

Regierungsbezirk: Köln  
Kreis: Rhein-Sieg Kreis  
Stadt/Gemeinde: Stadt Sankt Augustin,  
Stadt Bonn  
Gemarkungen: Beuel, Hangelar, Meindorf,  
Menden, Niedermenden



## **FESTSTELLUNGSENTWURF**

### **1. Deckblatt**

#### **A 59**

#### **8-streifiger Ausbau**

#### **AD Sankt Augustin-West bis AD Bonn-Nordost**

#### **Bau-km: 23+440 bis 26+650**

### **Verkehrsuntersuchungen**

### **Mikrosimulation 2011**

Bestehend aus 54 Blatt  
(einschließlich dieser Titelseite)

**Aufgestellt** Köln, 15.03.2019  
Die Leiterin der Regionalniederlassung Rhein-Berg  
Im Auftrag  
gez. Willi Kolks

#### **Satzungsgemäß ausgelegen**

in der Zeit vom: \_\_\_\_\_

bis einschließlich: \_\_\_\_\_

in der Stadt/Gemeinde: \_\_\_\_\_

Zeit und Ort der Auslegung des Planes sind rechtzeitig  
vor Beginn der Auslegung ortsüblich bekannt gemacht  
worden.

Stadt/Gemeinde: \_\_\_\_\_

(Dienstsiegel)

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift)

# **Aktualisierung der Leistungsfähigkeitsuntersuchung für den Abschnitt der BAB A59 zwischen dem AD Sankt Augustin-West und dem AD Bonn-Beuel**

**- Schlussbericht -**

Bearbeitung:  
Dipl.-Ing. Michael Vieten  
Christian Eckert  
Silvia Schmidt

**Projekt A 4072 / 21.Januar 2011**

Erstellt im Auftrag  
des Landesbetriebes Straßenbau NRW  
Regionalniederlassung Rhein-Berg  
Außenstelle Köln

# Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Vorgehensweise</b>	<b>2</b>
2.1	Grundlagendaten der Untersuchung	2
2.2	Grundlagen des Mikroskopischen Verkehrsflussmodells	3
2.3	Kalibrierung und Validierung des Verkehrsmodells	4
2.4	Untersuchungsmethodik der Variantenanalyse	6
<b>3</b>	<b>Variantenanalyse</b>	<b>9</b>
3.1	Vorgehensweise	9
3.2	Variante 0 (Vorentwurfsplanung aus 2004)	10
3.2.1	Beschreibung	10
3.2.2	Stabilität des Verkehrsflusses	10
3.3	Variante A	11
3.3.1	Beschreibung	11
3.3.2	Stabilität des Verkehrsflusses	11
3.4	Variante B	12
3.4.1	Beschreibung	12
3.4.2	Stabilität des Verkehrsflusses	13
3.5	Variante C	14
3.5.1	Beschreibung	14
3.5.2	Stabilität des Verkehrsflusses	14
3.5.3	Leistungsfähigkeit	18
3.5.4	Qualität des Verkehrsablaufs	19
3.6	Variante D	19
3.6.1	Beschreibung	19
3.6.2	Stabilität des Verkehrsflusses	20
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>21</b>
	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>23</b>

## Anlagen

# 1 Aufgabenstellung

Im Jahr 2005 wurde vom Anbieter eine Leistungsfähigkeitsuntersuchung für den Abschnitt der BAB A59 zwischen dem AD Sankt Augustin-West und dem AD Bonn-Beuel durchgeführt [1]. Hierbei wurden mittels einer Simulationsstudie unter Einsatz eines Mikroskopischen Verkehrsflussmodells verschiedene Ausbauvarianten des betrachteten Abschnitts bezüglich der Leistungsfähigkeit und Verkehrsqualität untersucht. Aus dieser Leistungsfähigkeitsuntersuchung entstand für den Abschnitt der BAB A59 zwischen dem AD Sankt Augustin-West und dem AD Bonn-Beuel eine Vorentwurfsplanung, die derzeit auf dem Genehmigungsweg bei den Ministerien ist.

Die damalige Leistungsfähigkeitsuntersuchung aus dem Jahr 2005 [1] berücksichtigt Verkehrsbelastungen für einen Prognosezeitpunkt 2020, die aus einer Verkehrsuntersuchung im Rahmen der Ausbauplanung der BAB A59 zwischen der AS Flughafen und dem AD Bonn-Beuel stammen [2]. Mittlerweile wurde die der Leistungsfähigkeitsuntersuchung zugrunde liegende Verkehrsuntersuchung auf den Prognosezeithorizont 2025 fortgeschrieben [3]. Da es zum Prognosezeithorizont 2025 zu veränderten Verkehrsbelastungen im betrachteten Abschnitt der BAB A59 zwischen dem AD Sankt Augustin-West und dem AD Bonn-Beuel gegenüber dem Prognosezeithorizont 2020 kommen wird, bedarf es ebenso einer Fortschreibung der Leistungsfähigkeitsuntersuchung.

Die grundlegende Methodik der Fortschreibung der Leistungsfähigkeitsuntersuchung entspricht der Methodik der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1].

## 2 Vorgehensweise

### 2.1 Grundlagendaten der Untersuchung

Die Datengrundlage für den zu betrachtenden Teilabschnitt der BAB A59 zwischen dem AD Sankt Augustin-West und dem AD Bonn-Beuel bildet die im Rahmen der Verkehrsuntersuchung zur Ausbauplanung der BAB A59 durchgeführte Fortschreibung der Hauptuntersuchung [3]. Dieser Untersuchung wurden die maßgeblichen stündlichen Verkehrsbelastungen (MSV) sowie die Verkehrsbeziehungen im Untersuchungsbereich entnommen.

Die in der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1] betrachteten fünf Gestaltungsvarianten für den betrachteten Abschnitt der BAB A59 wurden in der vorliegenden Leistungsfähigkeitsbetrachtung wiederum unter Berücksichtigung der neuen Rahmenbedingungen betrachtet.

Alle fünf Varianten weisen im Bereich zwischen der Einfahrt und der Ausfahrt vier durchgehende Fahrstreifen in beide Fahrtrichtungen auf. Die Einfahrts- und Ausfahrtssituation unterscheiden sich bei allen fünf Varianten voneinander, sind jedoch jeweils in beide Fahrtrichtungen identisch. Im Folgenden sind kurz die Unterschiede der fünf Varianten aufgeführt, welche in **Anlage 1** zusätzlich schematisch dargestellt sind:

- Variante 0:
  - Einfahrt: Typ E5 an dreistreifiger Hauptfahrbahn gemäß RAA [4]
  - Ausfahrt: Typ A4 an vierstreifiger Richtungsfahrbahn gemäß RAA [4]



- Variante A:
  - Einfahrt: Typ E5 an dreistreifiger Hauptfahrbahn gemäß RAA [4]
  - Ausfahrt: Typ A8 gemäß RAA [4] zzgl. einer Fahrstreifenaddition auf der Hauptfahrbahn
- Variante B:
  - Einfahrt: Typ E3 an zweistreifiger Hauptfahrbahn mit zweistreifiger Einfahrtrampe Q2 und doppelter Fahrstreifenaddition gemäß RAA [4]
  - Ausfahrt: Typ A8 gemäß RAA [4]
- Variante C:
  - Einfahrt: Typ E3 an zweistreifiger Hauptfahrbahn mit zweistreifiger Einfahrtrampe Q2 und doppelter Fahrstreifenaddition gemäß RAA [4]
  - Ausfahrt: Typ A5 mit dreistreifiger Hauptfahrbahn gemäß RAA [4], allerdings mit einem zusätzlichen Verzögerungstreifen für die zweite Ausfahrt
- Variante D:
  - Einfahrt: Kombination der Typen E1 und E3 an dreistreifiger Hauptfahrbahn gemäß RAA [4], wobei der linke Fahrstreifen der Einfahrtrampe gemäß Typ E1 an die Hauptfahrbahn angebunden wird und der rechte Fahrstreifen räumlich versetzt anschließend gemäß Typ E3 zur dreistreifigen Hauptfahrbahn addiert wird
  - Ausfahrt: Typ A5 mit dreistreifiger Hauptfahrbahn gemäß RAA [4], allerdings mit einem zusätzlichen Verzögerungstreifen für die zweite Ausfahrt

## 2.2 Grundlagen des Mikroskopischen Verkehrsflussmodells

Für den Untersuchungsabschnitt wurde ein Mikroskopisches Verkehrsflussmodell mit dem Programmsystem VISSIM (Version 5.30) erstellt.

