke außerhalb bebauter Gebiete lässt sich über das Fundamentaldiagramm ein direkter Zusammenhang zwischen der Reisegeschwindigkeit und der Auslastung herstellen. Es ist daher naheliegend, dass die Einflussgrößen des Ziels *geringe Reisezeit* bei der freien Strecke auch für die Auslastung und damit die Zuverlässigkeit relevant sind.

Ähnliches gilt auch für Abschnitte der freien Strecke innerhalb bebauter Gebiete. Hier spielen die im Fundamentaldiagramm beschriebenen Zusammenhänge jedoch eine geringere Rolle, da weitere Einflüsse durch Störungen, beispielsweise Bushalte, Einparkvorgänge oder querende, bevorrechtigte Fußgänger, auftreten. Diese Störungen treten in der Regel eher vereinzelt und nicht gleichmäßig verteilt auf. Sie erhöhen damit die Streuung der Reisezeiten der einzelnen Fahrzeuge und verringern damit die Zuverlässigkeit. Zudem bewirken sie eine Erhöhung der Verkehrsdichte bzw. eine Verringerung der Kapazität. Die Folge ist eine höhere Auslastung,

was zu einer größeren Störungswahrscheinlichkeit führt. Die Einflussgrößen des Ziels *geringe Reisezeit* beschreiben damit auch die Einflüsse beim Ziel *hohe Zuverlässigkeit*.

Bei Knotenpunkten lässt sich über das Fundamentaldiagramm kein solcher Zusammenhang herstellen. Die negativen Wirkungen von Knotenpunkten auf die Reisezeit in Form von Verlustzeiten sind jedoch bei hoher Auslastung größer als bei geringer Auslastung. Zudem gibt es auch bei Knotenpunkten bei hohen Auslastungen einen Bereich, in dem der Verkehrsablauf labil wird. Die Zustandsgrößen (i. d. R. die Verlustzeiten) schwanken dann sehr stark, wenn sich die Einflussgrößen geringfügig verändern. Vor diesem Hintergrund ist es auch bei Knotenpunkten naheliegend, dass die Einflussgrößen des Ziels *geringe Reisezeit* auch relevant sind für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit*.

Bei Bahnübergängen ist ein solcher labiler Bereich auch zu erwarten, wenn die Zugfolge so groß ist, dass sich ein während der Sperrung aufgestauter Pulk nicht mehr vollständig abbauen kann, solange die Schranken geöffnet sind. Aber auch ohne dass ein solcher labiler Zustand erreicht wird, schränken Bahnübergänge die Zuverlässigkeit ein. Die Sperrung an Bahnübergängen tritt in der Regel verglichen mit einer Signalanlage sehr selten auf. Tritt sie jedoch auf, so liegen die Verlustzeiten sehr deutlich über denen von Signalanlagen. Selbst bei kurzen, schnellen Zügen wie S-Bahnen liegen die Schrankenschließzeiten häufig bei eineinhalb bis drei Minuten. Bei langsamen oder anfahrenden, langen Zügen können die Schrankenschließzeiten noch deutlich länger sein. Die mittlere Verlustzeit ist jedoch selbst bei langen Sperrungen und einer hohen Zugfrequenz in der Regel deutlich geringer als bei plangleichen Knotenpunkten, insbesondere bei Signalanlagen. So bewirkt eine jeweils dreiminütige Sperrung bei vier Sperrungen je Stunde lediglich eine mittlere Verlustzeit von 18 Sekunden. Selbst bei einer Schrankenschließzeit von vier Minuten und acht Sperrungen je Stunde (z. B. bei einer S-Bahn im 15-Minuten-Takt) beträgt die mittlere Verlustzeit nur 64 Sekunden. Dies entspricht einer Signalanlage, deren Verkehrsqualität mit der noch als ausreichend zu beurteilenden Verkehrsqualitätsstufe D zu bewerten ist. Bei Bahnübergängen spielt demnach die Auslastung eines Bahnübergangs eine weniger große Rolle für die Zuverlässigkeit als bei Knotenpunkten. Die Einflussgrößen für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit* sind jedoch wiederum gleichzusetzen mit denen des Ziels *geringe Reisezeit*.

Die Einflussgrößen der Ziele *hohe Zuverlässigkeit* und *geringe Reisezeit* sowie deren Verfügbarkeit und Relevanz stimmen damit überein. Die Verfügbarkeit und Relevanz der Einflussgrößen des Ziels *hohe Zuverlässigkeit* sind in Tab. 1 dargestellt.

### 3.6 Auswahl von Einflussgrößen

Da die Einflussgrößen der Ziele *geringe Reisezeit* und *hohe Zuverlässigkeit* übereinstimmen, erfolgt die Auswahl der Einflussgrößen für beide Ziele gemeinsam.

Zur Beschreibung der mittleren Reisegeschwindigkeit auf **Abschnitten der freien Strecke außerhalb bebauter Gebiete** sowie für **Autobahnabschnitte** haben nur die beiden Einflussgrößen *Fahrstreifenbreite* und *Fahrbahnbeschaffenheit* wenig Aussagekraft. Aus diesem Grund wird auf die Berücksichtigung dieser beiden Einflussgrößen verzichtet.

Die Verfügbarkeit aller Einflussgrößen, die die freie Strecke einschließlich der Autobahnen betreffen wird mit Ausnahme der *Kurvigkeit* als gut bis sehr gut eingeschätzt. Die mäßige Verfügbarkeit der Kurvigkeit darf jedoch in diesem Fall kein Kriterium sein, um diese Einflussgröße von der weiteren Betrachtung auszuschließen, da sie eine hohe Relevanz aufweist.

Zur Auswahl der zu verwendenden Einflussgrößen für **Knotenpunkte** steht weniger die Aussagekraft im Vordergrund, als vielmehr die schlechte Verfügbarkeit einiger Einflussgrößen. Problematisch ist dabei, dass in der Regel nur für einen geringen Teil der zu untersuchenden Knotenpunkte Ergebnisse aktueller Knotenstromzählungen und Unterlagen zur Signalsteuerung verfügbar sind. Nicht zuletzt aus diesem Grund scheidet eine Ermittlung der Wartezeiten nach den üblichen Rechenverfahren, beispielsweise nach dem Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) [14], aus. Es ist daher notwendig, ein Verfahren zur Abschätzung der Wartezeiten auf Grundlage der verfügbaren Einflussgrößen (im Wesentlichen der Knotenpunktgrundform und dem DTV) zu erarbeiten.

Noch deutlicher als bei den Knotenpunkten hängt die Auswahl der Einflussgrößen bei den **Bahnübergängen** von der Verfügbarkeit ab. Zur Berechnung von mittleren Wartezeiten sind in jedem Fall die Anzahl und die zeitliche Verteilung der Zugfahrten sowie die Schrankenschließzeiten erforderlich. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass diese größtenteils nicht verfügbar sind oder nur mit beträchtlichem Aufwand beschafft werden können. Daher wird auf Grundlage der verbleibenden Einflussgrößen (Bedeutung der Zugstrecke und Belastung der Bundesstraße) nur eine pauschale Einteilung möglich sein.

Zur Ermittlung der Zustandsgrößen für **Abschnitte der freien Strecke innerhalb bebauter Gebiete** werden die gleichen Einflussgrößen verwendet wie für Abschnitt außerhalb bebauter Gebiete. Zusätzlich haben jedoch die Einflussgrößen, die die Störungen des Verkehrsablaufs innerhalb bebauter Gebiete beschreiben, einen nicht zu vernachlässigen Einfluss. Hierzu gehören u. a. Störungen durch Einparkvorgänge, Liefers und Laden und Bushalte. Mit Ausnahme der Bushalte ist die Verfügbarkeit dieser Einflussgrößen jeweils als mangelhaft einzustufen. Das Verfahren der BAST zur Beurteilung der Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen [6] basiert neben der Verkehrsstärke und dem Straßenum-

feldtyp vorrangig auf diesen Einflussgrößen. Die Verwendung des BAsT-Verfahrens oder eines daran angelehnten Verfahrens scheidet im Rahmen des hier entwickelten Verfahrens aus, da der Aufwand zur Erhebung der relevanten Einflussgrößen für eine große Anzahl an Abschnitten innerhalb bebauter Gebiete erheblich zu groß wäre. Das Ausmaß der Störungen kann bestenfalls im Rahmen einer Bereisung abgeschätzt werden. Eine belastbare Erhebung der Einflussgrößen scheidet jedoch aus.

Das Ziel *geringe Umwegigkeit* umfasst andere und eine geringere Anzahl an Einflussgrößen als die Ziele *geringe Reisezeit* und *hohe Zuverlässigkeit*. Die Einflussgröße *vertikaler Umweg* besitzt keine nennenswerte Relevanz. Damit verbleibt als einzige Einflussgröße das *Verhältnis zwischen tatsächlicher Fahrtweite und Luftlinienentfernung*. Die Verfügbarkeit dieser Einflussgröße ist als sehr gut einzustufen.

### 3.7 Fazit

Die Methodik zur Identifikation von Mängeln baut auf einem Abgleich der Zustandsgrößen mit dem jeweiligen Ziel auf. Hierfür sind entsprechende Ziel- und Zustandsgrößen auszuwählen.

Die Auswahl der Zielgrößen konzentriert sich auf das Zielfeld Verkehrsqualität, da in den Zielfeldern Verkehrssicherheit, Umfeld und Wirtschaftlichkeit viele Ziele bereits durch andere Verfahren abgedeckt sind. Im Zielfeld Verkehrsqualität sind folgende Ziele herausgearbeitet worden, die eine wesentliche Rolle für die Mängelanalyse spielen:

- Geringe Reisezeit
- Geringe Umwegigkeit
- Hohe Zuverlässigkeit (geringe Störungen durch Überlastung von Verkehrsanlagen)

Der Zielgröße *geringe Reisezeit* wird als Zustandsgröße das Verhältnis zwischen Luftliniengeschwindigkeit zu Luftlinienentfernung gegenüber gestellt. Die Zustandsgröße für das Ziel *geringe Umwegigkeit* ist das Verhältnis zwischen tatsächlicher Fahrtweite und Luftlinienentfernung. Der Abgleich bei der Zielgröße *hohe Zuverlässigkeit* erfolgt über die Zustandsgröße Auslastung.

Jede Zustandsgröße wird über eine oder mehrere Einflussgrößen beschrieben. Die Einflussgrößen unterscheiden sich hinsichtlich der Relevanz und der Verfügbarkeit. Nur Einflussgrößen mit einer ausreichenden Relevanz und gleichzeitig einer akzeptablen Verfügbarkeit sind geeignet, um im Verfahren verwendet zu werden. In Ziffer 4 werden im Rahmen der jeweiligen Verfahren die geeigneten Einflussgrößen ausgewählt.

## 4 Ermittlung der relevanten Zustandsgrößen

### 4.1 Einleitung

Die Zustandsgrößen der einzelnen Ziele sind wie beschrieben jeweils von verschiedenen Einflussgrößen abhängig. Diese sind jedoch nicht immer in gleichem Maße relevant, sondern bei verschiedenen Arten von Verkehrsanlagen unterschiedlich wichtig. Für die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit auf knotenpunktfreien Strecken außerhalb bebauter Gebiete haben beispielsweise hauptsächlich die Verkehrsstärke, die Anzahl der Fahrstreifen je Richtung sowie die Kurvigkeit, Längsneigung und ggf. Überholverbote Einfluss. Im Bereich von Knotenpunkten spielen dagegen die Kurvigkeit und Überholverbote praktisch keine Rolle. Hier sind ebenfalls die Verkehrsstärken und die Zahl der Fahrstreifen von Bedeutung. Eine mindestens ebenso wichtige Einflussgröße ist in an Knotenpunkten jedoch die Art der Vorfahrtregelung (Lichtsignalanlage, Kreisverkehr, vorfahrtgeregelte Einmündung/Kreuzung, etc.) und deren spezifische Eigenschaften.

Wegen der großen Unterschiede hinsichtlich der Relevanz der Einflussgrößen bei verschiedenen Arten von Verkehrsanlagen muss daher auf unterschiedliche Verfahren zur Ermittlung der Zustandsgrößen zurückgegriffen werden. Diese sind für die unterschiedlichen Arten von Verkehrsanlagen jeweils getrennt zu ermitteln und in Abhängigkeit von der Länge der Abschnitte zu einem Gesamtwert für den Streckenzug zusammenzuführen.

Die zu untersuchenden Streckenzüge sind daher in Verkehrsanlagen bzw. Elemente mit unterschiedlicher Relevanz der jeweiligen Einflussgrößen zu differenzieren. Dabei sollten einerseits möglichst wenige Arten von Verkehrsanlagen unterschieden werden, um das Verfahren handhabbar und transparent zu halten und den Aufwand zu begrenzen. Andererseits muss so weit differenziert werden, dass die Zustandsgrößen für alle Verkehrsanlagen ausreichend genau ermittelt werden können. Von besonderer Bedeutung sind hierbei klar definierte Abgrenzungen der Elemente.

Betrachtet man knotenpunktfreie Strecken, so ist eine Differenzierung in Strecken innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete notwendig, da außerhalb bebauter Gebiete im Wesentlichen fahrdynamisch wirksame Einflüsse wie die Kurvigkeit und Längsneigung von Bedeutung sind. Innerhalb bebauter Gebiete spielen diese nur eine untergeordnete Rolle, während der Einfluss von Störungen beispielsweise durch Einparkvorgänge oder Bushalte von Bedeutung sind.

Einen wesentlichen Einfluss auf die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit haben außerhalb bebauter Gebiete die Überholmöglichkeiten. Entsprechend sind Strecken mit einem Fahrstreifen je Richtung und mit mehr als einem Fahrstreifen je Richtung zu unterscheiden. Zu den erstgenannten gehören Landstraßen mit zwei Fahrstreifen im Querschnitt. Bei letzteren ist zu unterscheiden in Straßen mit drei Fahrstreifen im Querschnitt (Nutzung des mittleren Fahrstreifens als Überholfahrstreifen für eine Richtung)

und autobahnähnliche Straßen bzw. Autobahnen mit vier oder mehr Fahrstreifen im Querschnitt.

Auf Streckenabschnitten innerhalb bebauter Gebiete beeinflussen eine sehr große Zahl von Einflussgrößen die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit, wobei diese in der Regel nicht aus fahrdynamisch wirksamen Einflüssen bestehen, sondern im Wesentlichen aus Störungen, beispielsweise durch Einparkvorgänge oder Bushalte.

Die knotenpunktfreien Streckenabschnitte innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete werden durch Knotenpunkte und Bahnübergänge begrenzt. Hinzu kommen seltener auftretende Verkehrsanlagen, die sich nicht direkt einer der genannten Gruppen zuordnen lassen, z. B. Klappbrücken, Mautstellen, etc..

Im Folgenden sind die unterschiedenen Arten von Verkehrsanlagen und die im Folgenden verwendeten Abkürzungen aufgeführt:

- knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit einem Fahrstreifen je Richtung (FS-2)
- knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit drei Fahrstreifen im Querschnitt (FS-3)
- knotenpunktfreie Strecken autobahnähnlicher Straßen außerhalb bebauter Gebiete oder Autobahnen mit vier oder mehr Fahrstreifen im Querschnitt (FS-m)
- Knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete (FS-OD)
- Knotenpunkte innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (KP)
- Bahnübergänge innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (BÜ)
- Sonstige Anlagen (SO).

Das HBS 2001 [14] beinhaltet eine Sammlung von bewährten Verfahren zur verkehrstechnischen Bemessung von Straßenverkehrsanlagen. In dem Handbuch sind für viele Arten von Verkehrsanlagen Zusammenhänge zwischen der Verkehrsstärke, der Auslastung und der Qualität des Verkehrsablaufs (ggf. unter Berücksichtigung weiterer Einflussgrößen) dargestellt. Die Verfahren entsprechen dem aktuellen Stand der Wissenschaft und wurden auf der Grundlage von Forschungsarbeiten des BMVBS in Fachgremien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) erarbeitet. Sie werden laufend weiter entwickelt. Da sich diese Verfahren bewährt haben und in der Praxis zur Anwendung kommen, werden soweit möglich die im HBS beschriebenen Verfahren zur Ermittlung der Zustandsgrößen für die Ziele *geringe Reisezeit* und *hohe Zuverlässigkeit* verwendet. Für die Verkehrsanlagen, zu denen im HBS keine Verfahren enthalten sind, wird auf andere Verfahren zurückgegriffen bzw. neue Verfahren entwickelt. Da die Ermittlung der Zustandsgröße für das Ziel geringe Umwegigkeit trivial ist, werden keine entsprechenden Verfahren benötigt.

## 4.2 Zustandsgröße des Ziels *geringe Reisezeit*

Das Ziel geringe Reisezeit wird über die Zustandsgröße *Verhältnis von Luftliniengeschwindigkeit zu Luftlinienentfernung im Pkw-Verkehr* beschrieben. Diese lässt sich ableiten aus der Luftlinienentfernung, der tatsächlichen Entfernung und der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit. Die Luftlinienentfernung und die tatsächliche Entfernung lassen sich aus vorhandenen Lageplänen ermitteln. Entsprechend liegt der Fokus bei der Ermittlung der Zustandsgröße auf der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit.

### 4.2.1 Knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit einem Fahrstreifen je Richtung (FS-2)

#### Relevante Einflussgrößen

Die wesentlichen Einflussgrößen für die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit auf Abschnitten von knotenpunktfreien Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit einem Fahrstreifen je Richtung sind:

- Verkehrsstärke,
- Schwerverkehrsanteil,
- Überholverbot,
- Geschwindigkeitsbeschränkung,
- Längsneigung und
- Kurvigkeit.

#### Auswahl eines Verfahrens

Benötigt wird ein Verfahren, das Aussagen zur mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit liefert oder zu einer anderen Zustandsgröße, aus der zuverlässig auf die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit geschlossen werden kann.

Das HBS enthält zwei Kapitel, die sich mit der Bewertung von Streckenabschnitten befassen. Kapitel 5 behandelt Streckenabschnitte von zweistreifigen Landstraßen und Kapitel 8 Streckenabschnitte von Hauptverkehrsstraßen. Da das Kapitel 8 Straßen innerhalb oder im Vorfeld bebauter Gebiete behandelt, kommt es für dieses Element nicht in Betracht. Zudem ist dieses Kapitel bislang nicht gefüllt.

Das Verfahren in Kapitel 5 liefert als Ergebnis die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit des jeweiligen Abschnitts und verwendet alle genannten Einflussgrößen. Es ist daher im Rahmen dieses Verfahrens fast uneingeschränkt geeignet.

## Beschreibung des HBS-Verfahrens

Kapitel 5 des HBS enthält ein Berechnungsverfahren, mit dem der Nachweis erbracht werden kann, dass der prognostizierte Verkehr auf einer Strecke mit einer angestrebten Qualität abgewickelt werden kann. Das Verfahren behandelt zweistreifige Streckenabschnitte, die nicht im Einflussbereich benachbarter Knotenpunkte liegen und gilt für zweistreifige Straßen der Kategorie A mit den Verbindungsfunktionsstufen I bis III gemäß RAS-N bzw. den Kategorien LS II und LS III gemäß RIN.

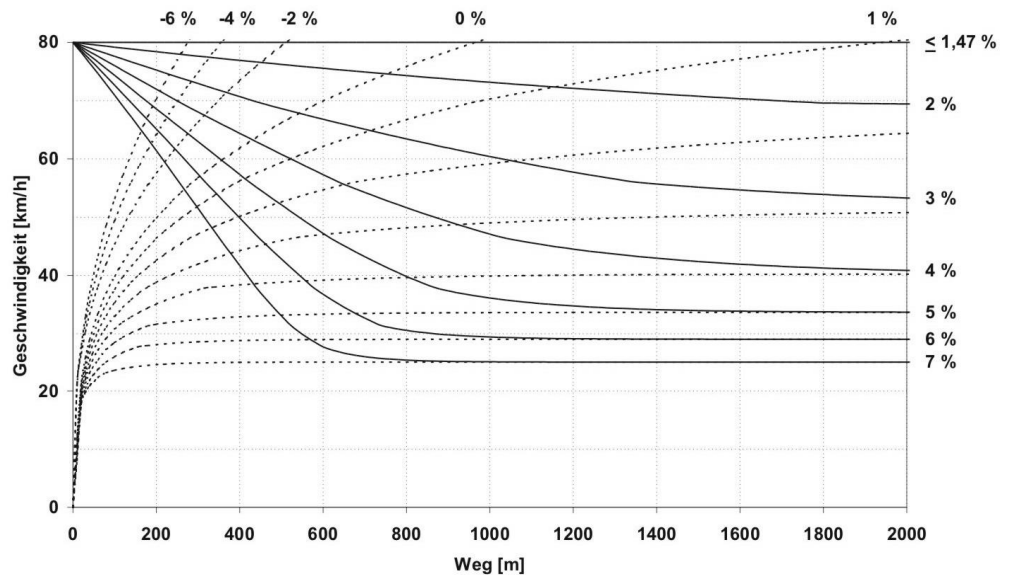
Voraussetzung für das Verfahren ist die Kenntnis der Verkehrsstärke in Kraftfahrzeuge pro Stunde (Kfz/h) und des Schwerververkehrsanteils.

Das Verfahren beruht auf der Einteilung der Strecke in Teilabschnitte mit vergleichbaren Eigenschaften, insbesondere in Bezug auf die Längsneigung und die Kurvigkeit. Ein neuer Teilabschnitt beginnt bei der Änderung einer streckenbezogenen Einflussgröße. Ein Teilabschnitt sollte mindestens eine Länge von 300 m haben. Die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit wird für jeden Teilabschnitt einzeln ermittelt.

Teilabschnitte werden im HBS-Verfahren immer bei Längsneigungsänderungen gebildet, da sich die Geschwindigkeit des Schwerverkehrs bei längeren Steigungsstrecken mit einer Längsneigung von mehr als 2 % reduziert. Steigungsstrecken werden im Verfahren über eine Zuordnung einer Steigungsklasse berücksichtigt. Gefällestrecken werden dagegen wie Strecken ohne Längsneigung behandelt.

Die Einteilung in Steigungsklassen erfolgt über die niedrigste Geschwindigkeit eines sogenannten Bemessungsschwerfahrzeuges (BSF), die im betrachteten Abschnitt aufgrund der Steigung erreicht wird. Mit Hilfe von [14] wird die Geschwindigkeit des Bemessungsschwerfahrzeuges anhand der Streckenlänge und der Steigung ermittelt.





Geschwindigkeitsabnahme: ———  
 Anfangsgeschwindigkeit: 80 km/h  
 Steigungen: 2 % bis 7 %

Geschwindigkeitszunahme: - - -  
 Anfangsgeschwindigkeit: 0 km/h  
 Gefälle: - 6 %, - 4 %, - 2 %

Abb. 5 Geschwindigkeitsprofile für das Bemessungsschwerfahrzeug (BSF) bei unterschiedlichen Längsneigungen nach HBS [14]

Aus der geringsten Geschwindigkeit des Bemessungsschwerfahrzeugs im untersuchten Abschnitt wird die Steigungsklasse nach Tab. 3 ermittelt.

Geringste Geschwindigkeit des BSF [km/h]	Steigungsklasse
> 70	1
55 – 70	2
40 – 55	3
30 – 40	4
< 30	5

Tab. 3 Zuordnung von Steigungsklassen zu Geschwindigkeitsklassen nach HBS [14]

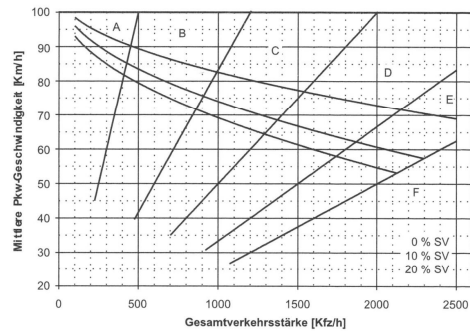
Die Kurvigkeitsverhältnisse einer Straße haben einen wesentlichen Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit. Die Kurvigkeit wird daher über die Einteilung in vier Kurvigkeitsklassen einbezogen (vgl. Abb. 6).

Überholverbote, die aus fehlender Überholsichtweite (beispielsweise vor Kuppen) resultieren, gehen über den prozentualen Anteil der Strecke mit Überholverbot durch einen Zuschlag zur Kurvigkeit in das Verfahren mit ein. Kurvigkeit und Überholverbot werden somit bei diesem Verfahren auf eine einzige Einflussgröße reduziert.

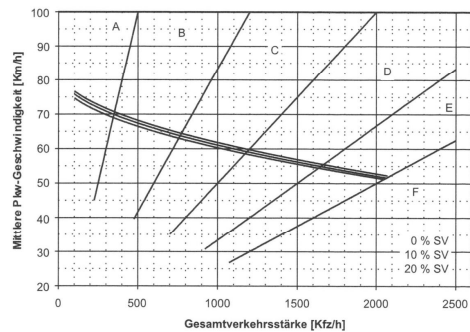
Die Berücksichtigung von Geschwindigkeitsbeschränkungen ist nach dem HBS-Verfahren nicht möglich, da im Rahmen einer Bemessung für Neubau-  
strecken in der Regel noch keine detaillierten betrieblichen Randbedingun-  
gen bekannt sind. Querschnittsbreiten bleiben ebenfalls unberücksichtigt,  
da geringfügige Abweichungen keinen Einfluss auf die Qualität des Ver-  
kehrsablaufs haben.

Das Verfahren beruht auf den in Abb. 6 beispielhaft dargestellten Be-  
ziehungen zwischen Verkehrsstärke und Geschwindigkeit. Auf der Basis  
dieser Diagramme kann über fünf Steigungsklassen und vier Kurvigkeits-  
klassen eine mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit ermittelt werden.

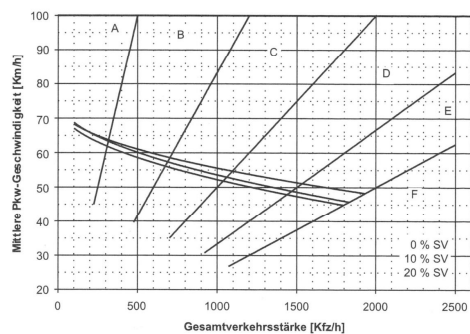
Kurvigkeit  
0-75 gon/km



75 - 150



150 - 225



> 225

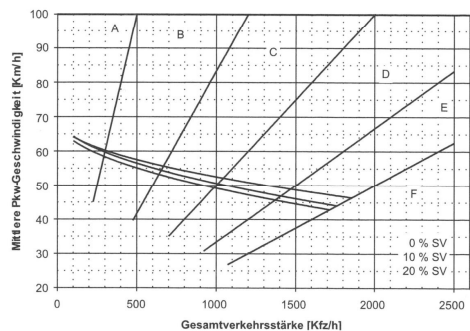


Abb. 6 Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke am Beispiel der Steigungsklasse 1 – Qualitätsstufen A bis F [14]

### Modifizierung des HBS-Verfahrens

Da im Verfahren nach dem HBS bereits ein Großteil der zur Bewertung notwendigen Abhängigkeiten zwischen den Einflussgrößen und der Zustandsgröße dargestellt ist, kann auf die grundsätzliche Neuentwicklung

eines Verfahrens verzichtet werden. Das HBS-Verfahren kann jedoch für den vorgesehenen Zweck nicht ohne Modifikationen übernommen werden, weil es zur Bemessung dient und daher betriebliche Randbedingungen nicht oder in einer für dieses Verfahren ungeeigneten Form berücksichtigt. Entsprechend werden die im Folgenden beschriebenen Änderungen und Ergänzungen vorgenommen.

Die Einteilung der Abschnitte wie im HBS anhand der Längsneigung und der Kurvigkeit führt zu einer sehr kleinteiligen und ungleichmäßigen Abschnittsbildung, da durch diese Einteilung Streckenabschnitte in bewegtem Gelände sehr kurz und in ebenem Gelände unverhältnismäßig lang werden würden. Zudem werden Geschwindigkeitsbeschränkungen nicht berücksichtigt.

Als Einflussgröße zur Abschnittsbildung bieten sich daher in diesem Zusammenhang die Verkehrsstärke und die zulässige Geschwindigkeit an. Ein neuer Abschnitt wird immer dann gebildet, wenn sich eines der beiden Kriterien ändert. Die Änderung der Verkehrsstärke wird zur Abschnittsbildung herangezogen, da sie maßgeblich in die Berechnung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit eingeht.

Die ausschließliche Verwendung der Verkehrsstärke würde jedoch zu sehr langen Abschnitten führen, so dass als zweites Kriterium die zulässige Geschwindigkeit hinzugezogen wird. Eine Beschränkung der zulässigen Geschwindigkeit beeinflusst das Fahrverhalten deutlich und steht oft in direktem Zusammenhang mit weiteren Einflüssen, die die Reisegeschwindigkeit beeinträchtigen. Im Gegensatz zu den Berechnungsverfahren nach dem HBS müssen die Geschwindigkeitsbeschränkungen deshalb mit in das Verfahren integriert werden. Dies wird durch die Berücksichtigung der Geschwindigkeitsbeschränkung bei der Abschnittsbildung möglich. Hierdurch haben alle Abschnitte über die gesamte Länge eine konstante zulässige Geschwindigkeit. Zur kleinteiligen Berücksichtigung der Längsneigung und der Kurvigkeit werden Unterabschnitte gebildet. Das Verfahren nach dem HBS ist damit weiter anwendbar und das Ergebnis wird erst einmal nicht durch die Geschwindigkeitsbeschränkung beeinträchtigt.

Die Geschwindigkeitsbeschränkung wird erst nach der Berechnung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit mit dem Verfahren des HBS eingebracht. Die nach dem HBS ermittelte Pkw-Reisegeschwindigkeit wird mit der zulässigen Geschwindigkeit verglichen. Liegt die erreichbare Reisegeschwindigkeit über der zulässigen Geschwindigkeit, wird sie durch den Wert der Geschwindigkeitsbeschränkung ersetzt.

Die Mindestabschnittslänge beträgt im HBS 300 m. Im Rahmen dieses Verfahrens wird sie auf 200 m herabgesetzt. Hierdurch werden beispielsweise Geschwindigkeitsbeschränkungen an vorfahrtgeregelten Knotenpunkten im Zuge der übergeordneten Straße nicht vernachlässigt, da der geschwindigkeitsbeschränkte Bereich zumeist zwischen 200 und 300 m lang ist.

Bei einer Mindestabschnittslänge von 300 m nach dem HBS würde in solchen Fällen kein neuer Abschnitt gebildet. Da aber die zulässige Geschwindigkeit im Verfahren über die gesamte Abschnittslänge gleich sein muss, würde die Geschwindigkeitsbeschränkung in diesem Teilabschnitt nicht berücksichtigt.

Im Verfahren nach dem HBS wird der Streckenanteil mit Überholverbot in Form eines pauschalen Zuschlags zur Kurvigkeit berücksichtigt. Da es sich um ein Verfahren zur Bemessung handelt, in dem betriebliche Randbedingungen erst einmal nicht berücksichtigt werden, sind nur Überholverbote vorgesehen, die aus fehlender Überholsichtweite resultieren. Wendet man das Verfahren auf vorhandene Strecken an, in denen aus betrieblichen Gründen zusätzliche Überholverbote gelten, ergeben sich bereits bei geringen Überholverbotsanteilen hohe Zuschläge zur Kurvigkeit und damit drastisch geringere Reisegeschwindigkeiten. Eine Übergewichtung dieser Einflussgröße wäre die Folge. Aus diesem Grund wird im Verfahren auf einen pauschalen Zuschlag zur Kurvigkeit verzichtet.

