

DEGES im Auftrag der Autobahn GmbH des Bundes
Straße: A 1 / Betr.km: 155+962 bis 157+657, inkl. Anpassungsbereich bis 158+267
<b>Bundesautobahn A 1</b> <b>8-streifige Erweiterung zwischen AD Süderelbe und AS HH-Harburg</b> VKE 7143: AS HH-Harburg - AD Süderelbe (o)
PROJIS-Nr.: 0200000530

# FESTSTELLUNGSENTWURF

- Verkehrstechnische Bewertung -

aufgestellt:  DEGES  Berlin, den 29.04.2022    gez. Martens (PL/E3.3.2)	



PROF. DR.-ING. JUSTIN GEISTEFELDT  
LEHRSTUHL FÜR VERKEHRSWESEN PLANUNG UND MANAGEMENT  
RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

# Verkehrstechnische Bewertung der geplanten Verkehrsführung der BAB A im Bereich ADSüderelbe AD HH-Südost

---

Gutachten im Auftrag der DEGES GmbH

Prof. Dr.-Ing. JustinGeistefeldt  
Alexander Brandenburg, M.Sc.

Mai 2021

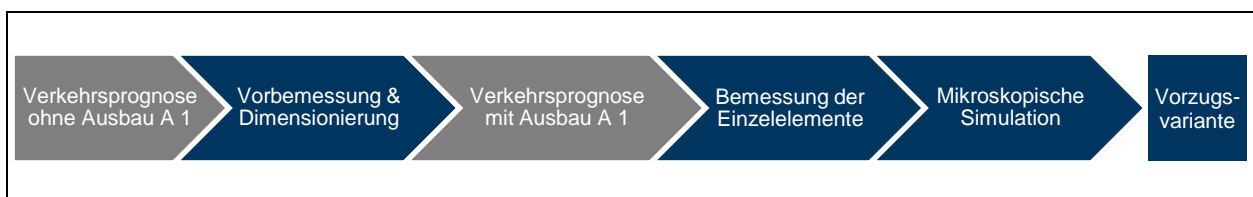
## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	3
2. Ermittlung der Verkehrsnachfrage.....	4
2.1 Datengrundlage .....	4
2.2 Verkehrsnachfrage in der maßgebenden Bemessungsstunde .....	4
2.3 Verkehrsnachfrageganglinien für die mikroskopische Simulation .....	7
3. Verkehrstechnische Analyse.....	8
3.1 Methodik.....	8
3.2 Verkehrstechnische Dimensionierung.....	10
3.2.1 Vorbemessung der Strecken auf der Grundlage vorläufiger Verkehrsprognosedaten ohne Berücksichtigung des Ausbaus der A 1 .....	10
3.2.2 Entwurfsvarianten der Verflechtungsstrecken .....	11
3.3 Verkehrstechnische Bemessung für die Entwurfsvarianten im Planfall 6 .....	15
3.3.1 Strecken .....	15
3.3.2 Teilknotenpunkte .....	16
3.4 Verkehrstechnische Bemessung für die Entwurfsvariante 2b im Planfall 27 .....	17
3.4.1 Strecken .....	17
3.4.2 Teilknotenpunkte .....	18
4. Mikroskopische Verkehrsflusssimulation.....	20
4.1 Simulationsmodell.....	20
4.2 Kalibrierung und Validierung.....	21
4.2.1 Methodik .....	21
4.2.2 Ergebnisse.....	23
4.3 Simulation der Entwurfsvarianten im Planfall 6 .....	25
4.3.1 Vorgehen .....	25
4.3.2 Simulationsergebnisse für die Entwurfsvariante 1 .....	27
4.3.3 Simulationsergebnisse für die Entwurfsvariante 2 .....	28
4.3.4 Simulationsergebnisse für die Entwurfsvariante 2b .....	30
4.4 Simulation der Vorzugsvariante 2b für den Planfall 27 .....	32
5. Zusammenfassung und Empfehlungen.....	34
Literatur .....	36
Anhang A Quelle-Ziel-Matrizen der Verkehrsprognose.....	37
Anhang B Zuordnung der Quelle-Ziel-Beziehungen zu Querschnitten.....	40
Anhang C Analyse der Anzahl der Lkw-Fahrstreifenwechsel.....	42
Anhang D Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 1, Planfall 6 .....	44
Anhang E Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2, Planfall 6 .....	48
Anhang F Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2b, Planfall 6 .....	52
Anhang G Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2b, Planfall 27 .....	56

## 1. Einleitung

Für die Realisierung der Autobahn A 26 Stade . Hamburg-Stillhorn besteht die Notwendigkeit, im Bereich des zukünftigen Autobahndreiecks Süderelbe eine leistungsfähige Verknüpfung mit der Autobahn A 1 herzustellen. Der angrenzende Abschnitt der A 1 ist zwischen der Anschlussstelle (AS) Hamburg-Harburg und dem Autobahndreieck (AD) Hamburg-Südost im Bundesverkehrswegeplan (BVWP) 2030 im vordringlichen Bedarf für den achtstreifigen Ausbau vorgesehen, um insbesondere die aus dem Anschluss der A 26 resultierende Zunahme des Verkehrsaufkommens auf der A 1 bewältigen zu können. Durch die dichte Knotenpunktfolge kommen für die Strecken zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe sowie zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost verschiedene Varianten mit zusätzlichen durchgehenden Verflechtungsstreifen in Betracht. Ziel der Untersuchung ist die Ermittlung der erforderlichen Fahrstreifenzahl der Autobahn A 1 in diesen Verflechtungsbereichen sowie die Erarbeitung und verkehrstechnische Bewertung geeigneter Lösungen für die Gestaltung der Aus- und Einfahrten der angrenzenden Knotenpunkte mit den Bemessungsverfahren des HBS (FGSV, 2015). Die Untersuchung basiert auf DTV-Prognosewerten für das Jahr 2030, die mit relativen Verkehrsstärkeganglinien von Dauerzählstellen verknüpft werden, um die Prognoseverkehrsstärken in der maßgebenden Bemessungsstunde zu schätzen.

Auf der Grundlage bereits vorliegender Verkehrsprognosedaten für den Netzzustand mit dem Anschluss der Autobahn A 26 an die A 1, aber noch ohne Berücksichtigung des Ausbaus der an das AD Süderelbe angrenzenden Abschnitte der A 1, wurde im ersten Schritt eine Vorbemessung und Dimensionierung der Strecken der Autobahn A 1 durchgeführt (Kapitel 3.2). Für die erarbeiteten Entwurfslösungen für den Ausbau der A 1 wurde eine Neuberechnung der Verkehrsprognose 2030 (Planfall 6) durch die PTV AG vorgenommen, auf deren Grundlage eine erste verkehrstechnische Bemessung der Einzelelemente erfolgte (Kapitel 3.3). Da die in Frage kommenden Entwurfslösungen teilweise die Anwendungsgrenzen der analytischen Bemessungsverfahren des HBS überschreiten und der Verkehrsablauf durch Wechselwirkungen zwischen den dicht aufeinander folgenden Knotenpunkten beeinflusst wird, wurden darüber hinaus mikroskopische Verkehrsflusssimulationen mit dem Programm BABSIM durchgeführt, um die Gesamtlösung verkehrstechnisch zu bewerten (Kapitel 4.3). Die Abfolge der einzelnen Untersuchungsschritte veranschaulicht Bild 1-1.



**Bild 1-1: Ablauf der Untersuchung**

Aufgrund von Veränderungen im umliegenden Netz im Zuge der weiteren Planung wurden in einem weiteren Untersuchungsschritt die verkehrstechnische Bemessung der Einzelelemente und die mikroskopische Verkehrsflusssimulationen basierend auf den Verkehrsprognosedaten 2030 für den Planfall 27 wiederholt (Kapitel 3.4 bzw. 4.4). Dabei wurde die anhand der Verkehrsprognosedaten des Planfalls 6 ermittelte Vorzugsvariante für den Ausbau der Autobahn A 1 in unveränderter Form zugrunde gelegt.



## 2. Ermittlung der Verkehrsnachfrage

### 2.1 Datengrundlage

Als Grundlage der Untersuchung diente die Verkehrsprognose 2030 der PTV AG für verschiedene Planfälle. Die Prognosedaten wurden für den Ausschnitt des hier betrachteten Untersuchungsgebietes zur Verfügung gestellt und umfassen durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken ( $DTV_w$ ) des Pkw- und Lkw-Verkehrs für alle Quelle-Ziel-Beziehungen. Die Quelle-Ziel-Matrizen sind in Anhang A angegeben.

Für die verkehrstechnische Vorbemessung und die Erarbeitung geeigneter Entwurfslösungen (Kapitel 3.2) wurden im ersten Schritt bereits vorhandene Verkehrsprognosewerte für den Planfall 6 zugrunde gelegt, die den Endausbauzustand der Autobahn A 26 mit dem Anschluss an die Autobahn A 1, aber noch nicht den Ausbau der A 1 berücksichtigten. Anhand dieser Prognosedaten wurden die erforderliche Fahrstreifenanzahl in den Verflechtungsstrecken der A 1 zwischen dem AD Süderelbe, dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost ermittelt und mögliche Entwurfsvarianten für die Gestaltung der Ein- und Ausfahrten erarbeitet. Für diese Entwurfslösungen wurden von der PTV AG neue Prognoserechnungen für den Planfall 6 durchgeführt. Diese Prognosedaten, die sich ebenfalls auf das Jahr 2030 beziehen, dienten der Festlegung der Vorzugsvariante sowie der verkehrstechnischen Bemessung und der mikroskopischen Simulation des Verkehrsablaufs für den Endausbauzustand (Kapitel 3.3 bzw. 4.3). In einem weiteren Untersuchungsschritt wurden neue Verkehrsprognosedaten für das Jahr 2030 für den Planfall 27 unter Berücksichtigung von Veränderungen im umliegenden Netz zugrunde gelegt, mit denen eine erneute verkehrstechnische Bemessung und die mikroskopische Simulation durchgeführt wurde (Kapitel 3.4 bzw. 4.4).

Da aus den Verkehrsprognosen nur DTV-Werte vorlagen, für die Bewertung des Verkehrsablaufs nach HBS aber Bemessungsverkehrsstärken in Stunden-Intervallen erforderlich sind, wurden zusätzlich Verkehrsdaten des Jahres 2015 von Dauerzählstellen im Untersuchungsgebiet herangezogen, um Jahresganglinien der Verkehrsnachfrage für das Prognosejahr zu schätzen. Anhand der Zählstellendaten wurden relative Ganglinien der Verkehrsnachfrage (Anteile der stündlichen Verkehrsstärken am DTV) für den Leicht- und Schwerverkehr ermittelt. Durch Multiplikation mit den DTV-Prognosewerten wurden die Ganglinien der im Prognosejahr zu erwartenden Verkehrsnachfrage geschätzt. Da die Daten von Dauerzählstellen an bestimmten Querschnitten im derzeit vorhandenen Netz vorlagen, die DTV-Prognosewerte sich aber auf Quelle-Ziel-Beziehungen im Netzzustand des Planfalls beziehen, musste näherungsweise eine Zuordnung der an den Dauerzählstellen aufgezeichneten Ganglinien zu den Quelle-Ziel-Beziehungen im Planfall vorgenommen werden. Die Lage der Zählstellen sowie die genaue Zuordnung zu den Quelle-Ziel-Beziehungen sind in Anhang B angegeben.

Aus der Verknüpfung der DTV-Prognosewerte und der relativen Verkehrsnachfrageganglinien wurden für jede Quelle-Ziel-Beziehung Prognoseganglinien der Verkehrsnachfrage des Kfz- und des Schwerverkehrs ermittelt und für die weiteren Untersuchungen zugrunde gelegt.

### 2.2 Verkehrsnachfrage in der maßgebenden Bemessungsstunde

Gemäß Einführungserlass zum HBS (FGSV, 2015) ist für Bundesfernstraßen die Verkehrsnachfrage in der 50. Stunde als Bemessungsverkehrsstärke zu Grunde zu legen. Als bemessungsrelevanter Schwerverkehrsanteil für die Bewertung von Strecken ist der Medianwert der Schwerverkehrsanteile in der 45. bis 55. Stunde anzusetzen.

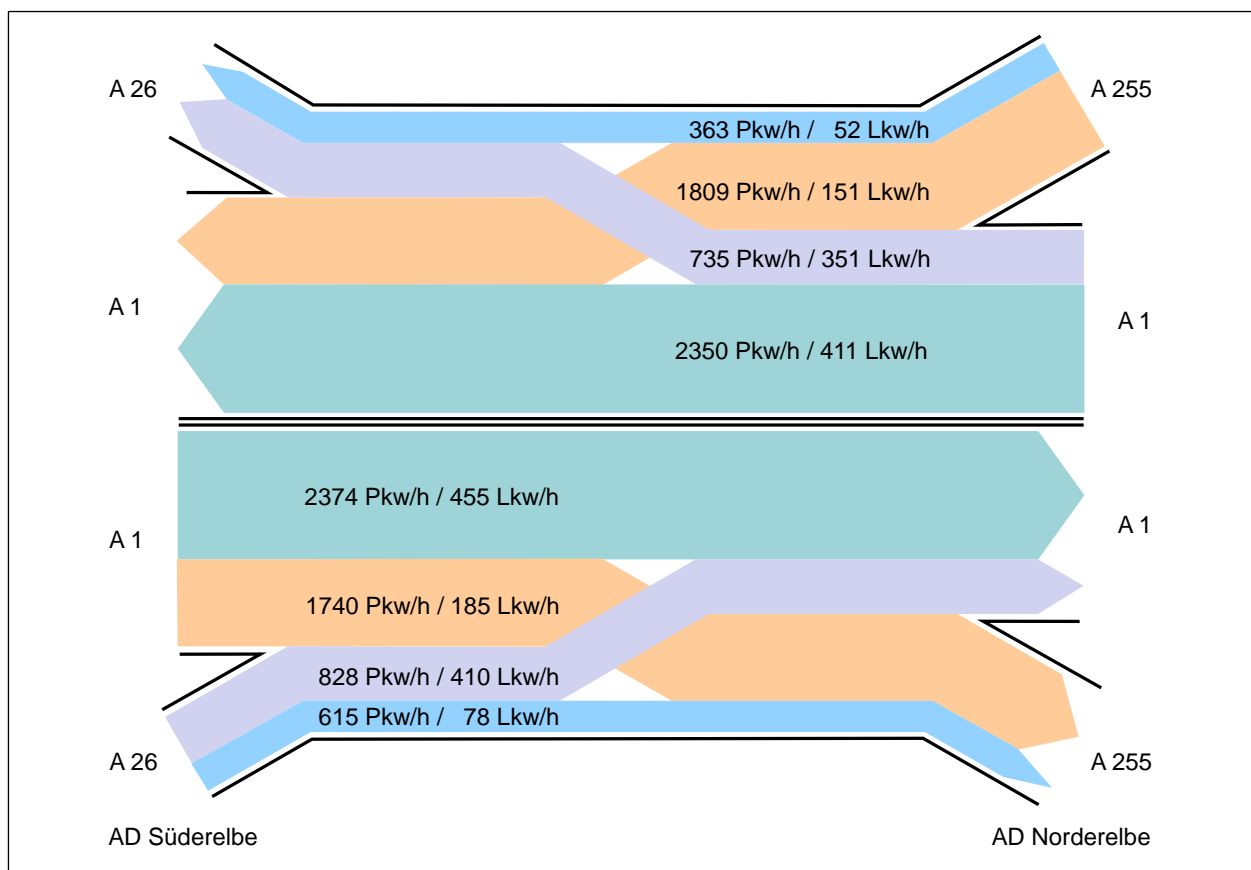
Die 50. Stunde wurde für jede Strecke und jeden Teilknotenpunkt individuell ermittelt. Dazu wurden die Prognoseganglinien der Verkehrsnachfrage der über die jeweilige Strecke bzw. den jeweiligen Teilknotenpunkt führenden Quelle-Ziel-Beziehungen addiert. Für die Bewertung von Ein- und Ausfahrten wurden die Schwerverkehrsstärken unter Ansatz des Pkw-Gleichwerts von 2,0 nach HBS in Pkw-Einheiten umgerechnet. Maßgebend für die Ermittlung der 50. Stunde an Ein- und Ausfahrten ist jeweils die Summe der Verkehrsstärken des durchfahrenden und des ein- bzw. ausfahrenden Verkehrs. Da bei wechselnden Verhältnissen zwischen dem ein- bzw. ausfahrenden und dem durchfahrenden Verkehr die Rangfolge der Verkehrsstärkesummen von der Rangfolge des Auslastungsgrades abweichen kann, wurde zur Überprüfung zusätzlich der 50.-höchste Auslastungsgrad ermittelt.

Die Bemessungsverkehrsstärken für die Strecken des Untersuchungsraums im Zustand ohne und mit Berücksichtigung des Ausbaus der Autobahn A 1 sind in Tab. 2-1 angegeben. Die Spitzen der Verkehrsnachfrage ergeben sich in erster Linie aus den starken Pendlerströmen über die Autobahn A 255 ins Zentrum von Hamburg. Die Lage der Verkehrsspitzen am Morgen oder Nachmittag kehrt sich im Zuge der Autobahn A 1 demnach am AD Norderelbe um. Südlich des AD Norderelbe ist die Autobahn A 1 in Fahrtrichtung Nord in der Morgenspitze und in Fahrtrichtung Süd in der Nachmittagspitze am stärksten belastet. Nördlich des AD Norderelbe treten die höchsten Verkehrsstärken in Fahrtrichtung Süd am Morgen und in Fahrtrichtung Nord am Nachmittag auf.

BAB	FR	Abschnitt	ohne Ausbau A 1		mit Ausbau A 1 (Planfall 6)		mit Ausbau A 1 (Planfall 27)	
			q [Kfz/h]	b <sub>sv</sub> [-]	q [Kfz/h]	b <sub>sv</sub> [-]	q [Kfz/h]	b <sub>sv</sub> [-]
A 1	Nord	AS HH-Harburg . AD Süderelbe	5138	13,9 %	5320	13,5 %	5140	13,7%
		AD Süderelbe . AD Norderelbe	6515	17,5 %	6648	15,8 %	6584	16,2%
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	3728	21,0 %	4136	19,8 %	4171	20,1%
		AD Norderelbe . AD HH-Südost	5598	20,6 %	6949	16,7 %	6940	16,7%
		Ausfahrt AD HH-Südost . Ausfahrt HH-Moorfleet	3713	26,2 %	4315	24,9 %	4317	25,2%
	Süd	Einfahrt HH-Moorfleet . Einfahrt AD HH-Südost	3781	24,7 %	4369	22,1 %	4386	21,8%
		AD HH-Südost . AD Norderelbe	5566	20,0 %	6479	18,0 %	6540	17,9%
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	3301	24,0 %	4047	20,3 %	4112	19,7%
		AD Norderelbe . AD Süderelbe	5882	16,4 %	6147	14,7 %	6047	15,1%
		AD Süderelbe . AS HH-Harburg	5182	12,4 %	5391	11,6 %	5233	12,2%
A 255	Nord	Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden	2955	8,2 %	2648	8,3 %	2556	8,3%
		Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden	2496	16,6 %	2697	15,0 %	2693	15,0%
	Süd	Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Norden	2021	18,9 %	3020	15,0 %	2991	14,6%
		Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Süden	2881	6,2 %	2437	6,2 %	2288	6,7%

**Tab. 2-1: Bemessungsverkehrsstärken q und bemessungsrelevante Schwerverkehrsanteile b<sub>sv</sub> der Strecken für die Verkehrsprognose 2030 ohne und mit Berücksichtigung des Ausbaus der Autobahn A 1 im Planfall 6 und 27**

Für die Funktionsfähigkeit der zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe in beiden Fahrtrichtungen entstehenden Verflechtungsstrecke sind vor allem die Verkehrsstrombelastungen des Schwerververkehrs von Bedeutung (vgl. Bild 2-1). Die Prognoseverkehrsstärken des Schwerververkehrs in den Spitzenstunden betragen in Fahrtrichtung Nord rund 1100 Kfz/h und in Fahrtrichtung Süd knapp 1000 Kfz/h. Davon entfallen jeweils ca. 40 % auf den Durchgangsverkehr auf der A 1 sowie 36 % auf den Verkehr zwischen der A 26 und der A 1 nördlich des AD Norderelbe. Der Anteil des äußeren Randstroms der Verflechtungsstrecke (zwischen der A 26 und der A 255) an der Gesamtverkehrsstärke des Schwerververkehrs ist dagegen mit unter 7 % sehr gering. Im Pkw-Verkehr dominieren in den Spitzenstunden der Durchgangsverkehr auf der A 1 mit einem Anteil von über 40 % und der Verkehr zwischen der A 1 und der A 255 mit einem Anteil von ca. 33 % der Gesamtverkehrsstärke, während die Ströme von und zur A 26 relativ gering belastet sind. Somit ist in beiden Fahrtrichtungen insbesondere die Verflechtung der Schwerverkehrsströme zwischen der A 26 und der A 1 nördlich des AD Norderelbe mit den starken Pkw-Strömen zwischen der A 1 südlich des AD Süderelbe und der A 255 kritisch für die Funktionsfähigkeit der Verflechtungsstrecke.



**Bild 2-1: Strombelastungen des Pkw- und Schwerverkehrs in der Verflechtungsstrecke der Autobahn A 1 zwischen AD Süderelbe und AD Norderelbe (Mittelwerte der ersten 100 Stunden der Dauerlinie der Prognoseverkehrsstärken 2030 mit Berücksichtigung des Ausbaus der A 1 im Planfall 6)**

In der Verflechtungsstrecke zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost sind der auf der Autobahn A 1 durchfahrende Verkehrsstrom sowie im Pkw-Verkehr der äußere Randstrom zwischen der A 25 und der A 255 am stärksten belastet. Die Verkehrsstärken der Verflechtungsströme (A 1 . A 25 und A 255 . A 1) sind in beiden Fahrtrichtungen mit insgesamt jeweils ca. 1400 Pkw/h und 400 Lkw/h geringer als in der Verflechtungsstrecke AD Süderelbe . AD Norderelbe.

### 2.3 Verkehrsnachfrageganglinien für die mikroskopische Simulation

Im Gegensatz zur Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs an Einzelanlagen mit den analytischen Verfahren des HBS (FGSV, 2015) werden mit der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation die Netzelemente in ihrem Zusammenwirken betrachtet, so dass insbesondere auch die Wechselwirkungen zwischen dicht aufeinander folgenden Knotenpunkten abgebildet werden können. Durch sukzessive Erhöhung der Verkehrsstärke bis zum Zusammenbruch wird das Netzelement bestimmt, das zuerst seine Kapazität erreicht. Anstelle einer individuellen Ermittlung der 50. Stunde für jede Einzelanlage ist daher eine Verkehrsnachfrageganglinie zugrunde zu legen, welche die Spitzenbelastungen für das gesamte Netz repräsentativ abbildet. Anhand einer Analyse der Lage der 50. Stunde an den Einzelementen wurden Ganglinien von Tagen, an denen in der Spitzenstunde an den maßgebenden Elementen eine Verkehrsstärke ungefähr in der Größenordnung der 50. Stunde erreicht wurde, für die mikroskopische Verkehrsflusssimulation ausgewählt. Die für die Simulation des Verkehrsablaufs ausgewählten Prognoseganglinien basieren auf der relativen Verteilung der Verkehrsnachfrage an folgenden Tagen:

- ◁ Fahrtrichtung Nord: Dienstag, der 13.10.2015,
- ◁ Fahrtrichtung Süd: Montag, der 05.10.2015.

Als Eingangswerte für die mikroskopische Verkehrsflusssimulation wurden Tagesganglinien der Verkehrsnachfrage in 15-Minuten-Intervallen ermittelt.

### 3. Verkehrstechnische Analyse

#### 3.1 Methodik

Grundlage der verkehrstechnischen Bewertung sind die Verkehrsabläufe in einer einzelnen Spitzenstunde. Das maßgebende Qualitätskriterium für Strecken von Autobahnen und planfreie Knotenpunkte ist der Auslastungsgrad  $x$ , der als Quotient aus der Verkehrsstärke und der Kapazität definiert ist:

$$x = \frac{q}{C} \quad (\text{für Strecken}) \quad \text{bzw.} \quad x = \frac{q_{PE}}{C_{PE}} \quad (\text{für Teilknotenpunkte})$$

mit

- $x$  = Auslastungsgrad
- $q$  = Verkehrsstärke [Kfz/h]
- $q_{PE}$  = Verkehrsstärke [Pkw-E/h]
- $C$  = Kapazität [Kfz/h]
- $C_{PE}$  = Kapazität [Pkw-E/h]

Die Umrechnung der Lkw-Verkehrsstärken in Pkw-Einheiten für die Bewertung von planfreien Knotenpunkten erfolgt unter Ansatz eines Pkw-Gleichwerts von (in der Regel) 2,0 Pkw-E/Lkw.

Die Grenzen des Auslastungsgrades der Qualitätsstufen A bis F nach HBS enthält Tab. 3-1. Die einzelnen Qualitätsstufen bedeuten:

- QSV A: Die Kraftfahrer werden äußerst selten von anderen beeinflusst. Der Auslastungsgrad ist sehr gering. Die Fahrer können Fahrstreifen und Geschwindigkeit in dem Rahmen frei wählen, den die streckencharakteristischen Randbedingungen und die verkehrsrechtlichen Vorgaben zulassen.
- QSV B: Es treten Einflüsse durch andere Kraftfahrer auf, die das individuelle Fahrverhalten jedoch nur unwesentlich bestimmen. Der Auslastungsgrad ist gering. Die Fahrer können den Fahrstreifen weitgehend frei wählen. Die Geschwindigkeiten erreichen näherungsweise das von den Fahrern angestrebte Niveau.
- QSV C: Die Anwesenheit der übrigen Kraftfahrzeuge macht sich deutlich bemerkbar. Der Auslastungsgrad liegt im mittleren Bereich. Die individuelle Bewegungsfreiheit ist eingeschränkt. Die Geschwindigkeiten sind nicht mehr frei wählbar. Der Verkehrszustand ist stabil.
- QSV D: Es treten ständige Interaktionen zwischen den Kraftfahrern auf, bis hin zu gegenseitigen Behinderungen. Der Auslastungsgrad ist hoch. Die Möglichkeiten der individuellen Geschwindigkeits- und Fahrstreifenwahl sind erheblich eingeschränkt. Der Verkehrszustand ist noch stabil.
- QSV E: Die Kraftfahrzeuge bewegen sich weitgehend in Kolonnen. Der Auslastungsgrad ist sehr hoch. Bereits geringe oder kurzfristige Zunahmen der Verkehrsstärke können zu Staubildung und Stillstand führen. Es besteht die Gefahr eines Verkehrszusammenbruchs bei kleinen Unregelmäßigkeiten innerhalb des Verkehrstroms. Der Zustand des Verkehrsflusses ist instabil. Die Kapazität der Richtungsfahrbahn wird erreicht.
- QSV F: Das der Strecke zufließende Verkehrsaufkommen ist größer als die Kapazität. Der Verkehr bricht zusammen, d. h. es kommt stromaufwärts zu Stillstand und Stau im Wechsel mit Stop-and-go-Verkehr. Diese Situation löst sich erst nach einem deutlichen Rückgang der Verkehrsnachfrage wieder auf. Die Richtungsfahrbahn ist überlastet.

Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs (QSV)	A	B	C	D	E	F
Auslastungsgrad x	$m \cdot A \leq E$	$m \cdot A \leq E$	$m \cdot A \leq E$	$m \cdot A \leq E$	$m \cdot A \leq F$	$> 1,00$
<sup>1)</sup> 0,92 für (Teil-) Strecken mit SBA bzw. Einfahrten des Typs E 1 und E 2 mit Zuflussregelung						

**Tab. 3-1: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für Strecken von Autobahnen und planfreie Knotenpunkte in Abhängigkeit vom Auslastungsgrad nach HBS (FGSV, 2015)**

Strecken sind definiert als richtungsbezogene Teile von Autobahnen zwischen Knotenpunkten. Das Bemessungsverfahren des HBS für Strecken von Autobahnen basiert auf Kapazitätswerten und q-v-Diagrammen, die für Kombinationen der folgenden Einflussgrößen angegeben werden:

- ◁ Fahrstreifenanzahl,
- ◁ Längsneigung,
- ◁ Schwerverkehrsanteil,
- ◁ Funktion und Lage der Autobahn (innerhalb oder außerhalb von Ballungsräumen) sowie
- ◁ Steuerungsbedingungen.

Strecken mit mehr als vier Fahrstreifen in der betrachteten Fahrtrichtung sind nicht nach HBS bewertbar. Für die überschlägige Bemessung fünfstreifiger Richtungsfahrbahnen wird in der vorliegenden Untersuchung näherungsweise eine Kapazität angesetzt, die 120 % der Kapazität vierstreifiger Richtungsfahrbahnen mit ansonsten gleichen Randbedingungen entspricht.

Bei der Bemessung planfreier Knotenpunkte wird im HBS zwischen Ausfahrten, Einfahrten und Verflechtungsstrecken unterscheiden. Die Bemessung erfolgt anhand eines kombinierten Auslastungsgrades für die Rampe, den Ein- bzw. Ausfädelungsbereich und die Hauptfahrbahn. Dafür stehen Diagramme zur Verfügung, in denen die Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke auf der Hauptfahrbahn oberhalb der Einfahrt oder Verflechtungsstrecke bzw. unterhalb der Ausfahrt sowie der Verkehrsstärke in der Ein- bzw. Ausfahrrampe abgelesen werden kann. Diese Bemessungsdiagramme werden für alle Typen von Einfahrten, Ausfahrten und Verflechtungsstrecken nach RAA (FGSV, 2008) an zwei- und dreistreifigen Richtungsfahrbahnen angegeben. Für Ein- und Ausfahrten an vierstreifigen Richtungsfahrbahnen können näherungsweise die Bemessungswerte für Ein- und Ausfahrten an dreistreifigen Richtungsfahrbahnen unter Ansatz von 72,5 % der Gesamtverkehrsstärke auf der vierstreifigen Hauptfahrbahn verwendet werden. Ein- und Ausfahrten mit Addition bzw. Subtraktion von zwei Fahrstreifen sind nicht mit den analytischen Verfahren des HBS bewertbar.