Grundlage des Verkehrsflussmodells ist das Straßennetzmodell, das aus der vorangegangenen Verkehrsuntersuchung [1] für alle fünf Varianten übernommen werden konnte. Dieses Netzmodell umfasst den Bereich der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel sowie einen Vor- und einen Nachlauf. Der Vorlauf für das AD Sankt Augustin-West umfasst dabei rd. 3km (zur Abbildung der Spurwechselvorgänge vor dem Ausfahrtbereich) und der Nachlauf rd. 1km. Für das AD Bonn-Beuel beträgt der Vor- und Nachlauf nur 1km, da hier eine exakte Abbildung der südlichen Anbindung der BAB A59 an die BAB A565 nicht Bestandteil der Untersuchung ist, da wie in der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1] die Betrachtung auf die Fahrtrichtung der BAB A59 vom AD Sankt Augustin-West zum AD Bonn-Beuel (Fahrtrichtung Bonn) im Fokus der Untersuchung stand. Der Grund für diese Vorgehensweise ist die Ähnlichkeit der Verkehrsbeziehungen und der Verkehrsmengen in beide Fahrtrichtungen. Die MSV-Verkehre in Fahrtrichtung Bonn und die Verflechtungsverkehrsmengen weisen dabei geringfügig

größere Werte auf. Daher ist zu vermuten, dass diese Fahrtrichtung den ungünstigeren Fall hinsichtlich der Qualität des Verkehrsablaufs darstellt.

Im AD Sankt Augustin-West wurden dabei sämtliche Fahrtbeziehungen abgebildet; im AD Bonn-Beuel nur die Fahrtbeziehungen von der BAB A59 auf die BAB A565 in Fahrtrichtung Bonn und die Fahrtbeziehungen von der BAB A565 auf die BAB A59 in Fahrtrichtung Köln.

Die zugrunde gelegten Verkehrsmengen sind der Hauptuntersuchung [3] entnommen und in der **Anlage 2** dargestellt. Dabei wurden wie in der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsbetrachtung [1] die Anteile der Verflechtungsverkehre um ca. 5% erhöht, um mögliche Ungenauigkeiten der Umlegung aus der Hauptuntersuchung [3] zu berücksichtigen. Es erfolgte eine Erhöhung der Verflechtungsverkehrsstärken, da diese das wesentliche Kriterium für die Leistungsfähigkeit und die Qualität des Verkehrsablaufs sind. Somit wurde eine „Worst-Case“-Prognosebelastung berücksichtigt.

Bei sämtlichen Variantenuntersuchungen wurde von einem regelgerechten Verkehrsverhalten ausgegangen.

Die Wunschgeschwindigkeitsverteilung der Pkw-Fahrer wurde zu 100 km/h (Standardabweichung 5 km) und die Wunschgeschwindigkeitsverteilung der Lkw-Fahrer zu 80 km/h (Standardabweichung 2,5 km/h) angesetzt. Diese Wunschgeschwindigkeitsverteilungen entsprechen der Verteilung der Geschwindigkeiten der Pkw und Lkw bei freier Fahrt auf diesem Abschnitt, die anhand von Auswertungen der Messquerschnitte in diesem Abschnitt bestimmt werden konnten.

Hinsichtlich der Orientierung der Verkehrsteilnehmer wurde definiert, dass diese die Wegweisung rd. 200m vorher erkennen (Sichtweite). Ab diesem Zeitpunkt finden evtl. erforderliche Spurwechselvorgänge statt. Die Wegweisung wurde dabei nach den entsprechenden Richtlinien [5] angesetzt.

## 2.3 Kalibrierung und Validierung des Verkehrsmodells

Die Grundlegendaten und die Rechenvorschriften des Verhaltensmodells werden innerhalb des Simulationsmodells durch Parameter eingestellt, mit denen das Fahrverhalten (Folgeverhalten, Spurwechselverhalten) an die gegebene Aufgabenstellung (vierstreifige Richtungsfahrbahn) angepasst wird. Unter Kalibrierung wird das Einstellen dieser Modellparameter verstanden. Dabei werden die Modellparameter derart geschätzt, dass die Abweichung zwischen Modell und Realität minimal ist. Nach erfolgreicher Kalibrierung muss das Simulationsmodell noch validiert werden. Als Validierung bezeichnet man den Nachweis, dass mit dem kalibrierten Modell ein empirischer Datensatz unter Einhaltung eines bestimmten Fehlers nachgebildet werden kann. Dabei sind Datensätze zu verwenden, die nicht für die Kalibrierung des Modells herangezogen wurden.

Der Arbeitsschritt der Kalibrierung und der Validierung ist für die Zuverlässigkeit der erzielbaren Aussagen im jeweiligen Anwendungsfall von entscheidender Bedeutung. Nur bei einem ausreichend validierten Modell ist es zulässig, quantitative Aussagen aus der Simulation auf die Realität zu übertragen. Bei der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1] wurden die Modellparameter, die das Fahrverhalten bestimmen, anhand der q-v-Diagramme des Handbuches für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 2001/05) [6] kalibriert. Grund für diese Vorgehensweise war, dass es sich bei den untersuchten Varianten einerseits um Planungen, für die naturgemäß keine empirische Datengrundlage vorhanden ist, und andererseits bei dem betrachteten Abschnitt um einen vierstreifigen Autobahnquerschnitt je Rich-

tung handelt, für den ebenfalls zum damaligen Zeitpunkt keine empirischen Grundlagen vorlagen.

In der vorliegenden Leistungsfähigkeitsuntersuchung konnte für die Kalibrierung und Validierung ein empirischer Datensatz herangezogen werden, der aus einem Messquerschnitt einer vierstreifigen Richtungsfahrbahn gewonnen wurde. Bei diesem Messquerschnitt handelt es sich um einen Messquerschnitt auf der BAB A3 zwischen dem AD Köln-Ost und dem AD Heumar. In **Anlage 3** ist das q-v-Diagramm dieser Messstelle für den Monat November im Zeitbereich der Hauptverkehrszeiten dargestellt. Aufgrund der unmittelbar räumlichen Nähe des Messquerschnittes zum betrachteten Abschnitt der BAB A59 ist in der vorliegenden Leistungsfähigkeitsuntersuchung davon ausgegangen, dass sich das Fahrverhalten auf diesen beiden Abschnitten nicht wesentlich voneinander unterscheidet. Ebenso ist die Verflechtungssituation auf dem Abschnitt der BAB A3 zwischen dem AD Köln-Ost und dem AD Heumar mit der Verflechtungssituation auf der BAB A59 zu vergleichen. Somit liegt ein deutlich besserer Datensatz für die Kalibrierung und Validierung zur Verfügung als dies in der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsbetrachtung [1] der Fall war.

Für die Kalibrierung und Validierung lagen insgesamt vier Datensätze für unterschiedliche Wochen aus dem November 2009 vor. Dabei wurden aus diesen Datensätzen jeweils nur die Zeitbereiche der Hauptverkehrszeiten zwischen 06.00 und 10.00 Uhr und zwischen 15.00 und 19.00 Uhr herangezogen. Damit lagen pro Woche insgesamt 40 Stunden mit Messdaten vor. Dies entspricht pro Woche 2.400 1-Minuten-Intervallen.

Die Datensätze wurden im Zeitbereich der Hauptverkehrszeiten um diejenigen 1-Minuten-Intervalle bereinigt, in denen zu erkennen war, dass es zu Stauungen im Bereich des Westquerschnittes kommt, die eindeutig aus stromaufwärts liegenden Engpässen stammen. Eine Kontrolle der Stabilität des Verkehrsflusses am Messquerschnitt zeigte, dass hier kein plötzlicher Verkehrszusammenbruch auftritt, sondern dass hier die Geschwindigkeiten in den 5-Minuten-Intervallen langsam und kontinuierlich abnehmen. Daher wurde am Messquerschnitt selbst die Kapazität nicht vollständig erreicht.

Anhand der 1-Minuten-Intervalle wurden die Modellparameter für den Datensatz der Kalenderwoche 45 aus dem Jahr 2009 derart eingestellt, dass eine gute Übereinstimmung zwischen den Simulationsdaten und den Messdaten zu erkennen war. Anschließend wurden die Simulationsdaten mit den Messdaten für die Kalenderwochen 46 bis 48 aus dem Jahr 2009 verglichen. Eine Auswertung von Fehlermaßen, wie sie die Hinweise zur Mikroskopischen Verkehrsflusssimulation [7] aufführen, zeigt, dass zwischen der Simulation und den Messdaten eine gute bis sehr gute Übereinstimmung vorliegt. In **Tabelle 1** sind die nach den Hinweisen zur Mikroskopischen Verkehrsflusssimulation [7] vorgeschlagenen Fehlermaße zusammengestellt. Darüber hinaus zeigt ein Vergleich der Zusammenhänge zwischen Dichte und mittlerer Pkw-Geschwindigkeit auch optisch eine gute Übereinstimmung (vgl. **Anlage 4**).