Andererseits ist davon auszugehen, dass Überholverbote einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Reisegeschwindigkeit haben. Streckenanteile mit Überholverbot werden daher über das im Folgenden beschriebene Verfahren berücksichtigt. Um dabei den Aufwand zu begrenzen und da in dieser Größenordnung keine nennenswerten Auswirkungen zu erwarten sind, werden Überholverbote mit einer Länge von weniger als 100 m nicht berücksichtigt.

Überholverbote haben nur dann negative Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeit, wenn die Wunschgeschwindigkeit schneller Fahrzeuge unter Berücksichtigung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit höher ist als die Geschwindigkeit langsamer Fahrzeuge. Entsprechend hat ein Überholverbot keine Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeit, wenn die zulässige Geschwindigkeit geringer ist als die erreichbare Geschwindigkeit langsamer Fahrzeuge in diesem Abschnitt.

Die mittlere Reisegeschwindigkeit mit Überholverbot liegt zwischen der (höheren) mittleren Reisegeschwindigkeit ohne Überholverbot und der (niedrigen) mittleren Geschwindigkeit langsamer Fahrzeuge. Sie ist von der Verkehrsstärke und vom Schwerverkehrsanteil bzw. der Anzahl langsamer Fahrzeuge abhängig. Bei hohen Verkehrsstärken ist die Verkehrsdichte größer, was die Pulkbildung hinter langsamen Fahrzeugen und damit das Ausmaß der Störung vergrößert. Je größer die Verkehrsstärke ist, desto größer sind auch die Auswirkungen langsamerer Fahrzeuge. Bei sehr geringem Schwerverkehrsanteil sind die Auswirkungen des Überholverbotes relativ gering, da nur selten ein Anlass zum Überholen besteht und die Pulkbildung gering bleibt. Bei hohem Schwerverkehrsanteil muss ein Großteil der Fahrzeuge ihre Geschwindigkeit der langsameren Fahrzeuge anpassen.

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Pulks ist von der Verkehrsstärke des Schwerverkehrs abhängig und damit prinzipiell entkoppelt von der Gesamt-Verkehrsstärke. Über den Schwerverkehrsanteil lässt sich die

Wahrscheinlichkeit der Pulkbildung damit nicht exakt abbilden. Da jedoch der Schwerverkehrsanteil eine gute Näherung darstellt und im HBS-Verfahren als Einflussgröße verwendet wird, wird zur Vereinfachung der Schwerverkehrsanteil statt der Verkehrsstärke des Schwerverkehrs verwendet.

Zur Bestimmung der mittleren Geschwindigkeit langsamer Fahrzeuge wird das im HBS verwendete und bereits beschriebene Bemessungsschwerfahrzeug herangezogen. Anhand der Geschwindigkeitsdiagramme im HBS kann dessen Geschwindigkeit in Abhängigkeit von Längsneigung und Abschnittslänge bestimmt werden.

Die Höhe der Abminderung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit aufgrund des Überholverbots wird über die Verkehrsstärke und den Schwerverkehrsanteil bestimmt. Um eine Grundlage für die Größe der Abminderung zu erhalten, wurde eine 2 km lange Strecke mit Überholverbot in einem mikroskopischen Simulationsmodell (VISSIM 5.10) nachgebildet. Darin wurde die Verkehrsstärke mit den Werten 500, 1.000, 1.500 und 2.000 Kfz/(h·Ri) variiert. Der Schwerverkehrsanteil wurde in 5 %-Schritten zwischen 0 und 30 % angesetzt. Aus dem Modell wurde für jedes Paar aus Verkehrsstärke und Schwerverkehrsanteil die Pkw-Reisezeit und über die Streckenlänge die Pkw-Reisegeschwindigkeit ermittelt. Die Reisegeschwindigkeit mit verschiedenen Schwerverkehrsanteilen wurde ins Verhältnis gesetzt zur Reisegeschwindigkeit ohne Schwerverkehr (0 % Schwerverkehrsanteil). Die Abminderung der Reisegeschwindigkeit, die sich aus dem Schwerverkehr bei verschiedenen Verkehrsstärken ergibt, ist in Abb. 7 dargestellt.

### Abminderung der Pkw-Reisegeschwindigkeit

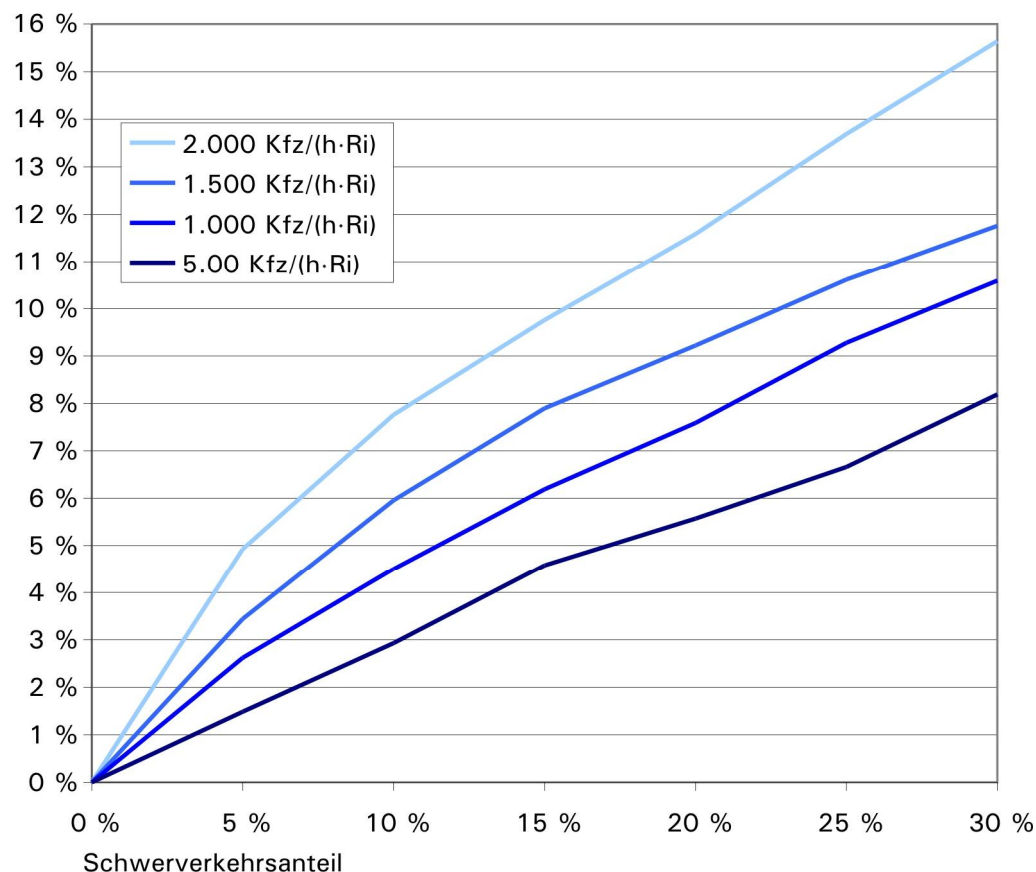


Abb. 7 Abminderung der Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und dem Schwerverkehrsanteil

Weiter ist zu berücksichtigen, dass die Auswirkungen des Überholverbots in den beiden Richtungen unterschiedlich sind, da die Geschwindigkeit des Bemessungsschwerfahrzeugs in Richtung der Steigung deutlich geringer ist als in Richtung des Gefälles. Aus diesem Grund sind richtungsbezogene Berechnungen notwendig, deren Ergebnisse anschließend gemittelt werden. Entsprechend werden auch einseitige Überholverbote berücksichtigt.

### Abschnittseinteilung

Zur Einteilung in Abschnitte ist folgendermaßen vorzugehen. Als erstes Kriterium wird die Geschwindigkeitsbeschränkung verwendet. Eine Abgrenzung benachbarter Abschnitte erfolgt demnach an der Stelle, an der sich die zulässige Geschwindigkeit ändert.

Bei unterschiedlichen zulässigen Geschwindigkeiten in beiden Richtungen wird die Abschnittsbildung so vorgenommen, dass möglichst homogene Abschnitte entstehen. Ist in einem Abschnitt ein kurzer Bereich (weniger als 200 m) mit anderer Geschwindigkeitsbeschränkung enthalten als im überwiegenden Teil des Abschnitts und hat dieser nur sehr geringe Auswirkungen, so wird die überwiegend vorhandene Geschwindigkeitsbeschränkung für den gesamten Abschnitt angesetzt. Dies tritt beispiels-

weise vor Ortsdurchfahrten auf, wo in Richtung der Ortsdurchfahrt häufig die zulässige Geschwindigkeit von 100 auf 70 km/h reduziert wird („Geschwindigkeitstrichter“). Da wegen der Ortsdurchfahrt ohnehin die Geschwindigkeit reduziert werden muss, dient diese Beschränkung in erster Linie der Ankündigung einer noch geringeren Geschwindigkeit und veranlasst dazu, den Bremsvorgang zu beginnen. Treten unterschiedliche Geschwindigkeitsbeschränkungen in verschiedene Richtungen in längeren Bereichen auf, so werden diese zu einer fiktiven gemeinsamen Geschwindigkeitsbeschränkung gemittelt.

Die Bildung von Abschnitten mit einer Länge von weniger als 200 m sollte vermieden werden, da die Auswirkungen solch kurzer Abschnitte auf die Reisegeschwindigkeit als eher gering einzustufen sind. Ein solcher Bereich wird sinnvoll einem benachbarten Abschnitt zugeschlagen.

Das zweite Kriterium zur Abschnittsbildung neben der Geschwindigkeitsbeschränkung ist eine Änderung der Verkehrsstärke, da diese wesentlich in die Berechnung der mittleren Reisegeschwindigkeit eingeht und daher eine konstante Verkehrsstärke über die gesamte Abschnittslänge notwendig ist.

Die Abgrenzung zwischen Strecken mit einem Fahrstreifen je Richtung (FS-2) und Strecken mit mehr als einem Fahrstreifen je Richtung (FS-3 und FS-m) erfolgt über die Markierungen, die den jeweiligen Wechsel der Fahrstreifenanzahl einleiten. Ein FS-3- oder FS-m-Abschnitt beginnt dort, wo der zusätzliche Fahrstreifen nutzbar wird und endet dort, wo er nicht mehr nutzbar ist. Der Bereich der Verziehung gehört entsprechend noch zum FS-2-Abschnitt.

Abb. 8 zeigt die Abschnittsbildung schematisch anhand der vorliegenden Angaben für zwei FS-2-Abschnitte.



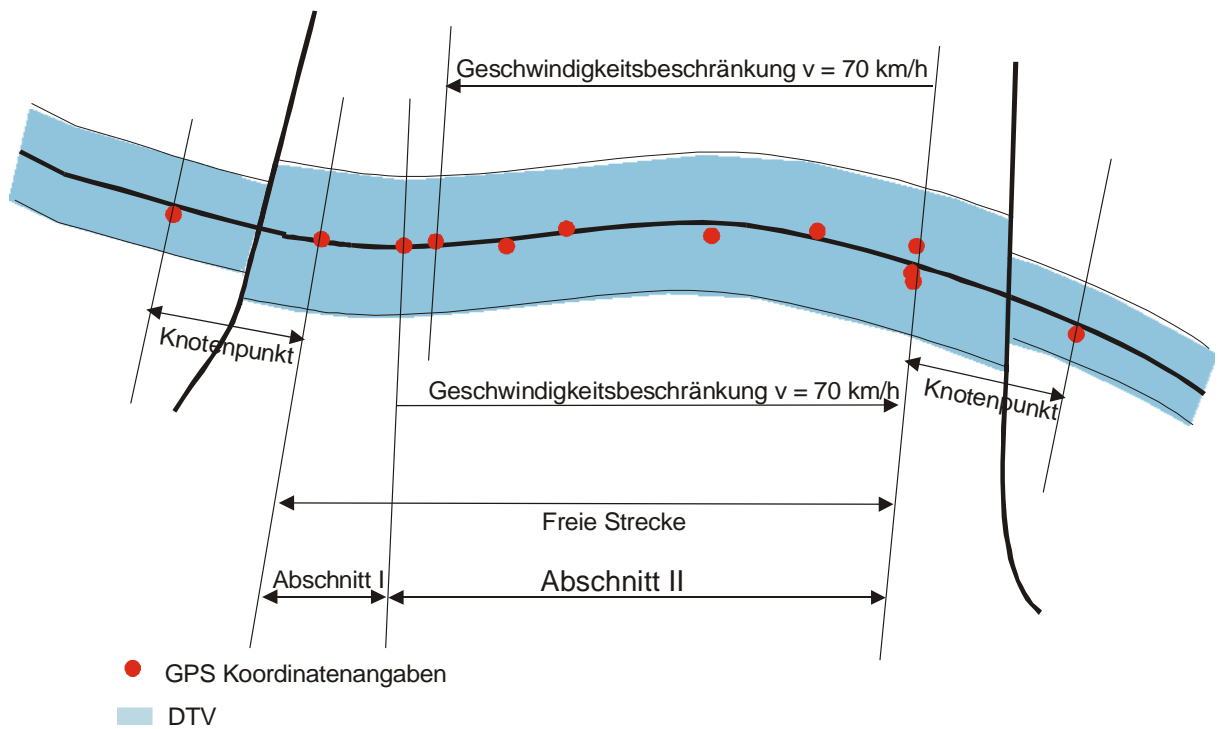


Abb. 8 Schematische Darstellung zur Einteilung in Abschnitte anhand der Geschwindigkeitsbeschränkung

Die Abschnitte werden durch eine eindeutige Nummer gekennzeichnet. Eine weitere Einteilung in Unterabschnitte ist jedoch zusätzlich notwendig, da sich die Auswirkungen von Überholverböten und Längsneigungen nur richtungsbezogen im jeweiligen Einflussbereich auswerten lassen. Die Längsneigung beeinflusst beispielsweise die durchschnittliche Reisegeschwindigkeit nur in der Steigungsrichtung, während ihr Einfluss in Richtung des Gefälles in der Regel vernachlässigbar gering ist. Überholverbote sind an Kuppen meist nur in Richtung der Steigung angeordnet.

Die Einteilung der Unterabschnitte erfolgt anhand der Einflussgrößen Überholverbot und Längsneigung. Ein neuer Unterabschnitt wird gebildet, sobald sich entweder die Längsneigung ändert oder Abschnitte mit Überholverbot auftreten. Dies bedingt, dass es in bewegtem Gelände zu kleinteiligen Unterabschnitten kommen kann. Auf die Bildung von Unterabschnitten unter 100 m Länge kann aber in der Regel verzichtet werden, da in derart kurzen Bereichen der Einfluss der jeweiligen Einflussgröße auf die mittlere Geschwindigkeit minimal ist.

Die Kurvigkeit wird nicht zur Bildung von Unterabschnitten herangezogen, da sie nur über den gesamten Abschnitt Aussagekraft besitzt und nicht richtungsbezogen ausgewertet werden muss.

Ein Beispiel zur Einteilung in Unterabschnitte des in Abb. 8 gekennzeichneten Abschnitts ist in Abb. 9 dargestellt.

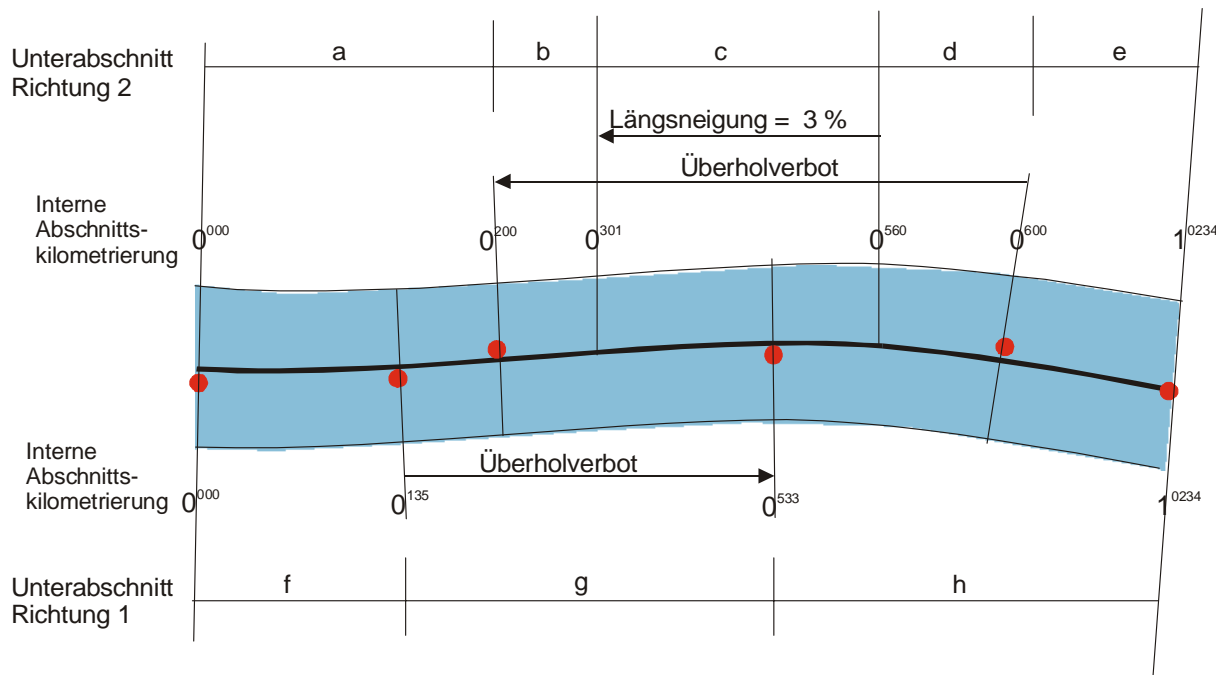


Abb. 9 Schematische Darstellung der richtungsbezogenen Einteilung eines Abschnitts in Unterabschnitte

Diese Art der Einteilung hat zur Folge, dass in beiden Richtungen eine unterschiedliche Anzahl von Unterabschnitten vorkommen kann. Die Unterabschnitte erhalten dann auf Basis einer internen Kilometrierung eine Stationierung und den Zusatz einer Richtungsangabe, um bei Überholverboten oder Längsneigungen die Richtung der Auswirkung zu definieren. Diese Richtungsangabe hat nur Auswirkungen für die Zusammenfassung der Unterabschnitte.

Erstreckt sich der Wirkungsbereich einer Einflussgröße wie beispielsweise eines Überholverbotes über mehrere Abschnitte, wird jeweils der zugehörige Anteil dem entsprechenden Abschnitt zugeschlagen. Ein Beispiel zur Aufteilung auf mehrere Abschnitte ist in Abb. 10 am Überholverbot von km 0+ 390 bis 0+ 600 dargestellt.

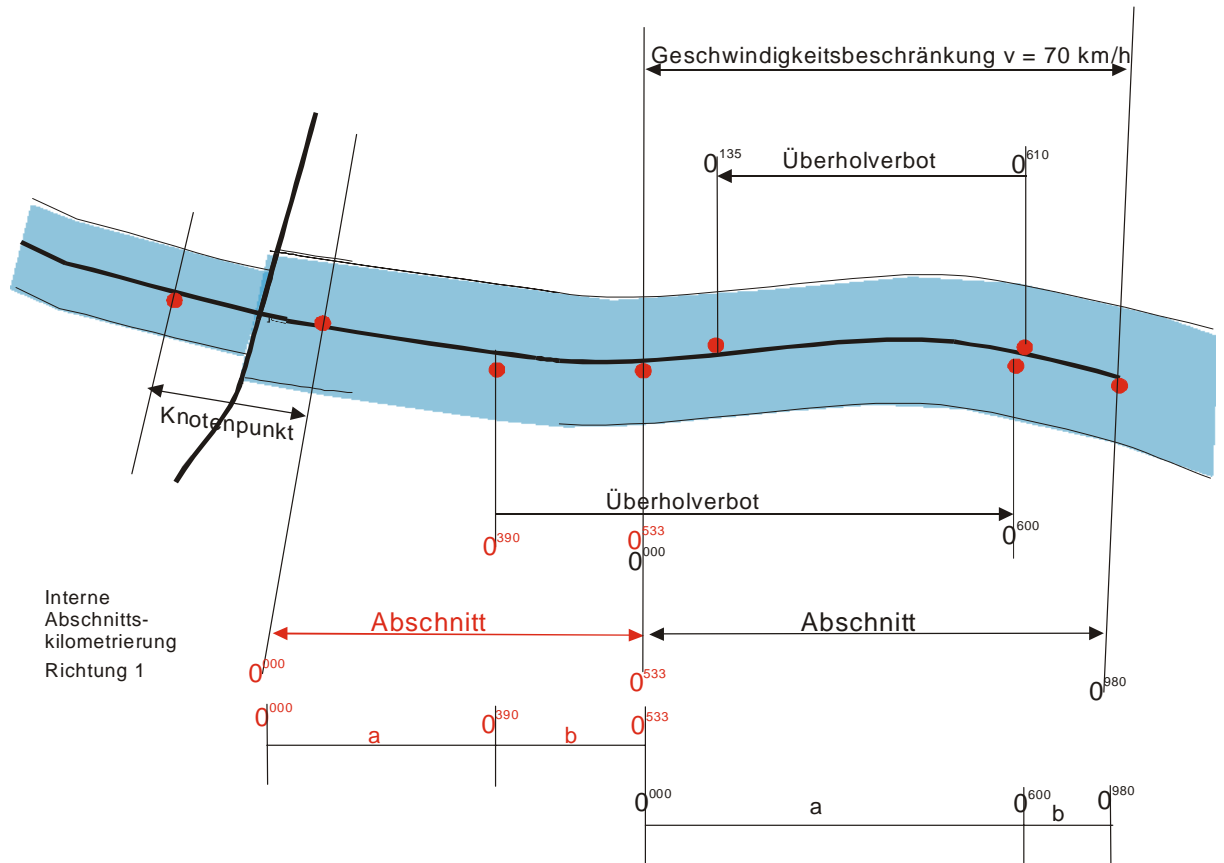


Abb. 10 Schematische Darstellung einer richtungsbezogenen Aufteilung eines Bereichs mit Überholverbot auf zwei benachbarte Abschnitte

Die interne Kilometrierung des Überholverbots richtet sich nach dem Abschnitt, in dem sich der jeweilige Teil des Unterabschnittes befindet. Die Auswertung erfolgt in dem jeweiligen Abschnitt.

Eine beispielhafte Einteilung einer Strecke in Abschnitte und Unterabschnitte ist aus Abb. 11 ersichtlich.

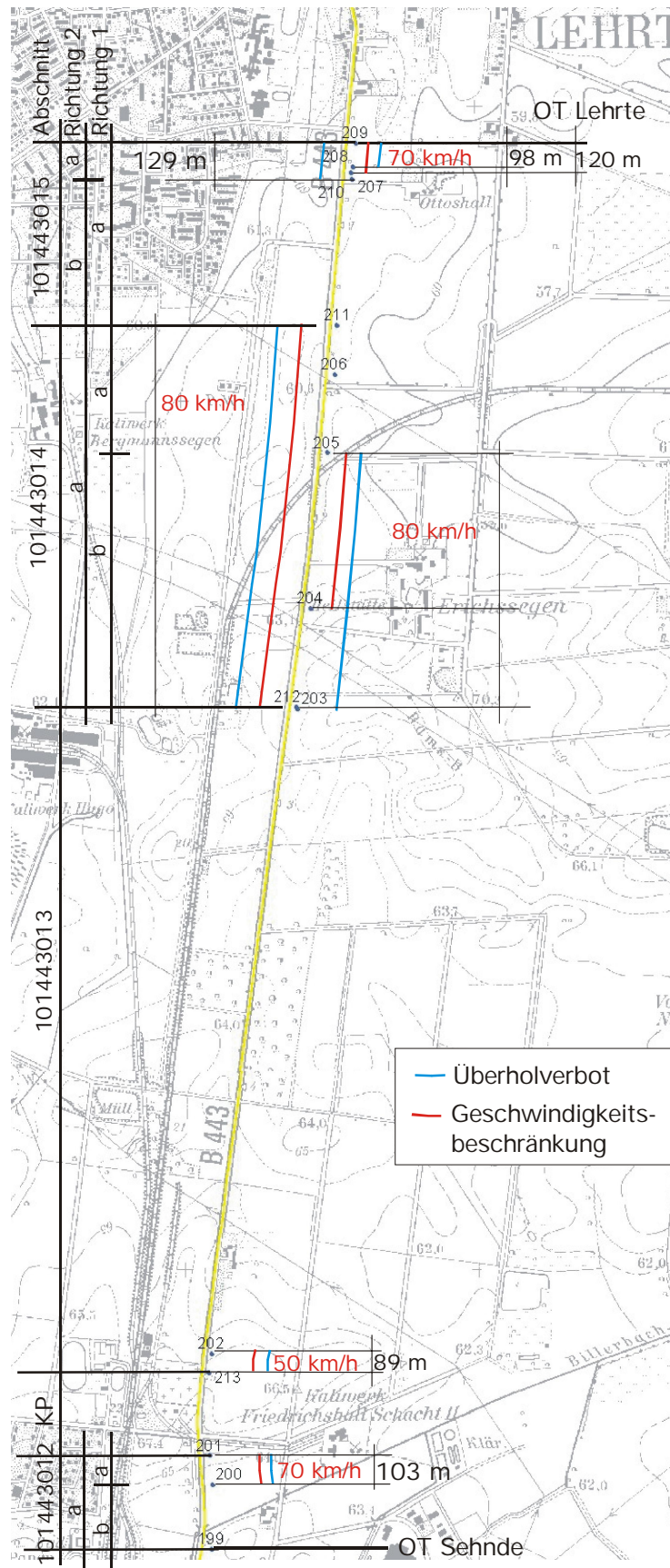


Abb. 11 Einteilung eines Streckenabschnitts in Abschnitte und Unterabschnitte

Da die Verkehrsstärke im gesamten Streckenabschnitt konstant bleibt, erfolgt die Einteilung der Abschnitte nur über die Geschwindigkeitsbeschränkung. Geschwindigkeitsbeschränkungen unter 200 m Länge gehen in die Abschnittseinteilung nicht mit ein. Bei vernachlässigbarer Längsneigung (weniger als 2 % oder bei einer geringeren Länge als 200 m) basiert die Einteilung der Unterabschnitte dann nur noch auf den Streckenbereichen mit Überholverbot.

Die Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit erfolgt separat für jeden Unterabschnitt. Daraus wird über das gewichtete Mittel die Pkw-Reisegeschwindigkeit über den ganzen Abschnitt getrennt für beide Richtungen ermittelt und davon der Mittelwert als Reisegeschwindigkeit für den Abschnitt angesetzt.

#### **4.2.2 Knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit drei Fahrstreifen im Querschnitt (FS-3)**

##### **Relevante Einflussgrößen**

Grundsätzlich sind bei Strecken mit mehr als einem Fahrstreifen je Richtung die gleichen Einflussgrößen relevant wie bei Strecken mit einem Fahrstreifen je Richtung. Dies sind entsprechend

- Verkehrsstärke,
- Schwerverkehrsanteil,
- Überholverbot,
- Geschwindigkeitsbeschränkung,
- Längsneigung und
- Kurvigkeit.

Hinzu kommt bei diesen Strecken als wesentliche Einflussgröße die Anzahl der Fahrstreifen je Richtung.

##### **Auswahl eines Verfahrens**

Kapitel 3 des HBS [14] enthält ein Verfahren, mit dem die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit für zweibahnige Straßen außerhalb bebauter Gebiete der Kategorien AI und AII gemäß RAS-N [21] und zweibahnige Straßen innerhalb bebauter Gebiete der Kategorien BI und BII mit zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen ermittelt werden kann. Weiterhin enthält das HBS das bereits in Ziffer 4.2.1 beschriebene Verfahren für Streckenabschnitte von zweistreifigen Landstraßen (Kapitel 5). Ein Verfahren zur Berechnung dreistreifiger Querschnitte ist jedoch nicht im HBS enthalten.

Bei dreistreifigen Querschnitten wäre es daher denkbar, die eine Richtung mit Hilfe des HBS-Verfahrens für zweistreifige Querschnitte (Kapitel 5) zu

berechnen und die andere Richtung mit dem HBS-Verfahren für Autobahnen (Kapitel 3). Die Ergebnisse wären jedoch nur eingeschränkt verwendbar. In beiden Verfahren wird eine ausreichende Abschnittslänge vorausgesetzt, in der sich ein konstanter Zustand einstellen kann. Bei einem dreistreifigen Querschnitt wechseln sich in einer Fahrtrichtung jedoch ein- und zweistreifige Abschnitte ab. In den einstreifigen Abschnitten ist das Überholen nicht zugelassen, so dass sich dort ein Überholbedürfnis und entsprechende Pulks hinter langsam fahrenden Fahrzeugen aufbauen. In den zweistreifigen Abschnitten wird die Überholmöglichkeit gezielt genutzt, um die langsam fahrenden Fahrzeuge zu überholen. Es stellt sich daher weder im einstreifigen noch im zweistreifigen Bereich ein Zustand ein, der mit einer zweistreifigen Landstraße bzw. einer Autobahn vergleichbar ist. Die Verwendung der HBS-Verfahren könnte daher zwar eine Näherung liefern, würde jedoch die Einflüsse durch den Wechsel aus gezielten Überholverböten und anschließenden Überholmöglichkeiten vernachlässigen.

Ein Verfahren, das die genannten Einflüsse berücksichtigt, ist in [11] beschrieben. Bei der Entwicklung des Verfahrens wurde das Ziel verfolgt, die im HBS-Verfahren für zweistreifige Landstraßen verwendeten Einflussgrößen weitgehend zu übernehmen, um die Anwendung des Verfahrens zu erleichtern. Zudem ist die Methodik sehr ähnlich aufgebaut. Das Verfahren für dreistreifige Querschnitte lässt sich gut mit den Verfahren für zweistreifige Landstraßen und für autobahnähnliche Straßen kombinieren und wird daher im Rahmen dieses Verfahrens verwendet.

### **Beschreibung des Verfahrens**

Das Verfahren von Baselau [11] orientiert sich gezielt am HBS-Verfahren für zweistreifige Landstraßen und greift auf die dort verwendete Berücksichtigung bestimmter Einflussgrößen zurück. U. a. werden das Konzept der Kurvigkeitsklassen und der Steigungsklassen sowie die Verfahren zur Ermittlung dieser Klassen übernommen. Mit den Eingangsgrößen Verkehrsstärke, Schwerverkehrsanteil, Kurvigkeitsklasse und Steigungsklasse lässt sich aus q-v-Diagrammen die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit ermitteln. Für die einstreifigen und die zweistreifigen Abschnitte gibt es jeweils unterschiedliche Diagramme.

Zusätzlich zu den im HBS-Verfahren für zweistreifige Landstraßen verwendeten Einflussgrößen werden im Verfahren auch die Länge der ein- und zweistreifigen Streckenabschnitte und die Anzahl der ein- und zweistreifigen Abschnitte verwendet. Um das Konzept der q-v-Diagramme beizubehalten, werden beide Einflüsse über einen Korrekturfaktor der Verkehrsstärke berücksichtigt.

Der Korrekturfaktor  $f_1$  wird in Abhängigkeit von der Abschnittslänge ermittelt. Bei einer Abschnittslänge von 1.200 m erfolgt keine Anpassung. Bei größerer Abschnittslänge wird die Verkehrsstärke bei zweistreifigen Abschnitten mit einem Faktor über 1,0 und bei einstreifigen Abschnitten

unter 1,0 verändert. Bei kleinerer Abschnittslänge ist es umgekehrt (vgl. Abb. 12).