Sofern die Einsatzgrenzen der analytischen Verfahren des HBS nicht eingehalten werden oder spezifische verkehrliche Randbedingungen zu berücksichtigen sind, kann die mikroskopische Verkehrsflusssimulation als alternatives Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität eingesetzt werden. Dabei muss das im Berechnungsverfahren zugrunde gelegte Kriterium als Ergebnisgröße für die Bewertung der Verkehrsqualität ermittelt werden. Demnach ist für Strecken und Knotenpunkte an Autobahnen der Auslastungsgrad zu ermitteln. Hinweise für die HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen wurden in der Untersuchung von GEISTEFELDT et al. (2017) erarbeitet.

### 3.2 Verkehrstechnische Dimensionierung

#### 3.2.1 Vorbemessung der Strecken auf der Grundlage vorläufiger Verkehrsprognosedaten ohne Berücksichtigung des Ausbaus der A 1

Auf der Grundlage der Bemessungsverkehrsstärken der Verkehrsprognose für den Planfall 6 wurde für alle Strecken der Autobahn A 1 zwischen der AS Hamburg-Harburg und der AS Hamburg-Moorfleet die erforderliche Fahrstreifenanzahl ermittelt, mit der . ohne Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Elementen . eine ausreichende Qualität des Verkehrsablaufs nach HBS erreicht wird. Dazu wurden die Kapazität und der Auslastungsgrad für mögliche Varianten hinsichtlich der Fahrstreifenanzahl der Strecken ermittelt. Die angesetzten Kapazitäten gelten für Autobahnen innerhalb von Ballungsräumen mit Längsneigung  $s \leq 2\%$  ohne Geschwindigkeitsbeschränkung oder mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 120 km/h. Für die Rampen von und zur A 255 wurde eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 80 km/h unterstellt. Die Ergebnisse für die unterschiedlichen Varianten enthält Tab. 3-2.

BAB	FR	Abschnitt	q [Kfz/h]	b <sub>sv</sub> [-]	Fstr.	C [Kfz/h]	x [-]	QSV
A 1	Nord	AS HH-Harburg . AD Süderelbe	5138	13,9 %	3	5383	0,954	E
					4	7405	0,694	C
		AD Süderelbe . AD Norderelbe	6515	17,5 %	4	7226	0,902	E
					5 <sup>1)</sup>	8671 <sup>1)</sup>	0,751 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	3728	21,0 %	3	5169	0,721	C
					4	7048	0,529	B
	Süd	AD Norderelbe . AD HH-Südost	5598	20,6 %	4	7072	0,792	D
		AD HH-Südost . AS HH-Moorfleet	3713	26,2 %	3	5014	0,741	C
					4	6790	0,547	B
		AS HH-Moorfleet . AD HH-Südost	3781	24,7 %	3	5059	0,747	C
					4	6865	0,551	C
		AD HH-Südost . AD Norderelbe	5566	20,0 %	4	7099	0,784	D
					3	5079	0,650	C
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	3301	24,0 %	4	6899	0,478	B
					3	5079	0,650	C
		AD Norderelbe . AD Süderelbe	5882	16,4 %	4	7278	0,808	D
					5 <sup>1)</sup>	8734 <sup>1)</sup>	0,673 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		AD Süderelbe . AS HH-Harburg	5182	12,4 %	3	5427	0,955	E
					4	7478	0,693	C
A 255	Nord	Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden	2955	8,2 %	2	3936	0,751	D
					3	5672	0,521	B
		Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden	2496	16,6 %	2	3768	0,662	C
					3	5402	0,462	B
	Süd	Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Norden	2021	18,9 %	2	3722	0,543	C
					3	5333	0,379	B
		Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Süden	2881	6,2 %	2	3975	0,725	D
					3	5751	0,501	B

<sup>1)</sup> Überschlägige Bewertung unter Ansatz von 120 % der Kapazität einer vierstreifigen Richtungsfahrbahn, da fünfstreifige Richtungsfahrbahnen nach HBS nicht bewertbar sind

**Tab. 3-2: Ergebnisse der Vorbemessung der Strecken: Kapazitäten C, Auslastungsgrade x und Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs QSV nach HBS 2015 für unterschiedliche Fahrstreifenanzahlen auf der Grundlage der Prognosewerte 2030 für das Modell 6 (ohne Berücksichtigung des Ausbaus der A 1)**

Aus den Ergebnissen der Vorbemessung der Strecken lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- ◁ Für die Autobahn A 1 zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe ergibt sich mit vier Fahrstreifen pro Richtung nur die QSV E in Fahrtrichtung Nord und die QSV D in Fahrtrichtung Süd. Auch aufgrund des Einflusses der Verflechtungsvorgänge in diesem Bereich ist eine Ausführung mit **fünf Fahrstreifen** je Richtung erforderlich, von denen jeweils ein oder zwei Fahrstreifen als durchgehende Verflechtungsstreifen zwischen den Knotenpunkten markiert werden können. Durch eine weitere Verbreiterung der Strecke wäre vor dem Hintergrund der relativ geringen Verkehrsstärkeanteile der äußeren Randströme (zwischen A 26 und A 255) nur eine relativ geringe Erhöhung der Gesamtkapazität zu erwarten.
- ◁ Im AD Norderelbe sind für die Rampen von und zur A 255 hinsichtlich der Streckenkapazität jeweils **zwei Fahrstreifen** ausreichend.
- ◁ Für die Strecke der Autobahn A 1 zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost ergibt sich . ohne Berücksichtigung des Einflusses der Verflechtungsvorgänge zwischen den Knotenpunkten . mit vier Fahrstreifen pro Richtung jeweils ein Auslastungsgrad von ca. 80 %. Eine Ausführung der Verflechtungsstrecke mit **mindestens fünf Fahrstreifen** in beiden Fahrtrichtungen ist jedoch insbesondere im Hinblick auf die leistungsfähige Abwicklung der stark belasteten Randströme zwischen der A 25 und der A 255 notwendig.

### 3.2.2 Entwurfsvarianten der Verflechtungsstrecken

#### AD Süderelbe Æ AD Norderelbe

Für die Verflechtungsstrecke der Autobahn A 1 zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe wird auf der Grundlage der Ergebnisse unter Ziffer 3.2.1 von einem in beiden Fahrtrichtungen jeweils fünfstreifigen Ausbauzustand ausgegangen. Die Einfahrt am AD Süderelbe in Fahrtrichtung Nord ist damit als Typ E 5 nach den RAA (zweistreifige Einfahrtrampe mit einfacher Fahrstreifenaddition an vierstreifiger Hauptfahrbahn) zu gestalten. Die Ausfahrt am AD Süderelbe in Fahrtrichtung Süd kann gemäß den Typen A 4 oder A 5 nach den RAA (zweistreifige Ausfahrtrampe mit einfacher Fahrstreifensubtraktion an vierstreifiger Hauptfahrbahn ohne bzw. mit Verziehung des rechten Ausfädelungsstreifens) ausgeführt werden.

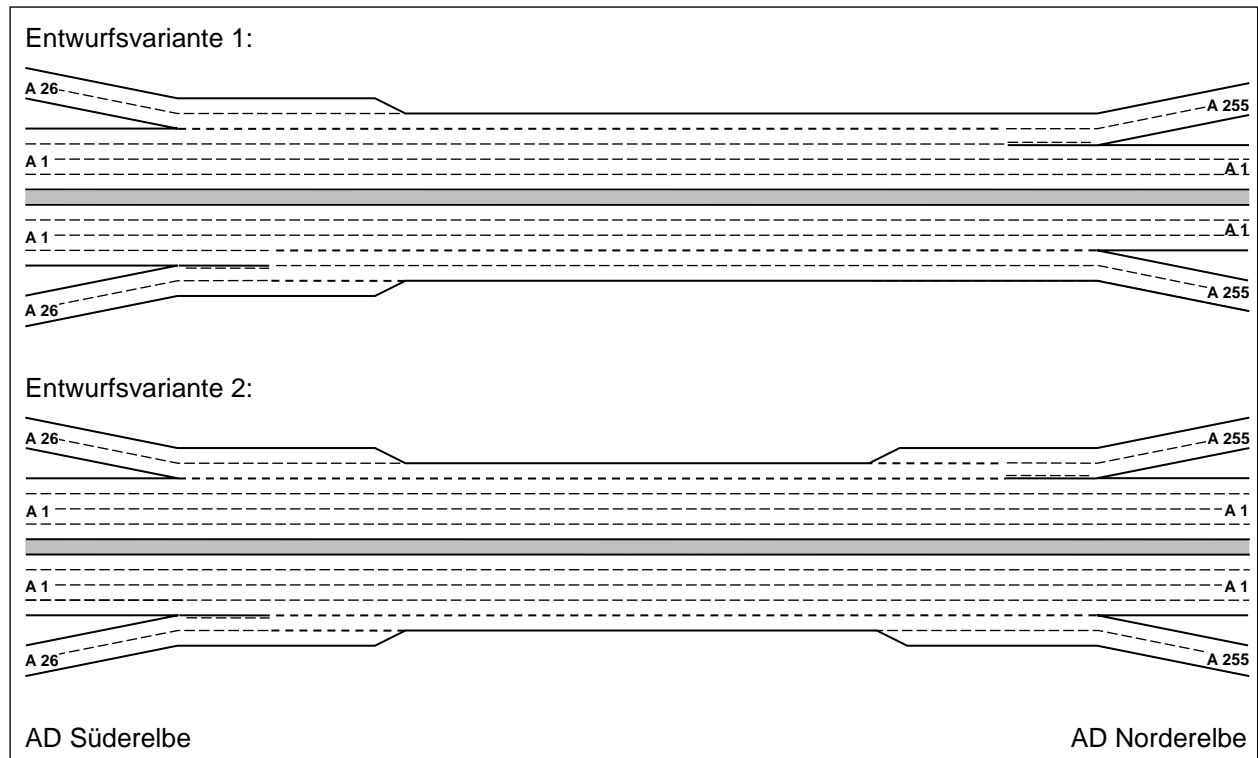
Am nördlichen Ende der fünfstreifigen Verflechtungsstrecke kommen bei einem dreistreifigen Ausbau der Hauptfahrbahnen im AD Norderelbe Aus- und Einfahrten mit zweifacher Fahrstreifensubtraktion bzw. -addition in Betracht. Bei einem vierstreifigen Ausbau der Hauptfahrbahn im AD Norderelbe sind die Ausfahrt gemäß Typ A 4 oder A 5 und die Einfahrt gemäß Typ E 5 nach den RAA auszuführen.

Für die folgenden Analysen werden die in Bild 3-1 skizzierten Entwurfsvarianten zugrunde gelegt, die sich nur hinsichtlich der Anzahl der Fahrstreifen der Hauptfahrbahn im AD Norderelbe und der daraus resultierenden Gestaltung der Aus- und Einfahrt unterscheiden.

Die in Fahrtrichtung Nord bei einem dreistreifigen Ausbau der Hauptfahrbahnen im AD Norderelbe entstehende zweifache Fahrstreifensubtraktion an der Ausfahrt ist im Vergleich zu einer Fahrstreifenreduktion auf der linken Seite stromabwärts der Ausfahrt hinsichtlich des Verkehrsablaufs und der Verkehrssicherheit vorteilhaft, wie Untersuchungen von WEISER et al. (2006) gezeigt haben. Sofern die gesamte Strecke zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe als Verflechtungsstrecke markiert wird, kann in Verbindung mit einer entsprechenden Wegweisung erreicht werden, dass sich die auf der A 1 durchfahrenden Lkw frühzeitig nach links orientieren und damit eine gleichmäßigere Auslastung der Fahrstreifen im Verflechtungsbereich entsteht.



Ein vierstreifiger Ausbau der Hauptfahrbahnen im AD Norderelbe hat den Vorteil, dass die auf der Autobahn A 1 durchfahrenden Lkw in der Verflechtungsstrecke AD Süderelbe . AD Norderelbe nicht den Fahrstreifen wechseln müssen und für die von der A 26 am AD Süderelbe einfahrenden Lkw nur zwei Fahrstreifenwechsel nach links erforderlich sind, um weiter auf der A 1 in Richtung Lübeck zu fahren. Einen Vergleich der Summe der aufgrund der Fahrstreifen-geometrie der Entwurfsvarianten erforderlichen Lkw-Fahrstreifenwechsel enthält Anhang C.



**Bild 3-1: Entwurfsvarianten für die Verflechtungsstrecke AD Süderelbe Æ AD Norderelbe**

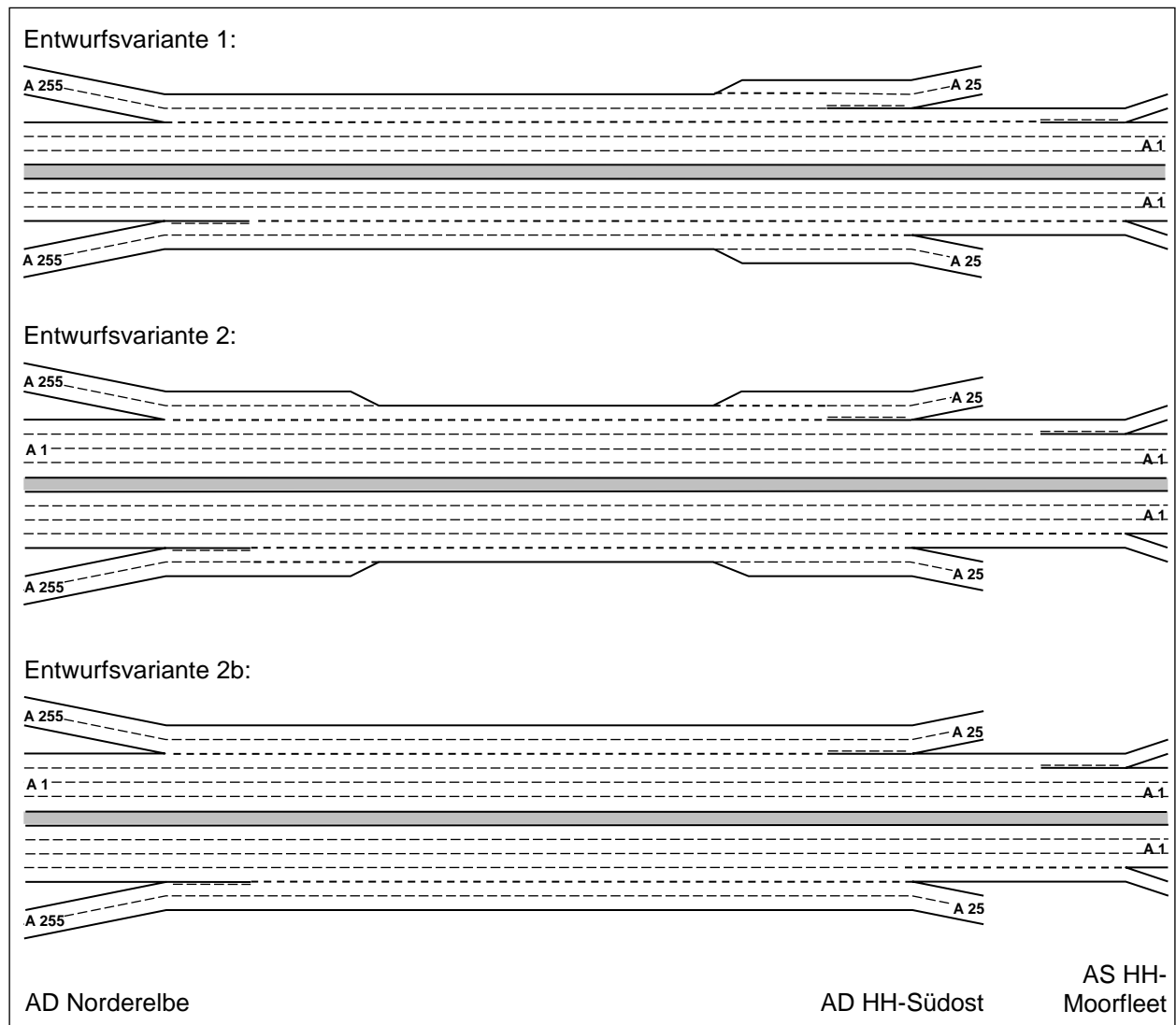
### **AD Norderelbe Æ AD Hamburg-Südost / AS Hamburg-Moorfleet**

Für die Verflechtungsstrecke der Autobahn A 1 zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost ergeben sich in Abhängigkeit von der Fahrstreifenanzahl der Hauptfahrbahn im AD Norderelbe die in Bild 3-2 skizzierten Entwurfslösungen. Die Varianten 1 und 2 weisen in beiden Fahrtrichtungen eine jeweils fünfstreifige Verflechtungsstrecke auf, wovon ein bis zwei Fahrstreifen als durchgehende Verflechtungsstreifen markiert werden. Als Modifikation der Variante 2 wurde darüber hinaus die Variante 2b betrachtet, bei der durch einen weiteren Verflechtungsstreifen zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost in beiden Fahrtrichtungen ein sechsstreifiger Verflechtungsbereich mit vier durchgehenden Fahrstreifen und zwei Verflechtungsstreifen entsteht.

Am AD Norderelbe werden die zweistreifigen Rampen von und zur Autobahn A 255 in Variante 1 und 2b durch eine zweifache Fahrstreifenaddition bzw. -subtraktion an die Hauptfahrbahn der Autobahn A 1 angebunden. In Variante 2 sind die Ein- und Ausfahrt gemäß Typ E 5 bzw. A 4 oder A 5 nach den RAA zu gestalten.

Die Autobahn A 25 wird am AD Hamburg-Südost in Variante 1 und 2 jeweils durch zweistreifige Aus- und Einfahrten mit einfacher Fahrstreifen-subtraktion bzw. -addition vom Typ A 4 bzw. E 5 gemäß den RAA an die Autobahn A 1 angebunden. In Variante 2b entsteht eine zweifache Fahrstreifenaddition bzw. -subtraktion.

Am Ausbauende an der Aus- und Einfahrt der AS Hamburg-Moorfleet wird in allen Varianten der jeweils rechte Fahrstreifen subtrahiert bzw. addiert (Ausfahrttyp A 6 bzw. Einfahrttyp E 3 gemäß den RAA). Eine Gestaltung als Ausfahrttyp A 1 bzw. Einfahrttyp E 1 wäre in den Varianten 1 und 2 in Verbindung mit einer zweifachen Fahrstreifensubtraktion bzw. -addition an der angrenzenden Aus- bzw. Einfahrt des AD Hamburg-Südost möglich, wurde aufgrund der vor allem im Schwerverkehr hohen Prognoseverkehrsstärken der Aus- und Einfahrtströme an der AS Hamburg-Moorfleet aber nicht weiterverfolgt.



**Bild 3-2: Entwurfsvarianten für die Verflechtungsstrecke AD Norderelbe Æ AD HH-Südost / AS HH-Moorburg**

## Gesamtstrecke

Aus der Verknüpfung der Varianten für die Verflechtungsstrecken AD Süderelbe . AD Norderelbe und AD Norderelbe . AD Hamburg-Südost / AS Hamburg-Moorfleet resultieren die in Bild 3-3 für die Gesamtstrecke schematisch dargestellten Entwurfsvarianten 1, 2 und 2b. Die südlich angrenzende Strecke der Autobahn A 1 zwischen AD Süderelbe und AS Hamburg-Harburg, für die ein durchgehend achtstreifiger Ausbau mit Aus- und Einfahrten vom Typ A 1 und E 1 nach den RAA vorgesehen ist, ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in den Skizzen nicht dargestellt.

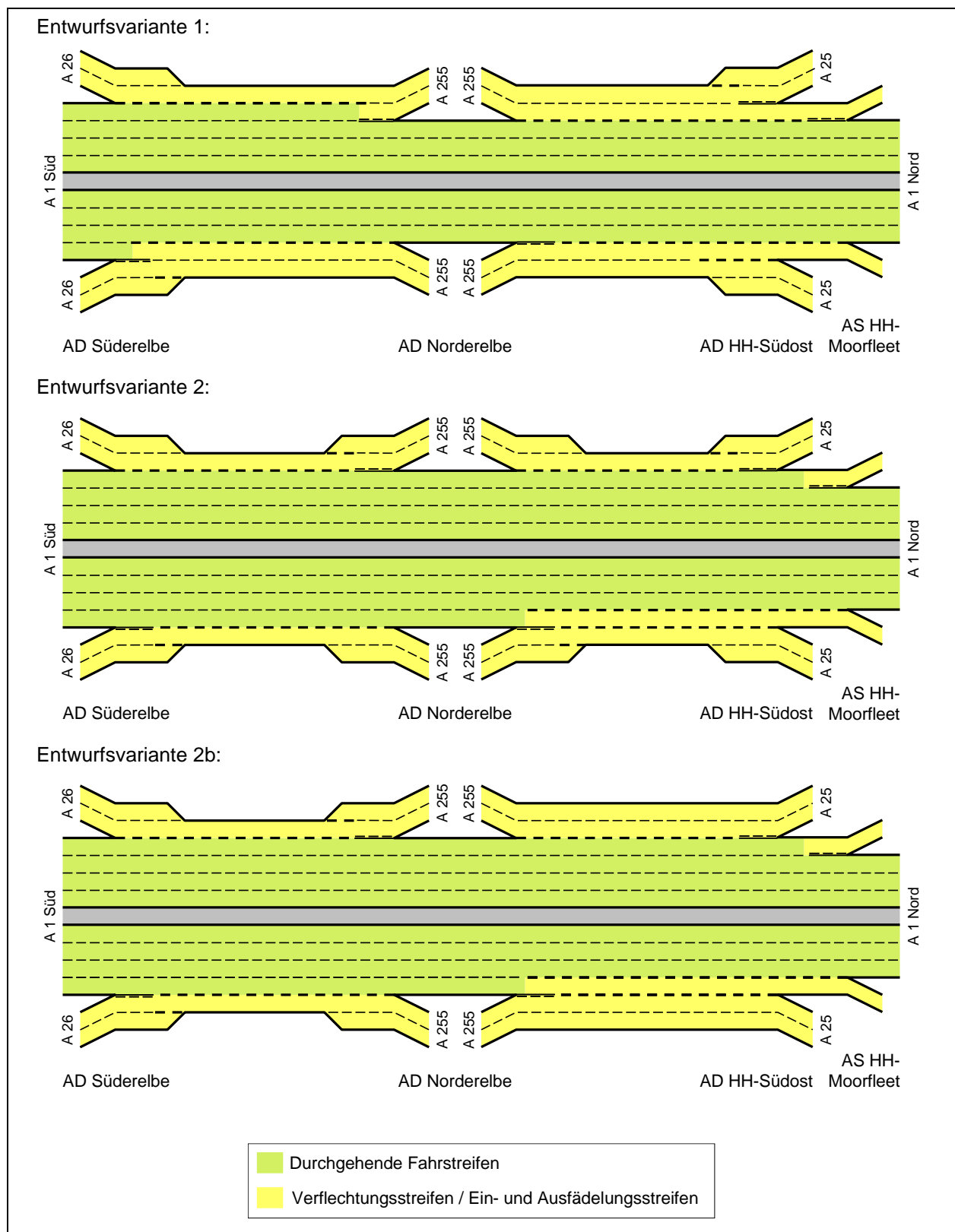


Bild 3-3: Entwurfsvarianten für die Gesamtstrecke AD Süderelbe ÷ AD HH-Südost / AS HH-Moorburg

### 3.3 Verkehrstechnische Bemessung für die Entwurfsvarianten im Planfall 6

#### 3.3.1 Strecken

Auf der Grundlage der unter Berücksichtigung des Ausbaus der Autobahn A 1 neu ermittelten Verkehrsprognosedaten für den Planfall 6 wurde für alle Strecken und Teilknotenpunkte der Autobahn A 1 zwischen der AS Hamburg-Harburg und der AS Hamburg-Moorfleet die zu erwartende Qualität des Verkehrsablaufs in der maßgebenden Bemessungsstunde (50. Stunde) nach HBS (FGSV, 2015) ermittelt. Analog zur Vorbemessung wurden für die Strecken dabei die Kapazitäten für Autobahnen innerhalb von Ballungsräumen mit Längsneigung  $s \leq 2\%$  ohne Geschwindigkeitsbeschränkung oder mit Geschwindigkeitsbeschränkung auf 120 km/h angesetzt. Die Bemessungsergebnisse liegen insofern auf der sicheren Seite, als die Anordnung einer geringeren zulässigen Höchstgeschwindigkeit oder die Einrichtung einer Streckenbeeinflussungsanlage zu einer geringfügig besseren Verkehrsqualität führen würde. Für die Rampen von und zur A 255 wird eine Geschwindigkeitsbeschränkung auf 80 km/h unterstellt. Die Ergebnisse der verkehrstechnischen Bemessung der Strecken mit den Parametern der Entwurfsvarianten 1, 2 und 2b für das Prognosejahr 2030 sind in Tab. 3-3 zusammengefasst.

BAB	FR	Abschnitt (Entwurfsvariante)	q [Kfz/h]	b <sub>SV</sub> [-]	Fstr.	C [Kfz/h]	x [-]	QSV
A 1	Nord	AS HH-Harburg . AD Süderelbe	5320	13,5 %	4	7425	0,716	C
		AD Süderelbe . AD Norderelbe	6648	15,8 %	5	nicht nach HBS bewertbar		
		Hauptfahrb. im AD Norderelbe (1)	4136	19,8 %	3	5207	0,794	D
		Hauptfahrb. im AD Norderelbe (2, 2b)			4	7112	0,582	C
		AD Norderelbe . AD HH-Südost (1, 2)	6949	16,7 %	5	nicht nach HBS bewertbar		
		AD Norderelbe . AD HH-Südost (2b)			6	nicht nach HBS bewertbar		
		AD HH-Südost . AS HH-Moorfleet	4315	24,9 %	4	6856	0,629	C
	Süd	AS HH-Moorfleet . AD HH-Südost	4369	22,1 %	4	6997	0,624	C
		AD HH-Südost . AD Norderelbe (1, 2)	6479	18,0 %	5	nicht nach HBS bewertbar		
		AD HH-Südost . AD Norderelbe (2b)			6	nicht nach HBS bewertbar		
		Hauptfahrb. im AD Norderelbe (1)	4047	20,3 %	3	5190	0,780	D
		Hauptfahrb. im AD Norderelbe (2, 2b)			4	7084	0,571	C
		AD Norderelbe . AD Süderelbe	6147	14,7 %	5	nicht nach HBS bewertbar		
		AD Süderelbe . AS HH-Harburg	5391	11,6 %	4	7518	0,717	C
A 255	Nord	Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden	2648	8,3 %	2	3934	0,673	C
		Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden	2697	15,0 %	2	3800	0,710	C
	Süd	Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Norden	3020	15,0 %	2	3800	0,795	D
		Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Süden	2437	6,2 %	2	3976	0,613	C

**Tab. 3-3: Kapazitäten C, Auslastungsgrade x und Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs QSV nach HBS 2015 der Strecken in den Entwurfsvarianten 1, 2 und 2b auf der Grundlage der Prognosewerte 2030 für den Planfall 6**

Im Ergebnis der verkehrstechnischen Bemessung erreichen alle Strecken mit zwei-, drei- oder vierstreifigen Richtungsquerschnitten eine mindestens ausreichende Verkehrsqualität (QSV D oder besser). Die fünf- oder sechsstreifigen Verflechtungsstrecken zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe sowie zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost

sind mit dem Verfahren des HBS nicht bewertbar. Generell ist zu berücksichtigen, dass das analytische Verfahren des HBS nur für Strecken, auf denen der Einfluss von Wechselwirkungen zwischen benachbarten Knotenpunkten nicht maßgebend wird, sinnvoll anwendbar ist. Dies ist in beiden Fahrtrichtungen nur für die Strecke zwischen dem AD Süderelbe und der AS Hamburg-Harburg gegeben. Die Wechselwirkungen zwischen Knotenpunkten können nur durch die Anwendung der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation als alternatives Verfahren gemäß HBS berücksichtigt werden (siehe Kapitel 4).

### 3.3.2 Teilknotenpunkte

Für die Bewertung der Teilknotenpunkte sind die analytischen Verfahren des HBS (FGSV, 2015) nur für die Standardtypen von Ein- und Ausfahrten gemäß den RAA (FGSV, 2008) anwendbar. Ein- und Ausfahrten an vierstreifigen Richtungsfahrbahnen werden näherungsweise wie Ein- bzw. Ausfahrten an dreistreifigen Fahrbahnen unter Ansatz von 72,5 % der Gesamtverkehrsstärke der Hauptfahrbahn behandelt. Für Ein- und Ausfahrten mit Addition bzw. Subtraktion von zwei Fahrstreifen werden im HBS keine Bemessungswerte angegeben.

Die Ergebnisse der Bewertung der Qualität des Verkehrsablaufs für die einzelnen Teilknotenpunkte . soweit mit den analytischen Verfahren des HBS ermittelbar . sind in Tab. 3-4 zusammengefasst. Die Ergebnisse beziehen sich auf den kombinierten Auslastungsgrad unter Berücksichtigung der Kapazität des Aus- oder Einfädelungsbereichs und der Aus- bzw. Einfahrrampe. Die im Rahmen der Bewertung der Teilknotenpunkte ebenfalls erforderliche Ermittlung der Qualität des Verkehrsablaufs auf den angrenzenden Strecken ergibt sich aus Tab. 3-2, soweit es sich nicht um fünf- oder sechsstreifige Richtungsquerschnitte stromaufwärts von Ausfahrten vom Typ A4-4 oder stromabwärts von Einfahrten vom Typ E5-4 handelt. Für diese Aus- und Einfahrten ist mit den analytischen Verfahren des HBS keine vollständige Bewertung möglich, so dass zur Ermittlung der Qualität des Verkehrsablaufs der Einsatz der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation als alternatives Verfahren erforderlich ist (Kapitel 4).