In **Anlage 5** sind die q-v-Beziehungen zweier Simulationsmodellen gegenübergestellt. Dabei liegen dem einen Simulationsmodell die Parametersätze zugrunde, die aus der Kalibrierung der vorliegenden Untersuchung stammen, und dem anderen die Parametersätze, die sich aus der Kalibrierung der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1] ergaben. Zwischen den beiden q-v-Beziehungen ist ein deutlicher Unterschied zu erkennen. Für die vierstreifige Richtungsfahrbahn ergeben sich unter Berücksichtigung der aktuellen Kalibrierung ab einer Verkehrsbelastung von etwa 6.500 Kfz/h zwischen 10 und 20 km/h höhere mittlere Pkw-Geschwindigkeiten gegenüber den Ergebnisse der Kalibrierung der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung. Ebenso ergibt sich eine rd. 1.000 Kfz/h höhere Kapazität für eine vierstreifige Richtungsfahrbahn aufgrund der neuen Kalibrierung.

Datensatz Kalenderwoche	RMSE	RMSPE	ME	MPE	U
45	3,7	4,0%	-2,6	-2,7%	0,017
46	2,7	3,1%	-0,6	-2,8%	0,013
47	3,4	3,6%	-2,3	-2,7%	0,016
48	2,9	3,3%	-0,3	-2,7%	0,013

<sup>1)</sup> RMSE = mittlerer quadratischer Fehler

<sup>2)</sup> RMSPE = mittlerer quadratischer prozentualer Fehler (gute Übereinstimmung bei <5%)

<sup>3)</sup> ME = mittlerer Fehler

<sup>4)</sup> MPE = mittlerer prozentualer Fehler (gute Übereinstimmung bei >-5% und <5%)

<sup>5)</sup> U = Ungleichheitskoeffizient nach Theil (gute Übereinstimmung bei <0,2)

**Tab. 1:** Zusammenstellung der Fehlermaße

## 2.4 Untersuchungsmethodik der Variantenanalyse

Da eine standardisierte Bewertung des Verkehrsablaufs aufgrund des Fehlens von geeigneten Berechnungsverfahren nicht möglich ist, wird der Verkehrsablauf anhand eines Mikroskopischen Verkehrsflussmodells mittels Simulation untersucht.

Aus dem Simulationsmodell können wesentliche Kenngrößen zum Verkehrsablauf und zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit gewonnen werden. Die wichtigsten Kenngrößen zur Beschreibung des Verkehrsablaufs sind dabei:

- die Verkehrsstärke  $q$  (Fahrzeuge Weg/Zeit)
- die Verkehrsdichte  $k$  (Fahrzeuge/Weg)
- die Geschwindigkeit  $v$  (gemittelt über alle Fahrzeuge).

Auf Basis dieser Kenngrößen wird der Teilabschnitt hinsichtlich

- Stabilität des Verkehrsflusses,
- Leistungsfähigkeit und
- Qualität des Verkehrsablaufs

beurteilt.

Zur Beurteilung wird auf standardmäßig angewandte Methoden zurückgegriffen.

### Stabilität des Verkehrsflusses

Umfangreiche Untersuchungen zum Verkehrsablauf auf Autobahnen zeigen, dass zur Beurteilung der Stabilität des Verkehrsflusses das Geschwindigkeitsniveau als Beurteilungskriterium geeignet ist [8].

Dabei wird der Übergang vom stabilen in den instabilen Verkehr durch ein Absinken der mittleren Geschwindigkeit unterhalb eines festgelegten Grenzwertes bestimmt. Eine Parameterstudie hat gezeigt, dass ein Verkehrsfluss mit einer mittleren Geschwindigkeit von über 75km/h als stabil anzusehen ist und dass dementsprechend ein Grenzwert von 75km/h gewählt werden sollte [8].

Dieser Grenzwert bezieht sich allerdings auf Autobahnabschnitte außerhalb von Knotenpunkten, der von Verflechtungsvorgängen weitgehend unbeeinflusst ist. Daher wurde in der vorliegenden Untersuchung alternativ ein Grenzwert von 70km/h

gewählt, um dem Einfluss der großen Anzahl an Verflechtungsvorgängen besser gerecht zu werden, da Verflechtungsvorgängen im Regelfall mit einer geringeren Geschwindigkeit einhergehen als der Verkehrsablauf auf einer freien Strecken.

Um zufällige Schwankungen im Verkehrsfluss von signifikanten Änderungen im Geschwindigkeitsniveau zu unterscheiden, erfolgt die Mittlung der Messwerte über einen bestimmten Zeitraum. Als geeigneter Zeitraum hat sich das 5-Minuten-Intervall erwiesen [9].

Neben der Betrachtung des Geschwindigkeitsniveaus in einem einzelnen Intervall, aus der abgeleitet werden kann, ob der Verkehrsfluss stabil oder instabil ist, ist zusätzlich die Geschwindigkeitsdifferenz von zwei aufeinanderfolgenden Intervallen für die Beurteilung des Verkehrsablaufes von Bedeutung. Während die Geschwindigkeitsdifferenzen im stabilen und instabilen Bereich des Verkehrsflusses zwischen zwei aufeinanderfolgenden Intervallen im Regelfall gering sind, sind größer Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen zwei aufeinanderfolgende Intervalle ein Indiz dafür, dass sich der Verkehrsfluss im Übergangsbereich vom stabilen in den instabilen Bereich befindet. Dieser Übergangsbereich wird auch als Verkehrszusammenbruch bezeichnet. Als Schwellenwert gilt ein Geschwindigkeitsabfall von über 15km/h zwischen zwei aufeinanderfolgenden 5-Minuten-Intervallen, um einen signifikanten Verkehrszusammenbruch zu identifizieren [10].

Dies bedeutet, wenn in einem 5-Minuten-Intervall, die Geschwindigkeit über 70 km/h liegt und in einem darauffolgenden 5-Minuten-Intervall die Geschwindigkeit unterhalb von 70 km/h liegt und gleichzeitig die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen diesen beiden Intervallen bei über 15 km/h liegt, dann liegt ein Verkehrszusammenbruch beim Übergang vom stabilen in den instabilen Bereich des Verkehrsflusses vor. Ist die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen diesen Intervallen kleiner als 15 km/h, so ist von einem kontinuierlichen Übergang zwischen stabilen und instabilen Bereich des Verkehrsflusses auszugehen.

Da es sich bei dem hier festgelegten Grenzwert von 70 km/h zwischen stabilem und instabilem Bereich des Verkehrsflusses um einen Erwartungswert, also um keinen absoluten Grenzwert, sondern um einen statistischen Mittelwert mit einem gewissen Streubereich, handelt, wurde zusätzlich eine weitere Bedingung zur Identifikation eines Verkehrszusammenbruchs definiert. Demnach liegt ein Verkehrszusammenbruch dann vor, wenn die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgenden 5-Minuten-Intervallen über 15 km/h liegt und gleichzeitig die Geschwindigkeit im betrachteten Intervall unter 80 km/h gesunken ist und im vorherigen Intervall bei über 70 km/h lag. Somit kann ein Verkehrszusammenbruch auch bei einer Geschwindigkeit von knapp unter 80 km/h vorliegen. Durch diese zusätzliche Bedingung wird berücksichtigt, dass der Übergang vom stabilen in den instabilen Verkehrsfluss in der Realität nicht bei einem exakten Grenzwert stattfindet, sondern in einer Bandbreite der Geschwindigkeit liegt, die in der vorliegenden Untersuchung im Bereich zwischen 70 km/h und 80 km/h angenommen wurde.

Für die Beurteilung der Stabilität des Verkehrsflusses im Rahmen dieser Untersuchung wurden daher folgende Kriterien für das Vorliegen eines Verkehrszusammenbruchs (Übergang vom stabilen in den instabilen Zustand) festgelegt:

1. Die Messwerte (Kenngröße) liegen gemittelt für ein 5-Minuten-Intervall vor.
2. Die mittlere Geschwindigkeit liegt im betrachteten 5-Minuten-Intervall unter 80km/h.
3. Die mittlere Geschwindigkeit lag im vorherigen 5-Minuten-Intervall über 70km/h.
4. Die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen beiden Intervallen liegt über 15km/h.



## Leistungsfähigkeit / Kapazität

Leistungsfähigkeitsuntersuchungen analysieren das Verhältnis von Verkehrsstärke und Geschwindigkeit bzw. durch den Zusammenhang aus der Kontinuitätsgleichung das Verhältnis von Verkehrsstärke zur Dichte oder von Geschwindigkeit zur Dichte. Dabei wird nicht ein Maximalwert sondern die Abhängigkeit der Kenngrößen voneinander über den gesamten Wertebereich betrachtet. Dieser Zusammenhang (teilweise auch als  $q$ - $v$ -Funktion bezeichnet) spielt eine wichtige Rolle im Bemessungsverfahren des HBS [6].

Zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit einer Verkehrsanlage müssen Wege zur Beschreibung der wegen der Zufälligkeit des Verkehrsflusses streuenden Punktfolgen gefunden werden. Dazu werden im Regelfall Verkehrsflussmodelle verwendet (sog. Fundamentaldiagrammmethode). Für die Analyse von Messwerten hat sich sowohl in der Realität als auch für die Simulation der Modellansatz nach Wu als zuverlässig erwiesen [11]. Daher wurde dieser Modellansatz für die vorliegende Untersuchung angewendet.