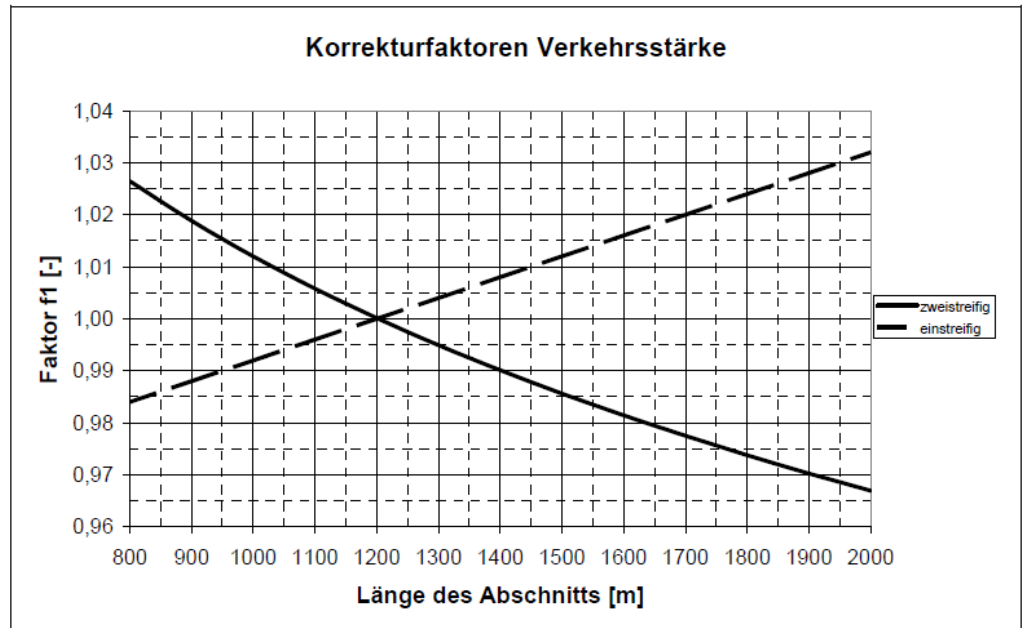


Abb. 12 Ermittlung eines Korrekturfaktors für die Bemessungsverkehrsstärke zur Berücksichtigung der Abschnittslänge [11]

Der Korrekturfaktor f2 hängt von der Position des jeweils betrachteten Abschnitts in Fahrtrichtung ab. Bei Abschnitten auf der ersten Position erfolgt keine Anpassung. Bei Abschnitten auf der zweiten sowie der dritten und jeder weiteren Position wird ein Faktor zwischen 1,01 und 1,04 auf die Verkehrsstärke angewendet (vgl. Abb. 13). Daraus ergibt sich eine Änderung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit, die in der Spalte  $\Delta v$  dargestellt ist.

Einstreifige Abschnitte	Position in Fahrtrichtung	$\Delta v$ [km/h]	Korrekturfaktor f2 [-]
	1.	0	1
	2.	-1,2	1,01
	3.	-1,8	1,02
Zweistreifige Abschnitte	Position in Fahrtrichtung	$\Delta v$ [km/h]	Korrekturfaktor f2 [-]
	1.	0	1
	2.	-3,3	1,03
	3.	-4,0	1,04

Abb. 13 Einfluss der Position ein- und zweistreifiger Abschnitte innerhalb der Gesamtstrecke auf die Pkw-Reisegeschwindigkeit – Bestimmung des Korrekturfaktors f2 [11]

## Abschnittseinteilung

Ein Teilabschnitt wird bei jeder Änderung einer der Einflussgrößen gebildet sowie an jedem Wechsel der Fahrstreifenzahl. Ergeben sich Abschnitte mit einer Länge von weniger als 300 m, so sind diese zu vernachlässigen und sinnvoll den benachbarten Abschnitten zuzuordnen. Dies ist insbesondere bei Änderungen der Längsneigung zu erwarten. Die Bereiche, in denen nicht zwei Fahrstreifen in eine Richtung zur Verfügung stehen (z. B. bei sogenannten kritischen Wechseln im Bereich der Sperrflächen), sind den einstreifigen Abschnitten zuzuordnen.

Wie im HBS-Verfahren für zweistreifige Landstraßen (Kapitel 5) werden auch in diesem Verfahren Geschwindigkeitsbeschränkungen nicht berücksichtigt. Es ist in der Regel zu erwarten, dass Strecken, die in dieser Form ausgebaut sind, keine Geschwindigkeitsbeschränkungen aufweisen. Dennoch sollte die Möglichkeit berücksichtigt werden. Daher wird – wie auch beim Verfahren für zweistreifige Landstraßen (FS-2) – die ermittelte Pkw-Reisegeschwindigkeit mit der zulässigen Geschwindigkeit verglichen. Liegt die ermittelte Reisegeschwindigkeit über der zulässigen Geschwindigkeit, so wird sie durch die zulässige Geschwindigkeit ersetzt. Diese Überprüfung erfolgt richtungsbezogen.

### 4.2.3 Knotenpunktfreie Strecken autobahnähnlicher Straßen außerhalb bebauter Gebiete oder Autobahnen mit vier oder mehr Fahrstreifen im Querschnitt (FS-m)

#### Relevante Einflussgrößen

Die wesentlichen Einflussgrößen für die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit auf Abschnitten von autobahnähnlichen Strecken außerhalb bebauter Gebiete oder Autobahnen mit vier oder mehr Fahrstreifen je Richtung sind:

- Fahrbahnquerschnitt (bzw. Fahrstreifenzahl),
- Verkehrsstärke,
- Schwerverkehrsanteil,
- Lage innerhalb oder außerhalb von Ballungsräumen,
- Längsneigung und
- Geschwindigkeitsbeschränkung.

Im Gegensatz zu den zwei- und dreistreifigen Strecken spielt die Kurvigkeit keine Rolle, da diese Strecken in der Regel mit so großen Radien trassiert sind, dass die Kurvigkeit keinen nennenswerten Einfluss auf die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit hat.

#### Auswahl eines Verfahrens

Das HBS enthält ein Verfahren zur Ermittlung der Qualität des Verkehrsablaufs. Darin wird über die o. g. Einflussgrößen ein Zusammenhang zur mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit hergestellt. Es werden ausschließlich Einflussgrößen verwendet, die als ausreichend gut verfügbar eingeschätzt



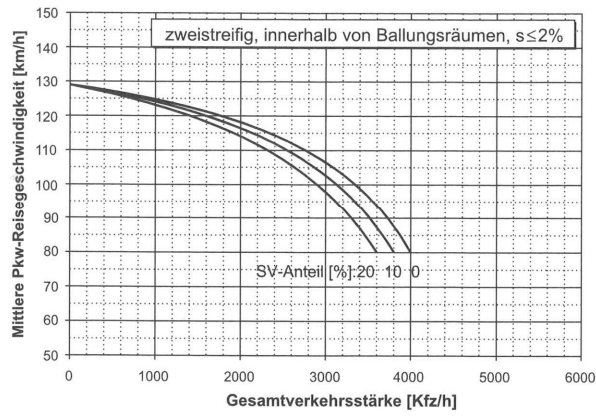
werden. Damit ist das Verfahren direkt zur Ermittlung der Zustandsgrößen geeignet.

### **Beschreibung des HBS-Verfahrens**

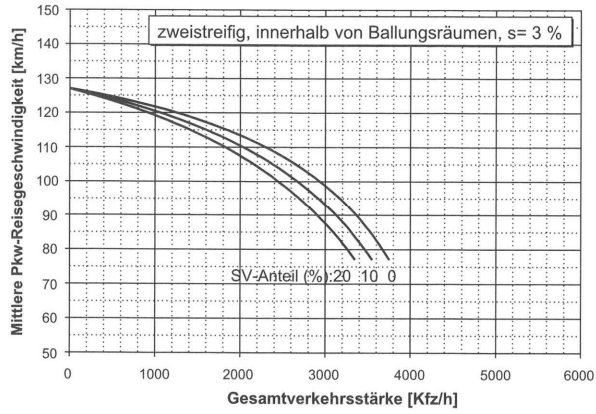
Das Verfahren dient primär der Beurteilung der Verkehrsqualität. Die Verkehrsqualität wird über die Auslastung beurteilt, wobei auch über die Zusammenhänge des Fundamentaldiagramms zur Verkehrsdichte und zur mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit diese Größen zur Beurteilung herangezogen werden. Die Zustandsgröße, die im Rahmen des Verfahrens ermittelt wird, ist die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit. Für folgende Querschnitte werden in Form von Diagrammen Zusammenhänge zwischen der Verkehrsstärke, dem Schwerverkehrsanteil, der Längsneigung und der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit hergestellt:

- zweistreifige Richtungsfahrbahnen innerhalb von Ballungsräumen,
- zweistreifige Richtungsfahrbahnen außerhalb von Ballungsräumen,
- dreistreifige Richtungsfahrbahnen innerhalb von Ballungsräumen,
- dreistreifige Richtungsfahrbahnen außerhalb von Ballungsräumen,
- zweistreifige Richtungsfahrbahnen mit Geschwindigkeitsbeschränkung, 10 % SV-Anteil und Längsneigung unter 2 %
- dreistreifige Richtungsfahrbahnen mit Geschwindigkeitsbeschränkung, 10 % SV-Anteil und Längsneigung unter 2 %

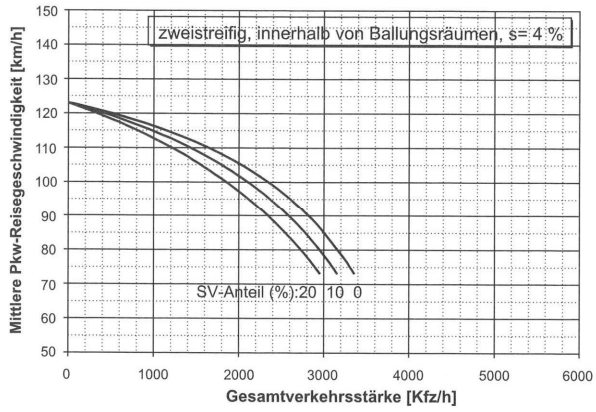
In Abb. 14 sind beispielhaft die Diagramme für zweistreifige Richtungsfahrbahnen innerhalb von Ballungsräumen dargestellt.



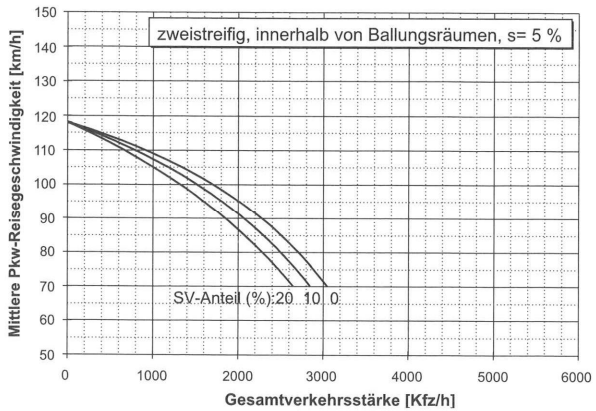
Steigung  $s \leq 2\%$  und Gefälle



Steigung  $s = 3\%$



Steigung  $s = 4\%$



Steigung  $s = 5\%$

Abb. 14 Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke (zweistreifige Richtungsfahrbahnen innerhalb von Ballungsräumen, ohne Geschwindigkeitsbeschränkung) [14]

## **Abschnittseinteilung**

Alle verwendeten Einflussgrößen haben maßgeblichen Einfluss auf die Zustandsgröße. Daher ist beim Wechsel einer der Einflussgrößen ein Teilabschnitt zu bilden. Teilabschnitte sollten jedoch mindestens 500 m lang sein.

### **4.2.4 Knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete (FS-OD)**

#### **Relevante Einflussgrößen**

Innerhalb bebauter Gebiete ist die Geschwindigkeit in der Regel auf 50 km/h oder darunter beschränkt. Aus diesem Grund sind für knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete keine fahrgeometrisch wirksamen Einflussgrößen wie Kurvigkeit, Längsneigung und Sichtweiten maßgebend. Neben der Verkehrsstärke wie bei den Strecken außerhalb bebauter Gebiete spielen dagegen Einpark-, Liefer- und Ladevorgänge, Halte von ÖPNV-Fahrzeugen auf der Fahrbahn und die Zahl von Grundstückszufahrten und Knotenpunkten, an denen die betrachtete Straße den Vorrang hat, eine wesentliche Rolle. Letztere Einflussgröße ist deshalb maßgebend, weil an solchen Stellen häufig keine Abbiegestreifen oder Aufstellräume vorhanden sind und abbiegende Fahrzeuge dadurch die Fahrzeuge auf der betrachteten Straße behindern.

Die relevanten Einflussgrößen für knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete sind damit:

- Verkehrsstärke
- Zahl der Fahrstreifen
- Anzahl der Einparkvorgänge
- Anzahl der Liefer- und Ladevorgänge auf der Fahrbahn
- Anzahl der Halte von ÖPNV-Fahrzeugen auf der Fahrbahn
- Anteil der Linksabbieger an nachrangigen Knotenpunkten und Grundstückszufahrten.

#### **Auswahl eines Verfahrens**

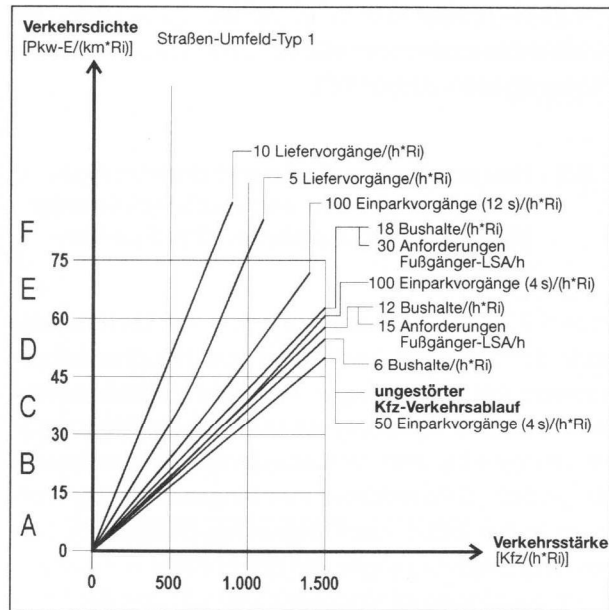
Das HBS sieht in der Gliederung ein Kapitel für Hauptverkehrsstraßen innerhalb bebauter Gebiete vor (Kapitel 8). Dieses Kapitel ist bislang jedoch noch nicht gefüllt. In Heft V 108 der BASt [5] ist ein Forschungsprojekt beschrieben, das zum Ziel hat, ein entsprechendes Verfahren für das HBS zu entwickeln. Das Verfahren berücksichtigt die oben genannten Einflussgrößen. Die Verkehrsqualität der Streckenabschnitte wird entsprechend dem HBS in sechs Verkehrsqualitätsstufen eingeteilt. Grundlage für die Einstufung ist die Verkehrsdichte. Mit der Betrachtung der Verkehrsdichte deckt sich das Verfahren aus [5] nicht mit der Zielsetzung dieses Verfahrens, die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit zu ermitteln. Es wird jedoch

der Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und mittlerer Geschwindigkeit untersucht.

Das Verfahren in [5] basiert auf einer Unterscheidung von sechs Straßen-Umfeld-Typen, die typische Konstellationen der Einflussgrößen enthalten. Die Bereiche der Streckenabschnitte sind gegenüber den Knotenpunktbereichen mit gleichrangigen Straßen abzugrenzen. Diese Knotenpunkte sind in der Regel signalgeregelt oder Kreisverkehre, zumindest aber begründen sie keinen dauerhaften Vorrang gegenüber der kreuzenden Straße. Die Abgrenzung zwischen Strecke und Knotenpunkt ist so zu wählen, dass im Bereich der Strecke keine durch den Knotenpunkt verursachten Beeinträchtigungen wie Rückstaus vorliegen.

Wesentliches Unterscheidungsmerkmal für die Straßen-Umfeld-Typen sind die Parameter Verbindungsfunktion, Erschließungsfunktion und Fahrbahnquerschnitt. Bei der Verbindungsfunktion wird die Verkehrsstärke im jeweils betrachteten Zeitraum und die Zusammensetzung getrennt nach Pkw, Lkw, Rad und ÖPNV betrachtet. Die Verbindungsfunktion beinhaltet Ein- und Ausparkvorgänge, Liefern und Laden auf der Fahrbahn, Ein- und Abbiegevorgänge an untergeordneten Knotenpunkten und Grundstückszufahrten, Halte von ÖPNV-Fahrzeugen auf der Fahrbahn und Fußgängerüberquerungen der Fahrbahn mit Vorrang der Fußgänger (Fußgängerüberweg und Fußgängerfurt). Beim Fahrbahnquerschnitt werden Anzahl und Breite der Fahrstreifen, eine bauliche Richtungstrennung und verkehrsrechtliche Bestimmungen (flexible oder eingeschränkte Nutzung der Querschnitte) berücksichtigt.

Die beschriebenen Einflussgrößen sind in Diagrammen (vgl. beispielhaft Abb. 15) berücksichtigt, die den Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke (Ordinate), Verkehrsdichte (Abszisse) und den Umfeldeinflüssen (verschiedene Kurven) darstellen. Für jeden Straßen-Umfeld-Typ gibt es separate Diagramme, um die jeweils unterschiedlichen Einflüsse abbilden zu können. Anhand der Verkehrsdichte erfolgt dann die Einstufung in die Verkehrsqualitätsstufen nach dem HBS.



**Bild 7.1:** Kfz-Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen mit zweistreifiger Fahrbahn, hier für die Einflussfaktoren „ungestörter Kfz-Verkehrsablauf“ (hinsichtlich Einflüssen aus der Erschließungsfunktion), „Einparkvorgänge“, „Liefer- und Ladevorgänge auf der Fahrbahn“, „Bushalte auf der Fahrbahn“ sowie „Anforderungen an Fußgänger-LSA im Streckenabschnitt“

**Abb. 15**  
Beispiel für ein Diagramm zur Ermittlung der Verkehrsqualität einer Hauptverkehrsstraße in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke und von Umfedeinflüssen (Straßen-Umfeld-Typ 1) [5]

Es ist jedoch problematisch, angesichts der großen Zahl berücksichtigter Einflussgrößen einen schlüssigen Zusammenhang zwischen Verkehrsdichte und Reisegeschwindigkeit abzuleiten. Aus diesem Grund wird in [5] die Verkehrsdichte und nicht die Reisegeschwindigkeit als Zustandsgröße verwendet. Darüber hinaus ist es im Rahmen dieses Verfahrens ohnehin nicht möglich, alle verwendeten Einflussgrößen detailliert zu erheben (vgl. Ziffer 3.5.1), da der Aufwand zur Ermittlung der Störungen durch Ein- und Ausparkvorgänge, Liefern und Laden, Bushalte, etc. extrem groß ist.

Es bietet sich daher an, in Anlehnung an das in [5] beschriebene Verfahren zu einer vereinfachten Einschätzung der Reisegeschwindigkeit zu kommen. In [5] wird beschrieben, dass bei den Straßenumfeldtypen 1 und 2 (zweistreifige Fahrbahn bzw. zweistreifige Fahrbahn mit multifunktionalem Mittelstreifen) in den zentralen Abschnitten Geschwindigkeiten von im Durchschnitt 30 bis 35 km/h gemessen wurden und in den äußeren Abschnitten Geschwindigkeiten von 40 bis 45 km/h. Bei den übrigen Straßenumfeldtypen (vierstreifig befahrbare Fahrbahnquerschnitte) lagen die Geschwindigkeiten insgesamt etwas höher. Die mittleren Geschwindigkeiten sind zwar nicht nach Pkw und Lkw differenziert. Es ist aber davon auszugehen, dass bei Streckenabschnitten innerhalb bebauter Gebiete keine nennenswerten Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Pkw und Lkw zu berücksichtigen sind.

Vor diesem Hintergrund wird ein Basiswert für die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Fahrstreifenzahl und der Lage des

Abschnitts gemäß Tab. 4 vorgeschlagen. Diese Werte entsprechen den in [5] gemessenen Werten.

Fahrbahnquerschnitt	Lage des Abschnitts	mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit
2-streifig	Zentraler Bereich	33 km/h
	Übergangsbereich	43 km/h
4-streifig	Zentraler Bereich	38 km/h
	Übergangsbereich	48 km/h

Tab. 4 Basiswert für die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Fahrstreifenzahl und der Lage des Abschnitts

Weiterhin ist der Einfluss der Störungen zu berücksichtigen. Die Diagramme in [5] zeigen für alle Straßenumfeldtypen, dass der Einfluss der Störungen auf die Verkehrsdichte nur bei hohen Verkehrsstärken groß ist. Bei Verkehrsstärken unter 1.000 Kfz/(h·Ri) bei zweistreifigen Querschnitten und unter 1.300 Kfz/(h·Ri) bei vierstreifigen Querschnitten bewirken die verschiedenen Störungen lediglich Änderungen der Verkehrsdichte von ca. 10 %. Oberhalb dieser Werte können Störungen Erhöhungen der Verkehrsdichte um bis zu 100 % bewirken. Geht man davon aus, dass unterhalb der genannten Werte ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen Verkehrsdichte und Reisegeschwindigkeit besteht, so wären bei diesen Verkehrsstärken auch keine gravierenden Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeiten zu erwarten.

Ausgehend von den Basiswerten in Tab. 4 sind also zusätzlich zwei Aspekte zu berücksichtigen: die Verkehrsstärke und das Ausmaß der Störungen. Die Verkehrsstärke ist als Einflussgröße vergleichsweise einfach zu erheben. Bei den Störungen kann nur eine pauschale Abschätzung vorgenommen werden. Es wird vorgeschlagen, die Störungen in zwei Klassen zu unterscheiden:

- geringe Störungen und
- erhebliche Störungen.

Aus den Diagrammen in [5] lässt sich ableiten, welche Störungen bzw. welche Kombinationen von Störungen bei hohen Verkehrsstärken „erhebliche“ Auswirkungen auf die Verkehrsdichte haben. Dies sind beispielsweise (jeweils bezogen auf einen Abschnitt von 1 km Länge):

- 10 Liefervorgänge je Stunde und Richtung
- 100 kurze Einparkvorgänge (4 s Dauer) je Stunde und Richtung
- 20 % Linksabbieger ohne Abbiegestreifen je Richtung
- 18 Bushalte je Stunde und Richtung
- 30 Anforderungen einer Fußgänger-LSA je Stunde
- Kombination aus 50 kurzen Einparkvorgängen und 10 % Linksabbieger und 6 Bushalten je Stunde und Richtung

Wenn bei großen Verkehrsstärken erhebliche Störungen auftreten, so bewirken sie im Durchschnitt eine Erhöhung der Verkehrsdichte um 40 %. Es wird angenommen, dass sich entsprechende Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeit ergeben und sich diese um ca. 40 % verringert. Eine detailliertere Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Verkehrsdichte und Geschwindigkeit wird an dieser Stelle nicht als notwendig erachtet, da zum Einen auch die Störeinflüsse nur abgeschätzt werden können und zum Anderen das Ausmaß der Ungenauigkeit lediglich in der Größenordnung von 1 bis 5 km/h liegen dürfte.

Es wird vorgeschlagen, den Basiswert aus Tab. 4 entsprechend Tab. 5 abzumindern.

Fahrbahnquerschnitt	Verkehrsstärke in Kfz/(h*Ri)	Störungen	Abminderung der $V_R$
2-streifig	< 1.000	gering	keine
		erheblich	keine
	> 1.000	gering	keine
		erheblich	40 %
4-streifig	< 1.300	gering	keine
		erheblich	keine
	> 1.300	gering	keine
		erheblich	40 %

Tab. 5 Abminderung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Fahrstreifenzahl, der Verkehrsstärke und dem Ausmaß der Störungen

### Abschnittseinteilung

In [5] wird davon ausgegangen, dass ein dem Abschnitt vorangegangener Knotenpunkt auf einer Länge von 60 m bei zweistreifigen Querschnitten und von 150 m bei vierstreifigen Querschnitten Auswirkungen auf den Abschnitt hat. Bei einem nachfolgenden Knotenpunkt wird der Einflussbereich mit 150 m Länge bei zweistreifigen Abschnitten und mit 250 m bei vierstreifigen Abschnitten angenommen. Diese Längen werden auch im Rahmen dieses Verfahrens verwendet.

Als relevante Knotenpunkte sind dabei jedoch nur solche zu betrachten, an denen eine gleichrangige Straße quert. Knotenpunkte mit nachrangigen Straßen, an denen der Verkehr der betrachteten Hauptverkehrsstraße nicht wartepflichtig ist (also bei Vorfahrtregelung), werden nicht als Knotenpunkte betrachtet. Die Auswirkungen, beispielsweise durch Linksabbieger ohne Abbiegestreifen, werden im Zusammenhang mit den Störungen berücksichtigt.

#### 4.2.5 Knotenpunkte innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (KP)

##### Allgemeines

An Knotenpunkten haben sowohl linienhaft als auch punktuell wirkende Einflüsse Auswirkungen auf die Reisegeschwindigkeit. Insbesondere die punktuell wirkenden Verlustzeiten aufgrund der Vorfahrtregelung spielen eine wesentliche Rolle. Daher müssen die linienhaft und die punktuell wirkenden Einflüsse separat ermittelt und anschließend zusammengeführt werden.

Die wesentlichen Einflüsse auf die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit im Bereich von Knotenpunkten sind die Verlustzeit aufgrund der Geschwindigkeitsbeschränkung und die Verlustzeit aufgrund der Vorfahrtregelung. Beide Einflüsse können zu einer Gesamt-Verlustzeit am Knotenpunkt zusammengeführt und auf die Länge des Knotenpunktbereichs bezogen werden, so dass aus der Summe der Verlustzeiten und der Länge des Knotenpunktbereichs die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit im Knotenpunktbereich ermittelt werden kann.

Zur Ermittlung beider Verlustzeiten werden verschiedene Verfahren verwendet. Die Verfahren sind im Folgenden beschrieben.

##### Verlustzeit durch Geschwindigkeitsbeschränkung

An Knotenpunkten außerhalb bebauter Gebiete ist in den meisten Fällen eine Geschwindigkeitsbeschränkung angeordnet, die zu einer höheren Verkehrssicherheit am Knotenpunkt führen soll. Durch diese Geschwindigkeitsbeschränkung ergibt sich gegenüber der zulässigen Geschwindigkeit auf den benachbarten Abschnitten (in der Regel 100 km/h) eine höhere Reisezeit und daraus resultierend eine Verlustzeit durch die Geschwindigkeitsbeschränkung. Als Referenz wird also ein Zustand verwendet, in dem der Knotenpunktbereich mit 100 km/h durchfahren werden könnte (z. B. bei einem planfreien Knotenpunkt). Ist die zulässige oder mögliche Pkw-Reisegeschwindigkeit in den angrenzenden Bereichen höher oder niedriger als 100 km/h, so wird jeweils diese Geschwindigkeit als Referenz gewählt.

Die Verlustzeit errechnet sich als Differenz der Reisezeit im geschwindigkeitsbeschränkten Bereich mit und ohne Geschwindigkeitsbeschränkung:

$$t_{\text{Verl}} = \frac{L}{\frac{V_{\text{zul}}}{3,6}} - \frac{L}{\frac{100}{3,6}}$$

wobei L die Länge des Knotenpunktbereichs in m und  $V_{\text{zul}}$  die Höhe der Geschwindigkeitsbeschränkung in km/h ist. Bei Knotenpunkten innerhalb bebauter Gebiete unterscheidet sich die zulässige Geschwindigkeit im



Knotenpunktbereich in der Regel nicht von der der angrenzenden Abschnitte. Entsprechend ist  $t_{\text{Verl}}$  hier gleich Null.

### Verlustzeit durch Vorfahrtregelung

Die Ermittlung der Verlustzeit, die im Mittel für jedes Fahrzeug durch die Vorfahrtregelung auftritt, ist vergleichsweise aufwändig, da sie von vielen verschiedenen Einflussgrößen abhängt. Eine direkte Berechnung der Wartezeiten nach den üblichen Verfahren zur Leistungsfähigkeitsberechnung, beispielsweise nach dem HBS [14], ist aus zwei Gründen nicht möglich. Zum Einen würde dies durch die hohe Anzahl an Knotenpunkten zu einem unverhältnismäßig hohen Aufwand führen. Zum Anderen wäre die Beschaffung der dazu notwendigen Daten wie Geometrie, Knotenstromstärken und ggf. Unterlagen zur Signalsteuerung mit einem extrem hohen Aufwand verbunden (vgl. Ziffer 3.5).

Daher wird im Rahmen dieser Arbeit ein Verfahren erarbeitet, das es ermöglicht, aus den vergleichsweise weniger aufwändig zu beschaffenden Einflussgrößen

- Knotenpunktgrundform,
- Verkehrsstärken der betrachteten Straße und der querenden Straße,
- den zugehörigen Schwerverkehrsanteilen und
- der Anzahl der Abbiegestreifen in den Zufahrten der betrachteten Straße

die mittlere Wartezeit abzuschätzen. Die Verkehrsstärken der querenden Straßen sind – insbesondere bei Verwendung von Verkehrsmengenkarten - teilweise aufwändig zu beschaffen. Sie sind jedoch unverzichtbar und müssen notfalls geschätzt werden.

Da außer den genannten Größen in der Regel keine weiteren Daten mit vertretbarem Aufwand ermittelbar sind, müssen Annahmen für bestimmte Randbedingungen getroffen werden. Bei allen Knotenpunkten mit Ausnahme von Kreisverkehren wird davon ausgegangen, dass in den Knotenpunktzufahrten der querenden Straße insgesamt zwei Fahrstreifen vorhanden sind und sinnvoll mit den jeweiligen Strömen der Zufahrt belegt sind. Es wird weiterhin pauschal von einem Abbiegeranteil von 20 % ausgegangen. Einflüsse aus der Knotenpunktgeometrie, insbesondere der Gradienten, werden nicht gesondert berücksichtigt.

Bei signalgeregelten Knotenpunkten wird ein auf die Belastungssituation angepasstes Festzeit-Signalprogramm zur Abschätzung der Wartezeiten in Ansatz gebracht. Die Summe der Zwischenzeiten wird bei Einmündungen mit 15 s, bei Kreuzungen mit 20 s und die Umlaufzeit mit 70 s angesetzt.

Zur Berechnung der Verlustzeiten unter Annahme dieser Randbedingungen werden die Knotenpunkte nach Kreisverkehren sowie signalisierten und vorfahrtgeregelten Knotenpunkten unterschieden. Außerdem wird in dreiarmlige und vierarmige Knotenpunkte (Einmündungen und Kreuzungen) unterschieden.

Zur Ermittlung von Verlustzeiten werden Belastungssituationen entwickelt, in denen die Einflussgrößen variiert werden. Die Querschnittsbelastung der betrachteten Straße wird zwischen 400 und 2.700 Kfz/h variiert. Der Schwerverkehrsanteil wird mit 0 %, 10 % und 20 % angesetzt.