Die Bemessung ergibt in der Entwurfsvariante 1 für die Ausfahrt am AD Hamburg-Südost in Fahrtrichtung Nord die QSV E und für alle anderen Ein- und Ausfahrten, für die eine Bewertung mit den analytischen Verfahren des HBS möglich ist, die QSV D. In der Entwurfsvariante 2 erreichen die Ausfahrten am AD Norderelbe in beiden Fahrtrichtungen sowie die Ausfahrt am AD Hamburg-Nordost in Fahrtrichtung Nord die QSV E, die Einfahrt am AD Norderelbe in Fahrtrichtung Nord ist in der maßgebenden Bemessungsstunde überlastet (QSV F). In der Entwurfsvariante 2b weisen alle Ein- und Ausfahrten, die mit dem Verfahren des HBS bewertbar sind, mindestens eine ausreichende Verkehrsqualität (QSV D) auf.

BAB	FR	Teilknotenpunkt (Variante)	Typ	$q_{HU/HO}$ [Pkw-E/h]	$q_{A/E}$ [Pkw-E/h]	$x^{1)}$ [-]	QSV
A 1	Nord	Ausfahrt AS HH-Harburg	A1-4	5283 <sup>2)</sup>	102	0,664 (0,663)	C
		Einfahrt AS HH-Harburg	E1-4	5258 <sup>2)</sup>	820	0,788 (0,782)	D
		Ausfahrt AD Süderelbe	A1-4	5654 <sup>2)</sup>	424	0,752 (0,776)	D
		Einfahrt AD Süderelbe	E5-4	5251 <sup>2)</sup>	2514	0,880 (0,882)	D
		Ausfahrt AD Norderelbe (1)	nicht nach HBS bewertbar				
		Ausfahrt AD Norderelbe (2, 2b)	A4-4	4958 <sup>2)</sup>	2807	0,932 (0,944)	E
		Einfahrt AD Norderelbe (1, 2b)	nicht nach HBS bewertbar				
		Einfahrt AD Norderelbe (2)	E5-4	4699 <sup>2)</sup>	3471	1,034 (1,032)	F
		Ausfahrt AD HH-Südost (1, 2)	A4-4	5361 <sup>2)</sup>	2809	0,961 (0,962)	E
		Ausfahrt AD HH-Südost (2b)	nicht nach HBS bewertbar				
		Ausfahrt AS HH-Moorfleet	A6-3	4476	922	0,795 (0,798)	D
A 1	Süd	Einfahrt AS HH-Moorfleet	E3-3	4156	1282	0,818 (0,818)	D
		Einfahrt AD HH-Südost (1, 2)	E5-4	5467 <sup>2)</sup>	1893	0,802 (0,853)	D
		Einfahrt AD HH-Südost (2b)	nicht nach HBS bewertbar				
		Ausfahrt AD Norderelbe (1, 2b)	nicht nach HBS bewertbar				
		Ausfahrt AD Norderelbe (2)	A4-4	4583 <sup>2)</sup>	3073	0,968 (0,968)	E
		Einfahrt AD Norderelbe (1)	nicht nach HBS bewertbar				
		Einfahrt AD Norderelbe (2, 2b)	E5-4	4599 <sup>2)</sup>	2496	0,825 (0,836)	D
		Ausfahrt AD Süderelbe	A4-4	4957 <sup>2)</sup>	2138	0,801 (0,840)	D
		Einfahrt AD Süderelbe	E1-4	5393 <sup>2)</sup>	659	0,758 (0,764)	D
		Ausfahrt AS HH-Harburg	A1-4	5108 <sup>2)</sup>	944	0,841 (0,841)	D
		Einfahrt AS HH-Harburg	E1-4	5103 <sup>3)</sup>	137	0,641 (0,642)	C

<sup>1)</sup> Klammerwerte entsprechen dem 50.-höchsten Auslastungsgrad  
<sup>2)</sup> Für die Berechnung des Auslastungsgrades werden 72,5 % der Verkehrsstärke der Hauptfahrbahn angesetzt  
(Eingangsgröße für die Anwendung des Bemessungsdiagramms für dreistreifige Richtungsfahrbahnen nach HBS)

**Tab. 3-4: Auslastungsgrade  $x$  und Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs QSV nach HBS 2015 der Teilknotenpunkte in den Entwurfsvarianten 1, 2 und 2b auf der Grundlage der Prognosewerte 2030 für den Planfall 6**

### 3.4 Verkehrstechnische Bemessung für die Entwurfsvariante 2b im Planfall 27

#### 3.4.1 Strecken

Analog zu den verkehrstechnischen Analysen in Kapitel 3.3 wurde für die Entwurfsvariante 2b in einem weiteren Untersuchungsschritt eine erneute verkehrstechnische Bemessung anhand aktualisierter Verkehrsprognosedaten 2030 für den Planfall 27 durchgeführt. Die Ergebnisse der Bemessung der Strecken enthält Tab. 3-5. Aufgrund der nur sehr geringen Änderungen der Prognoseverkehrsstärken ergeben sich für alle Strecken, die mit den analytischen Verfahren des HBS (FGSV, 2015) bewertet werden können, die gleichen Qualitätsstufen wie im Planfall 6 (vgl. Tab. 3-3).

BAB	FR	Abschnitt (Entwurfsvariante)	q [Kfz/h]	b <sub>sv</sub> [-]	Fstr.	C [Kfz/h]	x [-]	QSV
A 1	Nord	AS HH-Harburg . AD Süderelbe	5140	13,7 %	4	7417	0,693	C
		AD Süderelbe . AD Norderelbe	6584	16,2 %	5	nicht nach HBS bewertbar		
		Hauptfahrb. im AD Norderelbe	4171	20,1 %	4	7097	0,588	C
		AD Norderelbe . AD HH-Südost	6940	16,7 %	6	nicht nach HBS bewertbar		
		AD HH-Südost . AS HH-Moorfleet	4317	25,2 %	4	6838	0,631	C
	Süd	AS HH-Moorfleet . AD HH-Südost	4386	21,8 %	4	7011	0,626	C
		AD HH-Südost . AD Norderelbe	6540	17,9 %	6	nicht nach HBS bewertbar		
		Hauptfahrb. im AD Norderelbe	4112	19,7 %	4	7117	0,578	C
		AD Norderelbe . AD Süderelbe	6047	15,1 %	5	nicht nach HBS bewertbar		
		AD Süderelbe . AS HH-Harburg	5233	12,2 %	4	7492	0,698	C
A 255	Nord	Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden	2556	8,3 %	2	3933	0,650	C
		Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden	2693	15,0 %	2	3801	0,708	C
	Süd	Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Norden	2991	14,6 %	2	3808	0,785	D
		Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Süden	2288	6,7 %	2	3965	0,577	C

**Tab. 3-5: Kapazitäten C, Auslastungsgrade x und Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs QSV nach HBS 2015 der Strecken in der Entwurfsvariante 2b auf der Grundlage der Prognosewerte 2030 für den Planfall 27**

### 3.4.2 Teilknotenpunkte

Die Ergebnisse der verkehrstechnischen Bemessung der einzelnen Teilknotenpunkte für die Entwurfsvariante 2b im Planfall 27 sind in Tab. 3-6 zusammengefasst. Analog zu den Angaben in Tab. 3-4 basiert die ermittelte Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs auf dem kombinierten Auslastungsgrad für den Aus- oder Einfädelungsbereich und die Aus- bzw. Einfahrrampe, während sich die Qualität des Verkehrsablaufs auf den angrenzenden Strecken aus Tab. 3-5 ergibt, soweit es sich nicht um fünf- oder sechsstreifige Richtungsquerschnitte handelt, die nur mithilfe der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation bewertet werden können.

Wie bereits bei der Bewertung der Strecken ergeben sich mit den Verkehrsprognosewerten des Planfalls 27 im Vergleich zum Planfall 6 auch für die Teilknotenpunkte nur geringe Unterschiede bei den ermittelten Auslastungsgraden. Die ermittelten Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs für alle Einzelelemente sind in beiden Planfällen identisch.

BAB	FR	Teilknotenpunkt (Variante)	Typ	q <sub>HU/HO</sub> [Pkw-E/h]	q <sub>A/E</sub> [Pkw-E/h]	x <sup>1)</sup> [-]	QSV
A 1	Nord	Ausfahrt AS HH-Harburg	A1-4	5174 <sup>2)</sup>	110	0,651 (0,651)	C
		Einfahrt AS HH-Harburg	E1-4	5141 <sup>2)</sup>	750	0,755 (0,747)	D
		Ausfahrt AD Süderelbe	A1-4	5225 <sup>2)</sup>	666	0,762 (0,749)	D
		Einfahrt AD Süderelbe	E5-4	5054 <sup>2)</sup>	2660	0,890 (0,890)	D
		Ausfahrt AD Norderelbe	A4-4	5077 <sup>2)</sup>	2637	0,905 (0,925)	E
		Einfahrt AD Norderelbe	nicht nach HBS bewertbar				
		Ausfahrt AD HH-Südost	nicht nach HBS bewertbar				
		Ausfahrt AS HH-Moorfleet	A6-3	4413	981	0,792 (0,798)	D
A 1	Süd	Einfahrt AS HH-Moorfleet	E3-3	4155	1299	0,822 (0,821)	D
		Einfahrt AD HH-Südost	nicht nach HBS bewertbar				
		Ausfahrt AD Norderelbe	nicht nach HBS bewertbar				
		Einfahrt AD Norderelbe	E5-4	4436 <sup>2)</sup>	2567	0,826 (0,811)	D
		Ausfahrt AD Süderelbe	A4-4	5191 <sup>2)</sup>	1812	0,769 (0,855)	D
		Einfahrt AD Süderelbe	E1-4	5240 <sup>2)</sup>	655	0,740 (0,746)	D
		Ausfahrt AS HH-Harburg	A1-4	5009 <sup>2)</sup>	886	0,811 (0,812)	D
		Einfahrt AS HH-Harburg	E1-4	5010 <sup>2)</sup>	114	0,630 (0,630)	C

<sup>1)</sup> Klammerwerte entsprechen dem 50.-höchsten Auslastungsgrad

<sup>2)</sup> Für die Berechnung des Auslastungsgrades werden 72,5 % der Verkehrsstärke der Hauptfahrbahn angesetzt  
(Eingangsgröße für die Anwendung des Bemessungsdiagramms für dreistreifige Richtungsfahrbahnen nach HBS)

**Tab. 3-6: Auslastungsgrade x und Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs QSV nach HBS 2015 der Teilknotenpunkte in den Entwurfsvarianten 2b auf der Grundlage der Prognosewerte 2030 für den Planfall 27**



## 4. Mikroskopische Verkehrsflusssimulation

### 4.1 Simulationsmodell

Für die Analyse der Qualität des Verkehrsablaufs mit Hilfe der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation als alternatives Verfahren im Sinne des HBS (FGSV, 2015) wurde das Programm BABSIM verwendet, das im Rahmen eines Forschungsauftrags der Bundesanstalt für Straßenwesen vom Lehrstuhl für Verkehrswesen und dem Lehrstuhl für Ingenieurinformatik im Bauwesen der Ruhr-Universität Bochum entwickelt wurde. BABSIM ist ein zeitschrittorientiertes, verhaltensbasiertes Simulationsmodell zur Nachbildung des Verkehrsablaufs auf Bundesautobahnen. Das absichtsbasierte Fahrverhaltensmodell von BABSIM wurde bereits eingehend von BRILON et al. (2005, 2007) untersucht und für die Simulation des Verkehrsablaufs auf Bundesautobahnen kalibriert. Standardparameter für die HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen wurden in der Untersuchung von GEISTEFELDT et al. (2017) ermittelt. Da umfangreiche Zählstellendaten der Untersuchungsstrecke vorlagen, konnte darüber hinaus eine Kalibrierung des Simulationsmodells für den Ist-Zustand durchgeführt werden. Zur Berücksichtigung der erheblichen Veränderungen des Netzes im Planfall mussten allerdings einzelne Anpassungen der kalibrierten Parameter vorgenommen werden.

Das Simulationsmodell bildet den Abschnitt der Autobahn A 1 südlich der AS Hamburg-Harburg (km 156) bis östlich der AS Hamburg-Moorfleet (km 147) ab (vgl. Bild 4-1). Es schließt die am AD Süderelbe, AD Norderelbe und AD Hamburg-Südost anschließenden Rampen der Autobahnen A 26, A 255 und A 25 mit ein. Die Entwurfsgeometrie dieser Rampen, die am AD Süderelbe auch die zukünftige AS HH-Stillhorn umfassen, wurde anhand des aktuellen Planungsstands nachgebildet. Eine mögliche Änderung der Geometrie dieser Knotenpunkte im weiteren Verlauf der Planungen wirkt sich nicht wesentlich auf den Verkehrsablauf auf der Autobahn A 1 aus, soweit die Ein- und Ausfahrttypen an der A 1 unverändert bleiben.

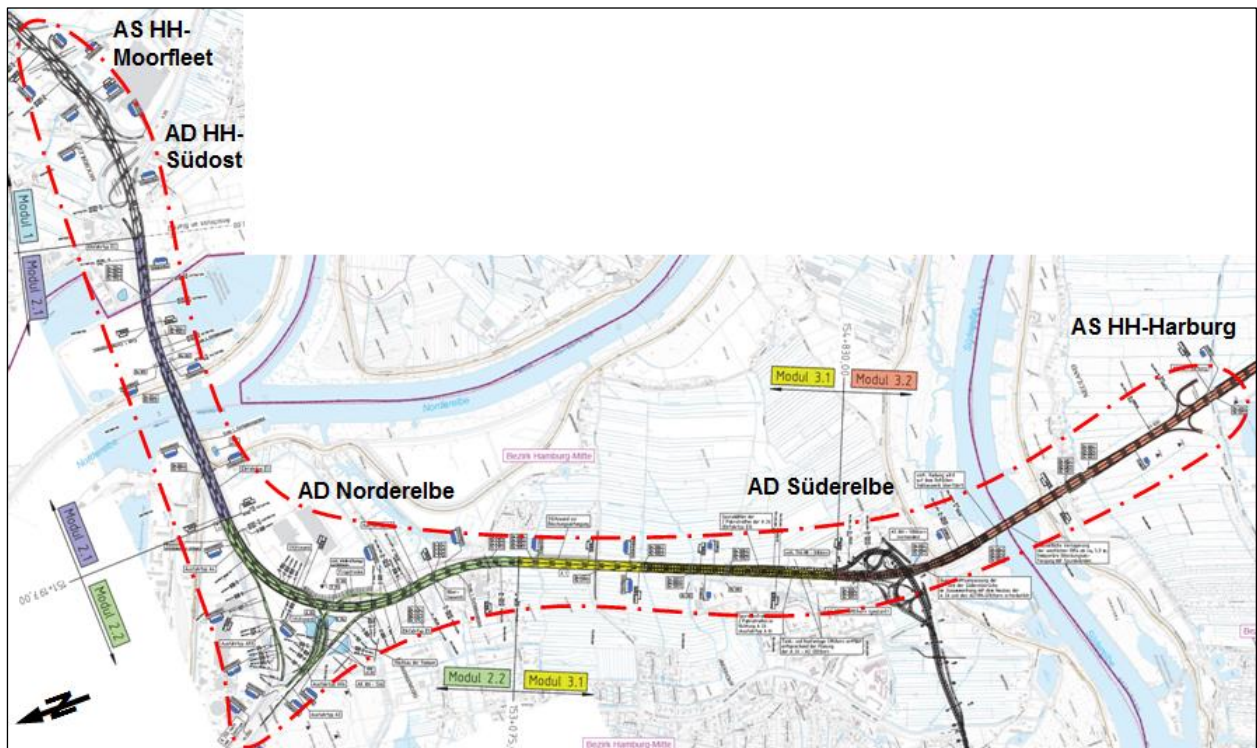


Bild 4-1: Darstellung des Untersuchungsgebiets

## 4.2 Kalibrierung und Validierung

### 4.2.1 Methodik

Zur Kalibrierung und Validierung wurde das im Ist-Zustand vorhandene Netz in drei separaten Modellen nachgebildet, welche die für den Verkehrsablauf maßgebenden Verflechtungsbereiche zwischen der AS Hamburg-Stillhorn (zukünftig AD Süderelbe), dem AK Hamburg-Süd (zukünftig AD Nordderelbe) und dem AD Hamburg-Südost umfassen. Die Verflechtungsstrecke zwischen dem AK Hamburg-Süd und dem AD Hamburg-Südost wurde dabei nur in Fahrtrichtung Nord modelliert, weil nur in dieser Fahrtrichtung Zählstellendaten von der Hauptfahrbahn zwischen den Knotenpunkten und allen zu- und wegführenden Rampen verfügbar waren. Die im Abschnitt der Autobahn A 1 zwischen der AS Hamburg-Stillhorn und dem AK Hamburg-Süd vorhandenen Messquerschnitte sind schematisch in Bild 4-2 dargestellt. Bild 4-3 zeigt die Messquerschnitte im Bereich zwischen dem AK Hamburg-Süd und der AS Hamburg-Moorfleet. Für die Nachbildung der Verkehrsnachfrage wurden die im Jahr 2015 an den SBA-Zählstellen gemessenen Ganglinien der Verkehrsstärke für repräsentative Zeiträume im Bereich der Verkehrsspitzen an Werktagen zugrunde gelegt.

Zur Bewertung der Güte der Simulationsmodelle wurden die Kapazitäten und q-v-Diagramme in 5-Minuten-Intervallen an den einzelnen Messquerschnitten in der Simulation ermittelt und mit den empirischen Werten verglichen. Die Kapazitäten wurden aus den Verkehrsstärken vor dem Zusammenbruch berechnet. Nach GEISTEFELDT et al. (2017) kann der Mittelwert der Verkehrsstärken vor dem Zusammenbruch in 5-Minuten-Intervallen näherungsweise als Schätzwert der Bemessungskapazität nach HBS (FGSV, 2015) in Stunden-Intervallen angesehen werden. Im Rahmen der Simulation wurde aus mindestens zehn Zusammenbrüchen der Mittelwert der Verkehrsstärken vor dem Zusammenbruch gebildet, um einen aussagekräftigen Schätzwert der Kapazität zu erhalten. Für die empirische Ermittlung der Kapazität aus den Zählstellendaten wurden die Verkehrszusammenbrüche im Zeitraum vom 01.04. bis zum 30.09.2015 ausgewertet. Zum Vergleich von Simulation und Empirie wurde als Gütemaß neben der prozentualen Abweichung der GEH-Wert verwendet. Je kleiner der GEH-Wert ist, desto besser ist die Übereinstimmung von Realität und Modell. Als Richtwert gilt, dass der GEH-Wert kleiner als fünf sein sollte.

Ausgehend von den Standardparametern von BABSIM und den Standardparameterkombinationen für die HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen (GEISTEFELDT et al., 2017) mussten im Rahmen der Kalibrierung nur einzelne Modellparameter angepasst werden, um eine hohe Übereinstimmung der q-v-Diagramme und Kapazitäten an den Messquerschnitten zu erreichen. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um Verhaltensparameter, welche die Fahrstreifenwahl in den Verflechtungsstrecken steuern und somit auch im Planfall . ggf. abweichend von den Ergebnissen der Kalibrierung und Validierung . spezifisch an die jeweilige Geometrie und Länge der Verflechtungsstrecke anzupassen sind.

Um eine möglichst gute Übereinstimmung der empirisch und simulationsbasiert ermittelten q-v-Diagramme zu erreichen, wurden neben einzelnen Modellparametern auch die Wunschgeschwindigkeitsverteilungen angepasst. Die in der Simulation verwendeten Parameter der Wunschgeschwindigkeitsverteilungen sind getrennt nach Fahrtrichtung in Tab. 4-1 und Tab. 4-2 dargestellt. Die Parameter in Tab. 4-1 gelten dabei einheitlich für beide Netzmodelle der Verflechtungsstrecken in Fahrtrichtung Nord.

Nachfolgend sind die mit den kalibrierten Parametersätzen erzeugten Simulationsergebnisse den empirischen Daten gegenübergestellt. Aufgrund der Notwendigkeit, einzelne Modellparameter an die Geometrie und die Geschwindigkeitsbeschränkung der jeweiligen Verflechtungsstrecke anzupassen, ist eine Differenzierung in Datensätze für die Kalibrierung und Validierung

nicht sinnvoll. Aufgrund der weitgehenden Übereinstimmung der kalibrierten Modellparameter in den drei separat analysierten Netzmodellen untereinander sowie mit den Standardparametern von BABSIM und den Standardparameterkombinationen für die HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen können die Simulationsmodelle jedoch als valide angesehen werden.

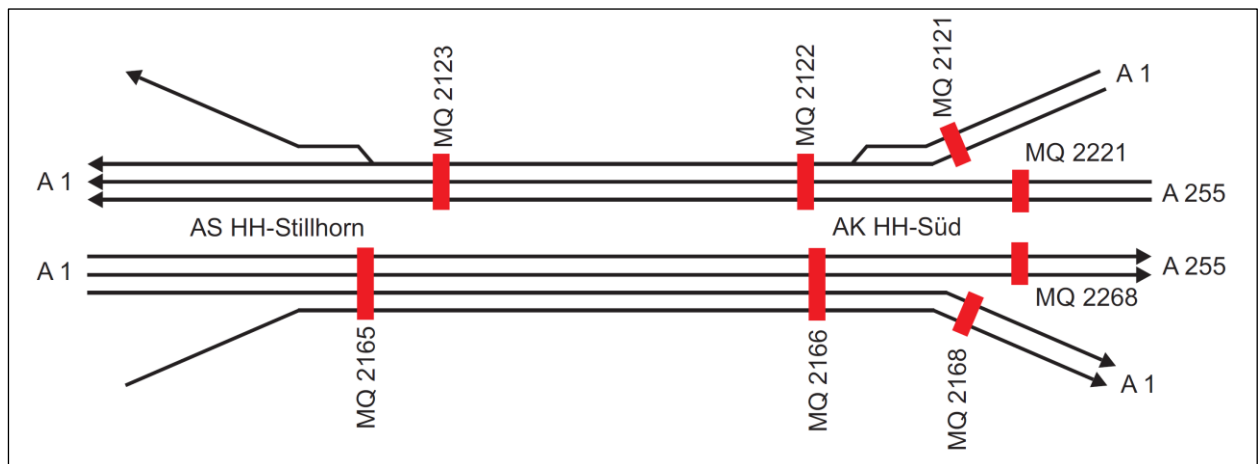


Bild 4-2: Übersicht der Messquerschnitte im Ist-Zustand zwischen der AS HH-Stillhorn und dem AK HH-Süd

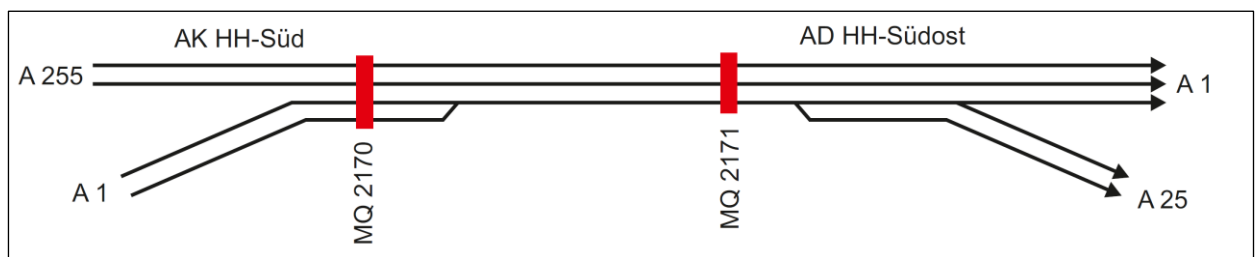


Bild 4-3: Übersicht der Messquerschnitte im Ist-Zustand zwischen dem AK HH-Süd und dem AD HH-Südost in Fahrtrichtung Nord

Fahrtrichtung Nord Streckentyp	Pkw		Lkw	
	$\mu$ [km/h]	[km/h]	$\mu$ [km/h]	[km/h]
Hauptfahrbahn mit $v_{zul} = 100$ km/h	110	20	90	5
Hauptfahrbahn mit $v_{zul} = 80$ km/h	98	13	88	4
Ein- und Ausfahrt mit $v_{zul} = 60$ km/h	60	10	60	3

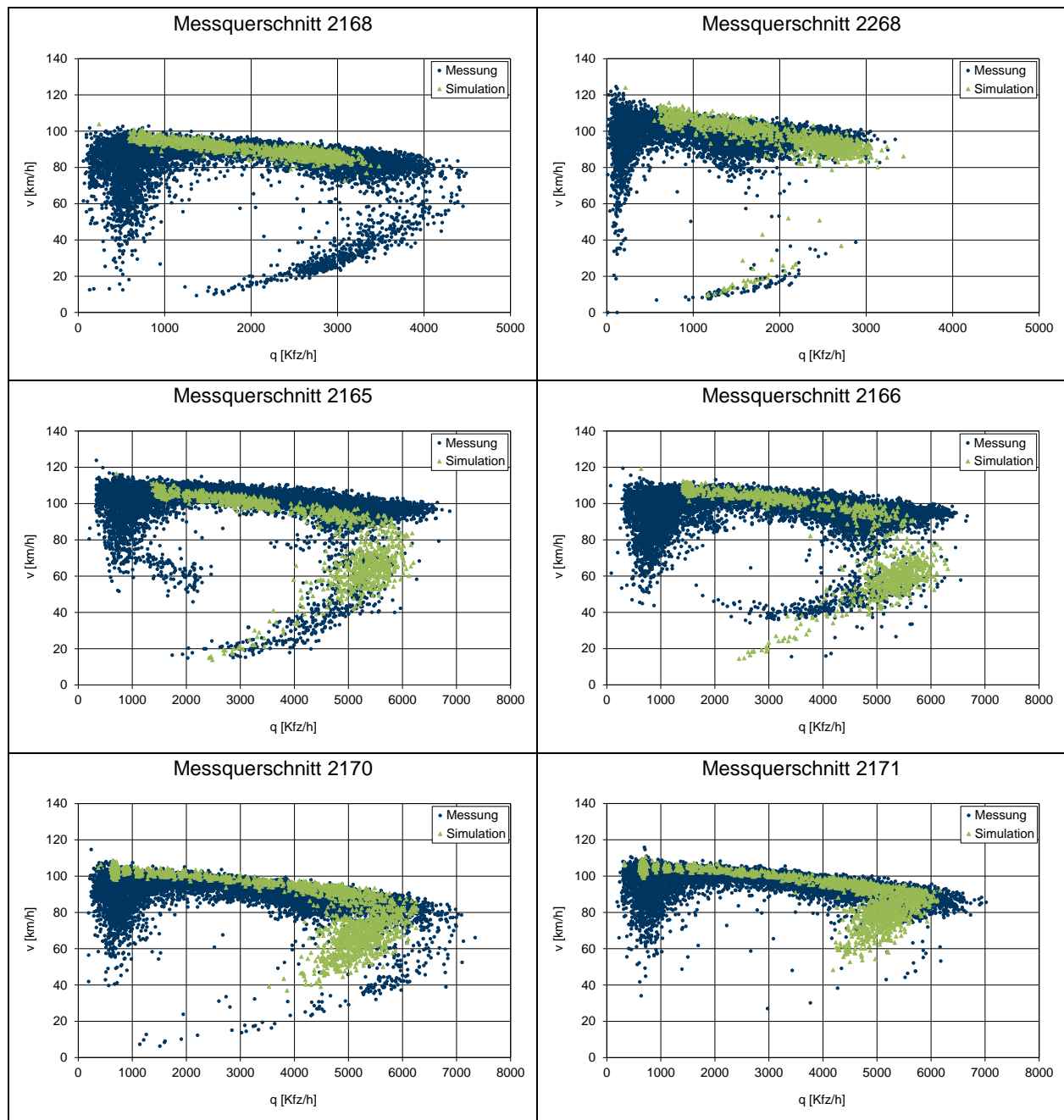
Tab. 4-1: Mittelwerte und Standardabweichungen der Wunschgeschwindigkeitsverteilungen in Abhängigkeit vom Streckentyp in Fahrtrichtung Nord

Fahrtrichtung Süd Streckentyp	Pkw		Lkw	
	$\mu$ [km/h]	[km/h]	$\mu$ [km/h]	[km/h]
Hauptfahrbahn mit $v_{zul} = 100$ km/h	105	15	90	4
Hauptfahrbahn mit $v_{zul} = 80$ km/h	95	12	87	3
Ein- und Ausfahrt mit $v_{zul} = 60$ km/h	60	10	60	3

Tab. 4-2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Wunschgeschwindigkeitsverteilungen in Abhängigkeit vom Streckentyp in Fahrtrichtung Süd

## 4.2.2 Ergebnisse

Im Simulationsmodell der Autobahn A 1 zwischen der AS HH-Stillhorn und dem AK HH-Süd in Fahrtrichtung Nord existieren vier Messquerschnitte. Zwei weitere Messquerschnitte liegen im Bereich der Verflechtungsstrecke zwischen dem AK HH-Süd und der AS HH-Moorfleet. In Bild 4-4 sind die Messdaten der SBA-Zählstellen für einen Zeitraum von einem Monat den Ergebnissen der Simulation gegenübergestellt. Die Geschwindigkeitsniveaus und die Kapazitäten an den einzelnen Messquerschnitten in der Simulation stimmen gut mit den empirischen Werten überein. Die ermittelten Kapazitäten aus der Simulation und den empirischen Daten sind in Tab. 4-3 dargestellt. Die absoluten prozentualen Abweichungen der Kapazitäten liegen an allen Querschnitten deutlich unter 5 %.