## Qualität des Verkehrsablaufs

Die Qualität des Verkehrsablaufs wird nach Vorgabe der RIN [12] anhand der mittleren Reisegeschwindigkeit der Pkw bestimmt. Das HBS [6] hat dieses Qualitätskriterium zur Beurteilung eines ebenen Autobahnabschnittes ohne Geschwindigkeitsbegrenzung aufgegriffen.

Im Gegensatz zu freien, ebenen Strecken können Pkw unabhängig von der Stärke des Verkehrs auf Autobahnabschnitten mit Geschwindigkeitsbegrenzung oder großer Steigung nur geringere mittlere Reisegeschwindigkeiten erzielen, und dennoch wird insgesamt eine gute Verkehrsqualität erreicht. Daher kann auf diesen Abschnitten alternativ nach HBS [6] die Qualität des Verkehrsablaufs über die Verkehrsdichte  $k$  in Kfz/km oder der Auslastungsgrad  $a$  verwendet werden.

Ähnliches gilt für den Bereich der Knotenpunkte. Hier kann die mittlere Reisegeschwindigkeit der Pkw kein geeignetes Beurteilungskriterium sein. Als Maß für die Qualität wird deshalb nach HBS [6] einheitlich der Auslastungsgrad  $a$  für planfreie Knotenpunkte verwendet.

Da der zu untersuchende Teilabschnitt wesentlich durch Einfädelungs-, Ausfädelungs- und Verflechtungsvorgänge gekennzeichnet ist, kann auch hierfür die mittlere Pkw-Reisegeschwindigkeit kein geeignetes Beurteilungskriterium darstellen. Daher wird für die Beurteilung der Auslastungsgrad  $a$  herangezogen.

Um den Auslastungsgrad  $a$  bestimmen zu können, wird zunächst aus den angewendeten Verkehrsflussmodellen die Kapazität  $C$  abgeleitet. Auf Basis dieser Kapazität wird anschließend der Auslastungsgrad  $a$  bestimmt.

In der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1] wurde auch bei der für den Verkehrsablauf günstigsten Variante C in Fahrtrichtung Bonn eine nur mangelhafte Verkehrsqualität (Stufe E) in der relevanten Bemessungsstunde nachgewiesen. Da die Verkehrsbelastung über den Tag allerdings nicht gleichmäßig verteilt ist, wurde die Qualität des Verkehrsablaufs zusätzlich für die einzelnen Stunden des Tages entsprechend dem zeitlichen Verlauf der Verkehrsnachfrage bestimmt. Hierzu wurde anhand einer normierten Tagesganglinie die Verkehrsqualität über den gesamten Tag abgeleitet, um eventuell weitere Zeitbereiche zu identifizieren, in den keine ausreichende Verkehrsqualität gewährleistet ist. In der vorliegenden Untersuchung wurde auf eine erweiterte Betrachtung der Verkehrsqualität über den Tag verzichtet, da der Verkehrsablauf bei der Variante C eine ausreichende Verkehrsqualität auch in der relevanten Bemessungsstunde aufweist (s. **Kap. 3.5.4**).

## 3 Variantenanalyse

### 3.1 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise der vorliegenden Leistungsfähigkeitsuntersuchung entspricht der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1].

In der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsbetrachtung [1] wurde zunächst der Abschnitt zwischen den Autobahndreiecken einschließlich der Ein- und Ausfahrten betrachtet (Abschnitt I). Dieser Abschnitt umfasst den Streckenbereich der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken von der jeweiligen Spitze der Trenninsel der Einfahrt der BAB A560 bzw. BAB A565 auf die BAB A59 bis zur Spitze der Trenninsel der Ausfahrt der BAB A59 auf die BAB A565 bzw. BAB A560.

Dieser Abschnitt wurde aufgrund der besseren Übersichtlichkeit in Unterabschnitte unterteilt:

- *Abschnitt Einfahrt (Ein):*  
*Bereich der Einfahrt, Länge je nach Variante zwischen 250m und 500m,*
- *Abschnitt Verflechtung (Verfl):*  
*Bereich zwischen der Einfahrt und der Ausfahrt; unterteilt in zwei gleich große Abschnitte (I-Verfl-1, I-Verfl-2) je nach Variante zwischen 500m und 750m lang,*
- *Abschnitt Ausfahrt (Aus):*  
*Bereich der Ausfahrt, Länge je nach Variante zwischen 250m und 500m.*

Die Unterteilung ist zur besseren Übersichtlichkeit in **Anlage 6** schematisch dargestellt.

Da sich die Verkehrsmengen und die Fahrtbeziehungen für die beiden Fahrtrichtungen ähneln, wurde in einem ersten Schritt nur die Richtungsfahrbahn in Richtung Süden betrachtet.

Nachdem für den Hauptabschnitt zwischen den Autobahndreiecken in der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1] eine leistungsfähige Variante für die Spuraufteilung gefunden wurde, wurde im Bereich des Autobahndreiecks Sankt Augustin-West die Ausfahrt auf die BAB A560 (Fahrtrichtung Sankt Augustin) und die Einfahrt aus der BAB A560 auf die BAB A59 (Fahrtrichtung Köln) untersucht (Abschnitt II).

Wiederum wurden aufgrund der besseren Übersichtlichkeit drei Unterabschnitte gebildet (**vgl. Anlage 7**):

- *Abschnitt Vorlauf (Vor)*  
*Bereich vor der Ein- bzw. Ausfahrt; Länge rd. 500m,*
- *Abschnitt Einfahrt und Ausfahrt (Ein bzw. Aus)*  
*Bereich der Ein- bzw. der Ausfahrt; Länge je nach Variante zwischen 250m und 500m,*
- *Abschnitt Nachlauf (Nach)*  
*Bereich nach der Ein- bzw. Ausfahrt, Länge zwischen 250m und 500m.*

## 3.2 Variante 0 (Vorentwurfsplanung aus 2004)

### 3.2.1 Beschreibung

Die ursprüngliche Vorentwurfsplanung (Variante 0) aus dem Jahr 2004 umfasst den Bereich der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel (nur Abschnitt I).

Die Einfahrt von der BAB A560 auf die BAB A59 im AD Sankt Augustin-West ist als Einfahrtstyp E5 ausgebildet (I-Ein). Die Hauptfahrbahn (BAB A59) weist im Bereich der Einfahrt drei Fahrspuren auf.

Der Bereich zwischen Ein- und Ausfahrt ist durchgehend mit vier Fahrstreifen ausgebildet (I-Verfl.). Er ist dabei für die Beurteilung unterteilt in einen oberen (I-Verfl-1) und einen unteren (I-Verfl-2) Teilabschnitt.

Die Ausfahrt von der BAB A59 auf die BAB A565 im AD Bonn-Beuel ist als Ausfahrtstyp A4 ausgebildet (I-Aus). Die durchgehende Hauptfahrbahn weist drei Fahrstreifen auf.

Aufgrund der Fahrstreifenaufteilung finden folgende notwendigen Spurwechselvorgänge im Bereich zwischen den Autobahndreiecken statt:

- 1.725 Fahrzeuge müssen von der Hauptfahrbahn der BAB A59 auf die äußere rechte Fahrspur wechseln.
- 1.615 Fahrzeuge müssen von dem Einfahrtfahrstreifen der BAB A560 auf den rechten Fahrstreifen der Hauptfahrbahn der BAB A59 wechseln.
- Die auf dem äußeren Einfahrtfahrstreifen einfahrenden Fahrzeuge müssen auf den inneren Fahrstreifen wechseln.

Insgesamt sind bei bis zu 4.900 Fahrzeugen Spurwechselvorgänge notwendig. Aufgrund der Ausgestaltung der Einfahrt als Typ E4 wird davon ein Großteil im Einfahrtbereich stattfinden.

### 3.2.2 Stabilität des Verkehrsflusses

Entsprechend der in Kapitel 2.4 vorgestellten Untersuchungsmethodik wurde zunächst die Stabilität des Verkehrsablaufs für die Variante 0 betrachtet. Hierzu wurden in einem ersten Schritt die wesentlichen Kenngrößen zur Beurteilung des Verkehrsablaufs mittels des Simulationsmodells generiert. In **Anlage 8** ist die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke (q-v-Diagramm) für die einzelnen Unterabschnitte des Abschnitts I dargestellt.

Aus den über ein 5-Minuten-Intervall gemittelten Werten wurde anschließend die Anzahl der stabilen und instabilen Intervalle ermittelt. Zwischen aufeinanderfolgenden stabilen und instabilen Intervallen wurde die Geschwindigkeitsdifferenz ermittelt, um festzustellen, ob es sich um einen plötzlichen Verkehrszusammenbruch handelt. **Tabelle 2** fasst die Kennwerte für die einzelnen Unterabschnitte des Abschnitts I zusammen.



Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Ein	0%	*
Verfl. I	0%	*
Verfl. II	0%	*
Aus	100%	*

\*Zusammenbruch findet vor dem betrachteten Zeitbereich statt

**Tab. 2:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs der Variante 0

Der Ort, an dem der Übergang in den stabilen Bereich stattfindet, liegt im unteren Drittel des vierstreifigen Abschnitts. Das Hauptproblem ist der notwendige Spurwechselvorgang von der Hauptfahrbahn der BAB A59 auf die Verbindungsfahrbahn zwischen Ein- und Ausfahrt und umgekehrt. Die Verflechtung von rd. 3.350 Fahrzeugen einerseits und die Belastung von nahezu 3.300 Fahrzeugen auf der Verbindungsfahrbahn andererseits können nicht reibungslos abgewickelt werden.

Die Variante 0 ist somit auch unter Berücksichtigung einer höheren Kapazität und der Prognoseverkehrsbelastungen für das Jahr 2025 nicht funktionsfähig. Eine Betrachtung der Leistungsfähigkeit und der Qualität dieser Variante konnte somit entfallen.

### 3.3 Variante A

#### 3.3.1 Beschreibung

Die Variante A umfasst den Bereich der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel (nur Abschnitt I).

Der Unterschied zur Variante 0 liegt in der Ausgestaltung des Ausfahrtbereiches von der BAB A59 auf die BAB A565, wobei die beiden äußeren rechten Fahrstreifen im Ausfahrtbereich subtrahiert werden (Ausfahrttyp A8). Damit auch weiterhin drei Fahrstreifen auf der durchgehenden Fahrbahn zur Verfügung stehen, wird oberhalb der Ausfahrt ein zusätzlicher Fahrstreifen innen addiert.

Diese Variante hat gegenüber der Variante 0 den Vorteil, dass der rechte Fahrstreifen der Hauptfahrbahn zusätzlich im Ausfahrtbereich subtrahiert wird, so dass der Verkehr auf der BAB A59, der auf die BAB A565 auffahren will, keinen Spurwechselvorgang auf die Verbindungsfahrbahn durchführen muss. Der ausfahrende Verkehr kann sich somit über den kompletten Abschnitt auf zwei Fahrstreifen verteilen. Leidglich die Problematik der von der BAB A560 einfahrenden Fahrzeuge bleibt bestehen, so dass auf dem gesamten Abschnitt rd. 1.600 Fahrzeuge einen Spurwechselvorgang durchführen müssen.

#### 3.3.2 Stabilität des Verkehrsflusses

Entsprechend der in Kapitel 2.4 vorgestellten Untersuchungsmethodik wurde zunächst die Stabilität des Verkehrsablaufs für die Variante A betrachtet. Hierzu wurden in einem ersten Schritt die wesentlichen Kenngrößen zur Beurteilung des Verkehrsablaufs mittels des Simulationsmodells generiert. In Anlage 9 ist die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke (q-v-Diagramm) für die einzelnen Abschnitte der Variante A dargestellt.

Aus den über ein 5-Minuten-Intervall gemittelten Werten wurde anschließend die Anzahl der stabilen und instabilen Intervalle ermittelt. Zwischen aufeinanderfolgenden stabilen und instabilen Intervallen wurde die Geschwindigkeitsdifferenz ermittelt, um festzustellen, ob es sich um einen plötzlichen Verkehrszusammenbruch handelt. In **Tabelle 3** sind die Kennwerte für die einzelnen Abschnitte zusammengefasst.

Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Ein	100%	0%
Verfl. I	100%	0%
Verfl. II	99%	1%
Aus	97%	6%

**Tab. 3:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs der Variante A

Die Analyse der Stabilität des Verkehrsablaufs zeigt deutlich, dass im Bereich der Ausfahrt der Verkehrsablauf teilweise im instabilen Bereich liegt. Dabei befindet sich der Ort, an dem der Übergang vom stabilen in den instabilen Bereich stattfindet, unmittelbar am Beginn der Ausfahrt.

Auch unter Berücksichtigung der höheren Kapazität für den betrachteten Abschnitt sowie der Prognoseverkehrsbelastungen für den Zeitpunkt 2025 stellt die Variante A unter den gegebenen Verkehrsbedingungen keine funktionsfähige Lösung dar. Zwar konnte auch im Rahmen der neuen Leistungsfähigkeitsbetrachtung festgestellt werden, dass mit der Variante A gegenüber der Variante 0 die Problematik im unteren Teilabschnitt der vierstreifigen Hauptfahrbahn behoben werden konnte, es allerdings im Verkehrsablauf im Ausfahrtbereich zu zeitweise Instabilitäten kommt, die bei der Variante 0 aufgrund der Verkehrszusammenbrüche im Bereich der vierstreifigen Hauptfahrbahn nicht hervortraten.

Eine Betrachtung der Leistungsfähigkeit und der Qualität der Variante A konnte aufgrund ihrer nicht vorhandenen Funktionsfähigkeit entfallen.

## 3.4 Variante B

### 3.4.1 Beschreibung

Die Variante B umfasst den Bereich der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel (nur Abschnitt I).

Der Unterschied zur Variante A liegt in der Ausgestaltung des Einfahrtbereiches von der BAB A560 auf die BAB A59. Bei dieser Variante wird die Einfahrt als doppelte Spuraddition an die Hauptfahrbahn herangeführt (Einfahrttyp E3). Die beiden herangeführten Fahrspuren werden dann anschließend im Ausfahrtbereich wieder subtrahiert, so dass zwei durchgehende Verbindungsfahrstreifen zur Verfügung stehen.

Diese Gestaltungsvariante setzt allerdings voraus, dass die Hauptfahrbahn der BAB A59 im Bereich der Einfahrt nur zwei Fahrstreifen aufweist. Dass eine Möglichkeit der

Reduktion von drei auf zwei Fahrstreifen oberhalb der Einfahrt besteht, wurde zunächst vorausgesetzt und als funktionsfähig unterstellt. Eine entsprechende Überprüfung dieser Funktionsfähigkeit wurde im Rahmen der Überprüfung der Variante C durchgeführt und nachgewiesen.

Variante B hat gegenüber der Variante A den Vorteil, dass der durchfahrende Verkehr von der BAB A560 auf die BAB A565 keinen Spurwechsel durchführen muss. Lediglich die Einfahrer von der BAB A560 auf die BAB A59 und die Ausfahrer von der BAB A59 auf die BAB A565 müssen den Fahrstreifen wechseln. Es muss also im Bereich zwischen Ein- und Ausfahrt eine Verflechtungsverkehrsstärke von rd. 3.350 Fahrzeugen abgewickelt werden.

### 3.4.2 Stabilität des Verkehrsflusses

Entsprechend der in Kapitel 2.4 vorgestellten Untersuchungsmethodik wurde zunächst die Stabilität des Verkehrsablaufs für die Variante B betrachtet. Hierzu wurden in einem ersten Schritt die wesentlichen Kenngrößen zur Beurteilung des Verkehrsablaufs mittels des Simulationsmodells generiert. In **Anlage 10** ist die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke (q-v-Diagramm) für die einzelnen Abschnitte dargestellt.

Aus den über ein 5-Minuten-Intervall gemittelten Werten wurde anschließend die Anzahl der stabilen und instabilen Intervalle ermittelt. Zwischen aufeinanderfolgenden stabilen und instabilen Intervallen wurde weiterhin die Geschwindigkeitsdifferenz ermittelt, um festzustellen, ob es sich um einen plötzlichen Verkehrszusammenbruch handelt. **Tabelle 4** fasst die Kennwerte für die einzelnen Abschnitte zusammen.

Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Ein	100%	0%
Verfl. I	100%	0%
Verfl. II	100%	0%
Aus	99%	2%

**Tab. 4:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs der Variante B

Die Analyse der Stabilität des Verkehrsablaufs zeigt, dass bei der Variante B im Bereich der Einfahrt und des Abschnittes der folgenden vierstreifigen Hauptfahrbahn der Verkehrsablauf stabil ist. Im Bereich der Ausfahrt treten vereinzelt instabile Intervalle in der Bemessungsstunde auf. Dabei befindet sich der Ort, an dem der Übergang vom stabilen in den instabilen Bereich stattfindet, unmittelbar im Ausfahrtbereich.

Die Instabilität des Verkehrsablaufs führt allerdings nicht zu einem dauerhaften Stau, wie es bei den Varianten 0 und A der Fall war, sondern nur zu kurzzeitigen Störungen des Verkehrsablaufs, die im Regelfall in den danach folgenden 5-Minuten-Intervallen wieder aufgelöst sind und der Verkehrsablauf in einen stabilen Bereich übergeht.

Insgesamt ist die Variante B aufgrund der kurzzeitigen Übergänge in den instabilen Bereich des Verkehrsablaufs im Bereich der Ausfahrt allerdings nicht als funktionsfähig anzusehen. Daher erfolgte keine Betrachtung der Leistungsfähigkeit und der Qualität für die Variante B.

## 3.5 Variante C

### 3.5.1 Beschreibung

Die Variante C umfasst den Bereich der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel (nur Abschnitt I).