Um auch die Verkehrsstärkenverhältnisse zwischen der betrachteten Straße und der querenden Straße berücksichtigen zu können, werden je nach Knotenpunkttyp bis zu fünf verschiedene Belastungssituationen entwickelt (u. a. gleiche Belastung beider Straßen, betrachtete Straße höher/niedriger belastet, ungleiche Verkehrsstärken in den Zufahrten der betrachteten Straße), wobei jeweils Verhältnisse von 75 %, 50 % und 25 % untersucht werden.

Weiterhin werden bei signalisierten und vorfahrtgeregelten Knotenpunkten die Verlustzeiten mit keinem, einem oder zwei Abbiegestreifen in den Zufahrten der betrachteten Straße untersucht, wobei davon ausgegangen wird, dass es sich bei einem Abbiegestreifen in der Regel um einen Linksabbiegestreifen handelt.

Zur Berechnung der Verlustzeiten wird für signalisierte Knotenpunkte das Verfahren nach Kapitel 6 des HBS [14] und für nicht signalisierte Knotenpunkte einschließlich Kreisverkehre das Verfahren nach Kapitel 7 angewandt.

Begleitend zur Berechnung der jeweiligen Verlustzeiten werden Sensitivitätsuntersuchungen für die Einflussgrößen durchgeführt. Dabei wird geprüft, ob die jeweilige Einflussgröße in einem bestimmten Wertebereich einen nennenswerten Einfluss auf die Verlustzeit hat. Es konnten beispielsweise entsprechende Rechengänge eingespart werden, weil festgestellt werden konnte, dass der Schwerverkehrsanteil bei geringen Verkehrsstärken nur einen äußerst geringen Einfluss auf die Verlustzeiten hat und damit unberücksichtigt bleiben kann. Ebenso wurde festgestellt, dass sich bestimmte Belastungssituationen hinsichtlich der resultierenden Verlustzeiten kaum unterscheiden und dass das Verfahren auf eine geringere Anzahl verschiedener Belastungssituationen reduziert werden kann. Außerdem konnten Abhängigkeiten ermittelt werden, durch die die Variation der Einflussgrößen eingeschränkt und durch eine entsprechende Formel ersetzt werden konnte. Beispielsweise war es möglich, einen von der Verkehrsstärke abhängigen Faktor einzuführen, mit dem aus der Verlustzeit mit zwei Abbiegestreifen die Verlustzeit mit nur einem Abbiegestreifen abgeschätzt werden kann.

Das Ergebnis ist ein Tabellenwerk, dem anhand der Einflussgrößen

- Verkehrsstärke der betrachteten Straße,
  - Verhältnis der Belastung von betrachteter und querender Straße,
  - Schwerverkehrsanteil und
  - Anzahl an Abbiegestreifen in den Zufahrten der betrachteten Straße
- eine Abschätzung der mittleren Wartezeit zu entnehmen ist.

Das Verhältnis der Belastung der querenden Straße zur betrachteten Straße wurde in den Stufen 100 %, 75 %, 50 % und 25 % untersucht.

Um diese Werte werden gleichmäßige Intervalle gebildet (z. B. für den Wert 75 % wird das Intervall von 62,5 % bis 87,5 % gewählt), für die die ermittelte Verlustzeit angesetzt wird. Zur Vereinfachung der Tabellen werden diese Verhältniswerte in reelle Zahlen umgewandelt (z. B. 1,143 statt 100%/87,5 %).

Zur Berücksichtigung des Schwerverkehrsanteils wurden nicht jeweils verschiedene Tabellen ermittelt, sondern dessen Einfluss in Form von Faktoren berücksichtigt. Generell wurde festgestellt, dass Schwerverkehrsanteile unter 10 % nicht unterschieden werden müssen. Daher wird nur bei Anteilen zwischen 10 % und 20 % differenziert. Bei nicht signalisierten Knotenpunkten ist der Einfluss des Schwerverkehrsanteils gegenüber anderen Einflüssen generell relativ gering, so dass bei diesen Knotenpunkten auf eine gesonderte Berücksichtigung verzichtet werden kann. Bei signalisierten Knotenpunkten ist der Einfluss bei geringen Verkehrsstärken ebenfalls vernachlässigbar gering. Erst bei höherer Belastung spielt er eine Rolle und ist in Abhängigkeit von der Wartezeit als Zuschlag gegenüber den Wartezeiten mit bis zu 10 % Schwerverkehrsanteil anzusetzen.

Auf ähnliche Weise wird die Zahl der Abbiegestreifen bei signalisierten und vorfahrtgeregelten Knotenpunkten berücksichtigt. Für 0 und 2 Abbiegestreifen je Zufahrt gibt es eigene Tabellen. Bei einem Abbiegestreifen wird die Verlustzeit aus den beiden anderen Werten abgeleitet. Bei den nicht signalisierten Knotenpunkten liegen die Wartezeiten bei einem Abbiegestreifen ziemlich genau zwischen denen mit 0 oder 2 Abbiegestreifen. Entsprechend wird hier der Mittelwert aus beiden verwendet. Bei signalisierten Knotenpunkten liegen die Wartezeiten mit einem Abbiegestreifen näher an denen mit 2 als mit 0 Abbiegestreifen. Daher wird in Abhängigkeit von der jeweiligen Verlustzeit ein prozentualer Zuschlag auf den Wert mit zwei Abbiegestreifen verwendet.

Dieses Verfahren gilt nur für Straßen mit einem durchgehenden Fahrstreifen je Richtung. Um bei signalisierten und vorfahrtgeregelten Knotenpunkten auch Straßen mit zwei durchgehenden Fahrstreifen je Richtung berücksichtigen zu können, werden diese Fälle auf annähernd äquivalente Fälle mit nur einem durchgehenden Fahrstreifen zurückgeführt. Dies ist der Fall, wenn bei nur noch einem Geradeausfahrstreifen auch die Anzahl der geradeaus fahrenden Fahrzeuge halb so groß wäre. Eine Halbierung der Verkehrsstärke des gesamten Querschnitts führt jedoch nicht zu einem äquivalenten Fall, da die verfügbare Kapazität nicht halbiert wird. Bei einer Zufahrt mit einem Rechts- und einem Linksabbiegestreifen sowie zwei Geradeausfahrstreifen würde sich die Kapazität bei einer Reduktion auf nur noch einen Geradeausfahrstreifen um 25 % verringern. Das Verhältnis von Belastung und Kapazität würde nicht übereinstimmen. Anhand verschiedener fiktiver Belastungssituationen wurde ermittelt, dass bei einer Reduktion der Belastung auf 65 % ein äquivalenter Fall vorliegt.

Zur Ermittlung der mittleren Wartezeit dienen Tab. 15 bis Tab. 19 im Anhang. Die Tabellenwerte sind die durchschnittlichen Wartezeiten auf der betrachteten Straße, angegeben in Sekunden. Bei Belastungsfällen, in denen die Grenze der Leistungsfähigkeit überschritten wird und damit nur

noch die Qualitätsstufe F nach HBS erreicht wird, wird als mittlere Wartezeit pauschal 100 s angesetzt, in den Tabellen ist dort jeweils der Wert –1 eingetragen. Eine detailliertere Ermittlung der Wartezeiten ist nicht sinnvoll, da beim Auftreten instabiler Verkehrsabläufe bereits kleine Änderungen der Randbedingungen zu sehr unterschiedlichen Wartezeiten führen können.

Beispielhaft wird hier für einen Knotenpunkt außerhalb bebauter Gebiete die Verlustzeit berechnet. Bei einer signalisierten Kreuzung der betrachteten Straße (DTV 12.000 Kfz/24 h) mit einer querenden Straße (DTV 7.000 Kfz/24 h), jeweils einem Linksabbiegestreifen in den Zufahrten der betrachteten Straße und einem Schwerverkehrsanteil von 8 % ergibt sich eine durchschnittliche Wartezeit aufgrund der Vorfahrtregelung von 15 s. Hinzu kommt bei einer Länge des Knotenpunktbereichs von 300 m und einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 70 km/h eine Verlustzeit durch die Geschwindigkeitsbeschränkung von 5 s. Insgesamt ist für diesen Knotenpunkt also eine durchschnittliche Verlustzeit von 20 s anzusetzen.

#### **4.2.6 Bahnübergänge innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (BÜ)**

##### **Allgemeines**

Ziel dieses Verfahrens ist die Ermittlung der Zustandsgröße an höhengleichen Bahnübergängen innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete. Angesichts einer verhältnismäßig geringen Anzahl an Bahnübergängen im Vergleich zu anderen Elementen wie Knotenpunkten genügt ein einfaches Verfahren zur Ermittlung der Zustandsgröße. Ähnlich wie bei Knotenpunkten dominiert die Verlustzeit die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit, die durch die Schrankenschließung hervorgerufen wird. Daher werden wie bei den Knotenpunkten die Komponenten der Verlustzeit separat berechnet und das Ergebnis auf die Abschnittslänge bezogen, um die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit zu ermitteln.

##### **Ermittlung der Verlustzeit**

Die Verlustzeit setzt sich, ähnlich wie bei den Knotenpunkten, aus der Verlustzeit durch die Geschwindigkeitsbeschränkung und der Verlustzeit durch die Schrankenschließzeiten zusammen. Die Verlustzeit durch die Geschwindigkeitsbeschränkung wird wie bei den Knotenpunkten ermittelt (vgl. Ziffer 4.2.5).

Zur Ermittlung der Verlustzeiten durch die Schrankenschließzeiten wird eine einfache Klassifizierung verwendet. Dabei wird die Bahnstrecke entsprechend ihrer Bedeutung in Klassen eingeteilt. Zur Ermittlung der Bedeutung der Bahnstrecke wird auf Fahrplandaten der Betreiber zurückgegriffen, die sich zumindest für den Personenverkehr in der Regel einfach über das Internet einsehen lassen. Die Bahnstrecken werden anhand der Häufigkeit der Fahrten im Personenverkehr unterschieden. Die Beschrän-

kung auf den Personenverkehr ergibt sich daraus, dass der Anteil der Güterverkehrsfahrten während der Tagstunden vergleichsweise gering ist. In den Nachstunden spielt der Güterverkehr wegen der geringen Verkehrsstärken im Kraftfahrzeugverkehr keine so wesentliche Rolle. Da die Berücksichtigung des Schienengüterverkehrs nur zu einer geringfügig höheren Genauigkeit führen würde, aber zur Ermittlung der Zugfahrten ein deutlich höherer Aufwand erforderlich wäre, wird auf die Einbeziehung des Schienengüterverkehrs verzichtet.

Die Bedeutung der Bahnstrecke wird anhand der Häufigkeit der Fahrten im Personenverkehr über drei Klassen beschrieben. In Klasse 3 fallen Bahnstrecken mit bis zu einer Fahrt pro Stunde (bzw. ein Fahrtenpaar in zwei Stunden). Klasse 2 enthält Strecken mit zwei Fahrten pro Stunde (bzw. ein Fahrtenpaar je Stunde) und Klasse 1 berücksichtigt Strecken mit drei oder mehr Fahrten je Stunde.

Die Verlustzeit aufgrund der Schrankenschließzeit lässt sich über die Häufigkeit der Schließung und die Zahl der betroffenen Fahrzeuge folgendermaßen errechnen:

$$t_{\text{verl m}} = \frac{t_{\text{verl betr.}} \cdot n_{\text{betr.}} + t_{\text{verl n. betr.}} \cdot n_{\text{n. betr.}}}{n_{\text{ges}}}$$

mit

$t_{\text{verl m}}$  = mittlere Verlustzeit

$t_{\text{verl betr.}}$  = mittlere Verlustzeit der betroffenen Fahrzeuge

$t_{\text{verl n. betr.}}$  = mittlere Verlustzeit der nicht betroffenen Fahrzeuge = 0

$n_{\text{betr.}}$  = Anzahl der betroffenen Fahrzeuge

$n_{\text{n. betr.}}$  = Anzahl der nicht betroffenen Fahrzeuge

$n_{\text{ges}}$  = Anzahl aller Fahrzeuge

Da jedoch

$$n_{\text{betr.}} = n_{\text{ges}} \cdot \frac{t_{\text{Schr}}}{3.600} \text{ mit } t_{\text{Schr}} = \text{Schrankenschließzeit je Stunde in s}$$

gilt, ist die mittlere Verlustzeit unabhängig von der Zahl der Fahrzeuge. Daher bleibt die Verkehrsstärke der betrachteten Straße (unter Annahme einer gleichverteilten Ankunft am Bahnübergang) ohne Bedeutung.

Bei einem Zug pro Stunde (Klasse 3) und einer angenommenen Dauer der Schließung von etwa 2,5 Minuten beträgt die durchschnittliche Verlustzeit pro betroffenem Fahrzeug 75 s (150/2) und damit die durchschnittliche Verlustzeit aller Fahrzeuge 3 s. Entsprechend lässt sich auch die durchschnittliche Verlustzeit für Klasse 2 und Klasse 1 berechnen. Diese sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Klasse	mittl. Verlustzeit pro Fahrzeug [s]
1	12
2	6
3	3

Tab. 6 Zuordnung von Verlustzeiten in Abhängigkeit von der Bedeutung der Bahnstrecke

Beispielsweise ergibt sich für einen Bahnübergang bei vier Fahrten pro Stunde auf der Bahnstrecke eine Einstufung der Bahnstrecke in Klasse 1. Es sind entsprechend 12 s Verlustzeit aufgrund der Schrankenschließung anzusetzen. Hinzu kommen bei einer Länge des Bahnübergangsbereichs von 200 m mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung auf 50 km/h 7 s an Verlustzeit durch die Geschwindigkeitsbeschränkung. Insgesamt sind also 19 s mittlerer Verlustzeit an diesem Bahnübergang pro Kraftfahrzeug anzusetzen.

#### 4.2.7 Sonstige Anlagen (SO)

Als „sonstige Anlagen“ werden alle Abschnitte erfasst, die sich nicht den in den Ziffern 4.2.1 bis 4.2.6 beschriebenen Elementen zuordnen lassen. Bei diesen Abschnitten muss die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit bzw. die Reisezeit sinnvoll abgeschätzt werden.

#### 4.3 Zustandsgröße des Ziels *geringe Umwegigkeit*

Zustandsgröße für die Umwegigkeit ist das Verhältnis zwischen tatsächlicher Entfernung bei Nutzung des vorhandenen oder geplanten Streckenzugs (Reiseweite) und der Luftlinienentfernung.

Sowohl die Reiseweite als auch die Luftlinienentfernung zwischen Quelle und Ziel lassen sich unmittelbar aus Lageplänen ermitteln. Hieraus wird zur Beschreibung der Umwegigkeit der Quotient gebildet.

#### 4.4 Zustandsgröße des Ziels *hohe Zuverlässigkeit*

Das Ziel *hohe Verkehrsqualität* wird über die Auslastung einer Verkehrsanlage beschrieben, da diese in direkter Abhängigkeit zur Wahrscheinlichkeit für Störungen durch Überlastung steht. Bei nahezu allen Elementen besteht eine direkte Abhängigkeit zwischen der jeweiligen Zustandsgröße für das Ziel *geringe Reisezeit* und der Auslastung der Verkehrsanlage. Damit lassen sich zur Ermittlung der Zustandsgröße für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit* in der Regel dieselben Verfahren nutzen wie für das Ziel *geringe Reisezeit*.

#### 4.4.1 Knotenpunktfreie Strecken mit zwei bzw. vier oder mehr Fahrstreifen im Querschnitt (FS-2 und FS-m)

Die Ermittlung der Zustandsgröße für das Ziel geringe Reisezeit erfolgt für die Elemente FS-2 und FS-m anhand von Verfahren des HBS. Die Verfahren dienen im Kontext des HBS zur Beurteilung der Verkehrsqualität. Diese wird in sechs Qualitätsstufen beurteilt, die mit den Buchstaben A bis F bezeichnet sind, wobei A die beste und F die schlechteste Verkehrsqualität widerspiegelt. Die Beurteilung erfolgt jeweils anhand der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit als Zustandsgröße. Über das Fundamentaldiagramm lässt sich für diese Straßen der Zusammenhang zwischen mittlerer Pkw-Reisegeschwindigkeit, Verkehrsstärke, Verkehrsdichte und Auslastung herstellen. Hierdurch besteht dann auch ein Zusammenhang zwischen der Qualitätsstufe und der Auslastung. Die Qualitätsstufe nach dem HBS ist damit ein Äquivalent für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit*. Entsprechend kann auch zur Ermittlung der Zustandsgröße für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit* auf die Verfahren des HBS zurückgegriffen werden, die gleichermaßen zur Ermittlung der Zustandsgröße für das Ziel *geringe Reisezeit* verwendet wurden.

In den beiden HBS-Verfahren wird zur Beurteilung der Verkehrsqualität die jeweilige Zustandsgröße (bei den Verfahren für FS-2 und FS-m ist dies die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit) in Klassen eingeteilt, denen jeweils eine Qualitätsstufe zugeordnet ist. Beim Verfahren für Straßen mit je einem Fahrstreifen je Richtung (FS-2) ist die jeweilige Qualitätsstufe bereits im Diagramm zur Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit angegeben. Beim Verfahren für Straßen mit vier oder mehr Fahrstreifen wird die Verkehrsqualität in einem von der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit unabhängigen Arbeitsschritt ermittelt. Hierzu sind im HBS Tabellen enthalten, die die Qualitätsstufe in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke, dem Schwerverkehrsanteil, dem Querschnitt und der Lage innerhalb oder außerhalb von Ballungsräumen angeben. Beispielhaft ist eine dieser Tabellen im Folgenden abgebildet.

QSV	zulässige Verkehrsstärke [Kfz/h]					
	außerhalb von Ballungsräumen			innerhalb von Ballungsräumen		
	SV-Anteil			SV-Anteil		
	0 %	10 %	20 %	0 %	10 %	20 %
A	≤ 1620	≤ 1530	≤ 1440	≤ 1710	≤ 1620	≤ 1530
B	≤ 2970	≤ 2805	≤ 2640	≤ 3135	≤ 2970	≤ 2805
C	≤ 4050	≤ 3825	≤ 3600	≤ 4275	≤ 4050	≤ 3825
D	≤ 4860	≤ 4590	≤ 4320	≤ 5130	≤ 4860	≤ 4590
E	≤ 5400	≤ 5100	≤ 4800	≤ 5700	≤ 5400	≤ 5100
F	—	—	—	—	—	—

Tab. 7 Zulässige Verkehrsstärken auf dreistreifigen Richtungsfahrbahnen ohne Geschwindigkeitsbeschränkung [14]

#### **4.4.2 Knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit drei Fahrstreifen im Querschnitt (FS-3)**

Das in [11] beschriebene Verfahren dient der Beurteilung der Verkehrsqualität von dreistreifigen Landstraßen mit wechselseitigen Überholfahrstreifen („2 + 1“). Es orientiert sich an der Methodik der HBS-Verfahren und sieht ebenfalls eine Beurteilung anhand der sechs Qualitätsstufen vor. Wie beim Verfahren für zweistreifige Landstraßen (vgl. Ziffer 4.4.1) lässt sich die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs direkt aus dem q-v-Diagramm entnehmen. Die Festlegung der Qualitätsstufe basiert auf der Verkehrsdichte. Durch den im Fundamentaldiagramm beschriebenen Zusammenhang zwischen Verkehrsstärke, Verkehrsdichte, Geschwindigkeit und Auslastung lässt sich anhand der Qualitätsstufe direkt auf die Auslastung schließen.

#### **4.4.3 Knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete (FS-OD)**

Das in [5] beschriebene Verfahren hat zum Ziel, die Verkehrsqualität von innerörtlichen Hauptverkehrsstraßen zu beschreiben. Das Verfahren soll Eingang in das HBS finden. Aus diesem Grund ist eine Beurteilung der Verkehrsqualität anhand der üblichen sechs Qualitätsstufen vorgesehen. Dieses Vorgehen wird übernommen, wobei jedoch zu beachten ist, dass eine vollständige Anwendung des Verfahrens wegen der nur mit hohem Aufwand ermittelbaren Einflussgrößen im Rahmen dieses Verfahrens nicht möglich ist (vgl. auch Ziffer 4.2.4). Neben der vergleichsweise gut verfügbaren Verkehrsstärke steht ansonsten nur eine pauschale Einschätzung des Ausmaßes der Störungen in zwei Klassen („geringe Störungen“ und „erhebliche Störungen“) zur Verfügung (vgl. Ziffer 4.4.3).

Die Diagramme zur Beurteilung der Verkehrsqualität in [5] zeigen jedoch deutlich, dass die Störungen unterhalb von 1.000 Kfz/(h·Ri) bei zweistreifigen Querschnitten sowie unterhalb von 1.300 Kfz/(h·Ri) bei vierstreifigen Querschnitten keine großen Auswirkungen haben. Die exakte Kenntnis der Störungen ist daher für die Anwendung des Verfahrens nicht erforderlich, sofern das Ausmaß der Störungen zumindest grob abgeschätzt werden kann.

Zur Ermittlung der Verkehrsqualität wird das in [5] beschriebene Verfahren angewendet, wobei bei geringen Störungen jeweils eine Linie in der Mitte im Diagramm zu berücksichtigen ist und bei erheblichen Störungen jeweils die oberste Linie. Damit liegen die Ergebnisse tendenziell auf der sicheren Seite.



#### 4.4.4 Knotenpunkte innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (KP)

Wie auch bei den Straßen außerhalb bebauter Gebiete mit zwei bzw. vier oder mehr Fahrstreifen im Querschnitt wäre das HBS-Verfahren zur Ermittlung der Verkehrsqualität von Knotenpunkten geeignet, um die Zustandsgröße für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit* zu bestimmen. Auch bei Knotenpunkten besteht ein Zusammenhang zwischen der Wartezeit als Zustandsgröße, der Qualitätsstufe und der Auslastung.

Allerdings lassen sich – wie in Ziffer 3.5.1 beschrieben – die für die Anwendung des Verfahrens notwendigen Einflussgrößen nicht mit vertretbarem Aufwand ermitteln. Entsprechend wird für das Ziel *geringe Reisezeit* ein vereinfachtes Verfahren angewendet. Durch die Vereinfachung werden einzelne Einflussgrößen durch Annahmen ersetzt. Der Zusammenhang zwischen Wartezeit und Auslastung geht hierdurch jedoch nicht verloren. Lediglich der Detailgrad der Aussage ist reduziert. Die Qualitätsstufe und damit auch die Auslastung und die Zuverlässigkeit gegenüber Störungen durch Überlastung lässt sich entsprechend anhand der Wartezeit über das vereinfachte Verfahren bestimmen. Die Stufe der Verkehrsqualität wird dann anhand der Einstufungen des HBS ermittelt, sie ist auch in den für dieses Verfahren entwickelten Diagrammen zur Ermittlung der Verlustzeit bereits durch eine farbliche Kennzeichnung angegeben.

#### 4.4.5 Bahnübergänge innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (BÜ)

Bei Bahnübergängen lässt sich – anders als bei knotenpunktfreien Strecken oder Knotenpunkten – kein direkter Zusammenhang zwischen der Zustandsgröße, der Auslastung und der Zuverlässigkeit gegenüber Störungen herstellen. Bei knotenpunktfreien Strecken und Knotenpunkten ist die Streuung der Zeitverluste für die einzelnen Verkehrsteilnehmer vergleichsweise gering. Bei knotenpunktfreien Strecken treten die größten Störungen für einzelne Verkehrsteilnehmer durch langsame Fahrzeuge (i. d. R. Schwerverkehr) auf, die innerhalb eines Abschnitts nicht überholt werden können. Die Reisegeschwindigkeit liegt dann für einen einzelnen Verkehrsteilnehmer in diesem Abschnitt etwa 10 bis 20 km/h unter dem Mittelwert. Der Zeitverlust gegenüber dem Mittelwert beträgt bei einer Fahrgeschwindigkeit von 20 km/h unter der Wunschgeschwindigkeit und einer Abschnittslänge ohne Überholmöglichkeit von 2 km lediglich 20 bis 30 s. Bei Knotenpunkten können die Schwankungen bei hoher Auslastung noch etwas größer sein. Bei einer mittleren Wartezeit von 60 s (Qualitätsstufe D) und einer Umlaufzeit von 90 s kann die Abweichung vom Mittelwert bis zu 60 s betragen (Ankunft in der Freigabezeit nach Abbau eines Reststaus bzw. Ankunft unmittelbar nach Ende der Freigabezeit).

Bei Bahnübergängen ist die Streuung gegenüber knotenpunktfreien Strecken und Knotenpunkten sehr viel größer. Der Mittelwert der Wartezeit ist

gegenüber Knotenpunkten vergleichsweise gering (vgl. Ziffer 4.2.6). Selbst bei ungünstigen Randbedingungen (lange Schrankenschließzeit, häufige Schließung) liegt die mittlere Wartezeit aller Fahrzeuge in der Regel in einer Größenordnung, die bei Knotenpunkten mit Qualitätsstufe A oder B nach dem HBS beurteilt werden würde. Der Mittelwert ergibt sich bei Bahnübergängen aus einer großen Anzahl an Fahrzeugen, die ohne Halt passieren können und einer vergleichsweise geringen Anzahl an Fahrzeugen, die von der Schrankenschließung betroffen sind. Letztere müssen dann Wartezeiten von mehreren Minuten hinnehmen.

Bei Bahnübergängen ist entsprechend bei der Beurteilung der Zuverlässigkeit anhand der Auslastung zu berücksichtigen, dass die Streuung der Wartezeiten sehr groß ist und damit die „Grundzuverlässigkeit“ geringer ist als bei anderen Verkehrsanlagen. Dies entspricht auch dem subjektiven Empfinden der Störungen durch Bahnübergänge gegenüber Knotenpunkten.

Zur Beurteilung der Auslastung bzw. der Wahrscheinlichkeit von Störungen werden die gleichen Klassen verwendet wie beim Ziel *geringe Reisezeit*. Bei der Klasse 3 (1 Schließung je Stunde) ist die Wahrscheinlichkeit einer Störung gering und die Zuverlässigkeit entsprechend vergleichsweise hoch. Bei den Klassen 2 und 1 (zwei oder mehr Schließungen je Stunde) wird die Zuverlässigkeit dagegen als gering eingestuft. Eine weitere Differenzierung der Zuverlässigkeit erfolgt bei Bahnübergängen nicht.

## 4.5 Fazit

Zur Ermittlung der drei Zustandsgrößen sind jeweils geeignete Verfahren zu finden. Da sich die Zustandsgröße nicht für alle Elemente auf die gleiche Weise ermitteln lässt, sind entsprechend für verschiedene Elemente auch verschiedene Verfahren erforderlich. Es wird angestrebt, bereits vorhandene Verfahren zu verwenden. Dies ist jedoch nicht immer möglich. Teilweise müssen die Verfahren angepasst werden, da nicht alle erforderlichen Einflussgrößen verfügbar sind. Teilweise ist auch die Entwicklung neuer Verfahren notwendig.

Für das Ziel geringe Reisezeit sind zur Ermittlung der Zustandsgröße getrennte Verfahren für die Elemente FS-2, FS-3, FS-m, FS-OD, KP und BÜ erforderlich. Mit diesen Verfahren lässt sich jedoch größtenteils auch die Zustandsgröße für das Ziel hohe Zuverlässigkeit ermitteln. Für das Ziel geringe Umwegigkeit lässt sich die Zustandsgröße direkt ermitteln.

## 5 Ermittlung der Zielgrößen

In den vorangehenden Kapiteln werden die Verfahren zur Ermittlung der Zustandsgrößen beschrieben. Für die Bewertung von Strecken im Rahmen eines Soll-Ist-Vergleichs ist zusätzlich die Ermittlung der Zielgrößen erforderlich.

### *Ziel geringe Reisezeit*

Als Zielgröße wird die Luftliniengeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Luftlinienentfernung verwendet (vgl. Ziffer 3.2). Der Quotient von Luftlinienentfernung und Luftliniengeschwindigkeit entspricht der Reisezeit. Es wird jedoch kein fester Wert als Zielgröße verwendet, da bei geringen Entfernungen der Anteil der Strecke im innerörtlichen bzw. untergeordneten Straßennetz weitaus größer ist als bei großen Entfernungen. Hierdurch wäre das Anspruchsniveau bei kurzen Verbindungen deutlich schwieriger zu erreichen als bei langen Verbindungen. So sind beispielsweise bei Verbindungen über 100 km Länge Luftliniengeschwindigkeiten von über 70 km/h wünschenswert. Diese Geschwindigkeit ließe sich auf Verbindungen von nur 10 km Länge durch den überwiegenden Anteil im innerörtlichen Straßennetz mit einer zulässigen Geschwindigkeit von maximal 50 km/h unmöglich erreichen. Daher ist die anzustrebende Luftliniengeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Luftlinienentfernung festzulegen.

Einen solchen Zusammenhang zwischen Luftliniengeschwindigkeit und Luftlinienentfernung enthalten die RIN im Anhang A 2 „Hinweise zur Ermittlung und Bewertung der Angebotsqualität“ (vgl. Abb. 16). Aus dem Diagramm lässt sich ermitteln, wie die Luftliniengeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Luftlinienentfernung zur beurteilen ist. Hierfür werden –vergleichbar mit dem HBS– sechs Stufen der Angebotsqualität (SAQ) verwendet.

Im Rahmen dieses Verfahrens wird in Anlehnung an das HBS als Zielgröße die Stufe D gewählt.

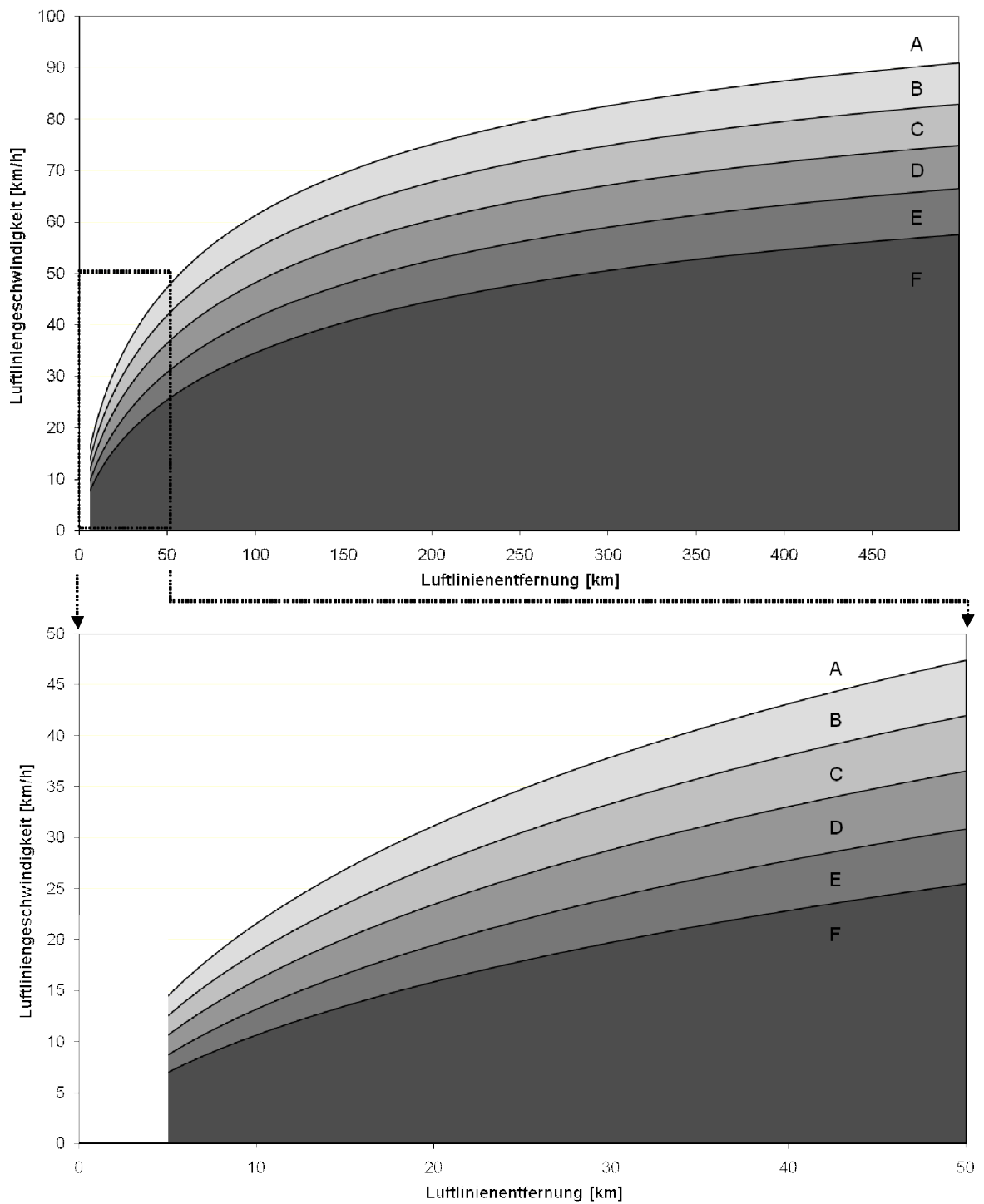


Abb. 16 Orientierungswerte zur Bewertung der Luftliniengeschwindigkeit im Pkw-Verkehr [22]

**Ziel *geringe Umwegigkeit***

Umwegigkeit ist das Verhältnis zwischen tatsächlicher Entfernung bei Nutzung des vorhandenen oder geplanten Streckenzugs (Reiseweite) und der Luftlinienentfernung. Das Ziel einer geringen bzw. möglichst überhaupt keiner Umwegigkeit ist erreicht, wenn die Reiseweite der Luftlinienentfernung exakt entspricht. Das Verhältnis aus beiden ist dann gleich 1.