**Bild 4-4:** Vergleich der gemessenen und simulationsbasiert ermittelten q-v-Daten für die Messquerschnitte in Fahrtrichtung Nord

Messquerschnitt	Kapazität Messung [Kfz/h]	Kapazität Simulation [Kfz/h]	Abweichung [%]	GEH-Wert [-]
2168	3480	-	-	-
2268	2761	2676	-3,2	1,6
2165	5460	5525	1,2	0,9
2166	5233	5350	2,2	1,6
2170	5798	5571	-4,1	3,0
2171	5345	5350	0,1	0,1

Tab. 4-3: Vergleich der ermittelten Kapazitäten aus Messwerten und Simulationsdaten in Fahrtrichtung Nord

In Fahrtrichtung Süd wurden vier Messquerschnitte analysiert. Die realen Messdaten sind in Bild 4-5 den Ergebnissen der Simulation gegenübergestellt. Die Geschwindigkeitsniveaus und die Kapazitäten an den einzelnen Messquerschnitten stimmen auch hier gut überein. Aus Tab. 4-4 geht hervor, dass die aus den Simulationsdaten ermittelten Kapazitäten der dreistreifigen Strecke (MQ 2122 und 2123) geringfügig über und in den zuführenden Rampen (MQ 2121 und 2221) deutlich (um ca. 8 %) unter den Messwerten liegen. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Geschwindigkeitsrückgänge auf den Rampen im Wesentlichen durch Verkehrszusammenbrüche an der stromabwärts liegenden Einfahrt verursacht werden, weil die dreistreifige Strecke den maßgebenden Engpass darstellt.

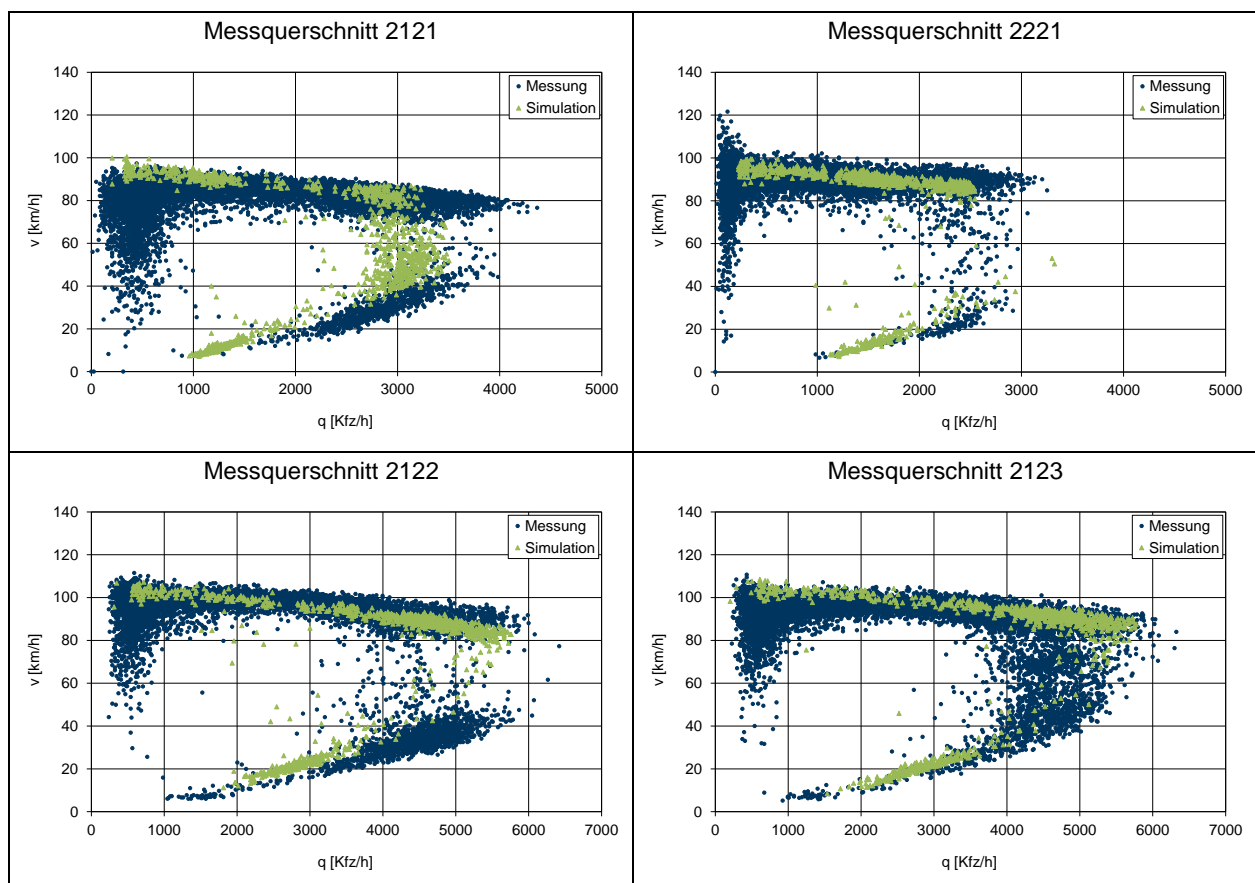


Bild 4-5: Vergleich der gemessenen und simulationsbasiert ermittelten q-v-Daten für die Messquerschnitte in Fahrtrichtung Süd

Messquerschnitt	Kapazität Messung [Kfz/h]	Kapazität Simulation [Kfz/h]	Abweichung [%]	GEH-Wert [-]
2121	3127	2891	-8,2	4,3
2221	2481	2304	-7,7	3,6
2122	4852	5003	3,0	2,1
2123	4737	4899	3,3	2,3

Tab. 4-4: Vergleich der ermittelten Kapazitäten aus Messwerten und Simulationsergebnissen in Fahrtrichtung Süd

## 4.3 Simulation der Entwurfsvarianten im Planfall 6

### 4.3.1 Vorgehen

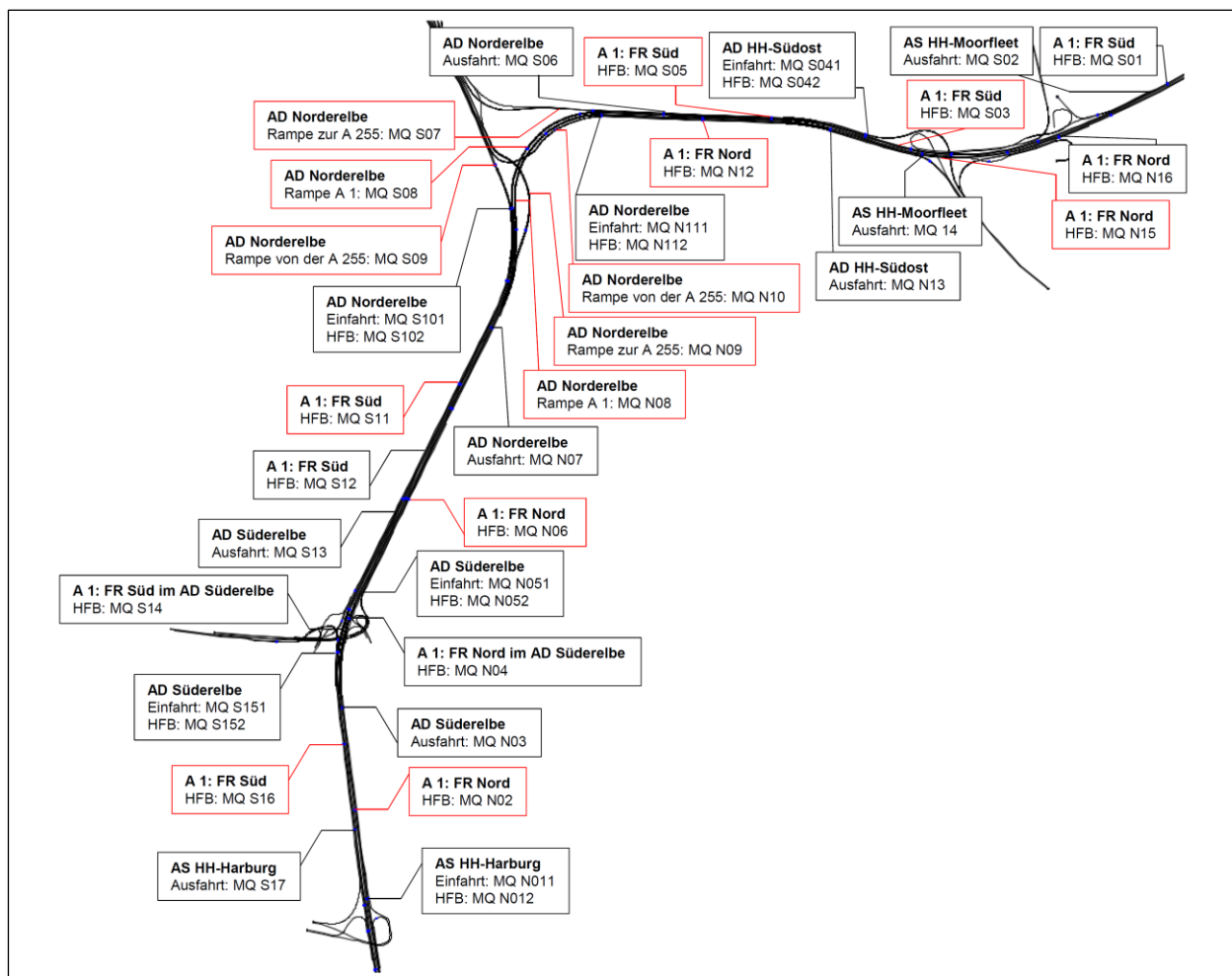
Die Entwurfsvarianten 1, 2 und 2b gemäß Bild 3-3 wurden jeweils in eigenen Netzmodellen richtungsgetrennt analysiert. Die Netzmodelle umfassen den Bereich der Autobahn A 1 von südlich der AS Hamburg-Harburg bis nördlich der AS Hamburg-Moorfleet sowie die zu- und wegführenden Rampen an den Knotenpunkten. Für die verkehrstechnische Bewertung wurden Messquerschnitte an allen relevanten Stellen des Simulationsnetzes angeordnet. Die genauen Positionen der einzelnen Messquerschnitte sind in Bild 4-6 dargestellt. Die Messquerschnitte an Einfahrten wurden getrennt für den durchfahrenden und den einfahrenden Verkehrsstrom an der Trenninselspitze angeordnet. An Ausfahrten wurden die Messquerschnitte ca. 300 bis 600 m vor dem Beginn des Ausfädlungstreifens angelegt.

Zur Nachbildung des Verkehrsablaufs im Planfall mussten ausgehend von den Ergebnissen der Kalibrierung und Validierung Anpassungen einzelner Modellparameter vorgenommen werden, um das strategische Fahrstreifenwahlverhalten in den Verflechtungsstrecken realistisch abzubilden. U. æ È Á ~ ! & @ Á å ã ^ Á Ò ! @ 4 @ ~ } \* Á å ^ • Á Ú æ ! æ { ^ c ^ ! • Á s Ö ã • c æ die durchfahrenden Fahrzeuge . insbesondere die Lkw . im Verflechtungsbereich ggf. frühzeitig auf dem für sie weiterführenden Fahrstreifen einordnen.

Für die Nachbildung der Verkehrsnachfrage in der Simulation wurden Prognoseganglinien von Werktagen, an denen die Verkehrsnachfrage in der Morgen- und Nachmittagspitzenstunde in den Verflechtungsstrecken AD Süderelbe . AD Norderelbe und AD Norderelbe . AD Hamburg-Südost ungefähr der Verkehrsnachfrage in der 50. Stunde des Jahres entspricht, zugrunde gelegt (vgl. Kapitel 2.3). Wegen der zeitlich unterschiedlichen Spitzenstundenbelastungen an den einzelnen Strecken und Teilknotenpunkten wurde eine Tagesganglinie von 0:00 bis 24:00 Uhr für beide Fahrtrichtungen simuliert.

Um mit einer mikroskopischen Verkehrsflusssimulation Aussagen hinsichtlich einer verkehrstechnischen Kenngröße oder der Qualität des Verkehrsablaufs zu treffen, muss die Streuung der Simulationsergebnisse bekannt sein und daraus eine notwendige Anzahl der Simulationsläufe bestimmt werden. Die notwendige Anzahl der Simulationsläufe ist vom Konfidenzintervall und der statistischen Sicherheit der Hypothese sowie von dem Mittelwert und der Standardabweichung der untersuchten Kenngröße abhängig (FGSV, 2006). Für die weiteren Untersuchungen wird die Kapazität als maßgebende Kenngröße verwendet. Die Standardabweichung der Kapazität an den einzelnen Messquerschnitten wurde in einer Voruntersuchung ermittelt. Demnach sind bei einem Konfidenzniveau von 95 % zehn Simulationsläufe nötig, um die Kapazität mit einem Fehler kleiner 4 % angeben zu können.





**Bild 4-6: Übersicht und Bezeichnungen der Messquerschnitte (Querschnitte, von denen nachfolgend die q-v-Diagramme dargestellt werden, sind durch rote Rahmen gekennzeichnet)**

Für die Anwendung der mikroskopischen Simulation als alternatives Verfahren zur Bewertung der Verkehrsqualität nach HBS (FGSV, 2015) muss dasselbe Maß der Qualität des Verkehrsablaufs wie im analytischen Verfahren zugrunde gelegt werden. Dementsprechend ist anhand der Simulation die Kapazität zu ermitteln, um den Auslastungsgrad berechnen zu können. Zur Ermittlung der Kapazität wurde die Verkehrsnachfrage bis zum Zusammenbruch des Verkehrsflusses gesteigert. Analog zum Vorgehen bei der Kalibrierung und Validierung wurde die Kapazität als Mittelwert der Verkehrsstärken vor dem Zusammenbruch aus zehn Simulationsläufen mit unterschiedlicher Startzufallszahl ermittelt. An einigen Messquerschnitten trat aufgrund eines stromaufwärts liegenden Engpasses in der Simulation kein Zusammenbruch auf. In diesem Fall wurde anstelle der Kapazität die Verkehrsstärke im höchstbelasteten 5-Minuten-Intervall bei gesteigerter Verkehrsnachfrage zugrunde gelegt. Zur Bestimmung der Qualitätsstufe des Verkehrsablaufs an den einzelnen Messquerschnitten wurde der Auslastungsgrad als Quotient aus der Bemessungsverkehrsstärke gemäß Kapitel 2.2 und der Kapazität ermittelt.

Die Ergebnisse der Simulation zur Ermittlung der Kapazität und die Bewertung der Verkehrsqualität für die Entwurfsvarianten 1, 2 und 2b sind in Kapitel 4.3.2, 4.3.3 bzw. 4.3.4 dargestellt. Zur Bewertung der Verkehrsqualität auf einer Strecke wurde jeweils der Messquerschnitt mit der niedrigsten ermittelten Kapazität zugrunde gelegt (in Bild 4-6 rot gekennzeichnet). In den q-v-Diagrammen werden jeweils die Simulationsergebnisse für die prognostizierte und die bis zum Zusammenbruch gesteigerte Verkehrsnachfrage dargestellt.

### 4.3.2 Simulationsergebnisse für die Entwurfsvariante 1

In der Entwurfsvariante 1 weist die Autobahn A 1 im AD Norderelbe in beiden Fahrtrichtungen dreistreifige Hauptfahrbahnen auf. In Fahrtrichtung Nord müssen die auf der A 1 durchfahrenden Lkw in der Verflechtungsstrecke zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe einen Fahrstreifenwechsel nach links durchführen. Dabei ist es sinnvoll, mit der Anordnung einer durchgehenden Breitstrichmarkierung zwischen den Knotenpunkten in Verbindung mit einer frühzeitigen Wegweisung zu erreichen, dass diese Fahrstreifenwechsel bereits am Beginn der Verflechtungsstrecke stattfinden, um die beiden rechten Fahrstreifen im Verflechtungsbereich zu entlasten. Ein entsprechendes Verhalten der Verkehrsteilnehmer wurde bei der Parametereinstellung des Simulationsmodells berücksichtigt.

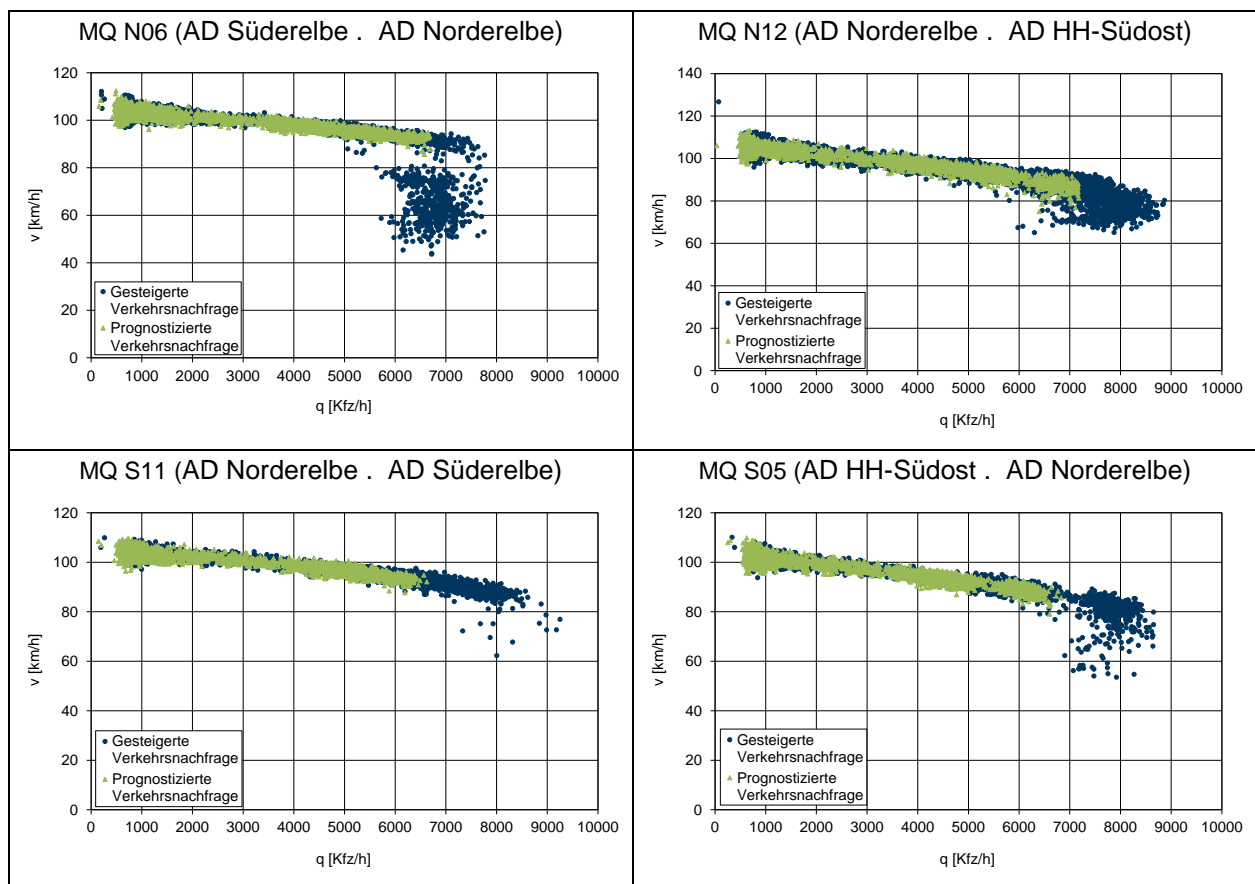
Die in der Simulation ermittelten Kapazitäten der einzelnen Strecken für die Entwurfsvariante 1 sind in Tab. 4-5 angegeben. Die q-v-Diagramme der Querschnitte im Bereich der für die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems maßgebenden Verflechtungsstrecken zeigt Bild 4-7, alle weiteren q-v-Diagramme sind in Anhang D angegeben. An allen Querschnitten wird eine ausreichende oder befriedigende Verkehrsqualität (QSV D bzw. C) erreicht. Die Simulation ergab, dass in Fahrtrichtung Nord die Einfahrt am AD Süderelbe den maßgebenden Engpass darstellt, weil die von der Autobahn A 26 einfahrenden Lkw insgesamt drei Fahrstreifenwechsel nach links durchführen müssen, wenn sie der A 1 in Richtung Lübeck weiter folgen wollen. Daher erreicht der Einfahrtbereich mit rund 89 % den höchsten Auslastungsgrad. Mit 88 % ebenfalls hoch ausgelastet ist die Rampe von der Autobahn A 255 zur A 1 in Fahrtrichtung Lübeck, welche die höchste Bemessungsverkehrsstärke der vier Rampen von und zur A 255 im AD Norderelbe aufweist. In der Gegenrichtung wird der höchste Auslastungsgrad mit ca. 86 % in der Verflechtungsstrecke AD Hamburg-Südost . AD Norderelbe erreicht. Auch an den weiteren Messquerschnitten sind die Auslastungsgrade aufgrund der geringeren Bemessungsverkehrsstärken in Fahrtrichtung Süd geringer als in Fahrtrichtung Nord.

BAB	FR	Abschnitt	MQ	Fstr.	q [Kfz/h]	C [Kfz/h]	x [-]	QSV
A 1	Nord	AS HH-Harburg . AD Süderelbe	N02	4	5320	6576	0,809	D
		AD Süderelbe . AD Norderelbe	N06	5	6648	7457	0,892	D
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	N08	3	4136	5256 <sup>1)</sup>	0,787 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
		AD Norderelbe . AD HH-Südost	N12	5	6949	8003	0,868	D
		AD HH-Südost . AS HH-Moorfleet	N15	4	4315	5856 <sup>1)</sup>	0,737 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
	Süd	AS HH-Moorfleet . AD HH-Südost	S03	4	4369	6516 <sup>1)</sup>	0,671 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		AD HH-Südost . AD Norderelbe	S05	5	6479	7572	0,856	D
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	S08	3	4047	5398	0,750	C
		AD Norderelbe . AD Süderelbe	S11	5	6147	8136	0,756	D
		AD Süderelbe . AS HH-Harburg	S16	4	5391	7584 <sup>1)</sup>	0,711 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
A 255	Nord	Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden	N09	2	2648	3408 <sup>1)</sup>	0,777 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
		Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden	S07	2	2697	3336 <sup>1)</sup>	0,808 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
	Süd	Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Norden	N10	2	3020	3429	0,881	D
		Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Süden	S09	2	2437	3948 <sup>1)</sup>	0,617 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Höchstbelastetes 5-Minuten-Intervall mit gesteigerter Verkehrsnachfrage, da kein Zusammenbruch aufgetreten ist

Tab. 4-5: Ermittelte Kapazitäten und Qualitätsstufen der Strecken für Entwurfsvariante 1, Planfall 6





**Bild 4-7: Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 1, Planfall 6: q-v-Diagramme der Messquerschnitte in den Verflechtungsstrecken für die prognostizierte und die gesteigerte Verkehrsnachfrage**

#### 4.3.3 Simulationsergebnisse für die Entwurfsvariante 2

In der Entwurfsvariante 2 sind in den Verflechtungsstrecken zwischen AD Süderelbe, AD Norderelbe und AD Hamburg-Nordost jeweils vier durchgehende Fahrstreifen und ein Verflechtungsstreifen vorhanden. Die in der Simulation ermittelten Kapazitäten und die resultierenden Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs sind für die einzelnen Streckenabschnitte in Tab. 4-6 angegeben. Die q-v-Diagramme der Verflechtungsstrecken zeigt Bild 4-8, alle weiteren q-v-Diagramme enthält Anhang E. In beiden Fahrrichtungen ist die Verflechtungsstrecke zwischen dem AD Norderelbe und dem AD HH-Südost nicht ausreichend leistungsfähig (QSV E) oder überlastet (QSV F). Die Simulationsergebnisse bestätigen die Ergebnisse der analytischen Bewertung mit den Verfahren des HBS (vgl. Tab. 3-4) insbesondere dahingehend, dass die Einfahrt vom Typ E 5 am AD Norderelbe in Fahrtrichtung Nord aufgrund der mit 3.020 Kfz/h sehr hohen Belastung der von der A 255 kommenden Rampe nicht ausreichend leistungsfähig ist.

BAB	FR	Abschnitt	MQ	Fstr.	q [Kfz/h]	C [Kfz/h]	x [-]	QSV
A 1	Nord	AS HH-Harburg . AD Süderelbe	N02	4	5320	6617	0,804	D
		AD Süderelbe . AD Norderelbe	N06	5	6648	7490	0,888	D
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	N08	4	4136	6120 <sup>1)</sup>	0,676 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		AD Norderelbe . AD HH-Südost	N12	5	6949	7318	0,950	E
		AD HH-Südost . AS HH-Moorfleet	N15	4	4315	5460 <sup>1)</sup>	0,790 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
	Süd	AS HH-Moorfleet . AD HH-Südost	S03	4	4369	..2)	..2)	..2)
		AD HH-Südost . AD Norderelbe	S05	5	6479	6144	1,055	F
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	S08	4	4047	6060 <sup>1)</sup>	0,668 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		AD Norderelbe . AD Süderelbe	S11	5	6147	7924	0,776	D
		AD Süderelbe . AS HH-Harburg	S16	4	5391	7560 <sup>1)</sup>	0,713 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
A 255	Nord	Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden	N09	2	2648	3312 <sup>1)</sup>	0,800 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
		Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden	S07	2	2697	..2)	..2)	..2)
	Süd	Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Norden	N10	2	3020	2810	1,075	F
		Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Süden	S09	2	2437	3143	0,775	D

<sup>1)</sup> Höchstbelastetes 5-Minuten-Intervall mit gesteigerter Verkehrsnachfrage, da kein Zusammenbruch aufgetreten ist

<sup>2)</sup> Maßgebender Engpass im Verflechtungsbereich zwischen Einfahrt AD HH-Südost und Ausfahrt AD Norderelbe

Tab. 4-6: Ermittelte Kapazitäten und Qualitätsstufen der Strecken für Entwurfsvariante 2, Planfall 6

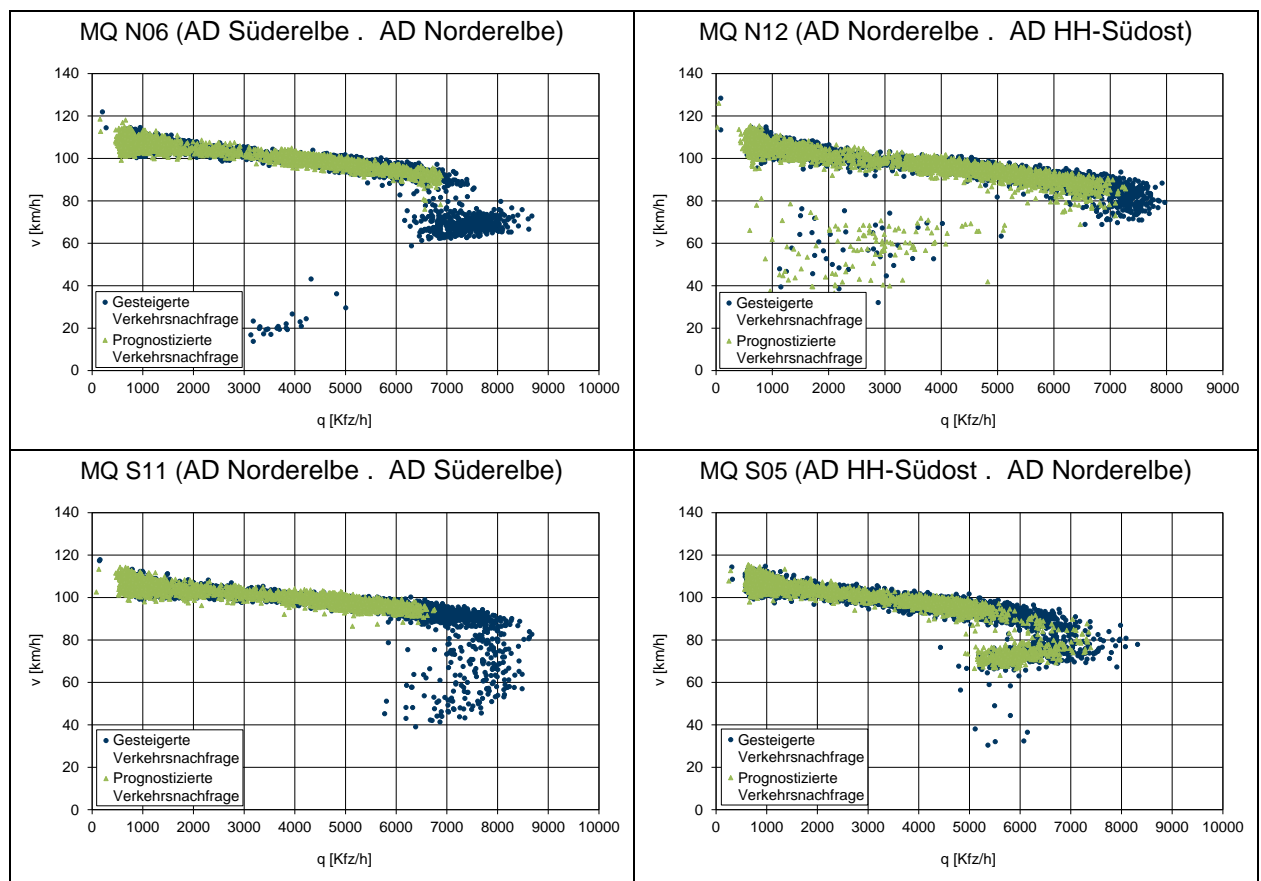


Bild 4-8: Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2, Planfall 6: q-v-Diagramme der Messquerschnitte in den Verflechtungsstrecken für die prognostizierte und die gesteigerte Verkehrsnachfrage