Der Unterschied zur Variante B liegt in der Ausgestaltung des Ausfahrtbereiches von der BAB A59 auf die BAB A565. Bei dieser Variante wird die Ausfahrt als doppelte Ausfahrt ausgebildet (Ausfahrttyp A5). Die Hauptfahrbahn wird über den Ausfahrtbereich hinaus mit drei durchgehenden Fahrstreifen ausgebildet.

Diese Gestaltungsvariante setzt wiederum wie bei der Variante B voraus, dass die Hauptfahrbahn der BAB A59 im Bereich der Einfahrt nur zwei Fahrstreifen aufweist. Dass eine Möglichkeit der Reduktion von drei auf zwei Fahrstreifen oberhalb der Einfahrt besteht, wurde zunächst vorausgesetzt und als funktionsfähig unterstellt. Diese Voraussetzung wurde anschließend überprüft.

Variante C hat gegenüber Variante B den Vorteil, dass der einfahrende Verkehr von der BAB A560 auf die BAB A59 keinen Spurwechsel durchführen muss. Lediglich die Ausfahrer von der BAB A59 auf die BAB A565 müssen den Fahrstreifen wechseln.

### 3.5.2 Stabilität des Verkehrsflusses

Entsprechend der in Kapitel 2.4 vorgestellten Untersuchungsmethodik wurde zunächst die Stabilität des Verkehrsablaufs für die Variante C betrachtet.

Hierzu wurden in einem ersten Schritt die wesentlichen Kenngrößen zur Beurteilung des Verkehrsablaufs mittels des Simulationsmodells generiert. In **Anlage 11** ist die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke für die einzelnen Abschnitte dargestellt.

Aus den über ein 5-Minuten-Intervall gemittelten Werten wurde die Anzahl der stabilen und instabilen Intervalle ermittelt. Zwischen aufeinanderfolgenden stabilen und instabilen Intervallen wurde weiterhin die Geschwindigkeitsdifferenz ermittelt, um festzustellen, ob es sich um einen plötzlichen Verkehrszusammenbruch handelt. **Tabelle 5** fasst die Kennwerte für die einzelnen Abschnitte zusammen.

Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Ein	100%	0%
Verfl. I	100%	0%
Verfl. II	100%	0%
Aus I	100%	0%
Aus II	100%	0%
Aus III	100%	0%

**Tab. 5:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs der Variante C

Die Analyse der Stabilität des Verkehrsablaufs zeigt, dass bei der Variante C deutliche Verbesserungen im Verkehrsablauf zu verzeichnen sind. Der Verkehrsablauf befindet sich über den gesamten Abschnitt betrachtet im stabilen Bereich. Folglich finden über den gesamten Abschnitt keine Verkehrszusammenbrüche statt.

Die Variante C stellt somit eine generell funktionsfähige Gestaltungsmöglichkeit dar.

### Untersuchung des Teilabschnitts oberhalb des Hauptabschnitts

Die Variante C setzt eine zweistreifige Hauptfahrbahn im Einfahrtbereich voraus. Daher wurde die Möglichkeit der Reduktion der Fahrstreifen auf der Hauptfahrbahn der BAB A59 oberhalb der Einfahrt der BAB A560 untersucht.

Für eine Reduktion der durchgehenden Hauptfahrbahn der BAB A59 im Bereich des Autobahndreiecks Sankt Augustin-West kommen prinzipiell zwei Möglichkeiten in Betracht:

1. Die Ausbildung der Ausfahrt von der BAB A59 auf die BAB A560 in Fahrtrichtung Sankt Augustin als Ausfahrt vom Typ A3 gemäß den RAA [4], wobei der äußere Fahrstreifen auf der Hauptfahrbahn rd. 400m nach der Ausfahrt eingezogen wird.
2. Die Ausbildung der Ausfahrt von der BAB A59 auf die BAB A560 in Fahrtrichtung Sankt Augustin als Ausfahrt vom Typ A4 gemäß den RAA [4].

Beide Alternativen wurden untersucht und dabei wurden die wesentlichen Kenngrößen zur Beurteilung des Verkehrsablaufs mittels des Simulationsmodells generiert. In Anlage 12 sind die Beziehungen zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke q-v-Diagramm für den Bereich der Ausfahrt (Aus) und den unmittelbar anschließenden Bereich der Hauptfahrbahn (Nach) dargestellt.

Aus den über ein 5-Minuten-Intervall gemittelten Werten wurde anschließend die Anzahl der stabilen und instabilen Intervalle ermittelt. Zwischen aufeinanderfolgenden stabilen und instabilen Intervallen wurde weiterhin die Geschwindigkeitsdifferenz ermittelt, um festzustellen, ob es sich um einen plötzlichen Verkehrszusammenbruch oder einen stetigen Abfall des Geschwindigkeitsniveaus handelt. **Tabelle 6** und **Tabelle 7** fassen die Kennwerte für die einzelnen Abschnitte zusammen.

Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Aus	99%	2%
Nach	69%	21%

**Tab. 6:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs der Variante C-A3

Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Aus	100%	0%
Nach	100%	0%

**Tab. 7:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs der Variante C-A4

Die Analyse der Stabilität des Verkehrsablaufs zeigt deutlich, dass die Variante C mit dem Ausfahrttyp A3 zwar im Bereich der Ausfahrt funktionsfähig ist, allerdings im nachfolgenden Abschnitt die Funktionsfähigkeit im Bereich der Fahrstreifenreduktion nicht gegeben ist. In ca. 30% aller Fälle liegt ein instabiler Verkehrsfluss in der Bemessungsstunde vor, wobei es mit einer Wahrscheinlichkeit von 21% vorher zu einem Verkehrszusammenbruch gekommen ist.

Die Variante mit dem Ausfahrttyp A4 zeigt hingegen keine Defizite hinsichtlich des Verkehrsablaufs auf. Alle betrachteten Intervalle lagen im stabilen Bereich.

Die simulierten Ergebnisse zum Ausfahrttyp A3 decken sich recht gut mit Forschungsergebnissen zum Verkehrsablauf an Fahrstreifenreduktionen [13]. Danach liegt die maximale Verkehrsstärke an Autobahnabschnitten mit Fahrstreifenreduktion bei rd. 3.300 Kfz/h (10% SV-Anteil) bis 3.500 Kfz/h (0% SV-Anteil).

Weiterhin kommt diese Forschungsarbeit [13] zu dem Ergebnis, dass ab einer Verkehrsbelastung von 30.000 Kfz/24h sich an Fahrstreifenreduktionen auffällig erhöhte Unfallzahlen feststellen lassen.

Eine Forschungsarbeit zum Verkehrsablauf an planfreien Knotenpunkten mit Fahrstreifensubtraktion [14] kommt zu dem Ergebnis, dass für den Ausfahrttyp A4 die Kapazitäten im Bereich der im HBS [6] angegebenen Kapazitäten zweistreifiger richtungsfahrbahnen bzw. geringfügig darüber liegen. Bezüglich der Verkehrssicherheit kommt diese Forschungsarbeit [14] zu dem Ergebnis, dass die Ausfahrten des Typ A3 mit anschließender Fahrstreifenreduktion gegenüber dem Typ A4 die ungünstigeren Unfallkennziffern und damit eine geringere Verkehrssicherheit aufweisen.

Die Variante C-A3 ist somit zu verwerfen und der Variante C-A4 ist der Vorzug zu geben.

## Untersuchung der Fahrtrichtung Köln

Alle bisherigen Ausführungen bezogen sich lediglich auf die Fahrtrichtung Bonn, da die Verkehrsverhältnisse in beiden Fahrtrichtungen in der Spitzenstunde ähnlich sind. Da allerdings dennoch kleine Unterschiede existieren und diese im Bereich der Kapazitätsgrenze erhebliche Auswirkungen haben können, wurde auch die Fahrtrichtung Köln untersucht.

Aufbauend auf den Erkenntnissen der bisherigen Untersuchungen wurde auch auf der anderen Richtungsfahrbahn die Gestaltung der Variante C umgesetzt. In **Anlage 13** ist die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke (q-v-Diagramm) für die einzelnen Abschnitte dargestellt.

Aus den über ein 5-Minuten-Intermall gemittelten Werten wurde die Anzahl der stabilen und instabilen Intervalle ermittelt. Zwischen aufeinanderfolgenden stabilen und instabilen Intervallen wurde die Geschwindigkeitsdifferenz berechnet, um festzustellen, ob es sich um einen plötzlichen Verkehrszusammenbruch handelt. **Tabelle 8** fasst die Kennwerte für die einzelnen Abschnitte zusammen.

Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Ein	100%	0%
Verfl. I	100%	0%
Verfl. II	100%	0%
Aus I	100%	0%
Aus II	100%	0%
Aus III	100%	0%

**Tab. 8:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs der Variante C – Fahrtrichtung Köln

Die Analyse der Stabilität des Verkehrsablaufs zeigt, dass die Variante C auch für die Fahrtrichtung Köln einen stabilen Verkehrsablauf aufweist. Es finden über den gesamten Abschnitt keine Verkehrszusammenbrüche statt.