Diese theoretische Größe lässt sich in der Praxis mit einem hierarchisch gegliederten Netz kaum erreichen. Selbst wenn eine Fernstraße extrem gestreckt trassiert wäre und damit ein Verhältnis zwischen Reiseweite und Luftlinienentfernung nahe an 1 hätte, so wird dieses Verhältnis durch die Zu- und Abgangswege im untergeordneten Netz deutlich verschlechtert. Besonders im Erschließungsstraßennetz ist eine geringe Umwegigkeit nur ein nachrangiges Ziel, hier spielen viele andere Ziele eine weitaus größere Rolle. Betrachtet man eine Verbindung zwischen Quelle und Ziel in drei Teilen, nämlich dem Zugangsweg zur Fernstraße, der Fernstraße sowie dem Abgangsweg, so wird deutlich, dass bei einer großen Luftlinienentfernung die Umwegigkeit tendenziell kleiner sein muss als bei einer kleinen Luftlinienentfernung. Bei einer großen Luftlinienentfernung ist der Anteil der tendenziell umwegigeren Zu- und Abgangswege kleiner als bei einer kleinen Luftlinienentfernung. Die Angabe eines festen Werts für die Umwegigkeit unabhängig von der Entfernung würde also dazu führen, dass bei geringen Entfernungen eher Mängel erkannt würden als bei großen Entfernungen.

Zur Ermittlung der Zielgröße wird daher entsprechend den RIN [22] auf Abb. 17 zurückgegriffen.

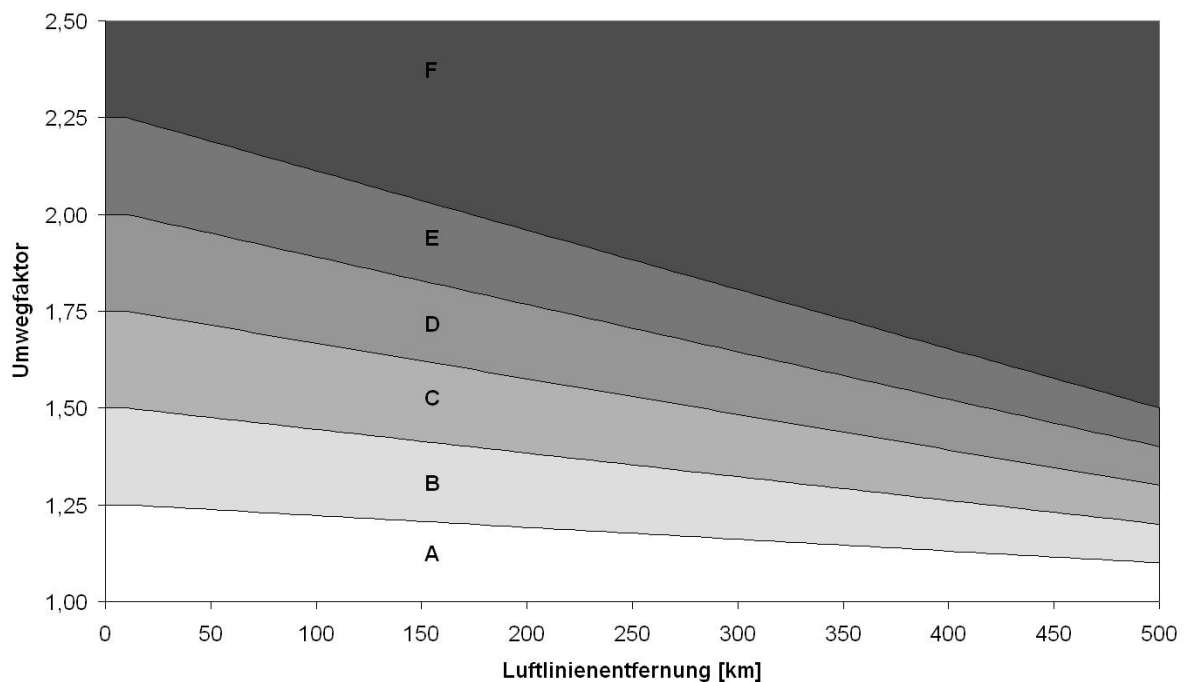


Abb. 17 Orientierungswerte zur Bewertung des Umwegfaktors [22]

Anhand des Diagramms lässt sich in Abhängigkeit von der Luftlinienentfernung dem Umwegfaktor eine Qualitätsstufe zuweisen. Als Zielgröße wird im Rahmen dieses Verfahrens die Stufe D verwendet.

### **Ziel *hohe Zuverlässigkeit***

Die Zuverlässigkeit wird über die Zustandsgröße *Auslastung* beschrieben bzw. bei einigen Elementen über die Verkehrsqualitätsstufe nach dem HBS. Eine Auslastung von 1 bzw. 100 % als Zielgröße (bzw. die Grenze zwischen den Qualitätsstufen E und F nach dem HBS) bietet sich nicht an, da die Verkehrsanlage dann zwar gerade noch nicht überlastet ist, es aber dennoch zu deutlichen Störungen im Verkehrsablauf kommt. Als Zielgröße ist daher ein Wert deutlich unterhalb der Kapazität zu wählen. Im Einführungserlass zum HBS wird als Mindestanspruchsniveau die Qualitätsstufe D verwendet. Bei Auslastungen, die zu Stufe D führen, ist der Bereich, in dem der Übergang von einem stabilen zu einem labilen Verkehrsablauf stattfindet, noch nicht erreicht. Für alle Elemente, deren Zustandsgröße die Qualitätsstufe nach dem HBS ist (FS-2, FS-m und KP), wird daher als Zielgröße die Spanne der Qualitätsstufen A bis D angesetzt. Gleiches gilt für die Elemente FS-3 und FS-OD, da in diesen Verfahren die gleiche Methodik zur Bewertung der Verkehrsqualität verwendet wird.

Damit verbleiben lediglich die Elemente Bahnübergang (BÜ) und sonstige Anlage (SO). Bei Bahnübergängen wird die Qualität in drei Klassen eingeteilt. Als Zielgröße werden hier die Klassen 2 bis 3 vorgesehen. Bei sonstigen Anlagen ist keine Definition einer Zielgröße möglich. Sowohl zur Ermittlung einer Zustandsgröße als auch einer Zielgröße müssen bei der Anwendung Analogien zu anderen Elementen gefunden werden.

## 6 Bewertung

### 6.1 Soll-Ist-Vergleich

Ein Soll-Ist-Vergleich zwischen Ziel- und Zustandsgröße kann auf zwei Arten erfolgen. Zum Einen kann die Zustandsgröße jedes Abschnitts separat mit der Zielgröße verglichen werden. Eine andere Möglichkeit ist die streckenbezogene Bewertung. Dabei werden die über den Streckenzug aggregierten Zustandsgrößen der Zielgröße gegenüber gestellt.

Eine abschnittsbezogene Bewertung ist bezogen auf die Ziele *geringe Reisezeit* und *geringe Umwegigkeit* nicht zielführend. Bezogen auf das Ziel *geringe Reisezeit* würden dann alle Abschnitte mit systembedingt geringen Reisegeschwindigkeiten wie Knotenpunkte, Bahnübergänge und Abschnitte der freien Strecke mit hoher Kurvigkeit und Längsneigung als mangelbehaftet erkannt. Eine Ermittlung der Streckenzüge mit Defiziten hinsichtlich der Reisegeschwindigkeit wäre jedoch nicht möglich. Hinsichtlich der Umwegigkeit ist eine abschnittsbezogene bzw. elementbezogene Bewertung ohnehin nicht möglich, da sich die Streckenzüge auch aus Elementen zusammensetzen, die keine oder keine nennenswerte Ausdehnung in Längsrichtung aufweisen, wie z. B. Knotenpunkte oder Bahnübergänge. Für den Soll-Ist-Vergleich der Ziele *geringe Reisezeit* und *geringe Umwegigkeit* ist daher eine streckenbezogene Bewertung erforderlich.

Anders stellt sich die Situation beim Ziel *hohe Zuverlässigkeit* dar. Die Zuverlässigkeit, d. h. die Wahrscheinlichkeit, dass die tatsächliche Reisezeit nicht wesentlich von der prognostizierten Reisezeit abweicht bzw. keine wesentlichen Störungen auftreten, wird nicht durch die Kombination aller Elemente eines Streckenzugs beeinflusst, sondern durch einzelne Elemente. Um die Zuverlässigkeit eines Streckenzuges negativ zu beeinflussen, reicht bereits ein störungsgefährdeter oder überlasteter Abschnitt aus. Hinsichtlich der Zuverlässigkeit ist daher eine Aggregation bzw. Mittelwertbildung der Zustandsgrößen aller Elemente eines Streckenzugs nicht sinnvoll, da hierdurch das Erkennen von Problembereichen erheblich erschwert wird. Beim Soll-Ist-Vergleich des Ziels *hohe Zuverlässigkeit* ist daher eine elementbezogene bzw. abschnittsbezogene Bewertung erforderlich.

Eine streckenbezogene Bewertung bei den Zielen *geringe Reisezeit* und *geringe Umwegigkeit* führt zum Erkennen der Streckenzüge mit Defiziten hinsichtlich der beiden Ziele. Ziel des Verfahrens ist jedoch nicht nur, die problematischen Streckenzüge zu identifizieren, sondern vor allem auch eine Grundlage für die Maßnahmenentwicklung zu liefern. Aufbauend auf die streckenbezogene Bewertung muss daher in einem weiteren Arbeitsschritt auf der Basis der Zustandsgrößen eine abschnittsbezogene Betrachtung durchgeführt werden. Dies ermöglicht eine genaue Lokalisierung der mangelbehafteten Abschnitte bzw. Elemente, die dann zur Entwicklung von Maßnahmen (bei Bedarf auch richtungsbezogen) ausgewertet werden können.

Im Folgenden ist das Vorgehen beim Soll-Ist-Vergleich für die drei Ziele beschrieben.

### **Ziel *geringe Reisezeit***

Die Ermittlung der Ist-Reisegeschwindigkeit erfolgt über die einzelnen Elemente und Abschnitte des Streckenzuges. Diese können sich aus Abschnitten der freien Strecke mit einem oder mehreren Fahrstreifen je Richtung, Knotenpunkten, Bahnübergängen, Ortsdurchfahrten und sonstigen Anlagen zusammensetzen. Für jeden Abschnitt wird nach Ziffer 4 die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit und die Länge (bei Abschnitten der freien Strecke) oder die Reisezeit (bei Knotenpunkten, Bahnübergängen und sonstigen Anlagen) ermittelt. Bei Abschnitten der freien Strecke wird aus der Reisegeschwindigkeit und der Länge die Reisezeit ermittelt. Die Reisezeiten aller Abschnitte werden zu einer Gesamt-Reisezeit für den Streckenzug zusammengeführt. Zusätzlich wird die Luftlinienentfernung der Verbindung ermittelt, die durch den betrachteten Streckenzug realisiert wird. Die Reisezeit wird dann ins Verhältnis zur Luftlinienentfernung gesetzt und ergibt die Luftliniengeschwindigkeit.

Die Bewertung erfolgt dann mit Hilfe des Diagramms der RIN (vgl. Abb. 16). Eingangsgrößen sind die Luftlinienentfernung sowie die Luftliniengeschwindigkeit. Abgelesen werden kann die Stufe der Angebotsqualität (Stufe A bis Stufe F).

Mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) kann die Angebotsqualität durch eine farbliche Kennzeichnung dargestellt werden (vgl. Ziffer 6.2). Bei Streckenzügen mit einer geringen Bewertung besteht entsprechend hoher Handlungsbedarf zur Verringerung der Reisezeit. Bei diesen Streckenzügen ist zu prüfen, ob die hohe Reisezeit von Mängeln bei den Abschnitten herrührt, oder ob in erster Linie eine große Umwegigkeit hierfür verantwortlich ist. Ein Abgleich mit den Ergebnissen des Soll-Ist-Vergleichs hinsichtlich des Ziels *geringe Umwegigkeit* ist hierfür erforderlich.

Insbesondere wenn nicht eine hohe Umwegigkeit die Ursache für die Defizite ist, kann mit Hilfe der ebenfalls in einem GIS darstellbaren Analysewerte festgestellt werden, welche Abschnitte verantwortlich für die hohe Reisezeit sind. Durch die grafische Darstellung ist es dann möglich zu erkennen, für welche Abschnitte Maßnahmen sinnvoll sind. Auf der Basis der Analysedaten können anschließend geeignete Maßnahmen entwickelt werden.

### **Ziel *geringe Umwegigkeit***

Der Soll-Ist-Vergleich beim Ziel geringe Umwegigkeit dient in erster Linie der Beurteilung, ob eine festgestellte hohe Reisezeit durch Mängel bei den



Abschnitten verursacht wird, oder ob eine große Umwegigkeit die Ursache ist.

Zur Beurteilung wird die Länge aller Abschnitte zur Länge des betrachteten Streckenzugs zusammengeführt. Parallel wird die Luftlinienentfernung bestimmt. Beide Werte werden ins Verhältnis gesetzt und ergeben den Umwegfaktor. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe des Diagramm der RIN (vgl. Abb. 17). Eingangswerte sind die Luftlinienentfernung und der Umwegfaktor. Abgelesen wird die Stufe der Angebotsqualität. Auch diese Bewertungen können in einer GIS-Anwendung dargestellt und mit den Ergebnissen hinsichtlich des Ziels *geringe Reisezeit* überlagert werden. Hierdurch ist eine einfache Beurteilung möglich, welche Streckenzüge aufgrund einer hohen Umwegigkeit eine hohe Reisezeit aufweisen.

### **Ziel hohe Zuverlässigkeit**

Für den Soll-Ist-Vergleich wird für jedes Element bzw. jeden Abschnitt die Auslastung ermittelt. Wie in Ziffer 4.4 beschrieben, lässt sich stellvertretend die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs verwenden. Für den Soll-Ist-Vergleich wird entsprechend die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs ermittelt, sofern die anzuwendenden Verfahren dies ermöglichen. Bei Bahnübergängen ist lediglich eine Einteilung in drei Klassen vorgesehen. Um eine einheitliche Zustandsgröße zu erhalten, werden die Klasseneinteilungen bei Bahnübergängen mit Qualitätsstufen gleichgesetzt (vgl. Tab. 8).

Klasse	Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs
1	E
2	D
3	B

Tab. 8 Beurteilungsklassen von Bahnübergängen und gleichzusetzende Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs

Bei sonstigen Anlagen sind Analogien zu anderen Elementen zu suchen. Falls dies nicht möglich ist, so sollte das Element pauschal mit Qualitätsstufe F belegt werden, damit die Unsicherheiten hinsichtlich der Zuverlässigkeit bei der Bewertung nicht ignoriert werden.

Die Bewertung des Streckenzugs erfolgt über das Ausmaß der Unzuverlässigkeit und die Anzahl der Abschnitte, die davon betroffen sind. Weist ein Streckenzug ein oder mehrere Abschnitte auf, die mit Qualitätsstufe E oder F zu beurteilen sind, so ist von einer großen Unzuverlässigkeit auszugehen. Enthält eine Strecke keine Abschnitte, die mit E oder F zu bewerten sind, aber mehrere Abschnitte, die mit Qualitätsstufe D zu bewerten sind, so sollte dieser Streckenzug als anfällig gegenüber Störungen betrachtet werden. Hintergrund ist, dass die Ermittlung der Verkehrsqualitäten auf Verkehrsstärken beruhen, die in der Regel Verkehrsmengenkarten

entnommen sind. Zum Einen können Ungenauigkeiten durch die Umrechnung von den angegebenen Tageswerten auf die zugrunde zu legenden Stundewerte entstehen. Zum Anderen ist die Genauigkeit von Verkehrsmengenkarten, die in der Regel alle fünf Jahre aktualisiert werden und letztlich nur eine Momentaufnahme darstellen, vergleichsweise gering. Daher kann eine Beurteilung eines Abschnitts mit Stufe D aufgrund der Ungenauigkeiten tatsächlich mit Stufe E zu bewerten sein und damit ebenfalls anfällig gegenüber Störungen sein.

## 6.2 Ergebnisdarstellung mit einem GIS

Mit einem geografischen Informationssystem (GIS) kann die reale Welt durch die parallele Bearbeitung von beschreibenden Daten modellhaft flächenbezogen dargestellt werden. Die Verwaltung der Daten eines GIS erfolgt in Objektmodellen, die sich aus Geometrie- und Sachattributen zusammensetzen. Ein Informationssystem bietet daher auf der Basis eines Kartenbezugs die Möglichkeit zur georeferenzierten Darstellung von Sachinformationen. Daneben stehen dem Informationssystem Schnittstellen zur Verfügung, die es Programmen ermöglichen, auf die Datenbank des GIS zuzugreifen und mit ihr zu kommunizieren. Viele Datenbanken unterstützen die standardisierte Datenbankabfrage SQL (Structured Query Language).

Bei dem zur graphischen Auswertung hier beispielhaft genutzten Programm handelt es sich um das Produkt ArcGIS ArcView der Firma ESRI Environmental Systems Research Institute, Inc.. ArcView verfügt als Desktop-Mapping-Programm über einen modularen Aufbau zur Kartenanfertigung mit der Fähigkeit zur Kombination von Vektor- und Rasterdaten. Die Programmierungsmöglichkeiten sind auf GIS-Funktionalitäten begrenzt, so dass Berechnungsalgorithmen in einer externen Datenbank durchgeführt werden müssen.

Grundlage einer Verknüpfung des GIS und einer Datenbankanwendung (z. B. mit Microsoft Access oder Microsoft Excel) ist eine einheitliche Zuordnung der Sachinformationen über einen gemeinsamen Bezug. Diese Zuordnung erfolgt über eine eindeutig vergebene Nummer für die einzelnen Abschnitte. Diese Information muss sowohl in der Datenbank hinterlegt sein, als auch den grafischen Objekten in ArcView zugeordnet werden. Der Datenaustausch erfolgt über eine SQL-Verbindung.

Die Nutzung des GIS beschränkt sich im Zusammenhang mit diesem Verfahren vorwiegend auf die Visualisierung der ausgewerteten Informationen. Auf Basis einer digitalen Datengrundlage können die untersuchten Strecken dargestellt werden. Die einzelnen Abschnitte können auf der Kartengrundlage dargestellt werden, sofern sie zuvor Punkt für Punkt in das GIS eingegeben wurden. Abfragemanager bieten die Möglichkeit, Daten zu selektieren. Damit ist es beispielsweise möglich, jedem Element seine Reisezeit oder Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs zuzuordnen und, abhängig vom jeweiligen Wert, in einer entsprechenden Farbe darzustellen. Abschnitte mit geringer Reisezeit bzw. guter Verkehrsqualität können

z. B. in Grüntönen dargestellt werden und Abschnitte mit hoher Reisezeit bzw. schlechter Verkehrsqualität in Rottönen.

Mit dem GIS ist es dann möglich, die Mängel im untersuchten Netz sofort anhand der Farbe zu erkennen. Durch die Verbindung zur Datenbank können dann gezielt zusätzlich verfügbare Daten zu diesen Abschnitten abgerufen werden, so dass auch die Ursachen für die Mängel abzuleiten sind.

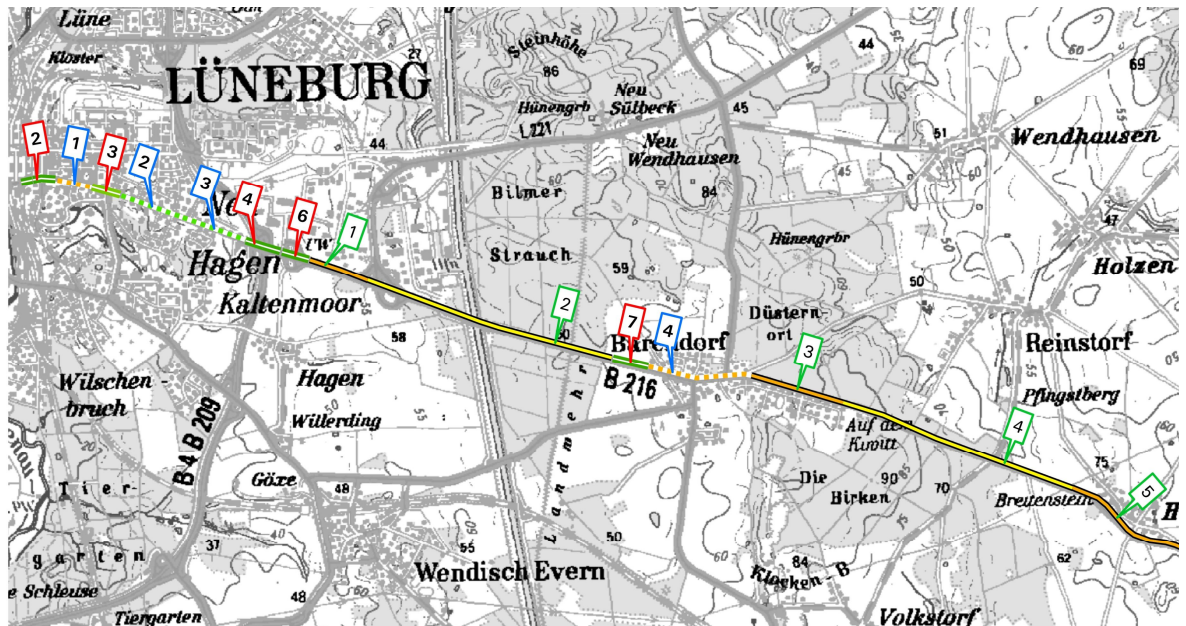


Abb. 18 Beispiel zur Darstellung mit dem GIS: Unterscheidung der Elemente anhand der Linienart, Darstellung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit über Farben von grün nach rot, Angabe der Elementnummer und Elementart über verschiedenfarbige Fähnchen

### 6.3 Ableitung von Maßnahmen

Die Betrachtung von Verbindungen zwischen Zentralen Orten ermöglicht es, diejenigen Streckenzüge zu identifizieren, die deutliche Defizite aufweisen. In einem weiteren Schritt können dann die einzelnen Elemente der Streckenzüge mit Defiziten betrachtet werden, um diejenigen Elemente zu identifizieren, die für die ungünstige Beurteilung des Streckenzugs eine wesentliche Rolle spielen. Dies kann anhand von Tabellen erfolgen, in denen die Elemente nach der Differenz ihrer Zustandsgrößen zu den Zielgrößen geordnet werden und entsprechend eine Rangfolge anhand der Defizite gebildet wird. Eine zweite Möglichkeit ist die Nutzung der GIS-Darstellungen, wo anhand der jeweiligen Farbgebung schnell diejenigen Elemente gefunden werden können, die die Defizite des Streckenzugs verursachen.

Sind die Elemente identifiziert, die zu einem Defizit bei einem Streckenzug führen, können hieraus planerisch Maßnahmen zur Reduzierung der Defi-

zite abgeleitet werden. Aufgrund der Vielzahl an Elementen, der großen Bandbreite möglicher Defizite und der vielen planerischen Möglichkeiten, hierauf zu reagieren, bietet es sich nicht an, die Maßnahmenfindung im Rahmen dieses Verfahrens zu formalisieren.

## 7 Überprüfung des Verfahrens

### 7.1 Ziel

Ziel einer Überprüfung des Verfahrens ist es zum Einen, die Praxistauglichkeit des Verfahrens festzustellen. Es soll gezeigt werden,

- wie das Verfahren konkret anzuwenden ist,
- dass sich das Verfahren ohne methodische oder inhaltliche Brüche anwenden lässt,
- dass alle Zustandsgrößen mit angemessenem Aufwand ermittelbar sind und
- dass der Aufwand bei der Anwendung des Verfahrens in angemessenem Verhältnis zur Aufgabe und zur Aussagekraft steht.

Zum Anderen ist zu zeigen, dass die Ergebnisse des Verfahrens den realen Zustand ausreichend genau beschreiben. Sie müssen als Grundlagen für die Ermittlung von Mängeln geeignet sein.

Im Einzelnen soll die Überprüfung des Verfahrens zeigen, dass die Teilverfahren für die einzelnen Elemente zutreffende Ergebnisse liefern (mikroskopische Ebene), dass das Gesamtverfahren zutreffende Ergebnisse liefert (makroskopische Ebene) und dass die Ergebnisse und deren Aufbereitung sowie Darstellung für die Ableitung von Mängeln geeignet ist.

### 7.2 Methodisches Vorgehen

Grundlage der Überprüfung des Verfahrens ist die Anwendung auf ein konkretes Beispiel, das in Ziffer 7.3 beschrieben ist. Das Vorgehen lässt sich in die in Ziffer 7.1 beschriebenen drei Stufen für die mikroskopische Ebene, die makroskopische Ebene und den Soll-Ist-Vergleich zur Ableitung von Mängeln gliedern.

#### **Mikroskopische Ebene**

Im Rahmen der Anwendung des Verfahrens auf das Beispiel werden die Zustandsgrößen für alle Elemente (Freie Strecken, Knotenpunkte, etc.) ermittelt. Anhand von Messfahrten werden parallel die tatsächlichen Zustandsgrößen erhoben. Für jedes Element erfolgt dann eine Gegenüberstellung der unterschiedlich ermittelten Zustandsgrößen. Hierdurch lässt sich für jedes betroffene Teilverfahren zur Ermittlung der Zustandsgröße ermitteln, wie groß ggf. Abweichungen sind und ob damit eine ausreichende Aussagekraft gegeben ist.

### **Makroskopische Ebene**

Im nächsten Schritt werden die Zustandsgrößen der einzelnen Elemente zur Zustandsgröße für die gesamte Strecke zusammengeführt. Diese Zustandsgröße lässt sich wiederum der anhand von Messfahrten ermittelten Zustandsgröße gegenüber stellen. Hierdurch kann die Qualität der Kombination der Ergebnisse auf der mikroskopischen Ebene überprüft werden.

### **Soll-Ist-Vergleich**

Um einen Soll-Ist-Vergleich der Zustandsgröße mit der Zielgröße zu ermöglichen, ist die Ermittlung der entsprechenden Zielgröße erforderlich. Die Ergebnisse des Soll-Ist-Vergleichs werden für die makroskopische Ebene dargestellt. Zusätzlich werden auch die Zustandsgrößen auf mikroskopischer Ebene aufbereitet. Darauf aufbauend werden ggf. vorhandene Mängel abgeleitet.

## **7.3 Anwendungsbeispiel**

Als Anwendungsbeispiel dient der Streckenzug der Bundesstraßen B 216/ B 248a/B 248 im Nordosten Niedersachsens (vgl. Abb. 19 und Abb. 20). Die Strecke verbindet das Mittelzentrum Lüchow mit dem Oberzentrum Lüneburg und hat eine Länge von 66,0 km. Es handelt sich um eine Straße mit überwiegend zweistreifigem Querschnitt, die durch mäßig bewegtes Gelände (Steigungsklasse 1, teilweise auch Steigungsklasse 2) verläuft. Die Streckenführung ist vielfach geradlinig, in einigen Abschnitten jedoch auch mäßig kurvig (Kurvigkeitsklassen 1 und 2). Die Strecke verläuft teilweise durch Wälder und teilweise durch landwirtschaftlich genutzte Flächen. In einigen Abschnitten sind Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 70 km/h vorhanden, insbesondere in den Abschnitten, in denen sich vorfahrtgeregelte Knotenpunkte mit untergeordneten Straßen befinden.

Im Verlauf der Strecke befinden sich 13 Ortsdurchfahrten, einige wenige Orte haben Ortsumgehungen. Insgesamt sind auf der Strecke 11 Knotenpunkte im Sinne des Verfahrens (also ohne dauerhaften Vorrang der betrachteten Straße) vorhanden, davon 4 innerorts und 7 außerorts. Dabei handelt es sich um eine vorfahrtgeregelte Einmündung, drei Kreisverkehre und sieben signalisierte Kreuzungen bzw. Einmündungen.

Die Verkehrsstärken variieren zwischen 2.900 und 19.700 Kfz/24 h. Der Schwerverkehrsanteil liegt zwischen 6,8 und 12,8 %. Der Radverkehr wird außerorts weitestgehend auf Radwegen geführt, allerdings gibt es zwei Streckenabschnitte, wo er die Fahrbahn nutzen muss. Die Radverkehrsstärke ist aber sehr gering, zudem findet der Radverkehr überwiegend am Wochenende statt (Freizeitverkehr), so dass im Rahmen dieser Untersuchung keine Auswirkungen des Radverkehrs berücksichtigt werden brauchen.



Abb. 19 Lage des untersuchten Streckenzugs B 216/B 248a/B 248 in Niedersachsen (Quelle der Kartengrundlage: [www.niedersachsen.de](http://www.niedersachsen.de))





Abb. 20 Darstellung des untersuchten Streckenzugs B 216/B 248a/ B 248 zwischen dem Oberzentrum Lüneburg und dem Mittelzentrum Lüchow

## 7.4 Anwendung des Verfahrens

### 7.4.1 Einteilung in Elemente und Abschnitte

Der Streckenzug wird – wie in Ziffer 4 beschrieben – in die folgenden Elemente aufgeteilt:

- knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit einem Fahrstreifen je Richtung (FS-2)
- knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit drei Fahrstreifen im Querschnitt (FS-3)
- knotenpunktfreie Strecken autobahnähnlicher Straßen außerhalb bebauter Gebiete oder Autobahnen mit vier oder mehr Fahrstreifen im Querschnitt (FS-m)
- Knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete (FS-OD)
- Knotenpunkte innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (KP)
- Bahnübergänge innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete (BÜ)
- Sonstige Anlagen (SO).