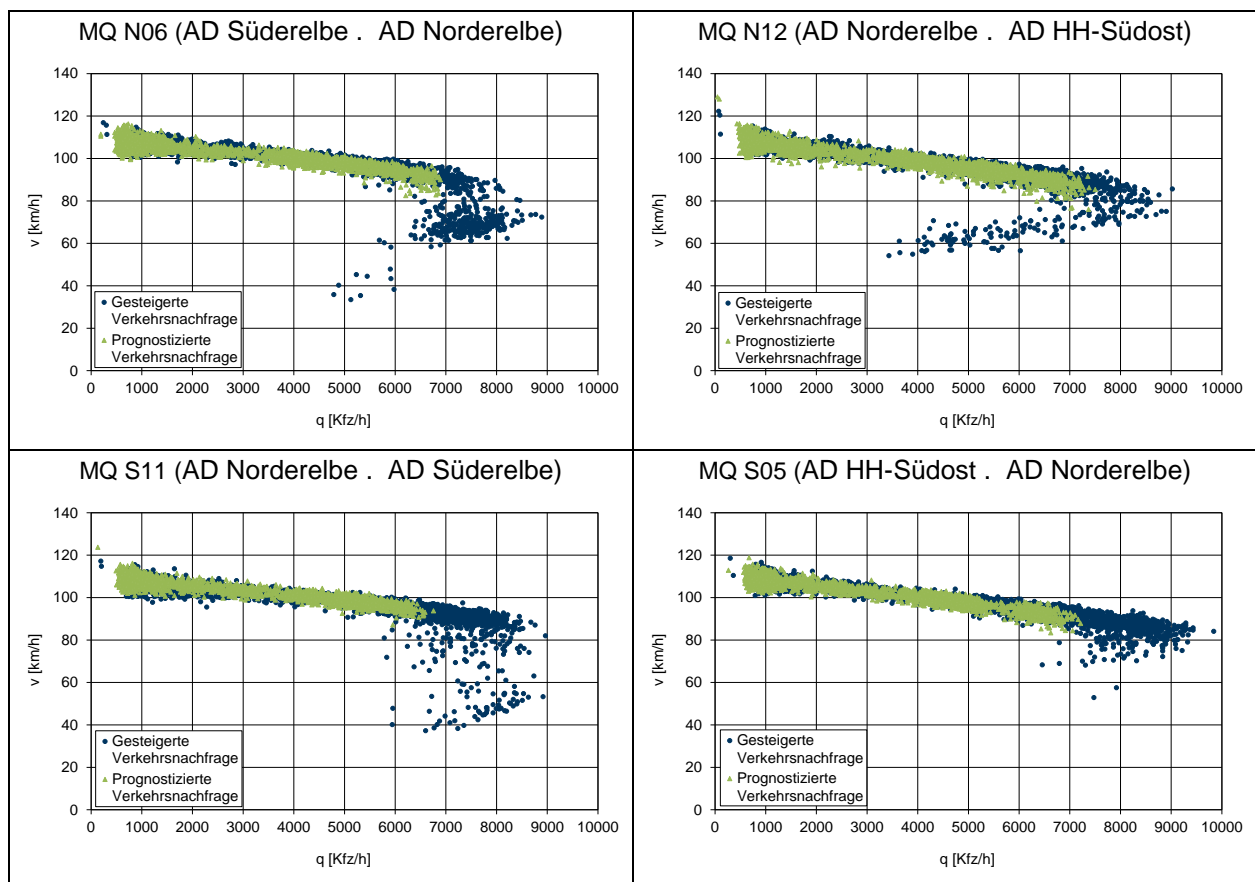
#### 4.3.4 Simulationsergebnisse für die Entwurfsvariante 2b

In der Entwurfsvariante 2b wird im Vergleich zur Variante 2 in beiden Fahrtrichtungen ein weiterer durchgehender Verflechtungstreifen zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost angeordnet, um den besonders stark belasteten äußeren Randstrom zwischen den Autobahnen A 255 und A 25 leistungsfähig abwickeln zu können. Die Ergebnisse der Simulation in Tab. 4-7 und Bild 4-9 sowie ergänzend in Anhang F zeigen, dass durch diese Ergänzung die für die Entwurfsvariante 2 ermittelten Kapazitätsdefizite behoben werden können. An allen Querschnitten wird eine ausreichende oder befriedigende Verkehrsqualität (QSV D oder C) erreicht. Die Kapazität des Verflechtungsbereichs zwischen AD Norderelbe und AD Hamburg-Südost ist trotz des zusätzlichen Fahrstreifens in Fahrtrichtung Nord nur geringfügig und in Fahrtrichtung Süd nur um knapp 9 % höher als in der Entwurfsvariante 1, weil vor allem die Ein- und Ausfahrten und hier insbesondere die Ein- und Ausfädelungsvorgänge der Lkw für die Leistungsfähigkeit maßgebend sind. Die Einrichtung weiterer Fahrstreifen für den Pkw-Verkehr auf der linken Fahrbahnseite wirkt sich daher bei den gegebenen Verkehrsstrombelastungen nicht wesentlich auf die Kapazität des Gesamtsystems aus.

BAB	FR	Abschnitt	MQ	Fstr.	q [Kfz/h]	C [Kfz/h]	x [-]	QSV
A 1	Nord	AS HH-Harburg . AD Süderelbe	N02	4	5320	6798	0,783	D
		AD Süderelbe . AD Norderelbe	N06	5	6648	7677	0,866	D
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	N08	4	4136	5916 <sup>1)</sup>	0,699 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		AD Norderelbe . AD HH-Südost	N12	6	6949	8052	0,863	D
		AD HH-Südost . AS HH-Moorfleet	N15	4	4315	5640 <sup>1)</sup>	0,765 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
	Süd	AS HH-Moorfleet . AD HH-Südost	S03	4	4369	6624 <sup>1)</sup>	0,660 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		AD HH-Südost . AD Norderelbe	S05	6	6479	8224	0,788	D
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	S08	4	4047	6372 <sup>1)</sup>	0,635 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		AD Norderelbe . AD Süderelbe	S11	5	6147	8051	0,764	D
		AD Süderelbe . AS HH-Harburg	S16	4	5391	7560 <sup>1)</sup>	0,713 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
A 255	Nord	Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden	N09	2	2648	3360 <sup>1)</sup>	0,788 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
		Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden	S07	2	2697	3362	0,802	D
	Süd	Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Norden	N10	2	3020	3365	0,898	D
		Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Süden	S09	2	2437	3210	0,759	D

<sup>1)</sup> Höchstbelastetes 5-Minuten-Intervall mit gesteigerter Verkehrsnachfrage, da kein Zusammenbruch aufgetreten ist

Tab. 4-7: Ermittelte Kapazitäten und Qualitätsstufen der Strecken für Entwurfsvariante 2b, Planfall 6



**Bild 4-9: Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2b, Planfall 6: q-v-Diagramme der Messquerschnitte in den Verflechtungstrecken für die prognostizierte und die gesteigerte Verkehrsnachfrage**

#### 4.3.5 Auswahl der Vorzugsvariante

Die Ergebnisse der verkehrstechnischen Analyse mit Hilfe der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ◁ In der Entwurfsvariante 1 sind alle Elemente ausreichend leistungsfähig (QSV D oder besser). Dabei erreicht der Bereich stromabwärts der Einfahrt am AD Süderelbe in Fahrtrichtung Nord mit rund 89 % den höchsten Auslastungsgrad, weil die von der Autobahn A 26 einfahrenden Lkw insgesamt drei Fahrstreifenwechsel nach links durchführen müssen, wenn sie der A 1 in Richtung Lübeck weiter folgen wollen. In Fahrtrichtung Süd sind die maximalen Auslastungsgrade aufgrund der geringeren Bemessungsverkehrsstärken etwas niedriger.
- ◁ In der Entwurfsvariante 2 ist der Verflechtungsbereich stromabwärts der Einfahrt am AD Norderelbe in Fahrtrichtung Nord bei Erreichen der Bemessungsverkehrsstärke überlastet (QSV F). In der Gegenrichtung erreicht der Verflechtungsbereich stromaufwärts der Ausfahrt am AD Norderelbe nur die QSV E. Somit ist die Variante nicht ausreichend leistungsfähig und kommt für eine Umsetzung nicht in Betracht.
- ◁ Die Entwurfsvariante 2b erreicht in beiden Fahrtrichtungen eine ausreichende Verkehrsqualität (QSV D oder besser). Der maximale Auslastungsgrad auf den Elementen der Autobahn A 1 beträgt 87 %. Im Vergleich zur Entwurfsvariante 1 weist diese Lösung damit etwas höhere Kapazitätsreserven auf.

Aufgrund der höheren Kapazitätsreserven sowie aus betrieblichen Erwägungen, die in Kapitel 5 näher erläutert werden, wird die Entwurfsvariante 2b zur Umsetzung empfohlen.

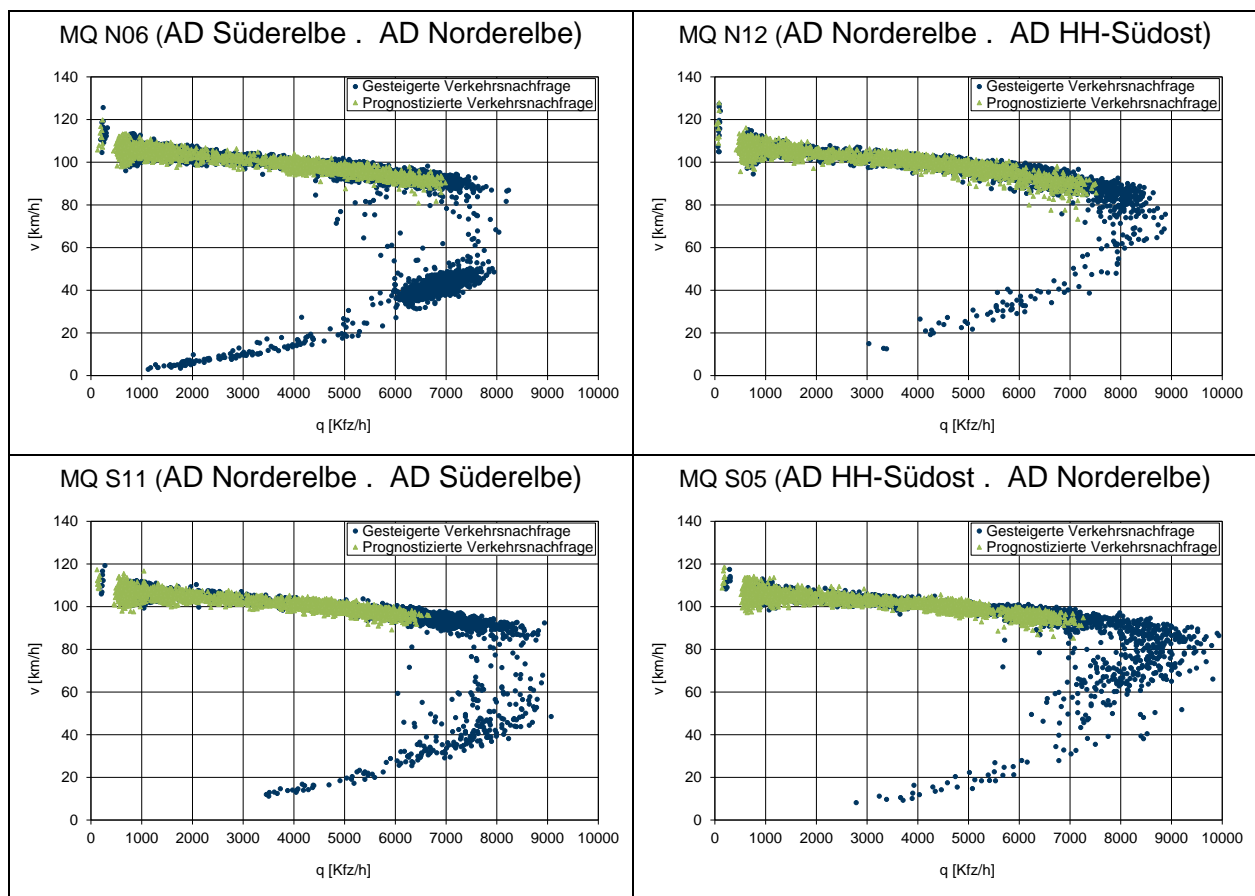
#### 4.4 Simulation der Vorzugsvariante 2b im Planfall 27

Für die Vorzugsvariante 2b wurde auf der Grundlage neuer Verkehrsprognosewerte für den Planfall 27 eine erneute Verkehrsflusssimulation durchgeführt. Das der Simulation zugrunde liegende Netzmodell blieb dabei unverändert. Die Ergebnisse der Simulation sind in Tab. 4-8 und Bild 4-10 sowie in Anhang G dargestellt. Die ermittelten Auslastungsgrade weichen nur geringfügig von den Werten im Planfall 6 ab, sodass an allen Querschnitten auch im Planfall 27 eine ausreichende oder befriedigende Verkehrsqualität (QSV D bzw. C) erreicht wird. Die Ergebnisse bestätigen somit die Empfehlung für diese Lösung als Vorzugsvariante.

BAB	FR	Abschnitt	MQ	Fstr.	q [Kfz/h]	C [Kfz/h]	x [-]	QSV
A 1	Nord	AS HH-Harburg . AD Süderelbe	N02	4	5140	6776	0,759	D
		AD Süderelbe . AD Norderelbe	N06	5	6584	7428	0,886	D
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	N08	4	4171	5592 <sup>1)</sup>	0,746 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		AD Norderelbe . AD HH-Südost	N12	6	6940	7989	0,869	D
		AD HH-Südost . AS HH-Moorfleet	N15	4	4317	5652 <sup>1)</sup>	0,764 <sup>1)</sup>	D <sup>1)</sup>
	Süd	AS HH-Moorfleet . AD HH-Südost	S03	4	4386	5836	0,752	D
		AD HH-Südost . AD Norderelbe	S05	6	6540	8451	0,774	D
		Hauptfahrbahn im AD Norderelbe	S08	4	4112	5482	0,750	C
		AD Norderelbe . AD Süderelbe	S11	5	6047	8154	0,742	C
		AD Süderelbe . AS HH-Harburg	S16	4	5233	7692 <sup>1)</sup>	0,680 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
A 255	Nord	Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden	N09	2	2556	3408 <sup>1)</sup>	0,750 <sup>1)</sup>	C <sup>1)</sup>
		Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden	S07	2	2693	3374	0,798	D
	Süd	Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Norden	N10	2	2991	3324	0,900	D
		Rampe im AD Norderelbe zur A 1 nach Süden	S09	2	2288	3141	0,728	C

<sup>1)</sup> Höchstbelastetes 5-Minuten-Intervall mit gesteigerter Verkehrsnachfrage, da kein Zusammenbruch aufgetreten ist

**Tab. 4-8: Ermittelte Kapazitäten und Qualitätsstufen der Strecken für Entwurfsvariante 2b, Planfall 27**



**Bild 4-10: Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2b, Planfall 27: q-v-Diagramme der Messquerschnitte in den Verflechtungsstrecken für die prognostizierte und die gesteigerte Verkehrsnachfrage**

## 5. Zusammenfassung und Empfehlungen

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Leistungsfähigkeit der Autobahn A 1 zwischen der AS Hamburg-Harburg und dem AD Hamburg-Südost verkehrstechnisch bewertet. Die A 1 soll in diesem Abschnitt im Zusammenhang mit der Realisierung des Anschlusses der Autobahn A 26 am zukünftigen AD Süderelbe achtstreifig ausgebaut werden. Aus den hohen Verkehrsbelastungen gemäß der Verkehrsprognose 2030 und den Verflechtungsvorgängen zwischen den dicht aufeinander folgenden Autobahnknotenpunkten AD Süderelbe, AD Norderelbe und AD Hamburg-Südost ergeben sich hohe Anforderungen an eine leistungsfähige Entwurfsgestaltung.

Die maßgebenden Bemessungsverkehrsstärken in der 50. Stunde der Dauerlinie wurden durch die Verknüpfung der Prognose-DTV-Werte für das Jahr 2030 mit relativen Verkehrsstärkenganglinien, die aus den Daten von Dauerzählstellen abgeleitet wurden, ermittelt. Dabei zeigte sich eine deutliche Ausrichtung der Verkehrsspitzen auf der Autobahn A 1 an Werktagen morgens in Richtung der A 255 ins Zentrum Hamburgs und nachmittags in die Gegenrichtung.

Im ersten Schritt wurde anhand einer überschlägigen Vorbemessung anhand der Bemessungsverfahren des HBS (FGSV, 2015) ermittelt, dass für die Verflechtungsstrecken zwischen dem AD Süderelbe, dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost in beiden Fahrtrichtungen jeweils mindestens fünf Fahrstreifen erforderlich sind. Auf dieser Grundlage wurden drei Entwurfsvarianten erarbeitet und verkehrstechnisch bewertet. Da die Entwurfslösungen teilweise über die Anwendungsgrenzen der analytischen Bemessungsverfahren des HBS hinausgehen und der Verkehrsablauf zudem durch Wechselwirkungen zwischen den Knotenpunkten erheblich beeinflusst wird, wurden für die verkehrstechnische Bewertung mikroskopische Verkehrsflusssimulationen mit dem Programm BABSIM durchgeführt.

Die drei erarbeiteten Entwurfsvarianten unterscheiden sich im Wesentlichen hinsichtlich der Anzahl der durchgehenden Fahrstreifen der Autobahn A 1 im AD Norderelbe und der daraus resultierenden Gestaltung der Aus- und Einfahrten. In der Entwurfsvariante 1 verfügt die A 1 im AD Norderelbe über dreistreifige Hauptfahrbahnen, so dass an der Aus- und Einfahrt jeweils zwei Fahrstreifen subtrahiert bzw. addiert werden. In der Entwurfsvariante 2 sind vierstreifige Hauptfahrbahnen im AD Norderelbe sowie Aus- und Einfahrten mit einfacher Fahrstreifen-subtraktion bzw. -addition vom Typ A 5 bzw. E 4 gemäß den RAA (FGSV, 2008) vorgesehen. Als Modifikation der Variante 2 weist die Entwurfsvariante 2b einen weiteren Verflechtungsstreifen in beiden Fahrtrichtungen zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost auf, so dass im Bereich der Norderelbbrücke jeweils insgesamt sechsstreifige Verflechtungsstrecken entstehen.

Die verkehrstechnische Analyse mit Hilfe der mikroskopischen Verkehrsflusssimulation ergab, dass in den Entwurfsvarianten 1 und 2b alle Elemente ausreichend leistungsfähig sind, wohingegen in der Entwurfsvariante 2 der Verflechtungsbereich zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost in beiden Fahrtrichtungen nur die Qualitätsstufe E bzw. F erreicht. Die Entwurfsvariante 2b weist dabei im Vergleich zur Entwurfsvariante 1 etwas höhere Kapazitätsreserven auf.

Im Ergebnis der Untersuchung wird die Entwurfsvariante 2b zur Umsetzung empfohlen. Diese Lösung erreicht in der maßgebenden Bemessungsstunde eine ausreichende Verkehrsqualität und verfügt im Hinblick auf eine mögliche weitere Zunahme des Verkehrsaufkommens über den Prognosehorizont 2030 hinaus über die größten Kapazitätsreserven. Auch weist diese Lösung die größte Flexibilität auf, um ggf. auf zukünftige Veränderungen der Verkehrsstrombelastungen durch Anpassungen der Fahrstreifenmarkierung reagieren zu können. Die Verkehrsführung mit

vier durchgehenden Fahrstreifen je Richtung und einem bzw. zwei zusätzlichen Verflechtungsstreifen zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe sowie zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost ist hinsichtlich der Begreifbarkeit für die Verkehrsteilnehmer und der Minimierung der Anzahl der erforderlichen Fahrstreifenwechsel der Ein- und Ausfahrtströme vorteilhaft. Die Anzahl der insgesamt erforderlichen Fahrstreifenwechsel der Lkw in Abhängigkeit vom Fahrtziel ist in der Summe über alle Verkehrsströme deutlich geringer als in der Entwurfsvariante 1. Die Breite der sechsstreifigen Fahrbahnen im Bereich der Norderelbbrücke in der Entwurfsvariante 2b ermöglicht die Einrichtung von Arbeitsstellen mit einer 8+0-Verkehrsführung. Dadurch können die Verkehrsbeeinträchtigungen in der zweiten Phase des Ausbaus (nach Fertigstellung des ersten Brückenbauwerks neben der vorhandenen Brücke) wie auch im Rahmen späterer Instandhaltungs- und Erneuerungsmaßnahmen wirksam minimiert werden. Auch für die temporäre Sperrung einzelner Fahrstreifen durch den Betriebsdienst bietet diese Variante die höchste Flexibilität. Bei den anderen Varianten mit fünfstreifigen Verflechtungsstrecken zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost könnten dagegen höchstens sieben Behelfsfahrstreifen über ein Brückenbauwerk geführt werden.

In einem weiteren Untersuchungsschritt wurde eine erneute verkehrstechnische Bemessung der Entwurfsvariante 2b auf der Grundlage aktualisierter Verkehrsprognosedaten für den Planfall 27 bei unverändertem Netzmodell durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Bewertung stimmen mit den Ergebnissen für den Planfall 6 überein. An allen Elementen wird mindestens die Qualitätsstufe D erreicht. Somit kann die Empfehlung für die Entwurfsvariante 2b auch mit den aktualisierten Verkehrsprognosewerten bestätigt werden.

Die Kapazität der Entwurfsvarianten wird maßgeblich vom Verkehrsablauf in den Verflechtungsstrecken zwischen dem AD Süderelbe und dem AD Norderelbe sowie zwischen dem AD Norderelbe und dem AD Hamburg-Südost bestimmt. Dabei sind vor allem die Ein- und Ausfädelungsvorgänge der Lkw von Bedeutung. Die Wegweisung und die Markierung in den Verflechtungsstrecken sind besonders sorgfältig zu planen, um eine möglichst günstige Verteilung der Fahrstreifenwechselmanöver unter Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Längen der Verflechtungsbereiche zu erreichen. Die hohen Prognoseverkehrsstärken der Ein- und Ausfahrtströme an den Autobahndreiecken machen Entwurfslösungen erforderlich, die teilweise über die leistungsfähigsten Ein- und Ausfahrtstypen der RAA (FGSV, 2008) hinausgehen. Dennoch sind bei einem ineffizienten Verflechtungsverhalten der Verkehrsteilnehmer auch in der zur Umsetzung empfohlenen Entwurfsvariante 2b Verdichtungen auf den rechten durchgehenden Fahrstreifen und den Verflechtungsstreifen bis hin zum Zusammenbruch des Verkehrsflusses nicht auszuschließen. Zur effektiven Steuerung der Verflechtungsvorgänge ist daher analog zum Ist-Zustand die Einrichtung einer Streckenbeeinflussungsanlage empfehlenswert, um insbesondere mittels verkehrsabhängiger (ggf. auch fahrstreifenbezogen differenzierter) Geschwindigkeitsbeschränkungen eine Harmonisierung des Verkehrsablaufs bei hohen Verkehrsstärken zu erreichen und das Störungsaufkommen zu minimieren. Diese Empfehlung nimmt die für die Fortschreibung der RAA vorgesehene Regelung, dass Autobahnen mit vier- oder fünfstreifigen Richtungsfahrbahnen generell mit einer Streckenbeeinflussungsanlage ausgestattet werden sollen, vorweg.



## Literatur

- BRILON, W., HARDING, J., ERLEMANN, K., SEIFAHRT, S. (2005): Fortentwicklung und Bereitstellung eines bundeseinheitlichen Simulationsmodells für Bundesautobahnen. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 918, Bonn.
- BRILON, W., HARDING, J., HARTMANN, D., ERLEMANN, K. (2007): Weiterentwicklung des bundeseinheitlichen Simulationsmodells für Bundesautobahnen. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 974, Bonn.
- FGSV (2006): Hinweise zur mikroskopischen Verkehrsflusssimulation . Grundlagen und Anwendung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Köln.
- FGSV (2008): Richtlinien für die Anlage von Autobahnen RAA, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Köln.
- FGSV (2015): Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2015). Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Köln.
- GEISTEFELDT, J.; GIULIANI, S.; BUSCH, F.; SCHENDZIELORZ, T.; HAUG, A.; VORTISCH, P.; LEYN, U.; TRAPP, R. (2017): HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 279, Bergisch Gladbach.
- WEISER, F.; SILLUS, A.; LIPPOLD, C. (2006): Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf an planfreien Knotenpunkten mit Fahrstreifensubtraktion. Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 936, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Bonn.

## Anhang A Quelle-Ziel-Matrizen der Verkehrsprognose

### Verkehrsprognosewerte 2030 ohne Ausbau der Autobahn A 1 (Planfall 6)

**Pkw:**

DTV <sub>w</sub> [Pkw/d]	A 1 nach Süden	A 1 nach Norden	A 26 nach Westen	A 25 nach Süden	A 255 nach Norden	A 252 nach Westen	AS HH-Harburg	Ausfahrt Veddel	AS HH-Moorfleet
A 1 aus Süden	0	17318	5341	2389	16648	24	999	1108	1119
A 1 aus Norden	14558	0	4186	1	0	5294	2883	518	4707
A 26 aus Westen	4531	3960	0	2979	6550	0	59	526	584
A 25 aus Süden	2520	47	2454	0	5290	3650	1805	1742	9390
A 255 aus Norden	18487	484	6692	5946	0	26223	2896	0	45
A 252 aus Westen	95	3715	0	3242	27941	0	0	850	603
AS HH-Harburg	1738	3453	0	1825	1880	0	0	322	664
AS HH-Moorfleet	2245	4154	997	8443	0	961	1069	229	2439

**Tab. A-1: Quelle-Ziel-Matrix der Pkw-Ströme im Planfall 6 ohne Ausbau der A 1: DTV<sub>w</sub> [Pkw/d]**

**Lkw:**

DTV <sub>w</sub> [Lkw/d]	A 1 nach Süden	A 1 nach Norden	A 26 nach Westen	A 25 nach Süden	A 255 nach Norden	A 252 nach Westen	AS HH-Harburg	Ausfahrt Veddel	AS HH-Moorfleet
A 1 aus Süden	0	3484	1058	469	2028	113	54	70	2134
A 1 aus Norden	3270	0	3750	3	0	3381	260	785	1460
A 26 aus Westen	1204	3291	0	657	890	14	1	20	917
A 25 aus Süden	399	154	496	0	298	770	86	319	560
A 255 aus Norden	2002	514	817	547	0	2146	46	0	10
A 252 aus Westen	275	3102	0	686	1750	0	0	96	152
AS HH-Harburg	80	132	0	59	33	0	0	50	232
AS HH-Moorfleet	1991	1331	566	399	7	298	352	40	10

**Tab. A-2: Quelle-Ziel-Matrix der Lkw-Ströme im Planfall 6 ohne Ausbau der A 1: DTV<sub>w</sub> [Lkw/d]**

**Verkehrsprognosewerte 2030 mit Ausbau der Autobahn A 1 (Planfall 6)****Pkw:**

DTV <sub>w</sub> [Pkw/d]	A 1 nach Süden	A 1 nach Norden	A 26 nach Westen	A 25 nach Süden	A 255 nach Norden	A 252 nach Westen	AS HH-Harburg	Ausfahrt Veddel	AS HH-Moorfleet
A 1 aus Süden	0	18642	5501	2867	14879	23	820	1025	2690
A 1 aus Norden	16715	0	5126	0	0	4969	3107	624	4589
A 26 aus Westen	4814	4137	0	2845	5799	0	186	469	1176
A 25 aus Süden	2987	15	2961	0	8063	3428	1847	1572	7203
A 255 aus Norden	15702	1399	5118	12486	0	25501	2497	0	189
A 252 aus Westen	51	4353	0	3370	26418	0	0	653	758
AS HH-Harburg	1422	4114	0	1863	1748	0	0	322	1177
AS HH-Moorfleet	4354	4020	2021	3866	0	809	2579	236	2331

**Tab. A-3: Quelle-Ziel-Matrix der Pkw-Ströme im Planfall 6 mit Ausbau der A 1: DTV<sub>w</sub> [Pkw/d]****Lkw:**

DTV <sub>w</sub> [Lkw/d]	A 1 nach Süden	A 1 nach Norden	A 26 nach Westen	A 25 nach Süden	A 255 nach Norden	A 252 nach Westen	AS HH-Harburg	Ausfahrt Veddel	AS HH-Moorfleet
A 1 aus Süden	0	3519	1064	481	1757	104	54	70	2160
A 1 aus Norden	3330	0	4050	3	0	3208	301	877	1458
A 26 aus Westen	1210	3027	0	604	860	4	1	20	981
A 25 aus Süden	417	154	558	0	320	727	86	304	559
A 255 aus Norden	1848	731	798	634	0	1878	37	0	17
A 252 aus Westen	267	3604	0	742	1571	0	0	99	211
AS HH-Harburg	80	138	0	59	26	0	0	45	562
AS HH-Moorfleet	2137	1330	754	356	11	294	464	26	7