Die Variante C stellt somit eine generell für beide Fahrrichtungen funktionsfähige Gestaltungsmöglichkeit dar.

### Untersuchung der Einfahrt von der BAB A560 auf die BAB A59 im AD Sankt Augustin-West in Fahrtrichtung Köln

Die Ausbildung des Hauptabschnittes zwischen den Autobahndreiecken nach der Gestaltungsvariante C führt dazu, dass die Hauptfahrbahn der BAB A59 über das Autobahndreieck Sankt Augustin-West in Fahrtrichtung Köln mit drei Fahrstreifen fortgeführt wird. Da der Abschnitt zwischen dem AD Sankt Augustin-West und der AS Troisdorf als dreistreifige Richtungsfahrbahn ausgebildet werden soll, kann dementsprechend die Einfahrt der BAB A560 lediglich als Typ E1 ausgebildet werden.

Nach HBS [6] ist dieser Einfahrtstyp allerdings bei der zu erwartenden Verkehrsbelastung nicht funktionsfähig. Gemäß HBS ist eine maximale Einfädelungsverkehrsstärke von 2.000 Kfz/h möglich. Bei einer Einfahrtbelastung von 1.700 Kfz/h und einer Belastung des rechten Fahrstreifens mit 700 Kfz/h, welche aus den Simulationsergebnissen ermittelt werden konnte, liegt somit eine Überschreitung der HBS-Kapazitätswerte um rd. 400 Kfz/h vor. Die Untersuchung mittels Simulation kommt zu dem gleichen Ergebnis. In **Anlage 14** ist die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke (q-v-Diagramm) für die einzelnen Abschnitte dargestellt.

Der Einfahrtbereich wurde daher vom standardmäßigen 250m Einfahrtbereich auf die maximal baulich möglichen 500m verlängert. In **Anlage 15** ist die Beziehung zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke für die einzelnen Abschnitte dargestellt.

Aus den über ein 5-Minuten-Intervall gemittelten Werten wurde die Anzahl der stabilen und der instabilen Intervalle ermittelt. Zwischen aufeinanderfolgenden stabilen und instabilen Intervallen wurde weiterhin die Geschwindigkeitsdifferenz ermittelt, um



festzustellen, ob es sich um einen plötzlichen Verkehrszusammenbruch handelt. **Tabelle 9** fasst die Kennwerte für die einzelnen Abschnitte zusammen.

Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Vorlauf	100%	0%
Einfahrt	100%	0%
Nachlauf	100%	0%

**Tab. 9:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs im Einfahrtbereich der BAB A560 auf die BAB A59 (Fahrtrichtung Köln) bei  $l_E = 500\text{m}$

Die Analyse der Stabilität des Verkehrsablaufs zeigt, dass die Verlängerung der Einfädelspur auf 500m für die Fahrtrichtung Köln einen insgesamt stabilen Verkehrsablauf aufweist. Es finden über den gesamten Abschnitt keine Verkehrszusammenbrüche statt.

### 3.5.3 Leistungsfähigkeit

Die Analysen der Stabilität des Verkehrsablaufs zeigten, dass die Variante C eine funktionsfähige Lösung für den Abschnitt der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel darstellt.

Weiterhin ergaben die Untersuchungen, dass sich der simulierte Verkehrsablauf im stabilen Bereich des Fundamentaldiagramms bewegt. Daher wurde das Modell nach Wu [11] im stabilen Bereich mittels der Methode der kleinsten Fehlerquadrate (Least Square-Verfahren) optimiert.

Für den stabilen Bereich gilt dabei nach Wu [11] die Beziehung:

$$v = v_0 - (v_0 - v_k) + \left(\frac{k}{k_{ko}}\right)^{(N-1)}$$

Grundlage der Optimierung sind sowohl die 1-Minuten-Intervalle als auch die 5-Minuten-Intervalle der Variante C. Durch zusätzliche Simulationsläufe mit einer Variation der Verkehrsstärke wurde die Datenbasis verbreitert und die Annäherung durch den Modellansatz verbessert.

Bei der Parameterschätzung wurde zwischen den Fahrtrichtungen Bonn und Köln unterschieden. Die **Tabelle 10** beinhaltet die ermittelten Parameter des Modells.

Sowohl für die Fahrtrichtung Bonn als auch für die Fahrtrichtung Köln stellt das Modell nach Wu [11] eine gute Näherung dar. Während die Kapazität des vierstreifigen Abschnitts für die Fahrtrichtung Bonn bei rd. 7.500 Kfz/h liegt, ist die Mindestkapazität für die Fahrtrichtung Köln bei 7.600 Kfz/h anzusetzen.



Parameter	Fahrtrichtung Bonn	Fahrtrichtung Köln
$V_0$	98,0	96,7
$V_{ko}$	70	70
$k_{max}$	155	155
$k_{ko}$	26,8	27,2
$\tau_{ko}$	1,59	1,56
$\tau_{go}$	1,75	1,70
C	7.504	7.616
Bestimmtheitsmaß für die 1-h-Intervalle	0,9865	0,9742

**Tab. 10:** Parameter für das Verkehrsflussmodell nach Wu [9]

Damit liegen die ermittelten Kapazitätswerte unterhalb bzw. im Bereich der Werte für eine vierstreifige Richtungsfahrbahn [15]. Die Kapazitätswerte für eine vierstreifige Richtungsfahrbahn innerhalb von Ballungsräumen ohne Geschwindigkeitsbegrenzung liegen bei einer Längsneigung <2% und einem Schwerververkehrsanteil von 10% bei 7.600 Kfz/h.

### 3.5.4 Qualität des Verkehrsablaufs

Wie die Ausführungen in Kapitel 2.4 schon aufzeigten, ist es für diesen Abschnitt der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel sinnvoll, die Qualität des Verkehrsablaufs nach dem Auslastungsgrad zu bestimmen. Der Auslastungsgrad bestimmt sich aus dem Verhältnis der Verkehrsstärke zur Kapazität.

Die Hauptuntersuchung [3] ergab in Fahrtrichtung Bonn eine MSV von 6.670 Kfz/h. Demgegenüber steht eine in Kapitel 3.5.3 ermittelte Kapazität von 7.500 Kfz/h. Somit ergibt sich ein Auslastungsgrad von 0,89. In Fahrtrichtung Köln ergab die Hauptuntersuchung eine MSV von 6.450 Kfz/h. Demgegenüber steht eine in Kapitel 3.5.3 ermittelte Kapazität von 7.600 Kfz/h. Somit ergibt sich hier ein Auslastungsgrad von 0,85.

Nach HBS [6] bedeutet ein Auslastungsgrad von <0,9 eine Verkehrsqualitätsstufe von D. Somit ist für beide Fahrtrichtungen für die Gestaltungsvariante C eine ausreichende Verkehrsqualität gemäß HBS [6] nachgewiesen.

## 3.6 Variante D

### 3.6.1 Beschreibung

Da die bislang einzig leistungsfähige Variante nur zwei durchgehende Fahrstreifen auf der Hauptfahrbahn im Bereich der Einfahrt im Autobahndreieck zulässt, wurde eine weitere Variante untersucht, die drei Fahrstreifen in diesem Bereich aufweist.

Die Variante D umfasst den Bereich der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel (nur Abschnitt I).

Der Unterschied zur Variante C liegt in der Ausgestaltung des Einfahrtbereiches von der BAB A560 auf die BAB A59. Bei dieser Variante wird die Einfahrt als Kombination von zwei Einfahrtstypen ausgebildet. Der innere Einfahrtfahrstreifen wird dabei als Typ E1 (Ein I) ausgebildet, während der äußere Einfahrtfahrstreifen versetzt als Typ E3 (Ein II) an die Hauptfahrbahn herangeführt wird. Diese Gestaltungsvariante ermöglicht, dass die Hauptfahrbahn der BAB A59 durchgehend mit einer dreistreifigen Hauptfahrbahn ausgebildet werden kann.

### 3.6.2 Stabilität des Verkehrsflusses

Entsprechend der in Kapitel 2.4 vorgestellten Untersuchungsmethodik wurde zunächst die Stabilität des Verkehrsablaufs für die Variante D betrachtet. Hierzu wurden in einem ersten Schritt die wesentlichen Kenngrößen zur Beurteilung des Verkehrsablaufs mittels des Simulationsmodells generiert. In **Anlage 16** sind die Beziehungen zwischen der Geschwindigkeit und der Verkehrsstärke (q-v-Diagramm) für die einzelnen Abschnitte dargestellt.

Aus den über ein 5-Minuten-Intervall gemittelten Werten wurden anschließend die Anzahl der stabilen und instabilen Intervalle ermittelt. Zwischen aufeinanderfolgenden stabilen und instabilen Intervallen wurde weiterhin die Geschwindigkeitsdifferenz ermittelt, um festzustellen, ob es sich um einen plötzlichen Verkehrszusammenbruch oder einen stetigen Abfall des Geschwindigkeitsniveaus handelt. **Tabelle 11** fasst die Kennwerte für die einzelnen Abschnitte zusammen.