Im betrachteten Streckenzug sind nicht alle Elemente mindestens einmal vorhanden, es treten knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Ge-



biete mit einem Fahrstreifen je Richtung (FS-2), knotenpunktfreie Strecken innerhalb bebauter Gebiete (FS-OD) und Knotenpunkte (KP) auf.

Die **knotenpunktfreien Strecken innerhalb bebauter Gebiete** werden über die Ortstafeln gegenüber den Streckenabschnitten außerhalb bebauter Gebiete abgegrenzt. Die Abgrenzung gegenüber Knotenpunkten innerhalb bebauter Gebiete erfolgt über die Länge des Einflussbereichs der Knotenpunkte, der bei zweistreifigen Straßen in der Zufahrt eine Länge von 150 m und in der Ausfahrt eine Länge von 60 m hat (vgl. Ziffer 4.2.4).

Die knotenpunktfreien Strecken innerhalb bebauter Gebiete sind jedoch nicht nur durch Knotenpunkte getrennt. Es ist auch notwendig, einen neuen Abschnitt zu bilden, wenn sich relevante Zustandsgrößen wie die Verkehrsstärke oder Störungspotenzial (Parkvorgänge, Bushalte, etc.) ändern. Dies ist im Anwendungsbeispiel bei der Ortsdurchfahrt Lüneburg der Fall, wo östlich des Knotenpunkts mit der Theodor-Heuss-Straße der westliche Teil einem „Kernbereich“ entspricht und der östliche Teil einem „Übergangsbereich“ (Abschnitt 2 (Lüneburg Ost 1) und Abschnitt 3 (Lüneburg Ost 2) in Tab. 10).

Die Länge des Einflussbereichs eines **Knotenpunkts**, beträgt in der Zufahrt 150 m und in der Ausfahrt 60 m. Die grundsätzliche Länge eines Knotenpunkt-Abschnitts beträgt damit insgesamt 300 m. Grenzen allerdings andere Knotenpunkte in geringerem Abstand an, so können auch geringere Längen entstehen. Dies ist beispielsweise bei den Knotenpunkten in der Ortslage von Lüneburg teilweise der Fall (Knotenpunkte 1 und 2 sowie 4 bis 6 in Tab. 11). In diesem Fall wird die Grenze zwischen den beiden Knotenpunkten über die Lage der Abbiegestreifen bestimmt. Bei Knotenpunkten außerhalb bebauter Gebiete wird der Einflussbereich über die Länge der Abbiegestreifen und die Lage der Geschwindigkeitsbeschränkungen vor dem Knotenpunkt definiert. Hierdurch können auch größere Längen als 300 m für einen Knotenpunkt-Abschnitt entstehen (z. B. Kreisverkehr westlich von Barendorf, Knotenpunkt Nr. 7 in Tab. 11).

Abschnitte der **knotenpunktfreien Strecke außerhalb bebauter Gebiete** werden – sofern sie nicht durch andere Elemente getrennt sind – gegeneinander abgegrenzt, wenn sich die Verkehrsstärke oder die zulässige Geschwindigkeit ändert. Entsprechend können im Bereich von Ortsdurchfahrten vergleichsweise kurze Abschnitte entstehen, wenn die ansonsten zulässige Geschwindigkeit von 100 km/h mehrere hundert Meter vor einer Ortsdurchfahrt auf 70 km/h beschränkt wird („Geschwindigkeitstrichter“). Entsprechend sind einige Abschnitte nur 200 bis 500 m lang, während andere Abschnitte 4 bis 6 km lang sind (vgl. Tab. 9).

Insgesamt wird der Streckenzug in 35 Abschnitte der knotenpunktfreien Strecke außerhalb bebauter Gebiete, 16 Abschnitte der knotenpunktfreien Strecke innerhalb bebauter Gebiete und 11 Knotenpunkt-Abschnitte eingeteilt. Die Einteilung und Lage der einzelnen Abschnitte ist im Lageplan „Einteilung und Nummerierung der Elemente“ im Anhang dargestellt.

## 7.4.2 Ermittlung der Zustandsgrößen der Elemente mit Hilfe des Verfahrens

### Ziel *geringe Reisezeit*

Auf die Abschnitte der knotenpunktfreien Strecke innerhalb und außerhalb bebauter Gebiete sowie die Knotenpunkt-Abschnitte werden die in den Ziffern 4.2.1, 4.2.4 und 4.2.5 beschriebenen Verfahren angewendet.

Für die Abschnitte der **knotenpunktfreien Strecke außerhalb bebauter Gebiete (FS-2)** ist die Ermittlung folgender Einflussgrößen erforderlich: Verkehrsstärke einschließlich Schwerverkehrsanteil, Überholverbote, Geschwindigkeitsbeschränkungen, Längsneigungen und Kurvigkeiten.

Die Verkehrsstärken und Schwerverkehrsanteile werden aus der Verkehrsmengenkarte Niedersachsen [30] ermittelt. Da der Teil des Streckenzugs innerhalb von Lüneburg nicht als Bundes- oder Landesstraße klassifiziert ist, lassen sich für diesen Bereich keine Werte ermitteln. Es wäre zwar möglich, diese Werte aus anderen Unterlagen zu entnehmen, beispielsweise aus den jeweiligen Verkehrsentwicklungsplänen. Ziel des Verfahrens ist es aber, auf einer einheitlichen Grundlage mit vergleichbar geringem Aufwand Ergebnisse zu erzielen. Daher wird auf die Verwendung ergänzenden Materials verzichtet und eine Schätzung der Verkehrsstärken auf der Grundlage einer Bereisung durchgeführt. Eine Bereisung ist für die Ermittlung weiterer Zustandsgrößen ohnehin erforderlich.

Die Überholverbote und Geschwindigkeitsbeschränkungen müssen im Rahmen einer Bereisung erhoben werden. Niedersachsen hat zwar in den letzten Jahren für die Bundes- und Landesstraßen eine Straßeninformationsbank (SIB) erstellt, die Straßenausstattung und damit die Verkehrszeichen und auch die Fahrbahnmarkierungen wurden jedoch nicht erfasst. Bei der Bereisung werden mit Hilfe eines einfachen GPS-Empfängers (beim Anwendungsbeispiel ein Garmin eTrex) bei Änderungen der zulässigen Geschwindigkeit bzw. der Überholmöglichkeiten Wegpunkte gesetzt. Parallel wird auf einer Liste oder mit Hilfe einer Tonaufzeichnung dem jeweiligen Wegpunkt das entsprechende Attribut zugeordnet. Die Wegpunktliste kann vom GPS-Gerät direkt in ein GIS importiert werden. Die notwendige technische Ausstattung für die Bereisung ist damit vergleichsweise wenig aufwändig. Die Bereisung kann bei normaler Reisegeschwindigkeit erfolgen. Die erreichte Genauigkeit lag bei Geschwindigkeiten zwischen 70 und 100 km/h bei ca. 30 m und bei Geschwindigkeiten zwischen 30 und 50 km/h bei ca. 12 m und war damit ausreichend genau. Durch geringere Fahrgeschwindigkeiten bei der Bereisung lässt sich die Genauigkeit auf einfache Weise noch deutlich steigern. Der zeitliche Aufwand für die Bereisung entspricht etwa der Zeit, die man bei normaler Fahrweise aufwenden müsste, er lässt sich also mit einem herkömmlichen Routenplaner gut abschätzen. Werden ganze Netze bereist, so müssen noch die An- und Abreise zum Untersuchungsraum hinzugerechnet werden, ebenso die Reisezeiten von einem Untersuchungsabschnitt zum nächsten.

Die Längsneigungen werden mit Hilfe der Software TOP 50 ermittelt. Diese Software enthält die topografischen Karten von ganz Niedersachsen und Bremen im Maßstab 1:50.000 einschließlich der Höhendaten. Durch das Zeichnen einer Linie entlang einer Strecke kann ein Höhenprofil erstellt werden. Dieses kann dann zur Ermittlung der Längsneigungen verwendet werden. In flachen und mäßig bewegtem Gelände ist dies ausreichend genau, bei Talbrücken und Tunneln ergeben sich jedoch falsche Werte, die manuell korrigiert werden müssten. Die Software ist für die meisten Bundesländer verfügbar.

Die Kurvigkeiten werden ebenfalls mit Hilfe der topografischen Karten ermittelt. Liegen entsprechende Daten für ein GIS vor, so kann die Ermittlung auch dort erfolgen.

Die ermittelten Einflussgrößen und die mit Hilfe des Verfahrens berechneten Zustandsgrößen sind im Anhang in Tab. 22 bis Tab. 24 dargestellt.

Für die Abschnitte der **knotenpunktfreien Strecke innerhalb bebauter Gebiete** ist die Ermittlung der Einflussgrößen Verkehrsstärke, Zahl der Fahrstreifen und Lage des Abschnitts (zentraler Bereich oder Übergangsbereich) notwendig. Die Verkehrsstärken werden der Verkehrsmengenkarte entnommen und die übrigen Einflussgrößen im Rahmen der Bereisung ermittelt. Die ermittelten Einflussgrößen und die mit Hilfe des Verfahrens berechneten Zustandsgrößen sind im Anhang in Tab. 20 dargestellt.

Für die **Knotenpunkt-Abschnitte** ist die Ermittlung der Einflussgrößen Verkehrsstärke/Schwerverkehrsanteil, Geschwindigkeitsbeschränkung und Anzahl der Abbiegestreifen erforderlich. Die Verkehrsstärken und Schwerverkehrsanteile werden aus der Verkehrsmengenkarte entnommen. Die Geschwindigkeitsbeschränkungen und die Anzahl der Abbiegestreifen werden im Rahmen der Bereisung ermittelt. Die ermittelten Einflussgrößen und die mit Hilfe des Verfahrens berechneten Zustandsgrößen sind im Anhang in Tab. 21 dargestellt. Die Zustandsgrößen aller Elemente sind außerdem im Lageplan „Darstellung der Zustandsgrößen der Elemente“ im Anhang ausgewiesen.

### ***Ziel geringe Umwegigkeit***

Die Umwegigkeit wird aus dem Verhältnis von Streckenzuglänge und Luftlinienentfernung ermittelt. Die Länge des Streckenzugs beträgt 66,0 km, die Luftlinienentfernung 58,3 km. Der Umwegfaktor beträgt damit 1,13. Nach den RIN Bild 19 ist die Umwegigkeit mit Qualitätsstufe A zu bewerten.

### ***Ziel hohe Zuverlässigkeit***

Die Zuverlässigkeit wird über die Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs bestimmt, wobei niedrige Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs eine hohe Wahrscheinlichkeit von Störungen und damit eine geringe Zuverlässigkeit

aufweisen. Die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs wird bei den Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke außerhalb bebauter Gebiete und der Knotenpunkt-Abschnitte gemeinsam mit der Reisegeschwindigkeit bzw. Verlustzeit ermittelt. Bei den Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke innerhalb bebauter Gebiete wird mit Hilfe der Diagramme in [6] die Verkehrsqualitätsstufe ermittelt. Die Verkehrsqualitätsstufen aller Abschnitte sind in Tab. 9 bis Tab. 11 aufgeführt. Die Zuverlässigkeit der Elemente ist zusätzlich im Lageplan „Darstellung der Zuverlässigkeit der Elemente“ im Anhang dargestellt.

Nr.	Länge	QSV	Nr.	Länge	QSV
	[m]			[m]	
1	630	D	19	4.793	A
2	2.609	C	20	530	A
3	972	C	21	919	A
4	2.500	C	22	372	B
5	1.381	C	23	604	A
6	2.964	C	24	1.157	A
7	4.370	B	25	514	A
8	460	B	26	1.671	B
9	6.076	B	27	404	B
10	649	B	28	1.671	B
11	741	B	29	648	B
12	946	B	30	2.311	B
13	4.046	A	31	492	B
14	236	A	32	2.802	B
15	341	B	33	320	B
16	4.045	B	34	195	B
17	488	B	35	1.006	B
18	363	B			

Legende:

QSV: Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs

Tab. 9 Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs von Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke (FS-2)

Nr.	Name	Länge	q	QSV
		[m]	[Kfz/(h·Ri)]	
1	Lüneburg West	355	847	C
2	Lüneburg Ost 1	665	847	C
3	Lüneburg Ost 2	678	847	C
4	Barendorf	1.061	546	B
5	Bavendorf	820	503	B
6	Oldendorf	664	254	A
7	Göhrde	739	202	A
8	Metzingen	429	211	A
9	Prisser Nord	441	125	A
10	Prisser Süd	280	125	A
11	Schaafhausen	666	305	A
12	Tramm	396	305	A
13	Jameln	604	305	A
14	Platenlaase	459	237	A
15	Grabow	707	237	A
16	Lüchow West	803	460	B

Legende:

q: Verkehrsstärke in der maßgebenden Stunde in die betrachtete Richtung

QSV: Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs

Tab. 10 Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs von Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke innerorts (FS-OD)

Bezeichnung	Nr.	Typ	Länge	QSV
		[-]	[m]	
Am Altenbr. Ziegelhof	1	1	115	A
Am Schwalbenberg	2	1	231	A
Th.-Heuss-Str.	3	1	300	A
B4 West	4	1	184	A
B4 Ost	5	1	183	A
Auf den Blöcken	6	1	283	A
westl. Barendorf	7	3	369	A
westl. Dannenberg	8	3	319	A
westl. Lüchow	9	3	304	A
Prisser	10	1	308	B
südlich Prisser	11	2	302	A

Knotenpunkttyp: 1 = LSA,  
2 = Vorfahrtger. Einm./Kreuzung, 3 = Kreisverkehr

Legende:

QSV: Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs

Tab. 11 Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs von Knotenpunkten (KP)

### 7.4.3 Ermittlung der Zustandsgrößen der Elemente mit Hilfe von Messfahrten

Eine Ermittlung der Zustandsgrößen für das Ziel *geringe Umwegigkeit* erübrigt sich, da sie sich direkt ermitteln lassen. Für das Ziel *hohe Zuverlässigkeit* ist keine Ermittlung der Zustandsgrößen möglich.

Die Zustandsgrößen für das Ziel *geringe Reisezeit* wurden mit Hilfe von Messfahrten ermittelt, wobei für den Abschnitt zwischen Barendorf und Lüchow auf Daten eines Projekts vom Ingenieurbüro SHP Ingenieure und der TU Berlin zurückgegriffen wurde und für den Abschnitt zwischen Lüneburg und Barendorf eigene Messfahrten durchgeführt wurden.

Die Messfahrten zwischen Barendorf und Lüchow wurden mit Hilfe eines Fahrzeugs mit geeichtem Tachometer durchgeführt, das permanent die Daten des fahrzeuginternen Datenbusses (CAN-Bus) aufzeichnet. Von Interesse war hier die Aufzeichnung der momentanen Fahrgeschwindigkeit. Bei den Messfahrten zwischen Lüneburg und Barendorf wurde zur Aufzeichnung der momentanen Fahrgeschwindigkeit ein GPS-Empfänger verwendet. Durch die permanent wechselnden Ungenauigkeiten von GPS-Daten war jedoch eine Verwendung der aufgezeichneten momentanen Geschwindigkeiten nicht möglich. Ziel der Messfahrten war es jedoch, die Reisezeit bzw. die Reisegeschwindigkeit für einen gesamten Abschnitt zu ermitteln. Durch die Aggregation der Daten wurden die Ungenauigkeiten kompensiert, so dass die Ergebnisse mit einer guten Genauigkeit verwendbar waren.

Zur Ermittlung der Reisezeiten wurden Verfolgungsfahrten durchgeführt. Bei den Verfolgungsfahrten wurde jeweils ein Fahrzeug zufällig ausgewählt. Dieses wurde dann verfolgt, wobei angestrebt wurde, das Fahrverhalten des vorausfahrenden Fahrzeugs möglichst genau nachzuempfinden. Für jede Richtung wurden 30 vollständige Verfolgungsfahrten durchgeführt.

Mit dieser Datengrundlage wurde dann für jeden Abschnitt die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit ermittelt und der mit Hilfe des Verfahrens ermittelten Pkw-Reisegeschwindigkeit gegenüber gestellt. Die Ergebnisse dieses Vergleichs sind in Ziffer 7.4.4 dargestellt.

### 7.4.4 Vergleich der Zustandsgrößen der Elemente

#### **Knotenpunktfreie Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit einem Fahrstreifen je Richtung (FS-2)**

Die für die 35 Abschnitte der knotenpunktfreien Strecke außerhalb bebauter Gebiete (FS-2) mit Hilfe des Verfahrens ermittelten mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeiten ( $V_{R,Pkw}$ ) sind den mit Hilfe der Messfahrten ermittelten Pkw-Reisegeschwindigkeiten ( $V_{R,tats}$ ) in Tab. 12 gegenübergestellt. Zum Vergleich der beiden Werte ist zudem die Differenz  $\Delta V_R$  aufgeführt.

Weitere Angaben zu den Abschnitten enthalten Tab. 22 bis Tab. 24 im Anhang.

Die Abweichungen liegen zwischen  $-17$  km/h und  $+25$  km/h. Die mittlere Abweichung nach oben liegt bei  $+8$  km/h und die mittlere Abweichung nach unten bei  $-6$  km/h. Bei den vergleichsweise großen Abweichungen nach unten wurde überprüft, ob jeweils die zulässige Geschwindigkeit maßgebend war oder die berechnete Geschwindigkeit. Bei vier Abschnitten zeigt sich, dass der Ansatz der zulässigen Geschwindigkeit zu einem schlechteren Ergebnis führt, als wenn man stattdessen die berechnete Geschwindigkeit angesetzt hätte. Bei acht weiteren Abschnitten ist jedoch das Gegenteil der Fall: der Ansatz der zulässigen Geschwindigkeit führt zu einem besseren Ergebnis als der Ansatz der berechneten Geschwindigkeit. Ein Verzicht oder eine Modifikation des Ansatzes der zulässigen Geschwindigkeit ist daher nicht angezeigt. Bei den vier Abschnitten, bei denen die zulässige Geschwindigkeit eine bessere Näherung ergeben hätte, handelt es sich um vergleichsweise kurze Abschnitte, in denen die zulässige Geschwindigkeit nicht oder nicht auf der vollen Strecke eingehalten wurde.

Bei den Abschnitten mit vergleichsweise großen Abweichungen nach oben handelt es sich um kurze Abschnitte, die jeweils zwischen zwei Ortsdurchfahrten bzw. zwischen einer Ortsdurchfahrt und einem Knotenpunkt liegen. In diesen Abschnitten ist der Anteil der Bereiche, in denen beschleunigt oder abgebremst werden muss, vergleichsweise groß im Verhältnis zum Bereich, in dem mit konstant hoher Geschwindigkeit gefahren wird. Hierdurch liegt die berechnete Pkw-Reisegeschwindigkeit im Mittel deutlich über der tatsächlichen Pkw-Reisegeschwindigkeit.

Auf der Grundlage der Abschnittslängen und der berechneten, mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeiten wurde die jeweilige Reisezeit ermittelt und für alle Abschnitte aufaddiert (grau hinterlegte Spalten). Parallel wurde die Summe der tatsächlichen Reisezeiten gebildet. Vergleicht man diese Summen ( $2.410$  s und  $2.458$  s), so ist die Differenz über alle Abschnitte mit  $48$  s bzw. ca.  $2$  % gering.

Eine statistische Auswertung der Datenpaare liefert einen Mittelwert von  $78$  km/h bei  $V_{R,Pkw}$  und von  $76$  km/h bei  $V_{R,tats}$ . Lässt man die Datenpaare unberücksichtigt, bei denen die zulässige Geschwindigkeit maßgebend wird bzw. die zwischen zwei Ortsdurchfahrten liegen, so liegt der Mittelwert von  $V_{R,Pkw}$  bei  $77$  km/h und der Mittelwert von  $V_{R,tats}$  bei  $76$  km/h. Zusätzlich zum Vergleich der Mittelwerte wird der Theilsche Unschärfekoeffizient hinzugezogen.

Der Theilsche Unschärfekoeffizient weist Werte zwischen  $0$  und  $1$  auf, wobei  $0$  einer exakten Übereinstimmung entspricht und bei einem Wert von  $1$  keinerlei Übereinstimmung vorhanden ist. Er wird gebildet aus drei Komponenten: dem Verzerrungsanteil  $U^M$ , dem Nicht-Effizienz-Anteil  $U^S$  und dem Kovarianzanteil  $U^C$ . Der Verzerrungsanteil gibt an, ob ein eine systematische Über- oder Unterschätzung vorhanden ist, der Zielwert für

eine perfekte Übereinstimmung ist 0. Der Nicht-Effizienz-Anteil gibt an, ob ein systematischer Unterschied in der Variation der berechneten und beobachteten Werte vorliegt. Der Zielwert für eine perfekte Übereinstimmung ist 0. Der Kovarianzanteil gibt an, ob das Fehlen eines linearen Zusammenhangs vorliegt. Bei Werten nahe 0 ist dies der Fall, bei Werten nahe 1 besteht hingegen ein linearer Zusammenhang. Der Zielwert ist entsprechend 1. Ermittelt man den Theilschen Koeffizienten und seine Anteile für die in Tab. 12 aufgeführten Werte, so ergibt sich für den Theilschen Koeffizienten ein Wert von 0,06 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0). Der Verzerrungsanteil ergibt einen Wert von 0,054 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0), der Nichteffizienzanteil einen Wert von 0,001 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0) und der Kovarianzanteil einen Wert von 0,945 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 1).

Trotz der Abweichungen verschiedener Einflüsse bei einigen Abschnitten liefern die Ergebnisse des Verfahrens eine ausreichend genaue Näherung der tatsächlichen Reisezeiten.

Die Verkehrsstärken der betrachteten Abschnitte liegen zwischen 2.900 Kfz/d (bzw. 249 Kfz/h) und 12.700 Kfz/d (bzw. 1.092 Kfz/h). Ein weiterer Abschnitt weist eine Verkehrsstärke von 19.700 Kfz/d (bzw. 1.694 Kfz/h) auf. Der Mittelwert der Verkehrsstärken über alle Abschnitte beträgt ca. 6.900 Kfz/d. Die Abschnitte decken damit den größten Teil der zu erwartenden Verkehrsstärken von knotenpunktfreien Strecken außerhalb bebauter Gebiete mit jeweils einem Fahrstreifen je Richtung ab. Allerdings konzentrieren sich die Verkehrsstärken zwischen 2.900 und 12.700 Kfz/d. Höhere Verkehrsstärken sind nur durch einen einzelnen Wert abgedeckt. Die Überprüfung des Verfahrens ist daher bei den FS-2-Abschnitten nur aussagekräftig für Verkehrsstärken bis 12.700 Kfz/d. Für höhere Verkehrsstärken, in denen die Störeinflüsse auf den Verkehrsablauf größere Relevanz erhalten, ist die Überprüfung des Verfahrens nur eingeschränkt aussagekräftig.



Nr.	Länge	$V_{R,Pkw}$	$V_{R,tats}$	$\Delta V_R$	Anmerkungen	$t_{R,Pkw}$	$t_{R,tats}$
	[m]	[km/h]	[km/h]	[km/h]		[s]	[s]
1	630	68	59	9		33	38
2	2.609	77	82	-5		122	115
3	972	70	72	-2		50	49
4	2.500	78	83	-5		115	108
5	1.381	70	74	-4		71	67
6	2.964	78	81	-3		137	132
7	4.370	82	84	-2		192	187
8	460	70	79	-9	$V_{zul}$ maßg., sonst 82 km/h	24	21
9	6.076	86	87	-1		254	251
10	649	70	87	-17	$V_{zul}$ maßg., sonst 84 km/h	33	27
11	741	84	79	5		32	34
12	946	70	86	-16	$V_{zul}$ maßg., sonst 84 km/h	49	40
13	4.046	86	82	4		169	178
14	236	70	66	5		12	13
15	341	62	65	-3		20	19
16	4.045	85	82	3		172	179
17	488	70	77	-7		25	23
18	363	70	68	3		19	19
19	4.793	87	83	4		198	208
20	530	70	80	-10	$V_{zul}$ maßg., sonst 87 km/h	27	24
21	919	87	79	9		38	42
22	372	70	72	-2		19	19
23	604	70	72	-2		31	30
24	1.157	90	75	15	Zwischen 2 OD	46	56
25	514	90	65	25	Zwischen 2 OD	21	28
26	1.671	85	64	21	Zwischen 2 OD	71	94
27	404	70	67	3		21	22
28	1.671	85	84	2		71	72
29	648	85	75	10	Zwischen 2 OD	27	31
30	2.311	85	79	6		98	105
31	492	70	70	1		25	25
32	2.802	85	85	1		119	119
33	320	85	76	10	Zwischen OD und KP	14	15
34	195	80	67	13	Zwischen OD und KP	9	10
35	1.006	78	65	14	Zwischen OD und KP	46	56
Reisezeit-Summe						2.410	2.458

Legende:

$V_{R,Pkw}$ : mit Hilfe des Verfahrens ermittelte mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit

$V_{R,tats}$ : gemessene mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit

$\Delta V_R$ : Differenz aus berechneter und gemessener mittlerer Pkw-Reisegeschwindigkeit

$t_{R,Pkw}$ : aus  $V_{R,Pkw}$  ermittelte, rechnerische Reisezeit

$t_{R,tats}$ : aus  $V_{R,tats}$  ermittelte, gemessene Reisezeit

Tab. 12 Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeiten in Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke (FS-2) – Vergleich der mit dem Verfahren ermittelten und der gemessenen Werte

## Ortsdurchfahrten (FS-OD)

In Tab. 13 sind die für die 16 Abschnitte der knotenpunktfreien Strecke innerhalb bebauter Gebiete (FS-OD) mit Hilfe des Verfahrens ermittelten mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeiten ( $V_{R,Pkw}$ ) und die mit Hilfe der Messfahrten ermittelten Pkw-Reisegeschwindigkeiten ( $V_{R,tats}$ ) gegenübergestellt. Zum Vergleich der beiden Werte ist wiederum die Differenz  $\Delta V_R$  aufgeführt. Weitere Angaben zu den Abschnitten enthält Tab. 20 im Anhang.

Die Abweichungen zwischen berechneten und tatsächlichen Reisegeschwindigkeiten liegen zwischen  $-7$  und  $+4$  km/h. Die Abweichungen nach oben betragen im Mittel knapp 3 km/h und nach unten ebenfalls etwa 3 km/h.

Zusätzlich wurde überprüft, wie groß die Schwankungsbreite der Messungen von  $V_{R,tats}$  innerhalb eines Abschnitts ist. Da es sich bei den Messungen um jeweils ein einzelnes Fahrzeug handelt, ist die Schwankungsbreite erwartungsgemäß groß. Die Standardabweichung der Messwerte eines Abschnitts liegt je nach Abschnitt zwischen 3,2 und 5,9. Ein Vergleich der Einzelwerte mit dem berechneten Wert  $V_{R,Pkw}$  ist jedoch nicht sinnvoll, da es sich bei dem berechneten Wert um eine mittlere Geschwindigkeit handelt, die entsprechend einem Mittelwert gegenüberzustellen ist.

Wie auch bei den Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke außerhalb bebauter Gebiete wurde die Reisezeit-Summe für die berechneten und für die tatsächlichen Werte gebildet. Die Ergebnisse weichen um 22 Sekunden ab, das entspricht 2,3 %. Die Abweichungen liegen damit in der gleichen Größenordnung wie bei den Streckenabschnitt außerhalb bebauter Gebiete.

Eine statistische Auswertung der Werte zeigt, dass die Mittelwerte mit 37,4 km/h für  $V_{R,Pkw}$  und 38,0 km/h für  $V_{R,tats}$  sehr dicht beieinander liegen. Die Berechnung des Theilschen Ungleichheitskoeffizienten ergibt einen Wert von 0,047 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0). Der Verzerrungsanteil ergibt sich zu 0,015 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0), der Nicht-Effizienzanteil liegt bei 0,057 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0) und der Kovarianzanteil bei 0,928 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 1).

Das Verfahren liefert auch hier eine ausreichend genaue Grundlage zur Beschreibung der tatsächlichen mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeiten.

Die Verkehrsstärken der betrachteten Abschnitte liegen zwischen 2.900 Kfz/d (bzw. 249 Kfz/h) und 11.700 Kfz/d (bzw. 1.006 Kfz/h). Weitere drei Abschnitte weisen eine Verkehrsstärke von 19.700 Kfz/d (bzw. 1.694 Kfz/h) auf. Wie auch bei den FS-2-Abschnitten ist damit der größte Teil der zu erwartenden Verkehrsstärken abgedeckt, wobei auch hier zwischen 11.700 und 19.700 Kfz/d keine Werte vorhanden sind. Die Überprüfung des Verfahrens ist bei den FS-OD-Abschnitten damit nur aussagekräftig für Verkehrsstärken bis 11.700 Kfz/d.

Nr.	Name	Anz. Fahrstr. je Ri.	q	Länge	$V_{R,Pkw}$	$V_{R,tats.}$	$\Delta V_R$	$t_{R,Pkw}$	$t_{R,tats.}$
		[-]	[Kfz/(h·Ri)]	[m]	[km/h]	[km/h]	[km/h]	[s]	[s]
1	Lüneburg West		847	355	33	31	2	39	41
2	Lüneburg Ost 1		847	665	43	50	-7	56	48
3	Lüneburg Ost 2		847	678	43	50	-7	57	49
4	Barendorf		546	1.061	33	38	-5	116	101
5	Bavendorf		503	820	33	35	-2	89	84
6	Oldendorf		254	664	43	44	-1	56	54
7	Göhrde		202	739	33	34	-1	81	78
8	Metzingen		211	429	43	39	4	36	40
9	Prisser Nord		125	441	33	33	0	48	48
10	Prisser Süd		125	280	33	33	0	31	31
11	Schaafhausen		305	666	33	35	-2	73	69
12	Tramm		305	396	43	39	4	33	37
13	Jameln		305	604	43	39	4	51	56
14	Platenlaase		237	459	43	40	3	38	41
15	Grabow		237	707	33	35	-2	77	73
16	Lüchow West		460	803	33	30	3	88	96
Reisezeit-Summe								967	945
Lage des Abschnitts: 1 = zentraler Bereich, 2 = Übergangsbereich Störungen: 1 = gering, 2 = erheblich									

Legende:

$V_{R,Pkw}$ : mit Hilfe des Verfahrens ermittelte mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit

$V_{R,tats.}$ : gemessene mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit

$\Delta V_R$ : Differenz aus berechneter und gemessener mittlerer Pkw-Reisegeschwindigkeit

$t_{R,Pkw}$ : aus  $V_{R,Pkw}$  ermittelte, rechnerische Reisezeit

$t_{R,tats.}$ : aus  $V_{R,tats.}$  ermittelte, gemessene Reisezeit

Tab. 13 Mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeiten in Ortsdurchfahrten – Vergleich der mit dem Verfahren ermittelten und der gemessenen Werte

## Knotenpunkte (KP)

In Tab. 14 sind für die Knotenpunkt-Abschnitte die berechneten Verlustzeiten aufgrund der zulässigen Geschwindigkeit  $t_{\text{Verl}(V_{\text{zul}})}$  und aufgrund der Vorfahrtregelung  $t_{\text{Verl}(V_{\text{orf.}})}$  sowie deren Summe  $t_{\text{Verl}(\text{ges})}$  aufgeführt. Ihnen werden die tatsächlichen Verlustzeiten  $t_{\text{Verl,tats.}}$  gegenübergestellt und die Differenz  $\Delta t_{\text{Verl}}$  ermittelt. Weitere Angaben zu den Abschnitten enthält Tab. 21 im Anhang.