**Tab. A-4: Quelle-Ziel-Matrix der Lkw-Ströme im Planfall 6 mit Ausbau der A 1: DTV<sub>w</sub> [Lkw/d]**

**Verkehrsprognosewerte 2030 mit Ausbau der Autobahn A 1 (Planfall 27)****Pkw:**

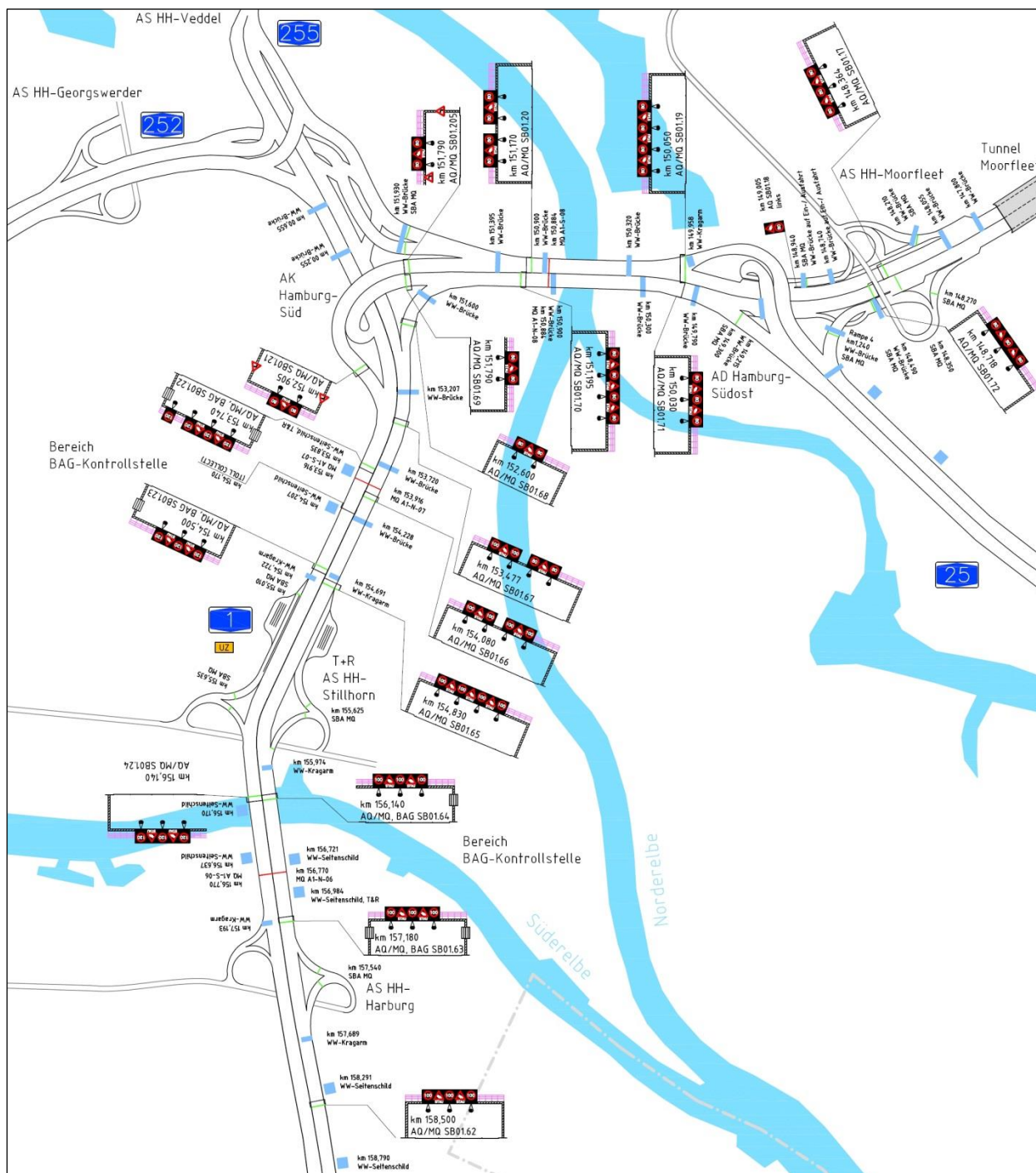
DTV <sub>w</sub> [Pkw/d]	A 1 nach Süden	A 1 nach Norden	A 26 nach Westen	A 25 nach Süden	A 255 nach Norden	A 252 nach Westen	AS HH-Harburg	Ausfahrt Veddel	AS HH-Moorfleet
A 1 aus Süden	0	18654	4972	2737	14431	0	954	945	2757
A 1 aus Norden	16680	0	5507	0	0	4194	3129	1058	4640
A 26 aus Westen	4876	4429	0	3034	5858	0	177	449	1283
A 25 aus Süden	2798	15	3263	0	8061	3002	1812	2390	6630
A 255 aus Norden	14767	1112	4901	12583	0	26439	2056	0	176
A 252 aus Westen	29	4591	0	3278	26920	0	0	1005	752
AS HH-Harburg	1459	3722	0	1830	1579	0	0	16	1006
AS HH-Moorfleet	4396	4056	2367	3996	0	730	2390	268	2133

**Tab. A-5: Quelle-Ziel-Matrix der Pkw-Ströme im Planfall 27 mit Ausbau der A 1: DTV<sub>w</sub> [Pkw/d]****Lkw:**

DTV <sub>w</sub> [Lkw/d]	A 1 nach Süden	A 1 nach Norden	A 26 nach Westen	A 25 nach Süden	A 255 nach Norden	A 252 nach Westen	AS HH-Harburg	Ausfahrt Veddel	AS HH-Moorfleet
A 1 aus Süden	0	3519	1122	481	1757	0	54	105	2160
A 1 aus Norden	3330	0	4067	3	0	3597	301	473	1458
A 26 aus Westen	1146	3192	0	632	849	0	1	19	1003
A 25 aus Süden	417	154	562	0	320	849	86	179	559
A 255 aus Norden	1842	731	795	634	0	1858	37	0	17
A 252 aus Westen	359	3442	0	710	1560	0	0	97	203
AS HH-Harburg	77	138	0	59	26	0	0	50	562
AS HH-Moorfleet	2137	1330	760	356	11	294	464	19	7

**Tab. A-6: Quelle-Ziel-Matrix der Lkw-Ströme im Planfall 27 mit Ausbau der A 1: DTV<sub>w</sub> [Lkw/d]**

## Anhang B Zuordnung der Quelle-Ziel-Beziehungen zu Querschnitten



### Bild B-1: Lageplan der Dauerzählstellen

Quelle Nr.	Quelle	Ziel Nr.	Ziel	MQ-Nr.	MQ-Bezeichnung
1	A 1 Süden	2	A 1 Norden	2168	MQ01.68
1	A 1 Süden	3	A 26	2164	MQ01.64
1	A 1 Süden	4	A 25	2149	MQ149
1	A 1 Süden	5	A 255	2268	MQ01.68Abfahrt
1	A 1 Süden	6	A 252	2268	MQ01.68Abfahrt
1	A 1 Süden	7	AS HH-Harburg	2257	MQ157Abfahrt
1	A 1 Süden	8	Ausfahrt Veddel	2268	MQ01.68Abfahrt
1	A 1 Süden	9	AS HH-Moorfleet	2372	MQ01.72Abfahrt
2	A 1 Norden	1	A 1 Süden	2121	MQ01.21
2	A 1 Norden	3	A 26	2156 (DE 97)	MQ155.2
2	A 1 Norden	4	A 25	2217	MQ01.17Abfahrt
2	A 1 Norden	6	A 252	2305	MQ01.205Abfahrt
2	A 1 Norden	7	AS HH-Harburg	2121	MQ01.21
2	A 1 Norden	8	Ausfahrt Veddel	2305	MQ01.205Abfahrt
2	A 1 Norden	9	AS HH-Moorfleet	2217	MQ01.17Abfahrt
3	A 26	1	A 1 Süden	2124	MQ01.24
3	A 26	2	A 1 Norden	2255 (DE 129)	MQ155L
3	A 26	4	A 25	2255 (DE 129)	MQ155L
3	A 26	5	A 255	2255 (DE 129)	MQ155L
3	A 26	7	AS HH-Harburg	2124	MQ01.24
3	A 26	8	Ausfahrt Veddel	2255 (DE 129)	MQ155L
3	A 26	9	AS HH-Moorfleet	2255 (DE 129)	MQ155L
4	A 25	1	A 1 Süden	2121	MQ01.21
4	A 25	3	A 26	2156 (DE 97)	MQ155.2
4	A 25	5	A 255	2305	MQ01.205Abfahrt
4	A 25	6	A 252	2305	MQ01.205Abfahrt
4	A 25	7	AS HH-Harburg	2121	MQ01.21
4	A 25	8	Ausfahrt Veddel	2305	MQ01.205Abfahrt
5	A 255	1	A 1 Süden	2221	MQ01.21Zufahrt
5	A 255	2	A 1 Norden	2169	MQ01.69
5	A 255	3	A 26	2156 (DE 97)	MQ155.2
5	A 255	4	A 25	2149	MQ149
5	A 255	7	AS HH-Harburg	2221	MQ01.21Zufahrt
5	A 255	9	AS HH-Moorfleet	2372	MQ01.72Abfahrt
6	A 252	1	A 1 Süden	2221	MQ01.21Zufahrt
6	A 252	2	A 1 Norden	2169	MQ01.69
6	A 252	4	A 25	2149	MQ149
6	A 252	9	AS HH-Moorfleet	2372	MQ01.72Abfahrt
7	AS HH-Harburg	1	A1 Süden	2261	MQ01.61B
7	AS HH-Harburg	2	A 1 Norden	2157	MQ157Zufahrt
7	AS HH-Harburg	4	A 25	2149	MQ149
7	AS HH-Harburg	5	A 255	2157	MQ157Zufahrt
7	AS HH-Harburg	8	Ausfahrt Veddel	2157	MQ157Zufahrt
7	AS HH-Harburg	9	AS HH-Moorfleet	2372	MQ01.72Abfahrt
9	AS HH-Moorfleet	1	A 1 Süden	2121	MQ01.21
9	AS HH-Moorfleet	3	A 26	2156 (DE 97)	MQ155.2
9	AS HH-Moorfleet	5	A 255	2305	MQ01.205Abfahrt
9	AS HH-Moorfleet	6	A 252	2305	MQ01.205Abfahrt
9	AS HH-Moorfleet	7	AS HH-Harburg	2121	MQ01.21
9	AS HH-Moorfleet	8	Ausfahrt Veddel	2305	MQ01.205Abfahrt
1	A 1 Süden	2	A 1 Norden	2168	MQ01.68
1	A 1 Süden	3	A 26	2164	MQ01.64
1	A 1 Süden	4	A 25	2149	MQ149
1	A 1 Süden	5	A 255	2268	MQ01.68Abfahrt
1	A 1 Süden	6	A 252	2268	MQ01.68Abfahrt
1	A 1 Süden	7	AS HH-Harburg	2257	MQ157Abfahrt
1	A 1 Süden	8	Ausfahrt Veddel	2268	MQ01.68Abfahrt
1	A 1 Süden	9	AS HH-Moorfleet	2372	MQ01.72Abfahrt

Tab. B-1: Zuordnung der Quelle-Ziel-Beziehungen zu Messquerschnitten (MQ)

## Anhang C Analyse der Anzahl der Lkw-Fahrstreifenwechsel

Der Verkehrsablauf in den Verflechtungsstrecken AD Süderelbe . AD Norderelbe und AD Norderelbe . AD Hamburg-Südost wird in erheblichem Maße durch die Fahrstreifenwechsel der Lkw beeinflusst. Die Entwurfsvarianten 1, 2 und 2b unterscheiden sich aufgrund ihrer Fahrstreifengeometrie hinsichtlich der Anzahl der Fahrstreifenwechsel, die von den Lkw mindestens durchgeführt werden müssen, um ihr Fahrtziel zu erreichen (vgl. Bild C-1, Bild C-2 und Bild C-3). Die Anzahl der mindestens erforderlichen Fahrstreifenwechsel pro Lkw und die Summe der erforderlichen Fahrstreifenwechsel pro Werktag sind für die einzelnen Quelle-Ziel-Beziehungen in Tab. C-1 angegeben. In Klammern sind die Werte ohne Berücksichtigung der Fahrstreifenwechsel nach rechts am Beginn von Ausfädelungstreifen, bei denen in der Regel keine Konfliktsituationen mit anderen Fahrzeugen auftreten, angegeben.

Quelle	Ziel	DTV <sub>w</sub> [Lkw/d]	Entwurfsvariante 1		Entwurfsvariante 2		Entwurfsvariante 2b	
			FW/Lkw	ÅFW	FW/Lkw	ÅFW	FW/Lkw	ÅFW
A 1 aus Süden	A 1 nach Norden	3657	1	3657	1	3657	1	3657
A 1 aus Süden	A 255 nach Norden	2002	1	2002	2 (1)	4004 (2002)	2 (1)	4004 (2002)
A 1 aus Süden	A 25 nach Süden	540	4 (3)	2160 (1620)	2 (1)	1080 (540)	2	1080
A 1 aus Süden	AS HH-Moorfleet	2722	2	5444	0	0	0	0
A 26 aus Westen	A 1 nach Norden	3027	3	9081	2	6054	2	6054
A 26 aus Westen	A 255 nach Norden	884	1	884	2 (1)	1768 (884)	2 (1)	1768 (884)
A 26 aus Westen	A 25 nach Süden	604	6 (5)	3624 (3020)	4 (3)	2416 (1812)	4	2416
A 26 aus Westen	AS HH-Moorfleet	981	4	3924	2	1962	2	1962
A 255 aus Norden	A 1 nach Norden	4336	2	8672	3	13008	3	13008
A 255 aus Norden	A 25 nach Süden	1376	1 (0)	1376 (0)	2 (1)	2752 (1376)	0	0
A 255 aus Norden	AS HH-Moorfleet	227	1	227	2	454	2	454
A 1 aus Norden	A 1 nach Süden	3631	1	3631	1	3631	1	3631
A 1 aus Norden	A 26 nach Westen	4050	3 (2)	12150 (8100)	3 (2)	12150 (8100)	3 (2)	12150 (8100)
A 1 aus Norden	A 255 nach Norden	4086	2	8172	3 (2)	12258 (8172)	3	12258
AS HH-Moorfleet	A 1 nach Süden	2601	2	5202	0	0	0	0
AS HH-Moorfleet	A 26 nach Westen	754	4 (3)	3016 (2262)	2 (1)	1508 (754)	2 (1)	1508 (754)
AS HH-Moorfleet	A 255 nach Norden	331	1	331	2 (1)	662 (331)	2	662
A 25 aus Süden	A 1 nach Süden	503	4	2012	2	1006	2	1006
A 25 aus Süden	A 26 nach Westen	558	6 (5)	3348 (2790)	4 (3)	2232 (1674)	4 (3)	2232 (1674)
A 25 aus Süden	A 255 nach Norden	1351	1	1351	2 (1)	2702 (1351)	0	0
A 255 aus Norden	A 1 nach Süden	2153	1	2153	2	4306	2	4306
A 255 aus Norden	A 26 nach Westen	798	1 (0)	798 (0)	2 (1)	1596 (798)	2 (1)	1596 (798)
Summe			-	83215 (74535)	-	79206 (61872)	-	73752 (64706)

**Tab. C-1: Anzahl der erforderlichen Lkw-Fahrstreifenwechsel pro Lkw (FW/Lkw) und insgesamt (ÅFW) für die Quelle-Ziel-Beziehungen im Bereich zwischen AD Süderelbe und AS Hamburg-Moorfleet in den drei Entwurfsvarianten (Klammerwerte: ohne Rechtswechsel am Beginn von Ausfädelungstreifen)**

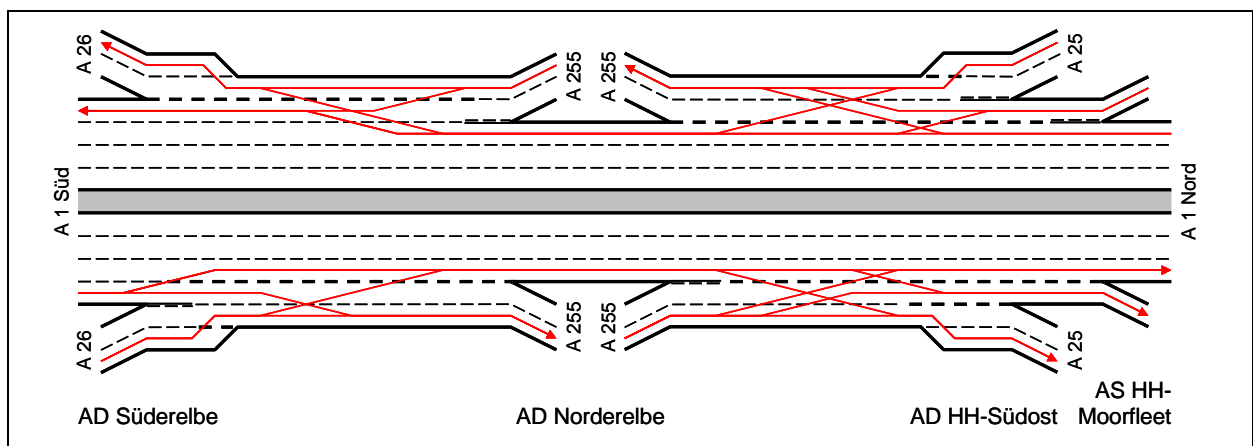


Bild C-1: Fahrlinien der Lkw in Entwurfsvariante 1

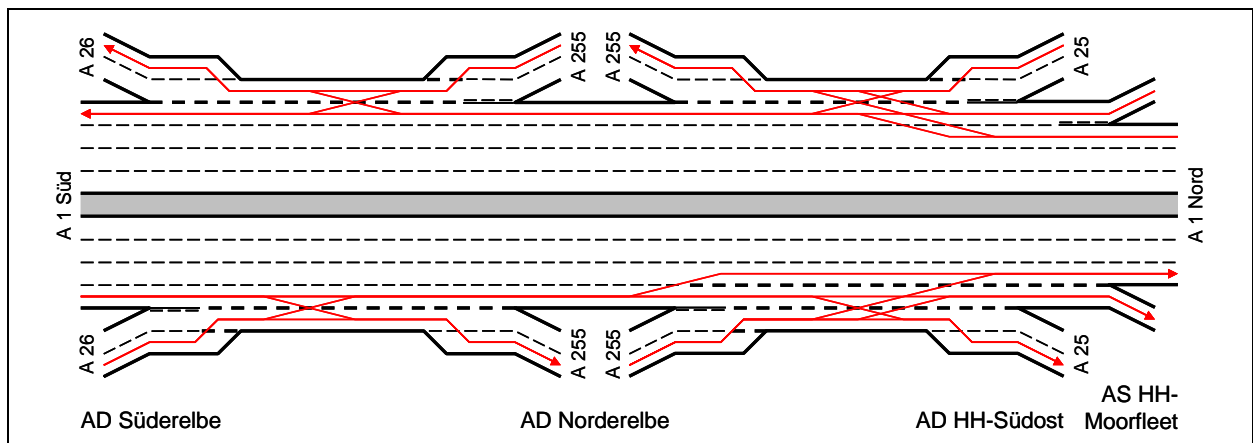


Bild C-2: Fahrlinien der Lkw in Entwurfsvariante 2

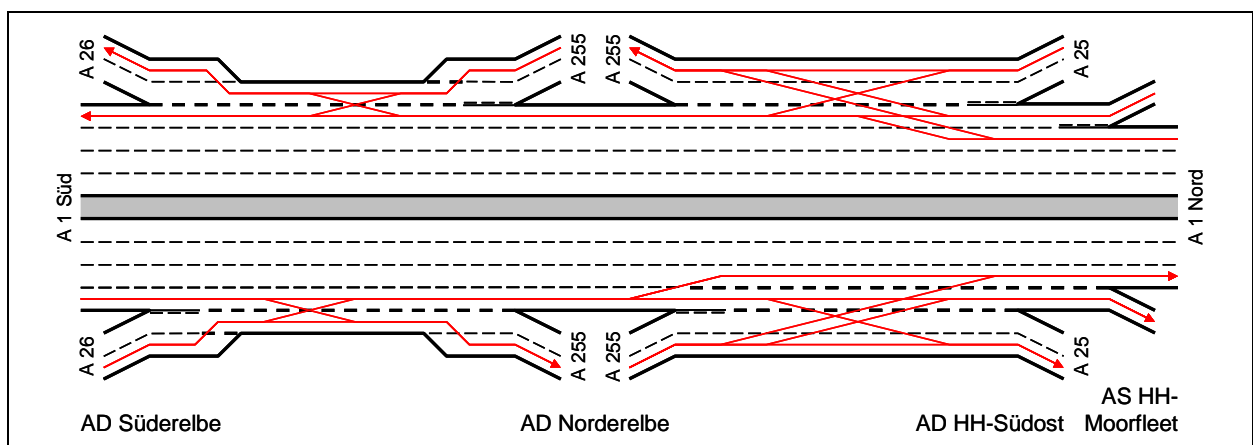
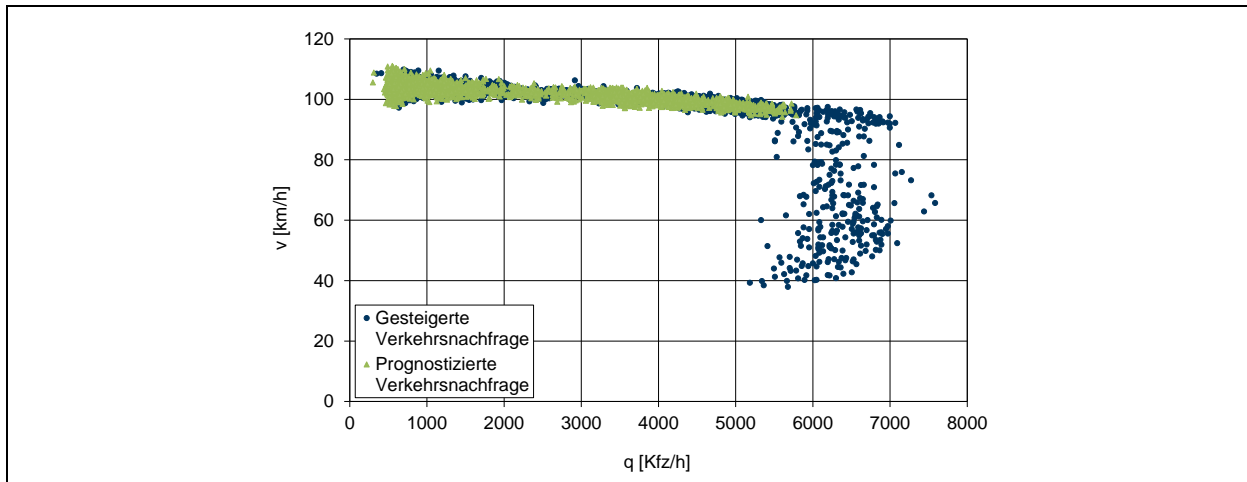
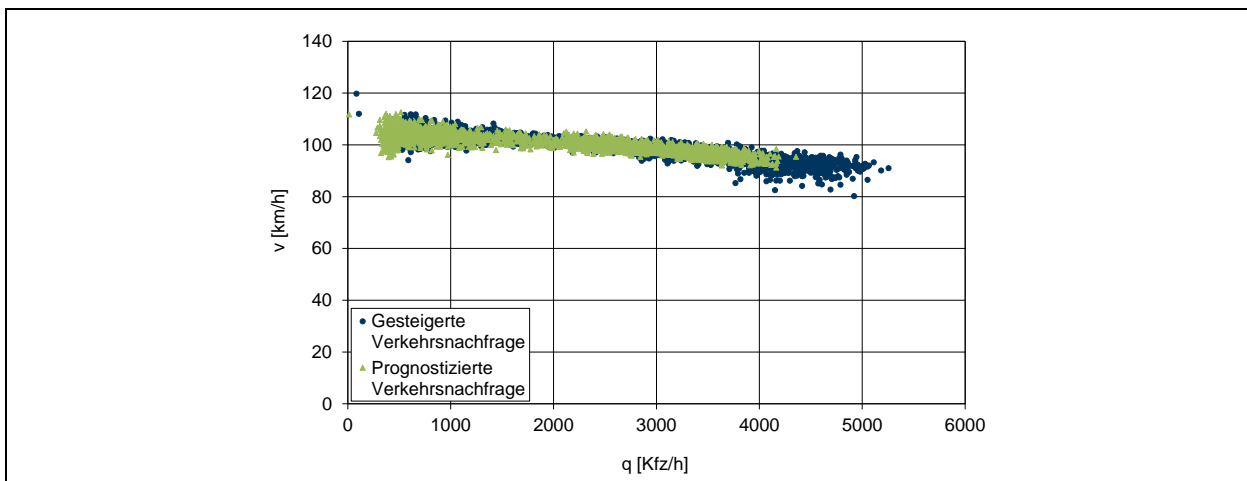
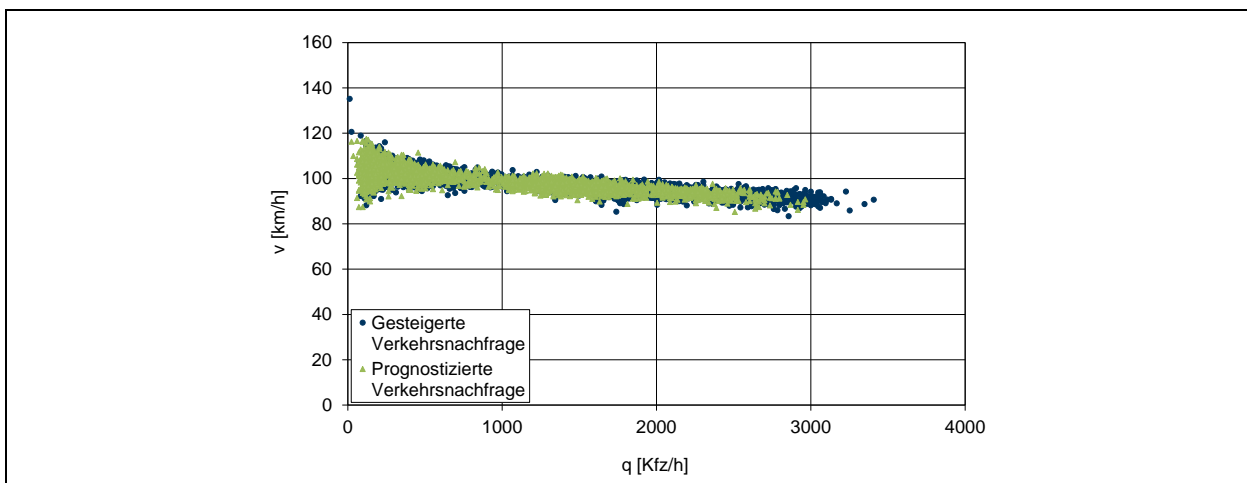
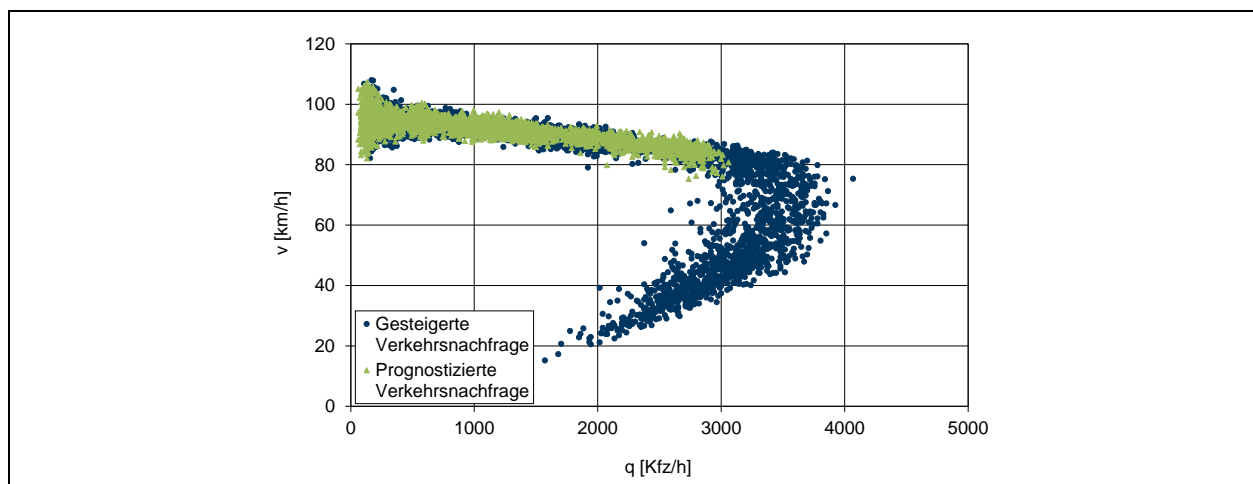
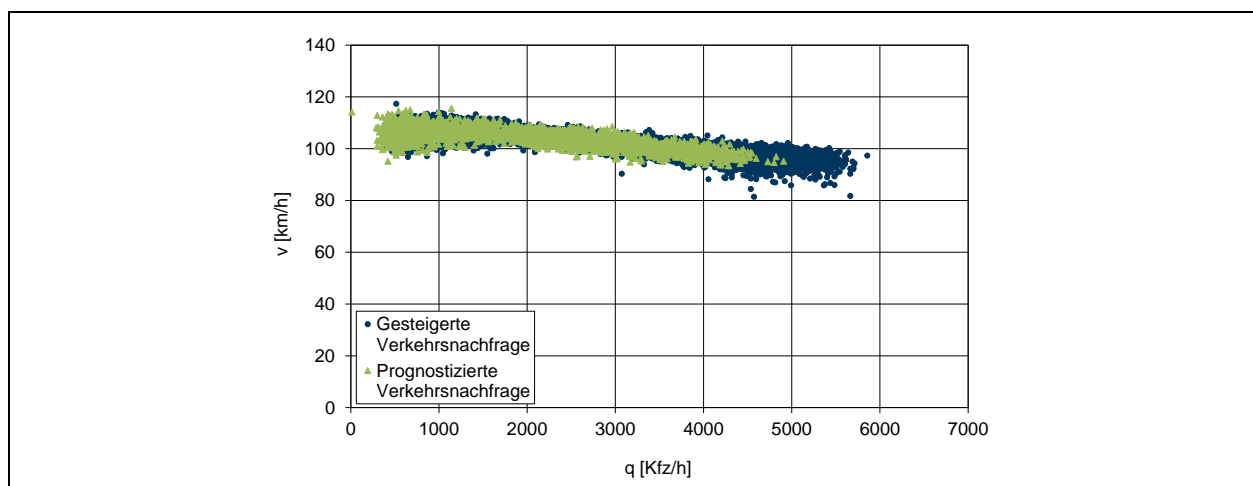
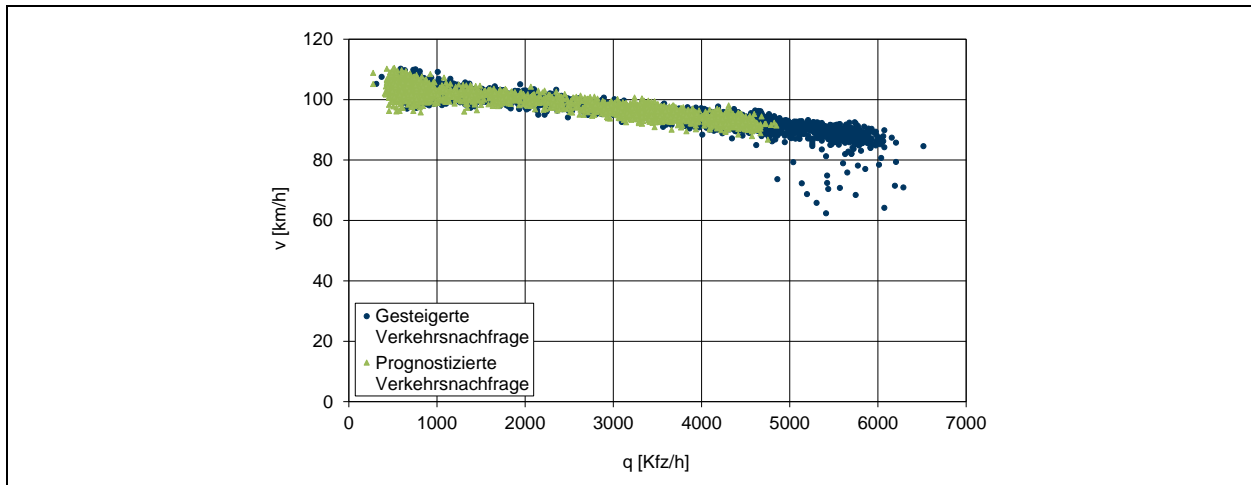
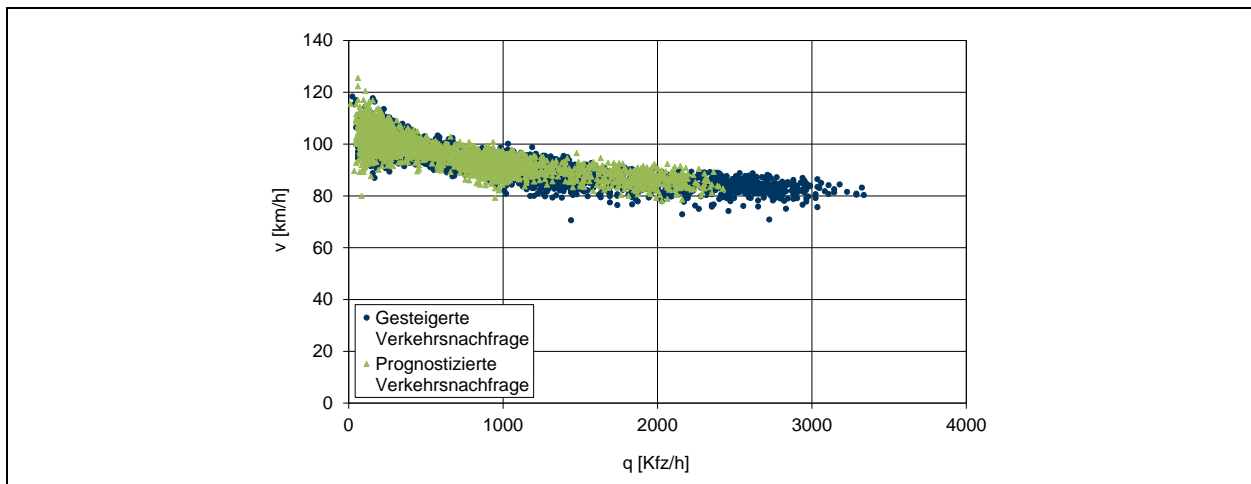
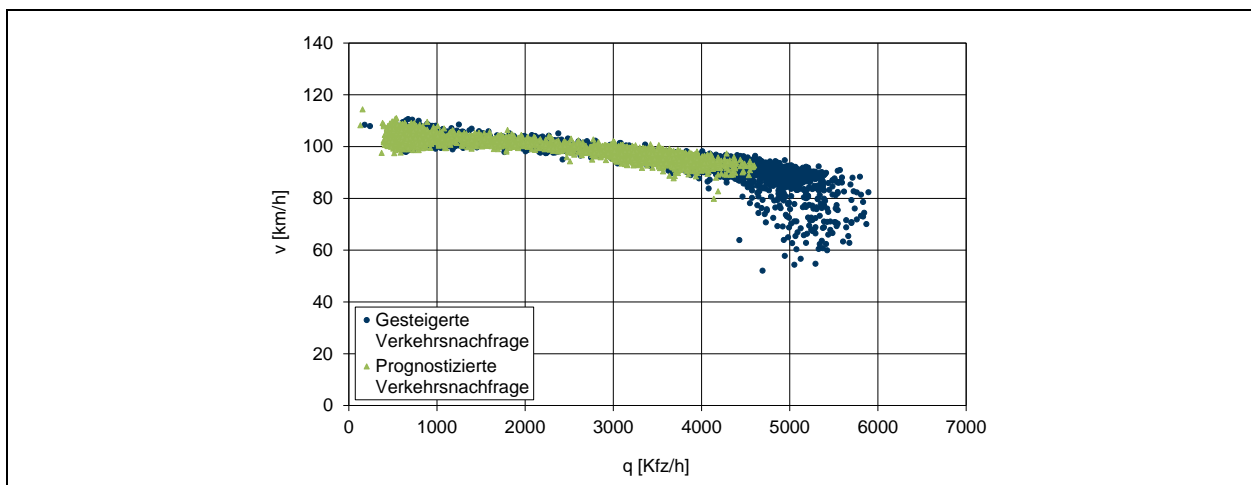


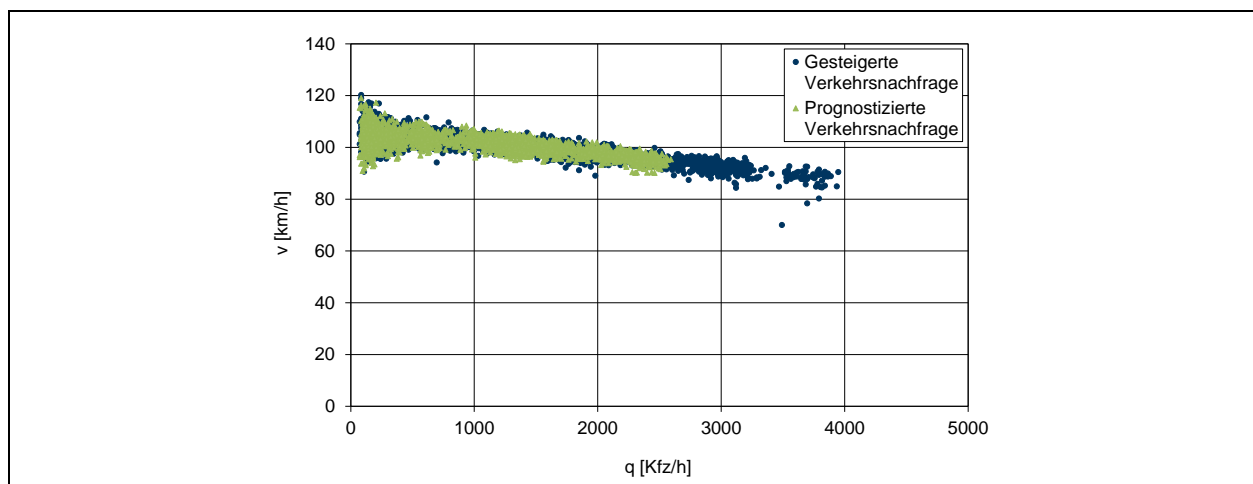
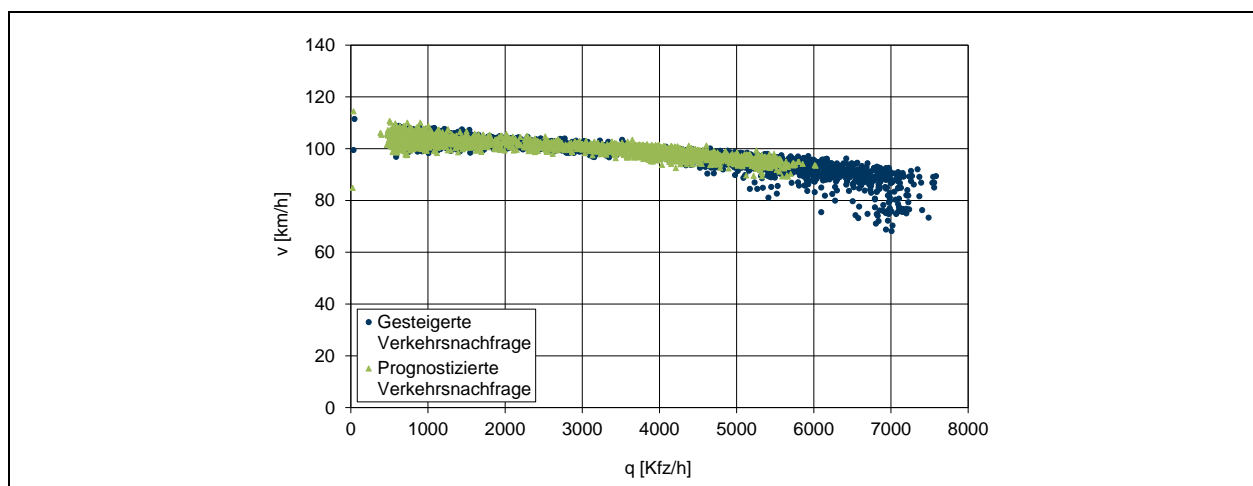
Bild C-3: Fahrlinien der Lkw in Entwurfsvariante 2b



**Anhang D Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 1, Planfall 6****q-v-Diagramme der Messquerschnitte in Fahrtrichtung Nord****Bild D-1: Simulationsergebnisse für MQ N02 (AS HH-Harburg Æ AD Süderelbe)****Bild D-2: Simulationsergebnisse für MQ N08 (Hauptfahrbahn der A 1 im AD Norderelbe)****Bild D-3: Simulationsergebnisse für MQ N09 (Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden zur A 255)**

**Bild D-4: Simulationsergebnisse für MQ N10 (Rampe im AD Norderelbe von der A 255 zur A 1 nach Norden)****Bild D-5: Simulationsergebnisse für MQ N15 (AD HH-Südost Æ AS HH-Moorfleet)**

**q-v-Diagramme der Messquerschnitte in Fahrtrichtung Süd****Bild D-6: Simulationsergebnisse für MQ S03 (AS HH-Moorfleet ÷ AD HH-Südost)****Bild D-7: Simulationsergebnisse für MQ S07 (Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden zur A 255)****Bild D-8: Simulationsergebnisse für MQ S08 (Hauptfahrbahn der A 1 im AD Norderelbe)**

**Bild D-9: Simulationsergebnisse für MQ S09 (Rampe im AD Norderelbe von der A 255 zur A 1 nach Süden)****Bild D-10: Simulationsergebnisse für MQ S16 (AD Süderelbe Æ AS HH-Harburg)**

## Anhang E Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2, Planfall 6

### q-v-Diagramme der Messquerschnitte in Fahrtrichtung Nord

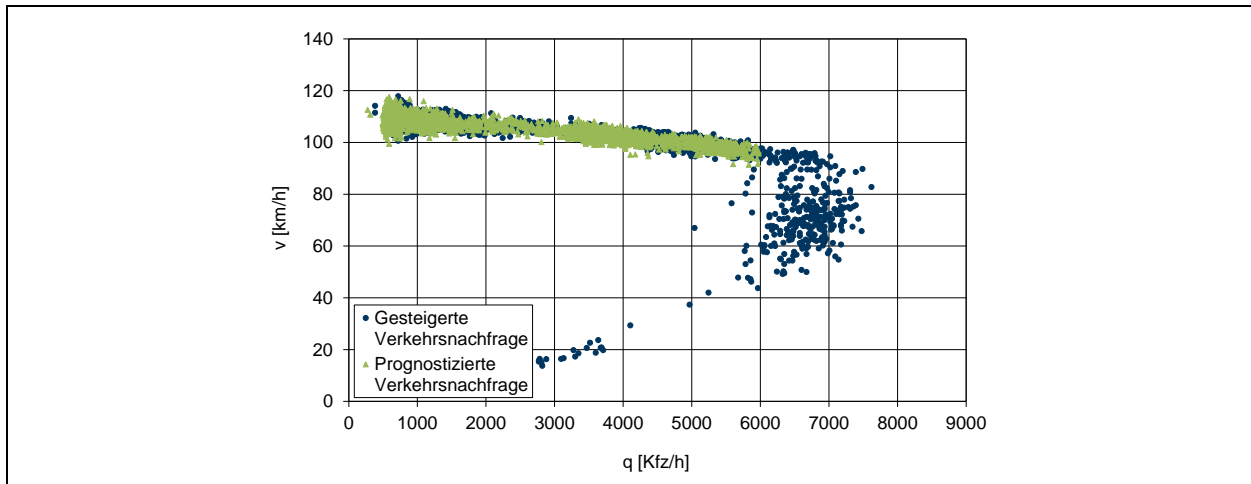


Bild E-1: Simulationsergebnisse für MQ N02 (AS HH-Harburg Æ AD Süderelbe)

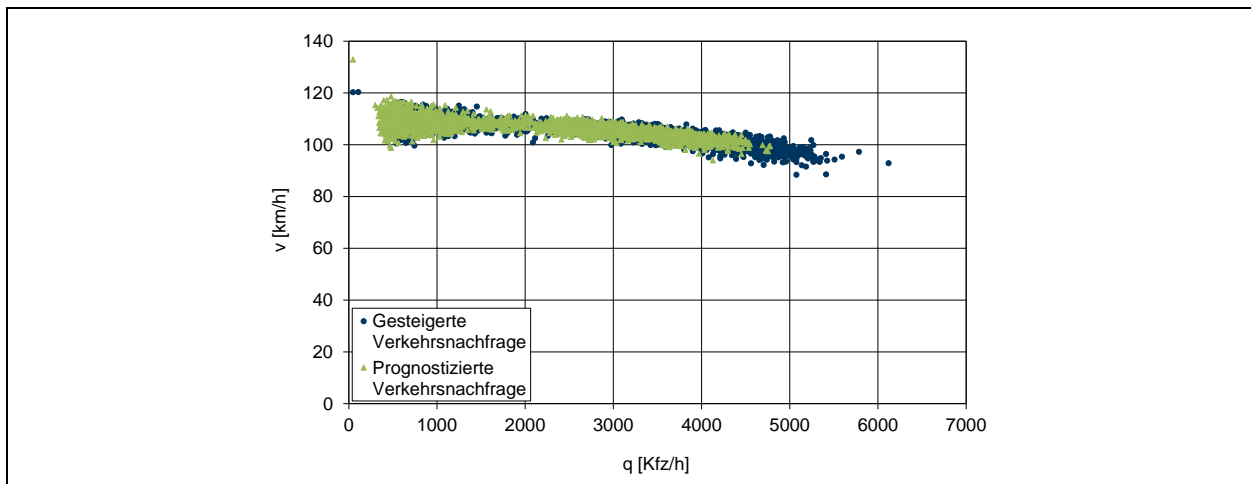


Bild E-2: Simulationsergebnisse für MQ N08 (Hauptfahrbahn der A 1 im AD Norderelbe)

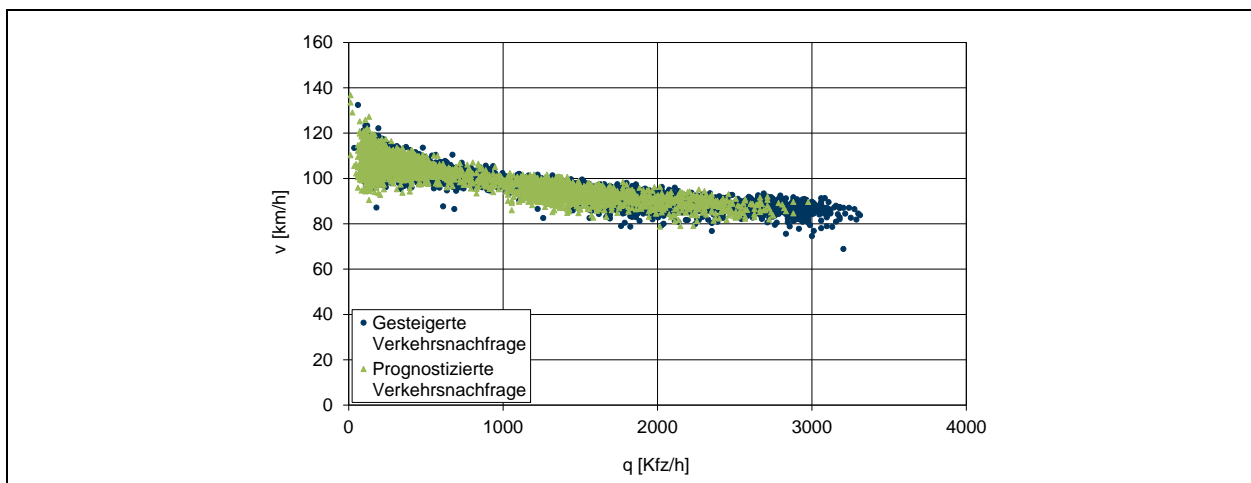
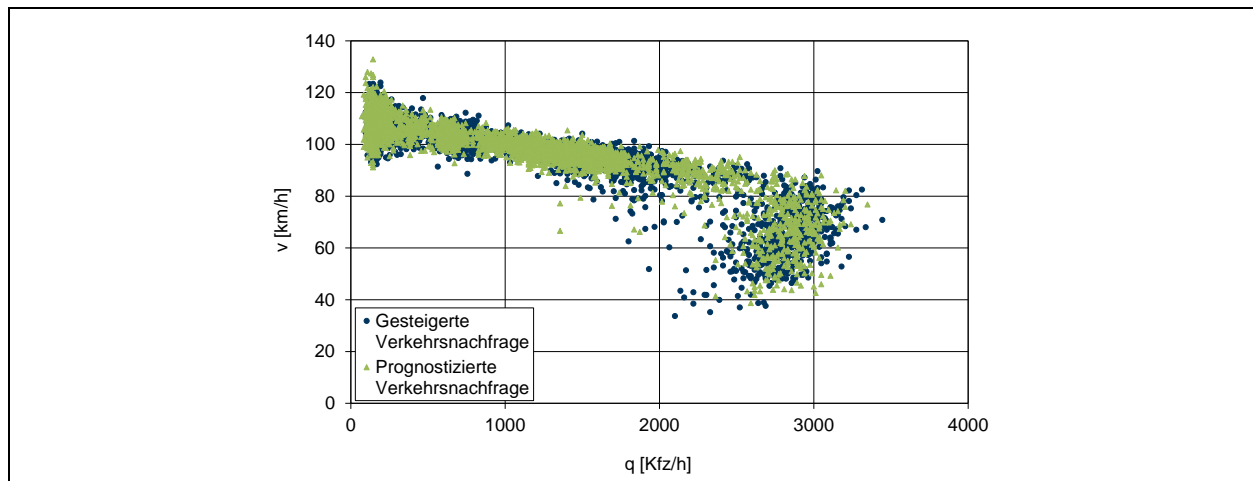
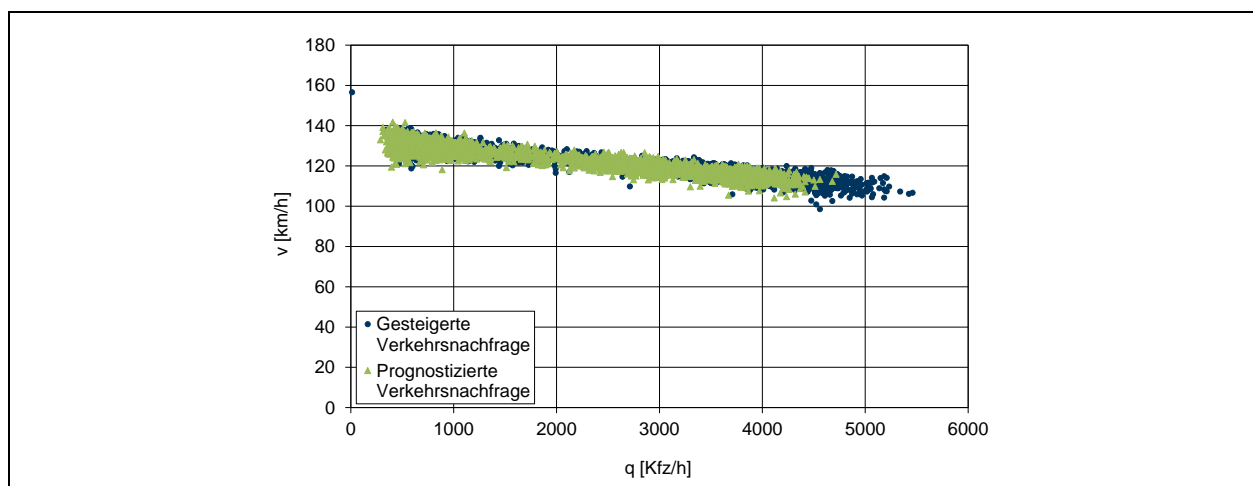
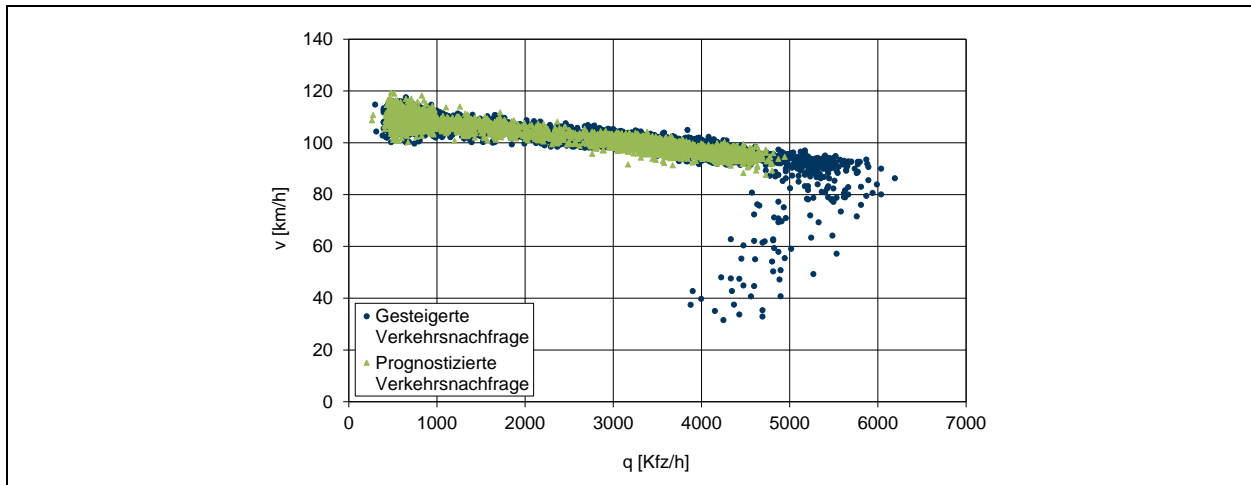
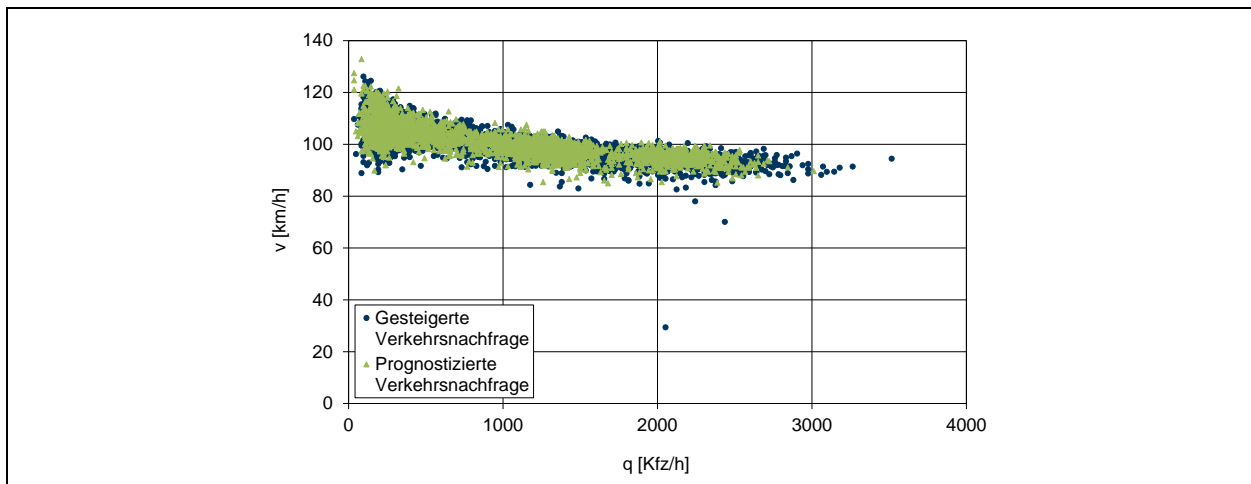
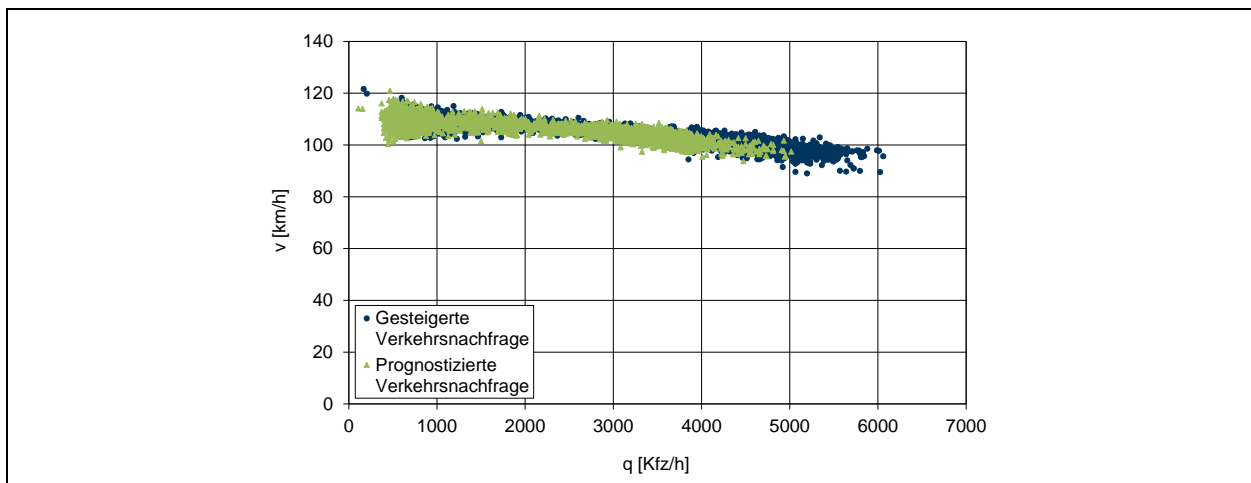


Bild E-3: Simulationsergebnisse für MQ N09 (Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden zur A 255)

**Bild E-4: Simulationsergebnisse für MQ N10 (Rampe im AD Norderelbe von der A 255 zur A 1 nach Norden)****Bild E-5: Simulationsergebnisse für MQ N15 (AD HH-Südost Æ AS HH-Moorfleet)**

**q-v-Diagramme der Messquerschnitte in Fahrtrichtung Süd****Bild E-6: Simulationsergebnisse für MQ S03 (AS HH-Moorfleet ÷ AD HH-Südost)****Bild E-7: Simulationsergebnisse für MQ S07 (Rampe im AE Norderelbe von der A 1 aus Norden zur A255)****Bild E-8: Simulationsergebnisse für MQ S08 (Hauptfahrbahn der A 1 im AD Norderelbe)**

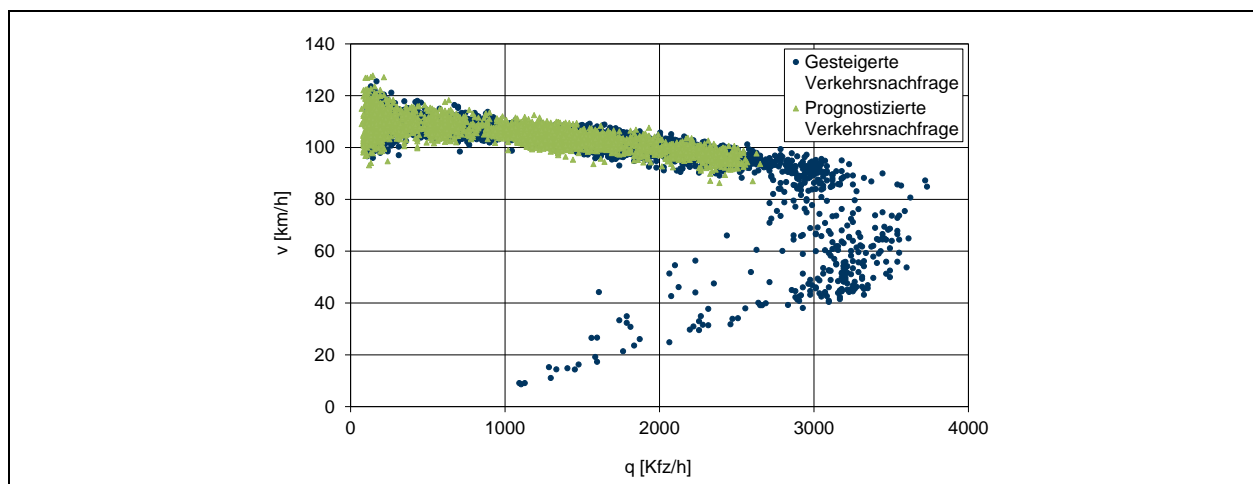


Bild E-9: Simulationsergebnisse für MQ S09 (Rampe im AD Norderelbe von der A 255 zur A 1 nach Süden)