Die Ergebnisse weichen jeweils nur geringfügig voneinander ab, die Abweichungen liegen zwischen  $-3$  s und  $+3$  s. Eine Ausnahme bildet der signalisierte Knotenpunkt in Prisser, wo die Differenz 7 s beträgt. Die Summen der Verlustzeiten weichen insgesamt nur um sechs Sekunden voneinander ab.

Die statistische Auswertung der Daten ergibt einen Mittelwert von 18,1 s für  $t_{\text{Verl}(\text{ges})}$  und 17,5 s für  $t_{\text{Verl,tats.}}$ . Der Theilsche Ungleichheitskoeffizient ergibt sich zu 0,089 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0), der Verzerrungsanteil liegt bei 0,030 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0), der Nicht-Effizienz-Anteil bei 0,080 (Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 0) und der Kovarianzanteil bei 0,890 ((Wertebereich: 0 bis 1, Zielwert: 1).

Auch wenn das Verfahren für ungewöhnlich schwach belastete, signalisierte Knotenpunkte zu einer zu großen Verlustzeit führt, so sind die Ergebnisse mit einer Abweichung von ca. 3 % doch hinreichend genau.

Die untersuchten Knotenpunkte weisen zwar teilweise Verkehrsstärken von bis zu 19.700 Kfz/d in der Hauptrichtung auf, da die Nebenrichtung jedoch gering belastet ist, sind die Verkehrsstärken an den untersuchten Knotenpunkten insgesamt gering. Die höchste Belastung tritt mit ca. 26.000 Kfz/d an einem signalisierten, dreiarmigen Knotenpunkt auf. Zudem ist bei den Knotenpunkten die Knotenpunktgrundform eine entscheidende Einflussgröße, die zu sehr unterschiedlichen Zustandsgrößen beim Knotenpunkten mit Lichtsignalanlage, vorfahrtgeregelten Knotenpunkten und Kreisverkehren führt. Betrachtet wurden sieben Knotenpunkte mit Signalanlage, drei Knotenpunkte mit Vorfahrtregelung und ein Kreisverkehr. Aufgrund der geringen Fallzahlen und der eingeschränkten Bandbreite an Verkehrsstärken ist die Überprüfung des Verfahrens für Knotenpunkte nur eingeschränkt aussagefähig, insbesondere für höhere Belastungsbereiche, die zu Verkehrsqualitäten oberhalb der Stufe B nach dem HBS führen.

Bezeichnung	Nr.	Typ	$t_{\text{Verl(Vzul)}}$	$t_{\text{Verl(Vorf.)}}$	$t_{\text{Verl(ges)}}$	$t_{\text{Verl,tats.}}$	$\Delta t_{\text{Verl}}$
		[-]	[s]	[s]	[s]	[s]	[s]
Am Altenbr. Ziegelhof	1	1	4	8	12	11	1
Am Schwalbenberg	2	1	8	8	16	15	1
Th.-Heuss-Str.	3	1	11	16	27	30	-3
B4 West	4	1	3	11	14	11	3
B4 Ost	5	1	3	11	14	16	-2
Auf den Blöcken	6	1	4	11	15	16	-1
westl. Barendorf	7	3	6	10	16	14	2
westl. Dannenberg	8	3	11	4	15	18	-3
westl. Lüchow	9	3	11	4	15	17	-2
Prisser	10	1	11	21	32	25	7
südlich Prisser	11	2	11	10	21	20	1
Summe der Verlustzeiten					197	193	
Knotenpunkttyp: 1 = LSA, 2 = Vorfahrtger. Einm./Kreuzung, 3 = Kreisverkehr							

Legende:

$t_{\text{Verl(Vzul)}}$ : mit Hilfe des Verfahrens berechnete Verlustzeit aufgrund der geringeren zulässigen Geschwindigkeit im Knotenpunktbereich

$t_{\text{Verl(Vorf.)}}$ : mit Hilfe des Verfahrens berechnete Verlustzeit eines wartepflichtigen Fahrzeugs aufgrund der Vorfahrtregelung bzw. Signalisierung

$t_{\text{Verl(ges.)}}$ : gesamte berechnete Verlustzeit, Summe aus  $t_{\text{Verl(Vzul)}}$  und  $t_{\text{Verl(Vzul)}}$

$t_{\text{Verl(tats.)}}$ : gemessene (tatsächliche) Verlustzeit

$\Delta t_{\text{Verl}}$ : Differenz aus tatsächlicher Verlustzeit ( $t_{\text{Verl(tats.)}}$ ) und gesamter berechneter Verlustzeit ( $t_{\text{Verl(ges.)}}$ )

Tab. 14 Mittlere Verlustzeiten an Knotenpunkten – Vergleich der mit dem Verfahren ermittelten und der gemessenen Werte

#### 7.4.5 Vergleich der Zustandsgröße des Streckenzugs

Da der gesamte Streckenzug vollständig aus den bereits betrachteten Elemente besteht, ergibt sich die mittlere Pkw-Reisezeit bezogen auf den Streckenzug aus der Summe der Reisezeiten aller Elemente. Die mit Hilfe des Verfahrens ermittelte mittlere Pkw-Reisezeit beträgt 3.574 Sekunden bzw. 59,6 Minuten und die tatsächliche mittlere Pkw-Reisezeit 3.596 bzw. 59,9 Minuten. Die Differenz beträgt lediglich 22 Sekunden. Die mit dem Verfahren ermittelte mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit beträgt 66,4 km/h, tatsächlich liegt sie bei 66,1 km/h. Das Verfahren beschreibt die tatsächliche mittlere Pkw-Reisezeit bzw. Reisegeschwindigkeit damit hinreichend genau.

#### **7.4.6 Ermittlung der Zielgröße**

Die Zielgröße mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit wird in Abhängigkeit von der Länge des betrachteten Streckenzugs bzw. der Entfernung zwischen den zugrunde liegenden Zentralen Orten ermittelt (vgl. Ziffer 5). Ein solcher Zusammenhang ist in den RIN im Anhang A 2 dargestellt.

Für den betrachteten Streckenzug mit einer Luftlinienentfernung von 58,3 km wird die Stufe der Angebotsqualität (SAQ) D für eine Luftlinienentfernung von 67 km bei einer Geschwindigkeit von 33 km/h erreicht (vgl. Abb. 16 auf Seite 109).

#### **7.4.7 Soll-Ist-Vergleich**

Die anzustrebende mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit liegt bei 33 km/h, die auf dem Streckenzug vorhandene mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit beträgt 66,4 km/h, sie liegt damit deutlich über der Zielgröße. Es lässt sich entsprechend kein Defizit des betrachteten Streckenzugs hinsichtlich der Reisegeschwindigkeit feststellen.

### **7.5 Fazit Anwendungsbeispiel**

Die Anwendung des Verfahrens auf einen Streckenzug hat gezeigt, dass das Verfahren handhabbar und mit vertretbarem Aufwand durchführbar ist.

Die Verfügbarkeit von Daten entsprach den Erwartungen. Die Verwendung der Verkehrsmengenkarte Niedersachsen für einen Bundesstraßen-Streckenzug hat sich zwar bewährt, zeigt jedoch Einschränkungen bei der Betrachtung von Verbindungen zwischen Zentralen Orten, da ein solcher Streckenzug im Nahbereich des Mittelpunkts des Zentralen Orts häufig nicht mehr als Bundes- oder Landesstraße klassifiziert ist, wenn – wie im vorliegenden Beispiel - eine Ortsumgehung vorhanden ist. In diesem Fall wurden fehlende Werte durch Schätzwerte ausgeglichen. In solchen Fällen ist jedoch zu prüfen, ob nicht weitere Datenquellen zur Ermittlung der Verkehrsstärken herangezogen werden können, beispielsweise aus einem lokalen oder regionalen Verkehrsmodell. Alle übrigen Daten waren in ausreichender Qualität für alle Bereiche des untersuchten Streckenzugs vorhanden und leicht zu beschaffen. Die Bereisung zur Ermittlung weiterer Einflussgrößen war mit geringem technischem und zeitlichem Aufwand durchführbar.

Der Vergleich der Zustandsgrößen der einzelnen Abschnitte mit den Messwerten hat gezeigt, dass es in Einzelfällen zu größeren Abweichungen kommt. Die Abweichungen der aggregierten Werte lagen bei allen drei Elementtypen jedoch nur bei zwei bis drei Prozent.

Nicht nur der Vergleich innerhalb der Elementtypen hat gezeigt, dass die Abweichungen zwischen berechneten und tatsächlichen Werten gering sind, sondern auch der Vergleich bezogen auf den gesamten Streckenzug. Die Abweichung war mit 20 Sekunden bzw. 0,6 % (unerwartet) gering. Die Ergebnisse des Verfahrens nähern damit die tatsächliche Situation auf dem betrachteten Streckenzug sowohl für einzelne Elemente als auch für den gesamten Streckenzug gut an.

Das Untersuchungsbeispiel deckt jedoch nicht alle Elementtypen ab (z. B. keine Bahnübergänge und keine Abschnitte mit mehr als zwei Fahrstreifen). Außerdem liegen die Verkehrsstärken überwiegend nur im geringen und mittleren Bereich. Hohe Verkehrsstärken treten nur bei einzelnen FS-2-Abschnitten auf, Überlastungen kommen nicht vor. Die einzelnen, hoch belasteten Abschnitte deuten zwar darauf hin, dass das Verfahren auch für hohe Verkehrsstärken anwendbar ist. Die Ergebnisse der Überprüfung des Verfahrens liefern jedoch für hohe Verkehrsstärken keine belastbaren Aussagen. Es bietet sich daher als weiterer Untersuchungsbedarf die Betrachtung eines weiteren Beispiels mit hohen Verkehrsstärken an.

Die Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) hat sich bewährt. Der Aufwand zum Aufbau der Datenstruktur und der Modellierung (Shapes) war vertretbar. Sofern bei anderen Anwendungsfällen schon Shapes des Straßennetzes vorhanden sind, kann der Aufwand nochmals deutlich reduziert werden. Das Einbinden der Datenbanken mit den Zustandsgrößen (in diesem Fall Excel-Tabellen) war problemlos. Die Qualität der Darstellung war ebenfalls befriedigend, wobei in diesem Anwendungsbeispiel die Legenden der Pläne in einem vektororientierten Grafikprogramm (Corel-Draw) nachbearbeitet wurden, um ein mit dem Text vergleichbares Layout zu erreichen.

## 8 Weiterer Forschungsbedarf

Die Verkehrsqualität von Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke innerhalb bebauter Gebiete lässt sich mit Hilfe des Verfahrens nach [5] ermitteln. Allerdings lassen sich die hierfür notwendigen Zustandsgrößen nur mit großem und für dieses Verfahren unverhältnismäßig hohem Aufwand ermitteln. Hinzu kommt, dass mit dem Verfahren nach [5] keine Ableitung der jeweiligen mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit möglich ist. Zur Ergänzung des vorliegenden Verfahrens wäre daher ein Verfahren wünschenswert, mit dem die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit – analog zum Verfahren des HBS Kapitel 5 für Abschnitte der knotenpunktfreien Strecke außerhalb bebauter Gebiete – auch innerhalb bebauter Gebiete möglich wäre. Bereits eine Ermittlung von Mittelwerten für die Pkw-Reisegeschwindigkeit für verschiedene Straßenumfeldtypen wäre hilfreich, um sie als Pauschalwerte zugrunde zu legen.

Zur Bewertung der Angebotsqualität bieten die RIN [22] im Anhang A2 ein Verfahren (Ermittlung der SAQ-Stufen). Bereits während der Erstellung der RIN wurde die Skalierung der Kurven diskutiert und verändert. Eine zurzeit laufende Anwendung dieses Verfahrens durch die Fachhochschule Erfurt deutet darauf hin, dass eine Überarbeitung der Skalierung erforderlich ist, für die umfangreichere Erfahrungen mit der Anwendung vorliegen müssen. In eine ähnliche Richtung ist auch das Allgemeine Rundschreiben Straßenbau Nr. 21/2008 formuliert: „Bis zur Ermittlung allgemeingültiger Diagramme, die für eine Integration in die RIN geeignet sind, sind im Bedarfsfall einzelfallbezogene Kriterien zu entwickeln.“ [8] Beim hier beschriebenen Anwendungsbeispiel führte die Bewertung zu einer extrem günstigen Bewertung. Die Orientierungswerte der RIN sollten daher in weiteren Forschungen und Anwendungen überprüft werden.

Das hier entwickelte Verfahren liefert Aussagen, die für den Pkw-Verkehr gelten. Teilweise sind die Aussagen näherungsweise auch auf den Lkw-Verkehr übertragbar (z. B. im Hinblick auf Knotenpunkte und Bahnübergänge). Insgesamt können jedoch für den Lkw-Verkehr keine belastbaren Aussagen getroffen werden. Angesichts der hohen Bedeutung des Lkw-Verkehrs auf den Fernstraßen und der zunehmenden Berücksichtigung der Zuverlässigkeit als Kriterium für die Verkehrsqualität ist eine Ergänzung des Verfahrens wünschenswert, mit der auch Aussagen für den Lkw-Verkehr getroffen werden können. Eine Integration des Lkw-Verkehrs in das Verfahren ist grundsätzlich möglich, da sowohl die Ziel- als auch die Zustandsgrößen vergleichbar sind. Lediglich die Verfahren zur Ermittlung der Zustandsgrößen müssten ggf. für den Lkw-Verkehr angepasst werden. Außerdem müssten weitere Aspekte einbezogen werden, die für den Pkw-Verkehr nicht relevant sind, beispielsweise Gewichts- oder Höhenbeschränkungen, Lkw-Überholverbote, Nachtfahrverbote, etc.

Während das HBS Aussagen zu einzelnen Elementen (z. B. zu Knotenpunkten und knotenpunktfreien Strecken zweistreifiger Landstraßen) liefert, betrachten die RIN Verbindungen zwischen Zentralen Orten. Wünschenswert wäre eine Integration der Verfahren beider Richtlinienwerke.



Hierfür wäre jedoch eine Anpassung bzw. Übertragbarkeit der verschiedenen Ziel- und Zustandsgrößen beider Werke erforderlich. Die Verfahren des HBS verwenden für verschiedene Elemente verschiedene Zustandsgrößen, die sich nicht unmittelbar übertragen lassen (z. B. Wartezeit als Zustandsgröße bei Knotenpunkten, Verkehrsdichte bei Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke von Landstraßen). Die Zustandsgrößen der RIN decken sich wiederum nur teilweise mit den Zustandsgrößen des HBS. Um beide Verfahren integrieren zu können, muss der Fokus daher auf einer oder mehrerer gemeinsamer Ziel- und Zustandsgrößen liegen. Außerdem enthält das HBS nicht Verfahren für alle Elemente, aus denen sich ein Streckenzug bzw. eine Verbindung zwischen Zentralen Orten zusammensetzt. Ansätze hierzu liefert das beschriebene Verfahren im Hinblick auf die Ermittlung der Zustandsgrößen auch für diejenigen Elemente, die im HBS bislang nicht berücksichtigt sind.

Die hier entwickelten Verfahrensbestandteile für die nicht im HBS enthaltenen Elemente legen den Fokus auf eine einfache Handhabbarkeit und berücksichtigen entsprechend nicht sämtliche Einflussgrößen. Um die Verfahrensbestandteile auch losgelöst vom beschriebenen Verfahren anwenden zu können, um detaillierte Aussagen zu den jeweiligen Elementen zu erhalten, wäre jedoch die Einbeziehung aller relevanten Einflussgrößen notwendig. Weiterer Forschungsbedarf ist daher insbesondere im Hinblick auf ein handhabbareres Verfahren zur Beschreibung der Verkehrsqualität auf Abschnitten der knotenpunktfreien Strecke innerhalb bebauter Gebiete zu sehen.

## 9 Zusammenfassung

### Problemstellung

Zur Bewertung von Um- und Ausbaumaßnahmen von (Straßen-)Netzen gibt es sowohl für bundes- und landesweite Anwendungen als auch für regionale und lokale Anwendungen zahlreiche Verfahren.

Nur wenige der betrachteten Verfahren schließen jedoch eine Mängelanalyse mit ein. In keinem der betrachteten Verfahren mit Ausnahme des österreichischen Bundesverkehrswegeplans ist eine Methodik zur Findung von Maßnahmen enthalten. Es wird jeweils davon ausgegangen, dass bereits eine Sammlung von zu bewertenden Maßnahmen oder Projekten vorliegt. Diese kommt i. d. R. durch die Beteiligung der untergeordneten Behörden und Ämter sowie Vertreter der Öffentlichkeit zustande (Bottom-Up-Prinzip).

Das Problem bei diesem Prinzip spiegelt sich bei nahezu allen Verfahren wider: Werden Defizite im (Straßen-)Netz nicht im Rahmen einer systematischen Mängelanalyse erkannt und in entsprechende Projekte gefasst, so lassen sich diese Lücken im Rahmen des jeweiligen Bewertungsverfahrens nicht mehr füllen. Die Qualität der Ergebnisse der Bewertungsverfahren kann hierdurch trotz ständiger Weiterentwicklung der Verfahren immer nur so gut sein wie die vorausgegangene Maßnahmen- bzw. Projektfindung.

### Zielsetzung

Zur Weiterentwicklung der Bewertungsverfahren ist daher nicht nur eine Verbreiterung der Zielsysteme, ein verkehrsträgerübergreifender Ansatz sowie eine höhere Transparenz erforderlich. Die Qualität von Bedarfsplänen ist in besonderem Maße von Verfahren zur systematischen Mängelanalyse abhängig.

In dieser Arbeit wird daher eine Methodik und ein Verfahren zum zielgerichteten Erkennen von Mängeln hinsichtlich der Verkehrsqualität in Straßennetzen entwickelt. Ziel ist eine anhand objektiver Kriterien nachvollziehbare Mängelanalyse der Verkehrsqualität in Straßennetzen bei vertretbarem Aufwand. Es ist in Abhängigkeit von den Zielen des jeweiligen Bedarfsplans als einer von mehreren Bausteinen der Mängelanalyse zu sehen, die als Grundlage einer systematischen Maßnahmenfindung dient.

### Methodik

Die Ermittlung von Mängeln baut auf den Abgleich der Ziele mit dem Zustand auf, Diskrepanzen zwischen einem Zustand und einem Ziel ergeben einen Mangel hinsichtlich dieses Ziels.

Es wird untersucht, welche Ziele im Rahmen einer systematischen Män-

gelanalyse bei der Erarbeitung von Bedarfsplänen relevant sind. Dabei zeigt sich, dass in den Zielfeldern Verkehrssicherheit, Umfeld und Wirtschaftlichkeit alle wesentlichen Ziele bereits durch andere Verfahren abgedeckt oder vor- bzw. nachgelagert zur Bedarfsplanung zu berücksichtigen sind. Im Zielfeld Verkehrsqualität werden drei Ziele herausgearbeitet, die eine wesentliche Rolle für die Mängelanalyse spielen: *geringe Reisezeit*, *geringe Umwegigkeit* und *hohe Zuverlässigkeit (geringe Störungen durch Überlastung von Verkehrsanlagen)*. Diese Ziele bilden die Grundlage des Verfahrens.

Für das Ziel *geringe Reisezeit* wird als Zustandsgröße das Verhältnis von Luftliniengeschwindigkeit zu Luftlinienentfernung im Pkw-Verkehr gemäß RIN verwendet. Die Zustandsgröße für das Ziel *geringe Umwegigkeit* ist das Verhältnis von Länge des Streckenzugs gegenüber der Luftlinienentfernung. Im Ziel *hohe Zuverlässigkeit* wird als Zustandsgröße die Auslastung verwendet.

Zur Ermittlung der Zustandsgrößen werden entsprechende Einflussgrößen untersucht, hinsichtlich der Relevanz und der Verfügbarkeit bewertet und geeignete Einflussgrößen ausgewählt.

## **Verfahren**

Zur Ermittlung der Zustandsgrößen werden verschiedene Verfahren untersucht und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet. Im Vordergrund steht neben einer möglichst exakten Ermittlung der Zustandsgröße die Anwendbarkeit und Handhabbarkeit für größere Netze. Einige Verfahren, beispielsweise die Verfahren des HBS, werden in das vorliegende Verfahren übernommen und teilweise leicht modifiziert. Da jedoch die Zustandsgrößen mit vorhandenen Verfahren nicht oder nicht mit vertretbarem Aufwand für alle Elemente ermittelt werden können, werden zusätzliche Verfahren entwickelt, beispielsweise für die einfache Ermittlung von Verlustzeiten an Knotenpunkten und Bahnübergängen.

## **Bewertung**

Die Bewertung erfolgt in Form eines Abgleichs zwischen den Zielgrößen und den Zustandsgrößen aller drei Ziele. Je nach Ziel erfolgt die Bewertung abschnittsbezogen oder streckenzugbezogen. Die Ergebnisse lassen sich anschaulich mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) darstellen. Anhand einer solchen Darstellung können auf einfache Weise die mangelbehafteten Elemente bzw. Abschnitte identifiziert werden.

## **Anwendungsbeispiel**

Das Verfahren wird auf einen 67 km langen Streckenzug zwischen dem Mittelzentrum Lüchow und dem Oberzentrum Lüneburg angewendet. Überprüft wird, ob das Verfahren inhaltlich und mit vertretbarem Aufwand

anwendbar ist und ob die Ergebnisse zutreffend und ausreichend genau sind. Hierzu wird das Verfahren für den Streckenzug vollständig angewendet und parallel die Zustandsgrößen anhand von Messfahrten erhoben. Die berechneten und die gemessenen Ergebnisse werden gegenübergestellt und bewertet.

Das Verfahren hat sich beim Anwendungsbeispiel bewährt. Es war mit vertretbarem Aufwand durchführbar und hat ausreichend genaue Ergebnisse geliefert.

### **Weiterer Forschungsbedarf**

Da im Verfahren für verschiedene Elemente Zustandsgrößen und Zielgrößen ermittelt werden müssen, sind eine Reihe von Teil-Verfahren notwendig. Nicht für alle Verfahren besteht eine ausreichende wissenschaftliche Grundlage bzw. es fehlen Erfahrungen. So kann eine weitere Untersuchung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit in Ortsdurchfahrten und eine Überprüfung der SAQ-Kurven der RIN dazu beitragen, die Ergebnisse des Verfahrens noch zu optimieren. Auch eine Ergänzung des Verfahrens im Hinblick auf den Lkw-Verkehr wäre wünschenswert.

Eine schematische Darstellung der einzelnen Verfahrensschritte enthält Abb. 21.

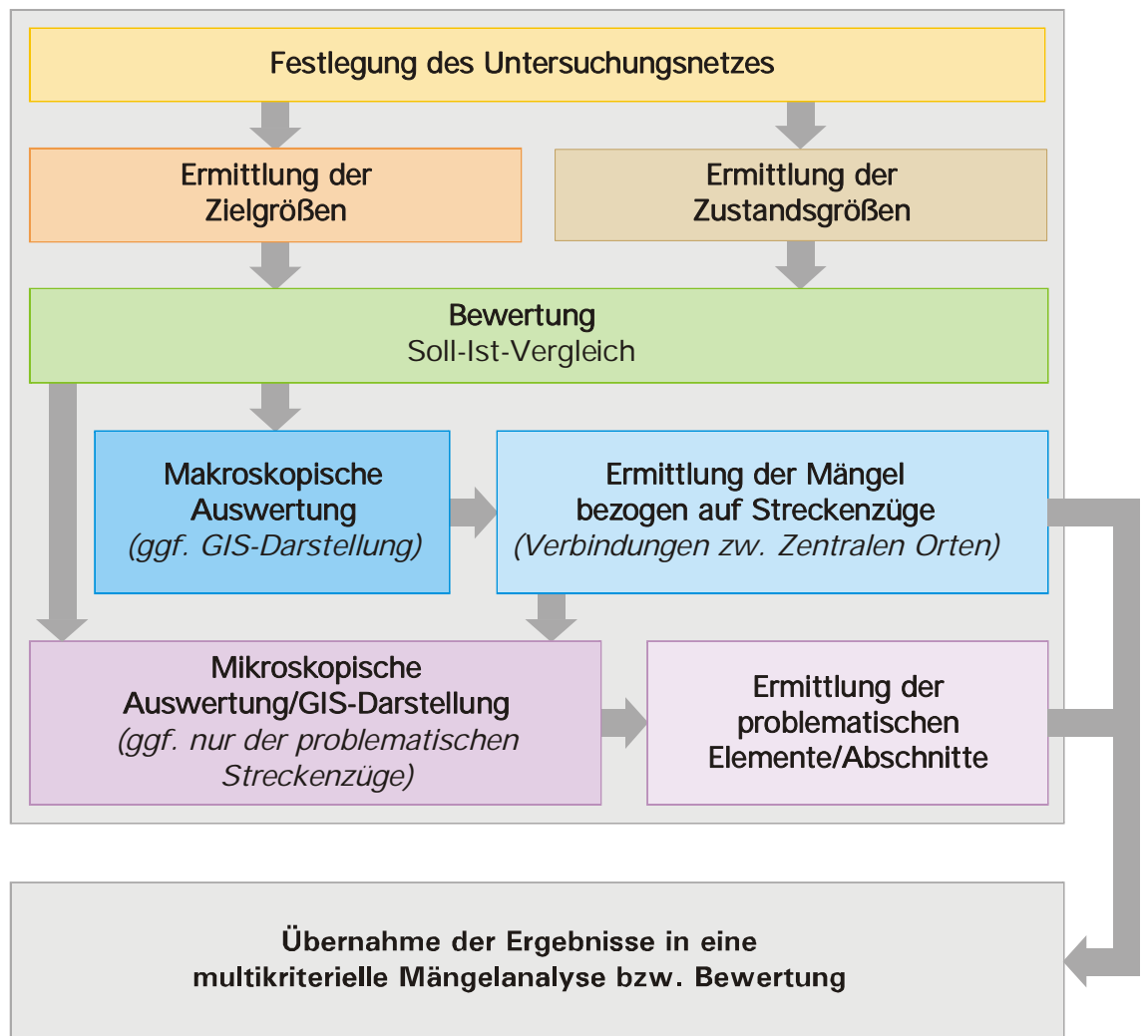


Abb. 21 Darstellung des Verfahrens

## 10 Definitionen

Ein Großteil der Bestandteile von Methodik und Verfahren ist bereits in den bestehenden Richtlinienwerken, insbesondere in den RIN [22] und im HBS [14], definiert. Da die Definitionen beider Richtlinienwerke nicht in jeder Hinsicht mit den im hier beschriebenen Verfahren notwendigen Definitionen übereinstimmen, wurde darauf verzichtet, übereinstimmende Definitionen zu verwenden, um Unschärfen und Missverständnisse zu vermeiden. Die hier verwendeten Definitionen sind im Folgenden aufgeführt.

### **Streckenzug**

Ein Streckenzug ist ein Bestandteil des Straßennetzes, das eine übergeordnete Funktion übernimmt und dem als Ganzes eine Zielgröße zugeordnet werden kann. Der Begriff Streckenzug ist vergleichbar mit dem Begriff Verbindung nach den RIN, allerdings sind Anfangs- und Endpunkt nicht zwingend auf Zentrale Orte bzw. innergemeindliche Zentren beschränkt. Ein Streckenzug besteht aus einer oder mehrerer Strecken, die sich wiederum aus einem oder (in der Regel) mehreren Elementen zusammensetzt.

### **Element**

Bestandteil eines Streckenzugs; ein Element weist in sich homogene Eigenschaften auf, die sich über eine oder mehrere entsprechende Zustandsgrößen beschreiben lassen.

### **Elementtyp**

Der Elementtyp fasst die beschreibenden Eigenschaften von gleichartigen Elementen zusammen. Alle Elemente des gleichen Elementtyps werden in Methodik und Verfahren gleich behandelt.

### **Abschnitt**

Ein Abschnitt ist ein Element, wobei zusätzlich zu den Eigenschaften des jeweiligen Elements weitere Attribute vorhanden sind. Abschnitte des gleichen Elementtyps unterscheiden sich im Hinblick auf diese Attribute. Ein solches Attribut kann beispielsweise die Länge des Abschnitts sein.

### **Zielgröße**

Wert, der hinsichtlich eines Ziels für einen Streckenzug oder ein Element angestrebt wird. Jedem Ziel lassen sich eine oder mehrere Zielgrößen zuordnen.

### **Zustandsgröße**

Wert, der aufgrund bestimmter Randbedingungen hinsichtlich eines Ziels für einen Streckenzug oder ein Element erreicht wird. Jeder Zielgröße ist eine entsprechende Zustandsgröße zuzuordnen.

**Einflussgröße**

Wert eines Einflusses, der in einem nennenswerten Maß Auswirkungen auf die Zustandsgröße eines Streckenzugs oder eines Elements hinsichtlich eines bestimmten Ziels hat. Die Zustandsgröße lässt sich (mit einem geeigneten Verfahren) aus der Gesamtheit aller relevanten Einflussgrößen ermitteln.