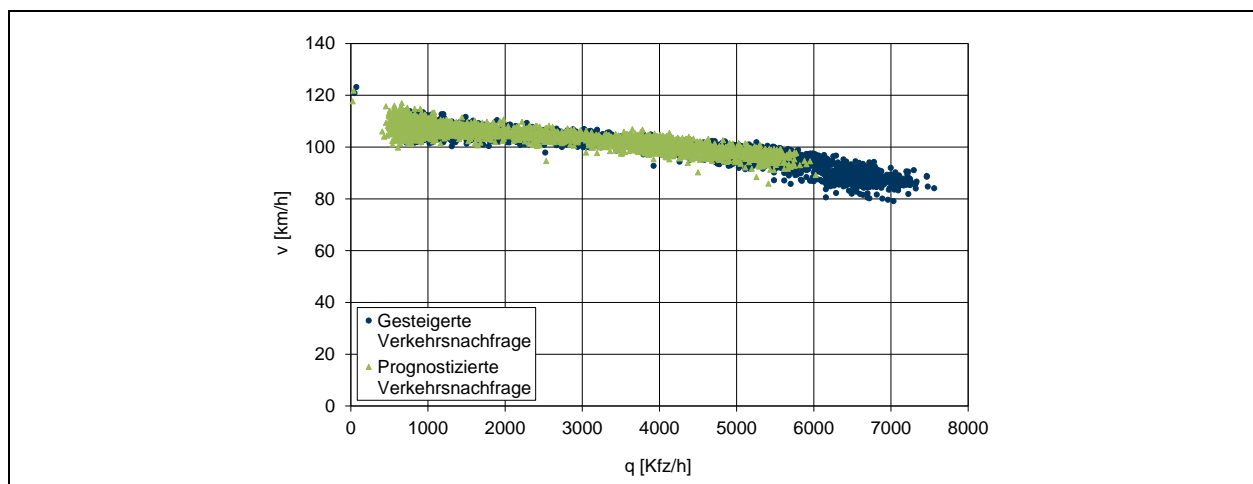


Bild E-10: Simulationsergebnisse für MQ S16 (AD Süderelbe Æ AS HH-Harburg)



## Anhang F Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2b, Planfall 6

### q-v-Diagramme der Messquerschnitte in Fahrtrichtung Nord

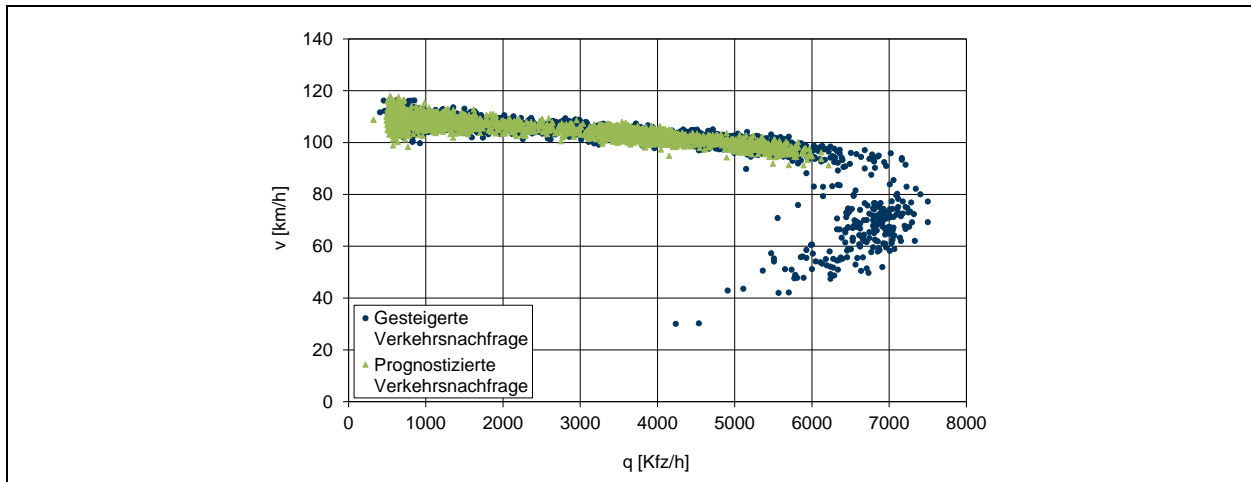


Bild F-1: Simulationsergebnisse für MQ N02 (AS HH-Harburg Æ AD Süderelbe)

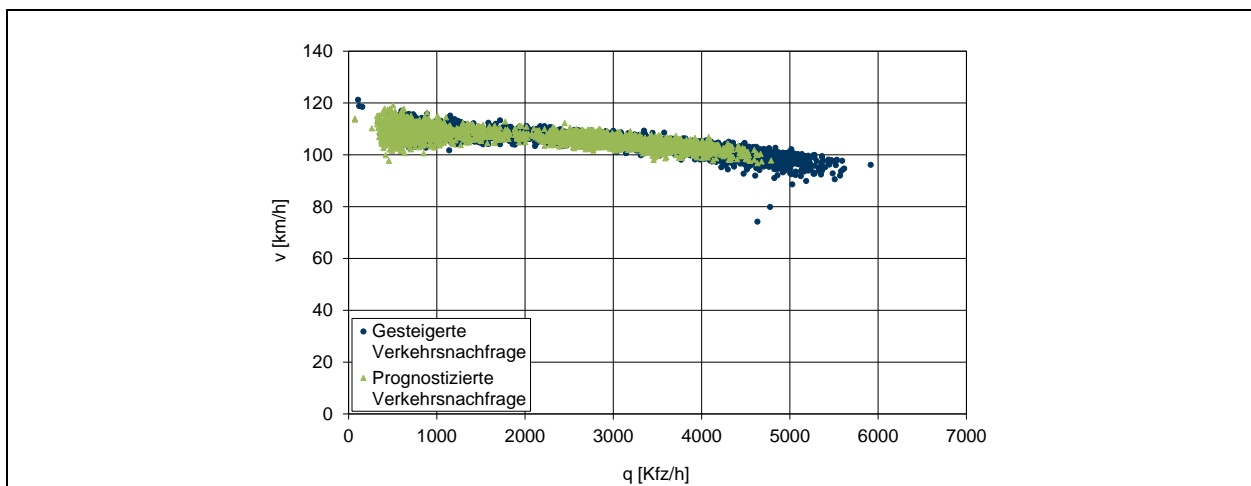


Bild F-2: Simulationsergebnisse für MQ N08 (Hauptfahrbahn der A 1 im AD Norderelbe)

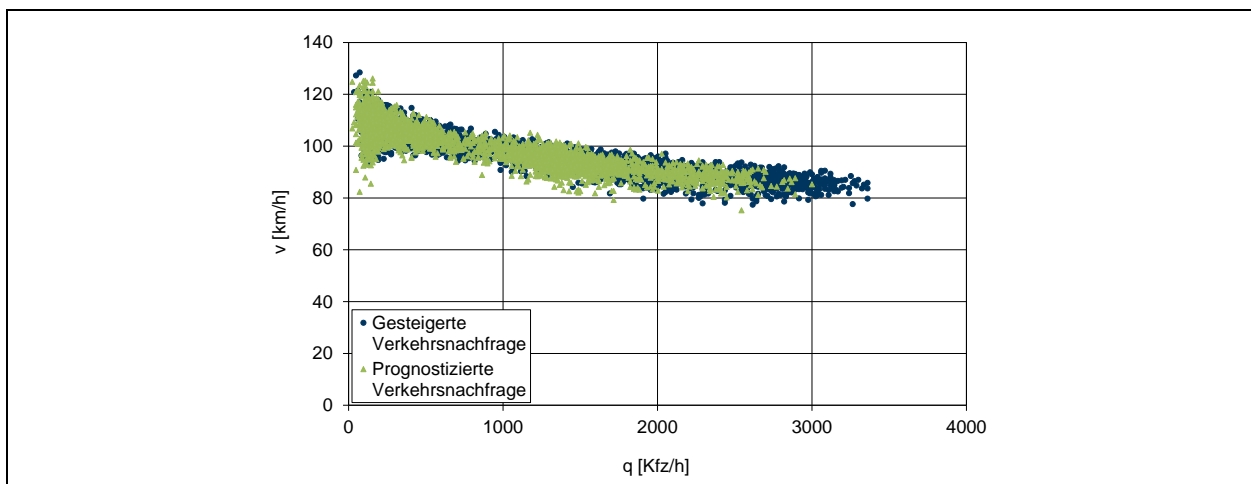
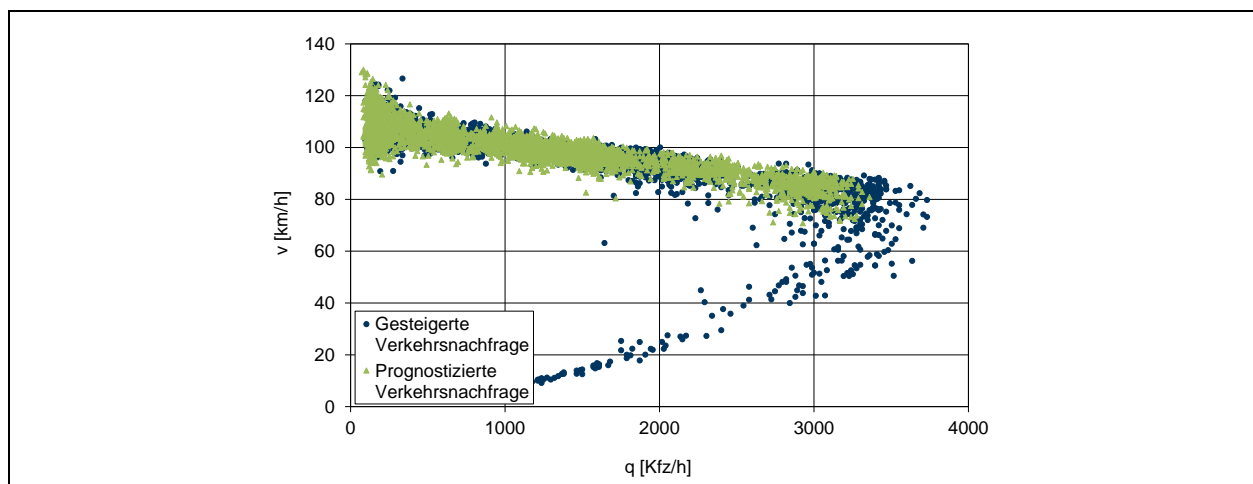
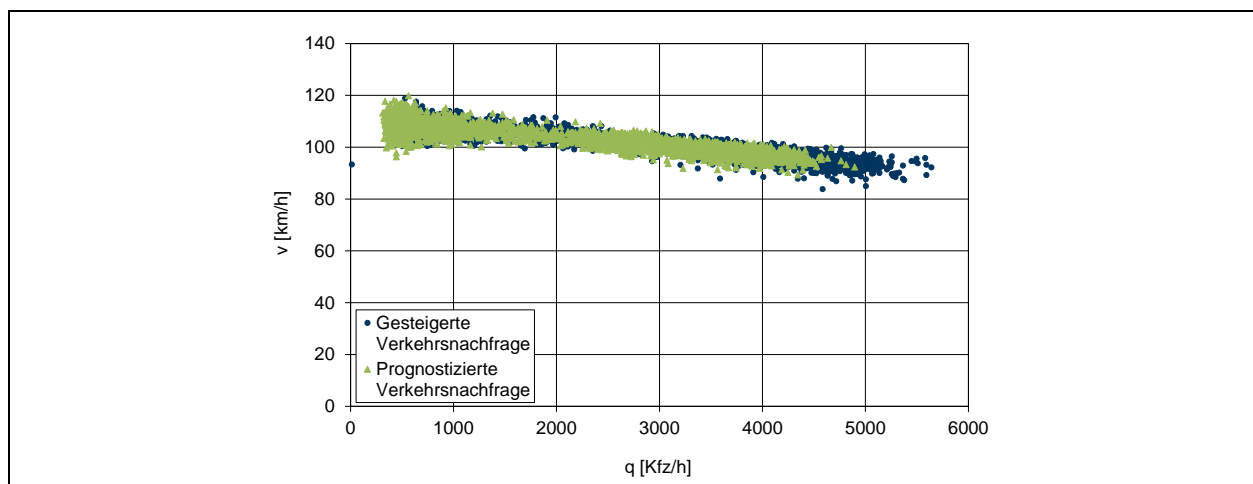
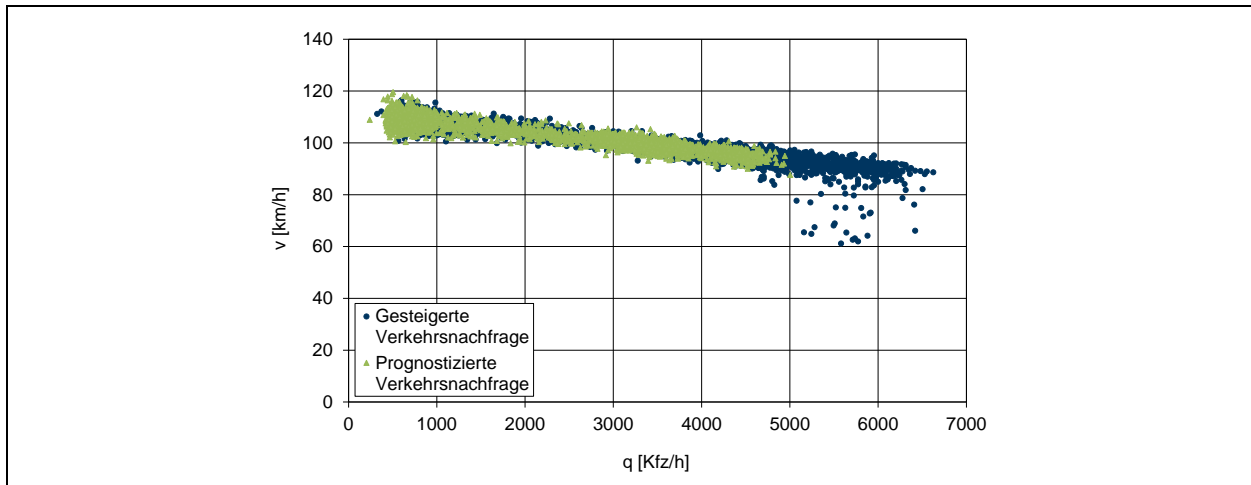
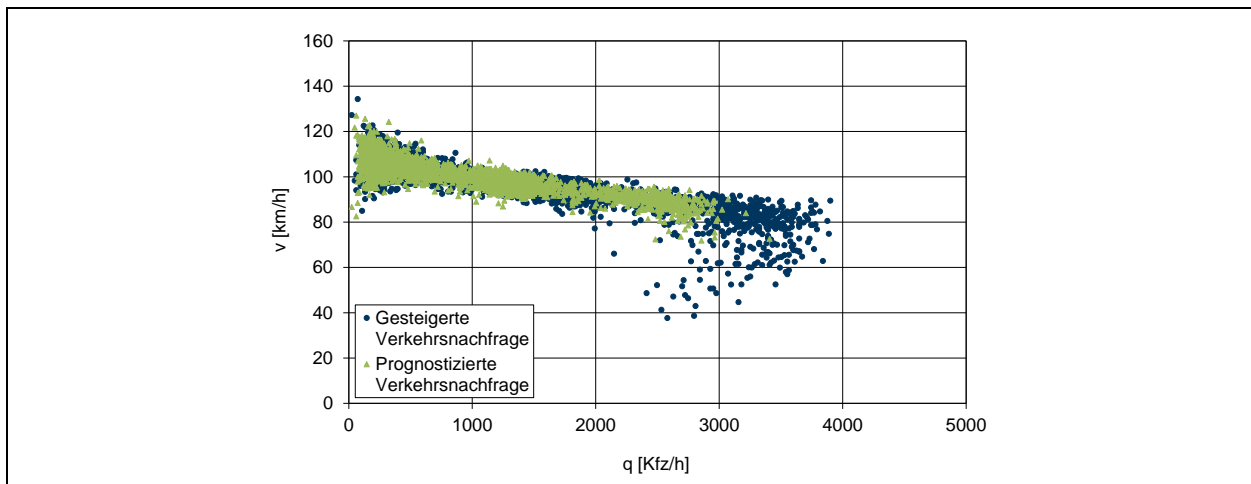
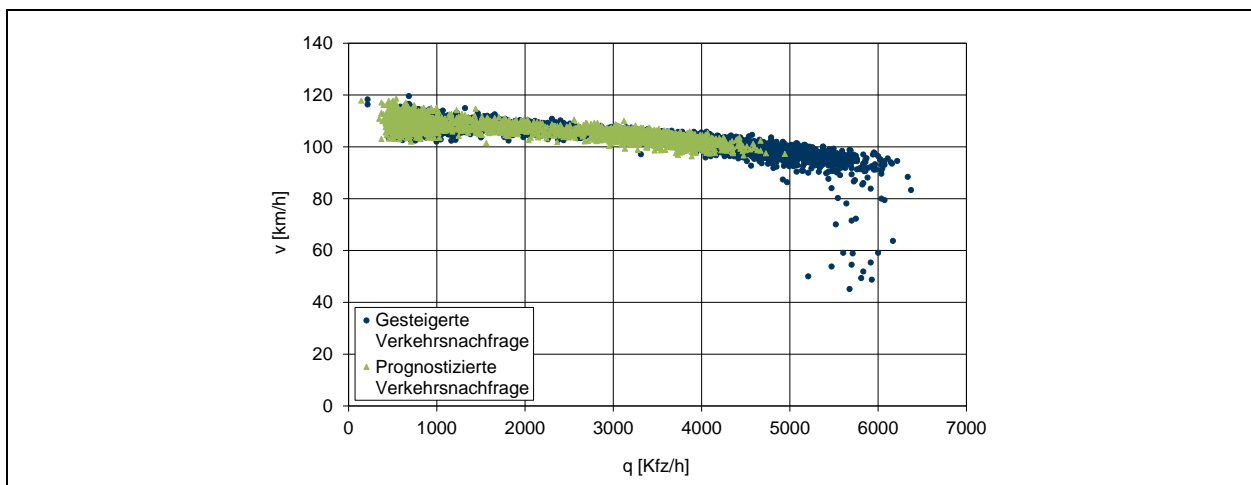
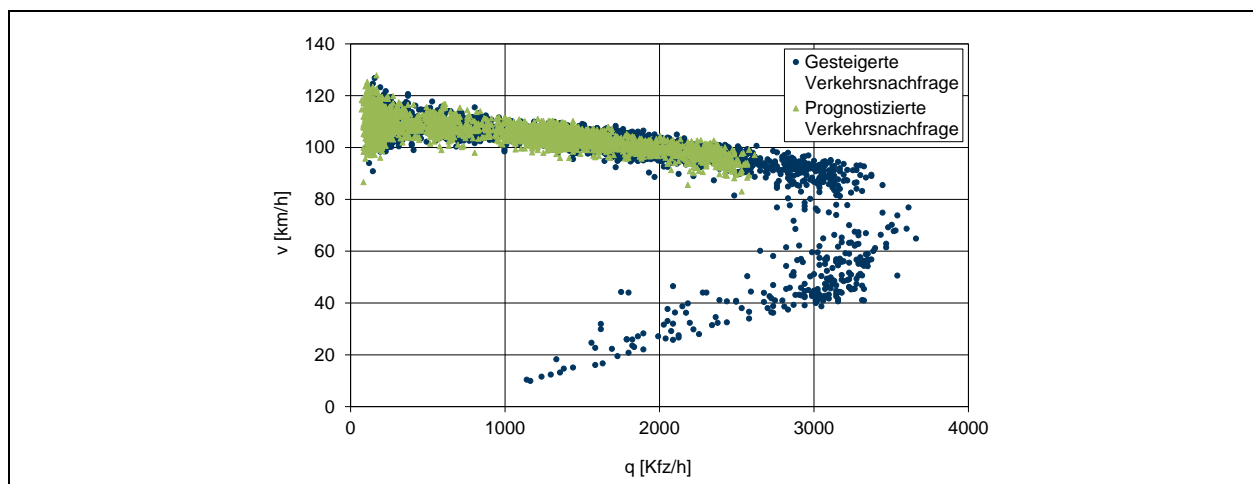
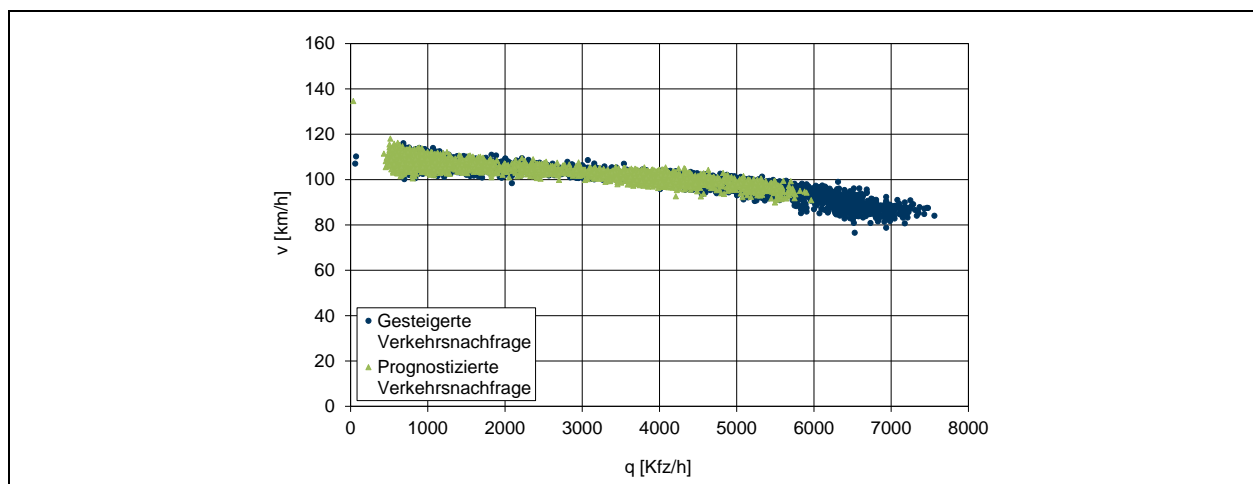
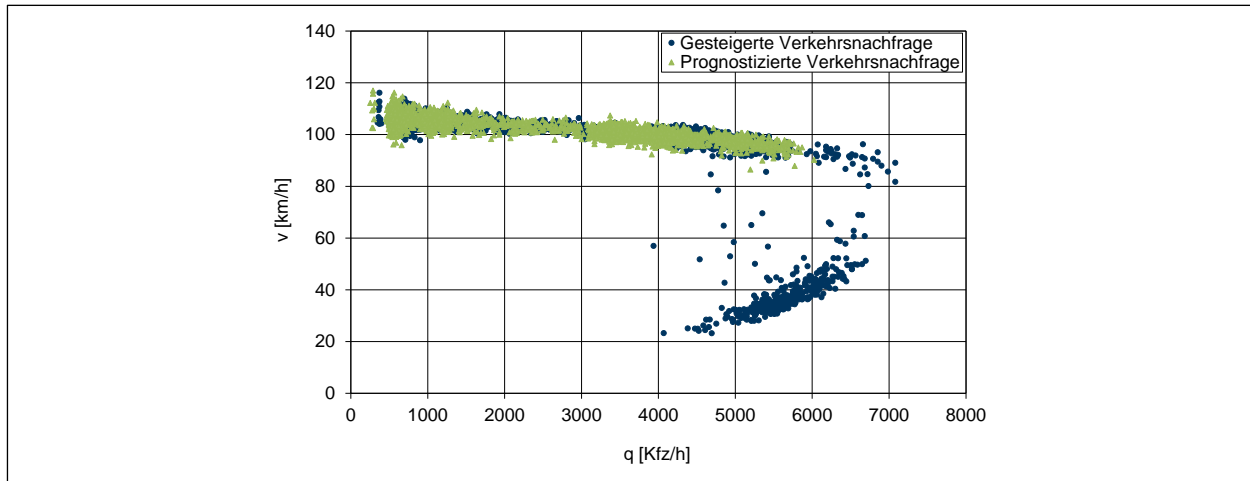
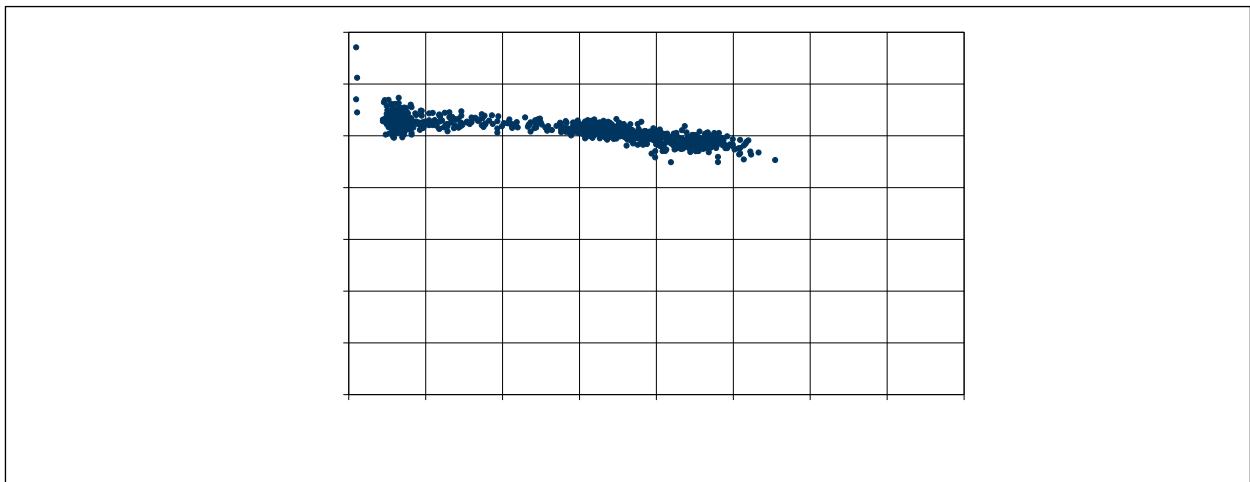
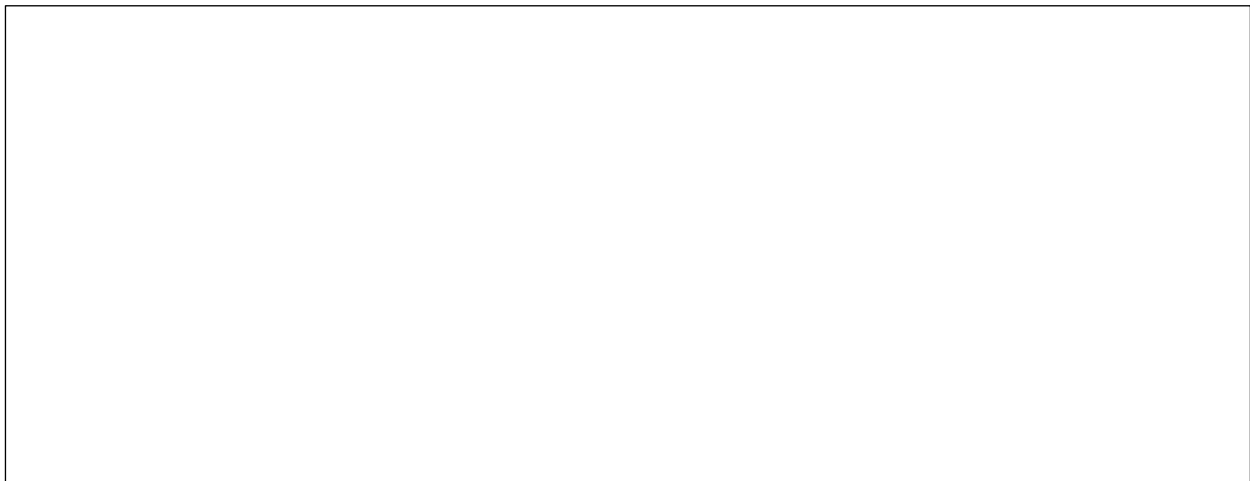


Bild F-3: Simulationsergebnisse für MQ N09 (Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden zur A 255)

**Bild F-4: Simulationsergebnisse für MQ N10 (Rampe im AD Norderelbe von der A 255 zur A 1 nach Norden)****Bild F-5: Simulationsergebnisse für MQ N15 (AD HH-Südost Æ AS HH-Moorfleet)**

**q-v-Diagramme der Messquerschnitte in Fahrtrichtung Süd****Bild F-6: Simulationsergebnisse für MQ S03 (AS HH-Moorfleet ÷ AD HH-Südost)****Bild F-7: Simulationsergebnisse für MQ S07 (Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Norden zur A255)****Bild F-8: Simulationsergebnisse für MQ S08 (Hauptfahrbahn der A 1 im AD Norderelbe)**

**Bild F-9: Simulationsergebnisse für MQ S09 (Rampe im AD Norderelbe von der A 255 zur A 1 nach Süden)****Bild F-10: Simulationsergebnisse für MQ S16 (AD Süderelbe Æ AS HH-Harburg)**

**Anhang G Simulationsergebnisse für Entwurfsvariante 2b, Planfall 27****q-v-Diagramme der Messquerschnitte in Fahrtrichtung Nord****Bild G-1: Simulationsergebnisse für MQ N02 (AS HH-Harburg Æ AD Süderelbe)****Bild G-2: Simulationsergebnisse für MQ N08 (Hauptfahrbahn der A 1 im AD Norderelbe)****Bild G-3: Simulationsergebnisse für MQ N09 (Rampe im AD Norderelbe von der A 1 aus Süden zur A 255)**