## 11 Literatur

- [1] Adams, C.:  
*Bewertungsverfahren für verschiedene intermodale Straßenverkehrsmaßnahmen.*  
Dissertation an der Technischen Universität Berlin  
Berlin 2008
- [2] *Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO)*  
vom 22. Oktober 1998 (BAnz. Nr. 246b vom 1998-12-31, Ber. 1999 S. 947), zuletzt geändert am 2009-07-17 (BAnz. Nr. 110 vom 2009-07-29, S. 2598)
- [3] Bischoff, P.:  
*Entwicklung eines ganzheitlich orientierten Bewertungsverfahrens für den Umbaubedarf von Ortsdurchfahrten.*  
Hannover 1993
- [4] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt):  
*Streckenbezogene Unfallanalysen auf BAB Abschnitte mit Sicherheitspotenzial.*  
Bergisch Gladbach, 2006
- [5] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt):  
*Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen.*  
Heft V 108  
Bergisch Gladbach 2003
- [6] Bundesanstalt für Straßenwesen:  
*Verkehrsqualität auf Streckenabschnitten von Hauptverkehrsstraßen.*  
Verkehrstechnik Heft V 108  
Bergisch Gladbach 2003
- [7] Bundesministerium der Justiz:  
*Raumordnungsgesetz (ROG).*  
Ausfertigungsdatum: 18.08.1997
- [8] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung:  
*Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 21/2008.*  
Bonn 2008
- [9] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen  
*Bundesverkehrswegeplan 2003.*  
Berlin 2003
- [10] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen  
*Grundzüge der Gesamtwirtschaftlichen Bewertungsmethodik Bundesverkehrswegeplan 2003.*  
Berlin 2002
- [11] Christian Baselau:  
*Entwicklung eines Verfahrens zur Beurteilung der Verkehrsqualität*



*auf Straßen mit 2+1-Verkehrsführung.*

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur an der Fakultät Bauingenieurwesen der Bauhaus-Universität Weimar  
Weimar 2005

- [12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV):  
*Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS)*  
*Aktualisierung der RAS-W 86.*  
Entwurf 1997
- [13] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV):  
*Empfehlungen für das Sicherheitsaudit von Straßen (ESAS).*  
Ausgabe 2002
- [14] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV):  
*Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS).*  
Ausgabe 2001, Fassung 2009  
Köln 2001
- [15] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV):  
*Handbuch für die Bewertung der Verkehrssicherheit.*  
In Bearbeitung
- [16] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV):  
*Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA).*  
Ausgabe 2008
- [17] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV):  
*Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL).*  
Entwurfssfassung 12/2007
- [18] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV):  
*Richtlinien für die Anlage von Straßen*  
*Teil: Querschnitte (RAS-Q).*  
Ausgabe 1996
- [19] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen:  
*Empfehlungen für die Sicherheitsanalyse von Straßennetzen.*  
Ausgabe 2003
- [20] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen:  
*Leitfaden für Verkehrsplanungen.*  
Ausgabe 2001
- [21] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen:  
*RAS-N – Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes.*  
Köln 1988
- [22] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen:  
*Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN)*  
Ausgabe 2008

- [23] Gerlach, J.:  
*Ansprüche an die Verkehrsinfrastruktur in Gegenwart und Zukunft.*  
 in: Gedanken zum Verkehrswesen in Lehre, Forschung und Praxis -  
 Festschrift anlässlich der Emeritierung von Universitätsprofessor  
 Dr.-Ing. Martin Stolz,  
 Schriftenreihe des Fachzentrums Verkehr, Heft 1,  
 Wuppertal 1999
- [24] Kommission der Europäischen Gemeinschaften:  
*Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des  
 Rates über ein Sicherheitsmanagement für die Straßeninfrastruktur.*  
 Brüssel 2006
- [25] Landesbetrieb für Straßenbau Saarland:  
 Handbuch Unterhaltungsfreundliches Planen und Bauen von Stra-  
 ßen.  
 Neunkirchen 2007
- [26] Landeshauptstadt München, Referat für Stadtplanung und Bauord-  
 nung:  
*Perspektive München*  
*Verkehrsentwicklungsplan.*  
 München 2006
- [27] Ministerium für Stadtentwicklung, Wohnen und Verkehr des Landes  
 Brandenburg:  
*Integriertes Verkehrskonzept 2002.*  
 Potsdam 2002
- [28] Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württem-  
 berg:  
*Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 2010.*  
 Stuttgart 2010
- [29] Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes  
 Nordrhein-Westfalen:  
*Integrierte Gesamtverkehrsplanung (IGVP) NRW.*  
 Stand 2005
- [30] Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr  
 (NLStBV), Zentraler Geschäftsbereich, Dezernat 13:  
*Verkehrsmengen generalisierte Zählung 2005.*  
 Stand 21. Juni 2007
- [31] Österreichisches Bundesministerium für Wissenschaft und Verkehr:  
*Der österreichische Bundesverkehrswegeplan -  
 abgeschlossene und laufende Arbeitspakete.*  
 Wien 1999
- [32] Sachverständigenrat für Umweltfragen:  
*Umwelt und Straßenverkehr.* Sondergutachten Juli 2005,  
 Berlin, 2005

- [33] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin:  
*Mobil 2010*  
*Stadtentwicklungsplan Verkehr Berlin*  
Entwurf  
Berlin 2003
- [34] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin:  
*Stadtentwicklungsplan Verkehr.*  
Entwurfsfassung März 2010  
Berlin 2010
- [35] Stadt Emden:  
*Verkehrsentwicklungsplan*  
Emden 2003
- [36] Stadt Oldenburg:  
*Verkehrsentwicklungsplan*  
Oldenburg 2001
- [37] TU Berlin (Institut für Land- und Seeverkehr), Schnüll Haller und Partner (SHP):  
*Bewertungsverfahren zur Aufstellung eines Landesstraßenbedarfsplans Berlin.*  
Berlin/Hannover 2007
- [38] Transportation Research Board (TRB):  
*Highway Capacity Manual*  
Washington D.C. (USA) 2000
- [39] Verkehrsministerium Baden-Württemberg:  
*Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 1995.*  
Kurzfassung  
Stuttgart 1995

## 12 Anhang

### 12.1 Vereinfachte Ermittlung der Wartezeiten an Knotenpunkten

#### Allgemeines

Mit Hilfe der folgenden Tabellen kann die Wartezeit ermittelt werden, wenn nicht alle zur Berechnung mit den Verfahren des HBS erforderlichen Einflussgrößen bekannt sind. Für die Anwendung der Tabellen sind die Querschnittsbelastungen aller Knotenpunktarme (Bemessungsverkehrsstärke) sowie die Zahl der Abbiege- bzw. Einbiegestreifen und der Schwerverkehrsanteil erforderlich.

Für alle Tabellen ist die Ermittlung eines Verhältnisses der Verkehrsstärken von Haupt- und Nebenrichtung bzw. betrachteter und querender Richtung erforderlich. Bei vorfahrtgeregelten und signalisierten Einmündungen und Kreuzungen wird davon ausgegangen, dass die Nebenrichtung schwächer belastet ist als die Hauptrichtung. Entsprechend umfassen die Tabellen nur Verhältnisse über 1 (vorfahrtgeregelte Knotenpunkte) bzw. unter 1 (signalisierte Knotenpunkte). Bei vorfahrtgeregelten Knotenpunkten ist die Hauptrichtung immer die bevorrechtigte Richtung. Bei signalisierten Knotenpunkt wird immer die stärker belastete Richtung als Hauptrichtung betrachtet. Bei Kreisverkehren wird nicht in Haupt- und Nebenrichtung unterschieden, sondern in die betrachtete Richtung und die querende Richtung. Entsprechend sind Verhältnisse über und unter 1 angegeben.

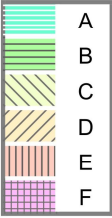
Hinweise zur Berücksichtigung des Schwerverkehrsanteils und der Zahl der Ab- bzw. Einbiegestreifen werden bei den Tabellen gegeben. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde auf die Unterscheidung von Abbiegestreifen und Einbiegestreifen verzichtet. Sie sind jeweils als Abbiegestreifen bezeichnet.

Den Tabellen lässt sich die Wartezeit in Sekunden entnehmen sowie über die farbliche Kennzeichnung die entsprechende Einstufung in die Qualitätsstufen nach dem HBS.

Wartezeiten, die aus Belastungen oberhalb der Kapazität resultieren, sind nicht direkt angegeben, sondern mit dem Wert  $-1$ . Der Grund hierfür ist, dass sich aufgrund der sehr großen Unterschiede der Zustandsgröße bei kleinen Änderungen der Einflussgröße keine annähernd zuverlässigen Werte angeben lassen. Als Rechenwert wird jeweils eine Wartezeit von 100 s empfohlen.

## Vorfahrtgeregelte Einmündungen

$Q_{\text{neben}}$	Verhältnis $Q_{\text{haupt}}/Q_{\text{neben}}$			
	< 1,143	1,143 bis 1,59	1,6 bis 2,66	> 2,66
≤ 300	10	9	9	8
400	10	9	9	9
500	10	10	10	10
600	11	11	10	10
700	13	13	12	10
800	18	16	12	11
900	25	20	16	13
1.000	45	32	18	14
1.100	-1	37	23	15
1.200	-1	-1	27	15
1.300	-1	-1	-1	26
> 1.300	-1	-1	-1	-1



A

B

C

D

E

F

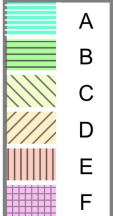
$Q_{\text{haupt}}$ : Mittelwert der Querschnittsbelastungen der Knotenpunktarme der Hauptrichtung

$Q_{\text{neben}}$ : Querschnittsbelastung des Knotenpunktarms der Nebenrichtung

Tab. 15 Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an vorfahrtgeregelten Einmündungen

## Vorfahrtgeregelte Kreuzungen

$Q_{\text{neben}}$	Verhältnis $Q_{\text{haupt}}/Q_{\text{neben}}$			
	< 1,143	1,143 bis 1,59	1,6 bis 2,66	> 2,66
≤ 300	10	10	9	9
400	10	10	10	10
500	12	10	10	10
600	16	13	12	10
700	23	15	13	11
800	37	24	14	12
900	-1	33	19	14
1.000	-1	-1	24	16
1.100	-1	-1	37	18
1.200	-1	-1	-1	19
1.300	-1	-1	-1	27
1.400	-1	-1	-1	45
> 1.400	-1	-1	-1	-1



A

B

C

D

E

F

$Q_{\text{haupt}}$ : Mittelwert der Querschnittsbelastungen der Knotenpunktarme der Hauptrichtung

$Q_{\text{neben}}$ : Mittelwert der Querschnittsbelastungen der Knotenpunktarme der Nebenrichtung

Tab. 16 Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an vorfahrtgeregelten Kreuzungen

## Signalisierte Einmündung

Q <sub>haupt</sub>	0 Abbiegestreifen				2 Abbiegestreifen			
	Verhältnis Q <sub>haupt</sub> /Q <sub>neben</sub>				Verhältnis Q <sub>haupt</sub> /Q <sub>neben</sub>			
	> 0,875	0,625 bis 0,875	0,375 bis 0,625	< 0,375	> 0,875	0,625 bis 0,875	0,375 bis 0,625	< 0,375
≤ 300	17	16	16	16	19	14	10	6
400	18	17	17	16	19	14	10	6
500	19	18	18	17	19	15	10	7
600	20	19	18	17	19	15	11	7
700	21	20	18	18	19	15	11	7
800	22	21	19	18	19	15	11	7
900	23	21	20	19	19	16	11	7
1.000	27	23	21	19	20	16	11	7
1.100	33	28	24	21	20	16	11	7
1.200	51	37	40	24	21	16	11	7
1.300	-1	-1	-1	30	21	16	12	7
1.400	-1	-1	-1	-1	21	16	13	7
1.500	-1	-1	-1	-1	21	17	13	8
1.600	-1	-1	-1	-1	24	18	13	8
1.700	-1	-1	-1	-1	26	18	13	8
1.800	-1	-1	-1	-1	30	20	13	9
1.900	-1	-1	-1	-1	35	21	15	9
2.000	-1	-1	-1	-1	46	24	16	10
2.100	-1	-1	-1	-1	-1	28	17	10
2.200	-1	-1	-1	-1	-1	35	19	11
2.300	-1	-1	-1	-1	-1	-1	23	12
2.400	-1	-1	-1	-1	-1	-1	28	14
2.500	-1	-1	-1	-1	-1	-1	38	17
2.600	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

	A
	B
	C
	D
	E
	F

Q<sub>haupt</sub>: Mittelwert der Querschnittsbelastungen der Knotenpunktarme der Haupttrichtung

Q<sub>neben</sub>: Querschnittsbelastung des Knotenpunktarms der Nebenrichtung

Bei 1 Abbiegestreifen ist der Mittelwert der Ergebnisse für 0 und für 2 Abbiegestreifen zu verwenden

Berücksichtigung des Schwerverkehrsanteils:

0 bis 10 %: Tabellenwert verwenden

über 10 % und Wartezeit ≤ 20 s: Tabellenwert verwenden

über 10 % und Wartezeit > 20 s: Erhöhung des Tabellenwerts:

Wartezeit	Erhöhung
21 s	10 %
22 s	20 %
23 s	30 %
24 s	50 %
25 s	80 %
> 25 s	100 %

Tab. 17 Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an signalisierten Einmündungen

## Signalisierte Kreuzungen

0 Abbiegestreifen					2 Abbiegestreifen			
Q <sub>haupt</sub>	Verhältnis Q <sub>neben</sub> /Q <sub>haupt</sub>				Verhältnis Q <sub>neben</sub> /Q <sub>haupt</sub>			
	> 0,875	0,625 bis 0,875	0,375 bis 0,625	< 0,375	> 0,875	0,625 bis 0,875	0,375 bis 0,625	< 0,375
≤ 300	21	20	18	17	18	16	13	9
400	22	21	18	18	19	16	13	9
500	22	21	19	18	19	17	14	9
600	23	21	19	18	19	17	14	9
700	23	21	20	19	19	17	14	9
800	24	22	20	19	20	17	14	9
900	29	24	21	19	20	18	14	9
1.000	39	28	23	20	20	18	14	9
1.100	-1	38	27	22	20	18	14	9
1.200	-1	-1	36	26	20	19	15	9
1.300	-1	-1	-1	32	21	19	15	9
1.400	-1	-1	-1	-1	22	19	15	9
1.500	-1	-1	-1	-1	25	19	15	9
1.600	-1	-1	-1	-1	28	20	16	9
1.700	-1	-1	-1	-1	33	22	16	9
1.800	-1	-1	-1	-1	42	24	16	9
1.900	-1	-1	-1	-1	-1	28	17	9
2.000	-1	-1	-1	-1	-1	33	20	11
2.100	-1	-1	-1	-1	-1	43	22	12
2.200	-1	-1	-1	-1	-1	-1	25	13
2.300	-1	-1	-1	-1	-1	-1	29	15
2.400	-1	-1	-1	-1	-1	-1	36	16
2.500	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	19
2.600	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	22
2.700	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	27
> 2.700	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

	A
	B
	C
	D
	E
	F

Q<sub>haupt</sub>: Mittelwert der Querschnittsbelastungen der Knotenpunktarme der Hauptrichtung

Q<sub>neben</sub>: Querschnittsbelastung des Knotenpunktarms der Nebenrichtung

Bei 1 Abbiegestreifen ist der Tabellenwert für 2 Abbiegestreifen zu verwenden und in Abhängigkeit vom Tabellenwert zu erhöhen:

Wartezeit	Erhöhung
≤ 20 s	0 %
21 s	15 %
22 s	25 %
23 s	30 %
> 23 s	40 %

Berücksichtigung des Schwerverkehrsanteils:

0 bis 10 %: Tabellenwert verwenden

über 10 % und Wartezeit ≤ 23 s: Tabellenwert verwenden

über 10 % und Wartezeit > 23 s: Erhöhung des Tabellenwerts:

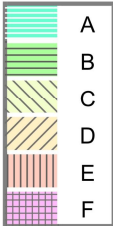
Wartezeit	Erhöhung
≤ 24 s	20 %
25 s	50 %
> 25 s	60 %

Tab. 18 Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an signalisierten Kreuzungen



## Kreisverkehre

Q <sub>betr</sub>	Verhältnis Q <sub>betr</sub> /Q <sub>quer</sub>						
	> 1,88	1,63 bis 1,88	1,38 bis 1,63	1,13 bis 1,38	0,875 bis 1,13	0,625 bis 0,875	? 0,625
≤ 200	3	3	3	3	3	3	3
300	4	4	4	4	3	3	3
400	4	4	4	4	4	4	3
500	5	5	4	4	4	4	3
600	5	5	5	5	4	4	4
700	5	5	5	5	4	5	4
800	6	6	6	6	5	5	5
900	7	7	6	6	6	6	5
1.000	9	8	8	7	7	6	6
1.100	12	10	9	8	7	7	6
1.200	17	13	11	9	9	8	7
1.300	30	20	14	12	10	9	8
1.400	-1	43	21	15	12	11	9
1.500	-1	-1	44	23	16	13	11
1.600	-1	-1	-1	46	23	16	13
1.700	-1	-1	-1	-1	42	28	17
1.800	-1	-1	-1	-1	-1	37	22
1.900	-1	-1	-1	-1	-1	-1	33
2.000	-1	-1	-1	-1	-1	-1	58
2.100	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1



A

B

C

D

E

F

Q<sub>betr</sub>: Mittelwert der Querschnittsbelastungen der Knotenpunktarme der betrachteten Richtung  
 Q<sub>quer</sub>: Mittelwert der Querschnittsbelastungen der Knotenpunktarme der querenden Richtung

Tab. 19 Tabelle zur überschlägigen Ermittlung der Wartezeit an Kreisverkehren



## 12.2 Ermittlung der Zustandsgrößen mit Hilfe des Verfahrens

### Ortsdurchfahrten (FS-OD)

Nr.	Name	Länge	Q	q	Fahrstreifen-Anzahl	Lage des Abschnitts	Störungen	$V_{R,Pkw}$
		[m]	[Kfz/24 h]	[Kfz/h]	[-]	[-]	[-]	[km/h]
1	Lüneburg West	355	19.700	1.694	2	1	1	33
2	Lüneburg Ost 1	665	19.700	1.694	2	2	1	43
3	Lüneburg Ost 2	678	19.700	1.694	2	2	1	43
4	Barendorf	1.061	11.700	1.006	2	1	1	33
5	Bavendorf	820	8.400	722	2	1	1	33
6	Oldendorf	664	5.900	507	2	1	2	43
7	Göhrde	739	4.700	404	2	1	2	33
8	Metzingen	429	4.900	421	2	2	1	43
9	Prisser Nord	441	2.900	249	2	1	2	33
10	Prisser Süd	280	2.900	249	2	1	1	33
11	Schaafhausen	666	7.100	611	2	1	1	33
12	Tramm	396	7.100	611	2	2	1	43
13	Jameln	604	7.100	611	2	2	1	43
14	Platenlaase	459	5.500	473	2	2	1	43
15	Grabow	707	5.500	473	2	1	1	33
16	Lüchow West	803	10.700	920	2	1	1	33

Lage des Abschnitts: 1 = zentraler Bereich, 2 = Übergangsbereich  
 Störungen: 1 = gering, 2 = erheblich

Legende:

Q: Tagesverkehrsstärke im Querschnitt des jeweiligen Abschnitts

q: Verkehrsstärke im Querschnitt in der maßgebenden Stunde, rechnerisch ermittelt aus Q

$V_{R,Pkw}$ : mit Hilfe des Verfahrens ermittelte mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit

Tab. 20 Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit in den Ortsdurchfahrten

Knotenpunkte (KP)

	Nr.	Typ	Länge	$Q_{\text{betr1}}$	$q_{\text{betr1}}$	SV- Ant. <sub>betr1</sub>	$Q_{\text{betr2}}$	$q_{\text{betr2}}$	SV- Ant. <sub>betr2</sub>	$Q_{\text{quer1}}$	$q_{\text{quer1}}$	SV- Ant. <sub>quer1</sub>	$Q_{\text{quer2}}$	$q_{\text{quer2}}$	SV- Ant. <sub>quer2</sub>	Anzahl Abbie- gestr.	$V_{\text{zul}}$	$t_{\text{Verl}(V_{\text{zul}})}$	$t_{\text{Verl}(\text{Vorf.})}$	$t_{\text{Verl}(\text{ges})}$
			[m]	[Kfz/d]	[Kfz/h]	[%]	[Kfz/d]	[Kfz/h]	[%]	[Kfz/d]	[Kfz/h]	[%]	[Kfz/d]	[Kfz/h]	[%]	[-]	[km/h]	[s]	[s]	[s]
Am Altenbr. Ziegelhof	1	1	115	19.700	1.694	8,6	19.700	1.694	8,6	2.000	172	-	-	-	-	1	50	4	8	12
Am Schwalbenberg	2	1	231	19.700	1.694	8,6	19.700	1.694	8,6	3.000	258	-	-	-	-	1	50	8	8	16
Th.-Heuss-Str.	3	1	300	19.700	1.694	8,6	19.700	1.694	8,6	8.000	688	-	8.000	688	-	1	50	11	16	27
B4 West	4	1	184	19.700	1.694	8,6	19.700	1.694	8,6	12.000	1.032	-	-	-	-	1	50	7	11	18
B4 Ost	5	1	183	19.700	1.694	8,6	19.700	1.694	8,6	12.000	1.032	-	-	-	-	1	50	7	11	18
Auf den Blöcken	6	1	283	19.700	1.694	8,6	19.700	1.694	8,6	12.000	1.032	-	-	-	-	0	70	4	11	15
westl. Barendorf	7	3	369	12.700	1.092	7,9	12.700	1.092	7,9	7.000	602	8,0	-	-	-	-	70	6	10	16
westl. Dannenberg	8	3	319	4.200	361	11,9	5.300	456	7,5	2.900	249	13,8	3.800	327	5,3	-	60	8	4	12
westl. Lüchow	9	3	304	5.500	473	10,9	10.700	920	7,5	4.600	396	6,5	-	-	-	-	50	11	4	15
Prisser	10	1	308	2.900	249	13,8	2.900	249	13,8	4.100	353	12,2	4.100	353	12,2	0	50	11	21	32
südlich Prisser	11	2	302	2.900	249	13,8	7.100	611	9,9	4.700	404	8,5	-	-	-	-	50	11	10	21

Knotenpunkttyp: 1 = Lichtsignalanlage, 2 = Vorfahrtgeregelter Einm./Kreuzung, 3 = Kreisverkehr

Legende:

$Q_{\text{betr1}}$ : Tagesverkehrsstärke im Querschnitt der Hauptrichtung

$q_{\text{betr1}}$ : Verkehrsstärke in der maßgebenden Stunde im Querschnitt der Hauptrichtung

SV-Ant.<sub>betr1</sub>: Schwerverkehrsanteil im Querschnitt der Hauptrichtung

$Q_{\text{betr2}}$ : Tagesverkehrsstärke im Querschnitt der Nebenrichtung

$q_{\text{betr2}}$ : Verkehrsstärke in der maßgebenden Stunde im Querschnitt der Nebenrichtung

SV-Ant.<sub>betr2</sub>: Schwerverkehrsanteil im Querschnitt der Nebenrichtung

Anzahl Abbiegestr.: Anzahl an Abbiegestreifen

$V_{\text{zul}}$ : zulässige Geschwindigkeit

$t_{\text{Verl}(V_{\text{zul}})}$ : mit Hilfe des Verfahrens berechnete Verlustzeit aufgrund der geringeren zulässigen Geschwindigkeit im Knotenpunktbereich

$t_{\text{Verl}(\text{Vorf.})}$ : mit Hilfe des Verfahrens berechnete Verlustzeit eines wartepflichtigen Fahrzeugs aufgrund der Vorfahrtregelung bzw. Signalisierung

$t_{\text{Verl}(\text{ges.})}$ : gesamte berechnete Verlustzeit, Summe aus  $t_{\text{Verl}(V_{\text{zul}})}$  und  $t_{\text{Verl}(\text{Vorf.})}$

Tab. 21 Ermittlung der mittleren Verlustzeit an den Knotenpunkten (kursive Werte sind Schätzwerte)

	Richtung	Länge	Q	q	SV-Anteil	Anteil Überholverbot	Vzul	Steigungs-kategorie	Kurvigkeits-kategorie	V <sub>R,Pkw</sub>	maßg.
											V <sub>R,Pkw</sub>
	[-]	[m]	[Kfz/d]	[Kfz/h]	[%]	[%]	[km/h]	[-]	[-]	[km/h]	[km/h]
1	1	630	19.700	1.694	8,63	100	70	1	1	68	68
	2	630	19.700	1.694	8,63	100	70	1	1	68	68
											68
2	1	536	12.700	1.092	7,87	100	100	1	1	77	77
		834	12.700	1.092	7,87	0	100	1	1	77	77
		730	12.700	1.092	7,87	0	100	1	1	77	77
		509	12.700	1.092	7,87	0	100	1	1	77	77
	2	536	12.700	1.092	7,87	100	100	1	1	77	77
		2.073	12.700	1.092	7,87	0	100	1	1	77	77
											77
3	1	972	11.700	1.006	6,84	100	70	1	1	78	70
	2	972	11.700	1.006	6,84	100	70	1	1	78	70
											70
4	1	1.404	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
		410	11.700	1.006	6,84	100	100	1	1	78	78
		686	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
	2	1.404	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
		410	11.700	1.006	6,84	100	100	1	1	78	78
		686	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
											78
5	1	959	11.700	1.006	6,84	100	70	1	1	78	70
		422	11.700	1.006	6,84	0	70	1	1	78	70
	2	305	11.700	1.006	6,84	100	70	1	1	78	70
		262	11.700	1.006	6,84	0	70	1	1	78	70
		814	11.700	1.006	6,84	100	70	1	1	78	70
											70
6	1	1.505	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
		342	11.700	1.006	6,84	100	100	1	1	78	78
		192	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
		374	11.700	1.006	6,84	100	100	1	1	78	78
		551	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
	2	130	11.700	1.006	6,84	0	100	2	1	77	77
		612	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
		763	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
		342	11.700	1.006	6,84	100	100	1	1	78	78
		192	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
		374	11.700	1.006	6,84	100	100	1	1	78	78
		551	11.700	1.006	6,84	0	100	1	1	78	78
7	1	1.988	8.400	722	8,33	0	100	1	1	82	82
		786	8.400	722	8,33	100	100	1	1	82	82
		899	8.400	722	8,33	0	100	1	1	82	82
		697	8.400	722	8,33	100	100	1	1	82	82
	2	1.988	8.400	722	8,33	0	100	1	1	82	82
		786	8.400	722	8,33	100	100	1	1	82	82
		899	8.400	722	8,33	0	100	1	1	82	82
		697	8.400	722	8,33	100	100	1	1	82	82
											82
8	1	460	8.400	722	8,33	100	70		1	82	70
	2	460	8.400	722	8,33	100	70		1	82	70
											70
9	1	6.076	5.200	447	9,62	100	100		1	86	86
	2	6.076	5.200	447	9,62	100	100		1	86	86
											86
10	1	207	5.900	507	11,86	0	70	1	1	84	70
		442	5.900	507	11,86	100	70	1	1	84	70
	2	292	5.900	507	11,86	0	70	1	1	84	70
		357	5.900	507	11,86	100	70	1	1	84	70
											70

Tab. 22 Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit für die Abschnitt der Freien Strecke (Abschnitt 1 bis 10), Legende hinter Tab. 24

	Richtung	Länge	Q	q	SV-Anteil	Anteil Überholverbot	Vzul	Steigungs-klasse	Kurvig-keits-klasse	V <sub>R,Pkw</sub>	maßg. V <sub>R,Pkw</sub>
11	1	741	5.900	507	11,86	0	100	1	1	84	84
		273	5.900	507	11,86	100	100	1	1	84	84
	2	468	5.900	507	11,86	0	100	1	1	84	84
											84
12	1	946	5.900	507	11,86	0	70	1	1	84	70
	2	946	5.900	507	11,86	0	70	1	1	84	70
											70
13	1	777	4.700	404	12,77	0	100	1	1	86	86
		1.043	4.700	404	12,77	100	100	1	1	86	86
		2.226	4.700	404	12,77	0	100	1	1	86	86
	2	777	4.700	404	12,77	0	100	1	1	86	86
		1.043	4.700	404	12,77	100	100	1	1	86	86
		2.226	4.700	404	12,77	0	100	1	1	86	86
											86
14	1	125	4.700	404	12,77	0	70	1	1	86	70
		111	4.700	404	12,77	100	70	1	1	86	70
	2	236	4.700	404	12,77	0	70	2	1	84	70
											70
15	1	341	4.900	421	12,24	0	70	1	3	62	62
	2	341	4.900	421	12,24	0	70	1	3	62	62
											62
16	1	507	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85
		1.138	4.900	421	12,24	0	100	2	1	84	84
		604	4.900	421	12,24	100	100	1	1	85	85
		1.796	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85
	2	507	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85
		402	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85
		995	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85
		345	4.900	421	12,24	100	100	2	1	84	84
		318	4.900	421	12,24	100	100	2	1	84	84
		141	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85
		159	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85
681	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85		
497	4.900	421	12,24	0	100	1	1	85	85		
											85
17	1	488	4.900	421	12,24	0	70	1	1	85	70
	2	488	4.900	421	12,24	0	70	1	1	85	70
											70
18	1	363	4.900	421	12,24	100	70	1	1	85	70
	2	363	4.900	421	12,24	100	70	1	1	85	70
											70
19	1	2.133	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87
		303	4.200	361	11,90	100	100	1	1	87	87
		377	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87
		670	4.200	361	11,90	100	100	1	1	87	87
		1.310	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87
	2	2.133	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87
		303	4.200	361	11,90	100	100	1	1	87	87
		377	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87
		172	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87
		662	4.200	361	11,90	100	100	1	1	87	87
206	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87		
940	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87		
											87
20	1	530	4.200	361	11,90	0	70	1	1	87	70
	2	530	4.200	361	11,90	0	70	1	1	87	70
											70

Tab. 23 Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit für die Abschnitt der Freien Strecke (Abschnitt 11 bis 20), Legende hinter Tab. 24

	Richtung	Länge	Q	q	SV-Anteil	Anteil Überholverbot	Vzul	Steigungs-klasse	Kurvig-kelts-klasse	V <sub>R,Pkw</sub>	maßg. V <sub>R,Pkw</sub>
	[-]	[m]	[Kfz/d]	[Kfz/h]	[%]	[%]	[km/h]	[-]	[-]	[km/h]	[km/h]
21	1	919	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87
	2	919	4.200	361	11,90	0	100	1	1	87	87
											87
22	1	372	4.200	361	11,90	0	70	1	2	70	70
	2	372	4.200	361	11,90	0	70	1	2	70	70
											70
23	1	521	4.200	361	11,90	0	70	1	1	87	70
		83	4.200	361	11,90	100	70	1	1	87	70
	2	426	4.200	361	11,90	0	70	1	1	87	70
		95	4.200	361	11,90	0	70	2	1	85	70
		83	4.200	361	11,90	100	70	1	1	87	70
											70
24	1	1.157	2.900	249	13,79	0	100	1	1	90	90
	2	1.157	2.900	249	13,79	0	100	1	1	90	90
											90
25	1	514	2.900	249	13,79	0	100	1	1	90	90
	2	514	2.900	249	13,79	0	100	1	1	90	90
											90
26	1	287	7.100	611	9,86	0	100	1	1	85	85
	2	287	7.100	611	9,86	0	100	1	1	85	85
											85
27	1	404	7.100	611	9,86	0	70	1	1	85	70
	2	404	7.100	611	9,86	0	70	1	1	85	70
											70
28	1	793	7.100	611	9,86	0	100	1	1	85	85
		297	7.100	611	9,86	0	100	1	1	85	85
		310	7.100	611	9,86	0	100	1	1	85	85
		271	7.100	611	9,86	100	100	1	1	85	85
	2	1.671	7.100	611	9,86	0	100	1	1	85	85
											85
29	1	648	5.500	473	10,91	0	100	1	1	85	85
	1	648	5.500	473	10,91	0	100	1	1	85	85
											85
30	1	2.311	5.500	473	10,91	0	100	1	1	85	85
	2	2.311	5.500	473	10,91	0	100	1	1	85	85
											85
31	1	370	5.500	473	10,91	100	70	1	1	85	70
		122	5.500	473	10,91	0	70	1	1	85	70
	2	189	5.500	473	10,91	0	70	1	1	85	70
		303	5.500	473	10,91	100	70	1	1	85	70
											70
32	1	2.802	5.500	473	10,91	0	100	1	1	85	85
	2	2.802	5.500	473	10,91	0	100	1	1	85	85
											85
33	1	320	5.500	473	10,91	0	90	1	1	85	85
	2	320	5.500	473	10,91	0	90	1	1	85	85
											85
34	1	80	5.500	473	10,91	0	80	1	1	85	80
		115	5.500	473	10,91	100	80	1	1	85	80
	2	80	5.500	473	10,91	0	80	1	1	85	80
		115	5.500	473	10,91	100	80	1	1	85	80
											80
35	1	252	10.700	920	7,48	100	100	1	1	78	78
		754	10.700	920	7,48	0	100	1	1	78	78
	2	252	10.700	920	7,48	100	100	1	1	78	78
		754	10.700	920	7,48	0	100	1	1	78	78
											78

Richtung: 1 = Richtung Salzwedel, 2 = Richtung Lüneburg

Tab. 24 Ermittlung der mittleren Pkw-Reisegeschwindigkeit für die Abschnitt der Freien Strecke (Abschnitt 11 bis 35), Legende s. nächste Seite

Legende für Tab. 22, Tab. 23 und Tab. 24:

Q: Tagesverkehrsstärke im Querschnitt

q: Verkehrsstärke in der maßgebenden Stunde im Querschnitt

SV-Anteil: Schwerverkehrsanteil

$V_{zul}$ : zulässige Geschwindigkeit

$V_{R,Pkw}$ : berechnete mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit

maßg.  $V_{R,Pkw}$ : maßgebende mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit: niedrigerer Wert von  $V_{zul}$  und  $V_{R,Pkw}$