Abschnitt	Stabiles Intervall 70/80	Zusammenbruch 15 km/h
Ein II	99%	1%
Ein II	100%	0%
Verfl.	97%	0%
Aus	100%	0%

\*Zusammenbruch findet vor dem betrachteten Zeitbereich statt

**Tab. 11:** Wahrscheinlichkeiten der Stabilität des Verkehrsablaufs der Variante D

Die Analyse der Stabilität des Verkehrsablaufs zeigt, dass bei der Variante D im Bereich der Einfahrt und dem ersten Abschnitt der folgenden vierstreifigen Hauptfahrbahn eine geringe Wahrscheinlichkeit existiert, dass der Verkehrsablauf in den instabilen Bereich übergeht. Dabei befindet sich der Ort, an dem der Übergang vom stabilen in den instabilen Bereich stattfindet, jeweils unmittelbar am Ende der beiden Einfahrten.

Im Gegensatz zu der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1] kommt es allerdings bei der Variante D nicht zu Verkehrseinbrüchen im Bereich der Einfahrt. Dies liegt daran, dass aufgrund der Prognose die Verkehrsbelastungen im Zeitpunkt 2025 etwas geringer liegen und die Kapazität des vierstreifigen Abschnittes aufgrund der neuen Kalibrierung und Validierung des Simulationsmodells etwas höher liegen.

Die Variante D stellt somit eine Gestaltungsvariante dar, die unter den gegebenen Verkehrsbedingungen am Rande der Leistungsfähigkeit ist und damit nur bedingt funktionsfähig ist. Auf eine weiterführende Betrachtung der Leistungsfähigkeit und der Qualität wurde verzichtet.

## 4 Zusammenfassung

Im Rahmen des aktuellen Bundesverkehrswegeplanes ist der Ausbau des Teilabschnitts der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken Sankt Augustin-West und Bonn-Beuel in den Vordringlichen Bedarf eingestuft. Vorgesehen ist dabei ein achtstreifiger Ausbau, der derzeit als Vorentwurf vorliegt. Dieser Vorentwurf ist im Rahmen der Erstellung der Planfeststellungsunterlagen zu prüfen und ggf. zu bearbeiten.

Die im Rahmen der Hauptuntersuchung [3] durchgeführte Verkehrsprognose hat dabei für das Jahr 2025 eine maßgebliche stündliche Verkehrsbelastung von fast 6.700 Kfz/h ergeben. Dies bedeutet, dass eine dreistreifige Richtungsfahrbahn unter keinen Umständen leistungsfähig wäre, so dass ein vierstreifiger Ausbau notwendig ist.

Dennoch muss auch eine vierstreifige Lösung zunächst hinsichtlich ihrer Funktions- und Leistungsfähigkeit geprüft werden. Das das Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS) [6] nur Aussagen für Richtungsfahrbahnen mit bis zu drei Fahrstreifen trifft und auch die geplante Form der Verflechtung nicht enthalten ist, kann die Leistungsfähigkeitsuntersuchung mit den Berechnungsverfahren nach HBS nicht durchgeführt werden. Daher erfolgte eine Leistungsfähigkeitsuntersuchung basierend auf einem Mikroskopischen Verkehrsflussmodell.

Aufbauend auf der vorangegangenen Leistungsfähigkeitsuntersuchung [1] wurden insgesamt fünf Gestaltungsvarianten für die Fahrstreifenaufteilung des Abschnittes zwischen den Autobahndreiecken detailliert untersucht. Für das Autobahndreieck Sankt August-West wurden zusätzlich die Fahrtbeziehungen in und aus Richtung Köln betrachtet. Dabei wurden zwei verschiedene Möglichkeiten der Ausfahrt von der BAB A59 in die BAB A560 und eine Gestaltungsvariante für die Einfahrt der BAB A560 in die BAB A59 untersucht.

Mit Hilfe eines Mikroskopischen Simulationsmodells des Verkehrsablaufs auf diesem Teilabschnitt der BAB A59 konnten anschließend wesentliche verkehrliche Kenngrößen (Dichte, Geschwindigkeit) des Verkehrsablaufs zu den fünf Gestaltungsvarianten generiert werden, die anschließend für eine Beurteilung der Funktionsfähigkeit, der Leistungsfähigkeit und der Verkehrsqualität herangezogen wurden.

Die Bewertung der Funktionsfähigkeit basiert dabei auf einer Betrachtung der Stabilität des Verkehrsablaufs. Entsprechende Grenzwerte konnten hierfür aus anderen Untersuchungen abgeleitet werden. Die Leistungsfähigkeit wurde anhand der Fundamentaldiagrammmethode bestimmt. Die Qualität des Verkehrsablaufs basiert auf der Ermittlung des Auslastungsgrades und dessen Bewertung mit Qualitätsstufen nach der Einteilung des HBS [6].

Die Untersuchung des Verkehrsablaufs auf Basis der generierten verkehrlichen Kenngrößen ergab, dass lediglich die Gestaltungsvariante C eine funktionsfähige Lösung für den betrachteten Teilabschnitt der BAB A59 darstellt. Bei allen anderen betrachteten Gestaltungsvarianten kommt es entweder zu einem kompletten Verkehrszusammenbruch und damit zu einem Stau, der sich nicht wieder auflöst (Varianten 0 und A) oder sie befinden sich permanent im Übergangsbereich zwischen stabilem und instabilem Verkehrsfluss mit häufigen Verkehrszusammenbrüchen (Variante B und D).

Für die Ausfahrt von der BAB A59 auf die BAB A560 ist die Gestaltung der Ausfahrt als Ausfahrtstyp A4 funktions- und leistungsfähig. Auch aus Gründen der Verkehrssicherheit ist unter derzeitigem Kenntnisstand der Typ A4 günstiger einzustufen als der Typ A3. In der Gegenrichtung ist es empfehlenswert, den Einfahrtbereich der BAB A560 auf die BAB A59 in Fahrtrichtung Köln mindestens 500m lang zu gestalten, da ein funktionsfähiger Verkehrsablauf bei einer standardmäßigen Ausführung der Einfahrt vom Typ E1 nicht gewährleistet ist.

Die Leistungsfähigkeitsuntersuchung des Teilabschnitts der BAB A59 zwischen den Autobahndreiecken zeigte auf, dass mit der Gestaltungsvariante C eine funktions- und auch leistungsfähige Lösung für den vierstreifigen Ausbau vorliegt.

## Quellenverzeichnis

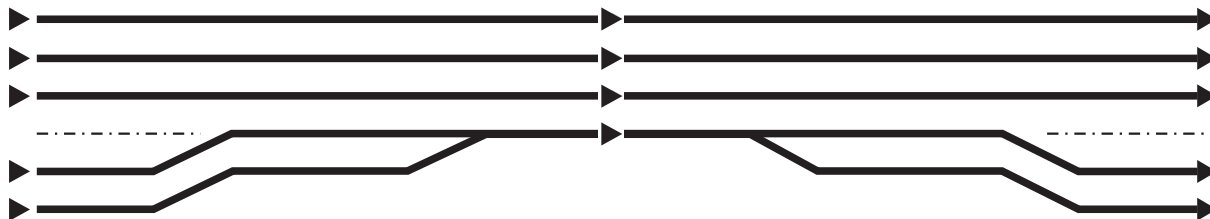
- [1] Ingenieurgesellschaft Stolz mbH  
Verkehrsuntersuchung im Rahmen der Ausbauplanung der A59 zwischen dem AK Flughafen und dem AD Bonn-Beuel – Teil: Leistungsfähigkeitsuntersuchung für den Abschnitt AD Sankt Augustin-West bis AD Bonn-Beuel  
Kaarst, Mai 2005
- [2] Ingenieurgesellschaft Stolz mbH  
Verkehrsuntersuchung im Rahmen der Ausbauplanung der A59 zwischen dem AK Flughafen und dem AD Bonn-Beuel  
Kaarst, Dezember 2004
- [3] IGS Ingenieurgesellschaft Stolz mbH  
Fortschreibung der Verkehrsuntersuchung im Rahmen der Ausbauplanung der A59 zwischen der AS Flughafen und dem AD Bonn-Beuel  
Neuss, Februar 2009
- [4] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)  
Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA)  
Köln, Ausgabe 2008
- [5] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen (BMVBW)  
Richtlinien für die wegweisende Beschilderung auf Autobahnen – RWBA 2000  
Bonn, 2001
- [6] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)  
Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)  
Köln, Ausgabe 2001/05
- [7] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)  
Hinweise zur Mikroskopischen Verkehrsflusssimulation – Grundlagen und Anwendung  
Köln, Ausgabe 2006
- [8] Schick, Peter  
Einfluss von Streckenbeeinflussungsanlagen auf die Kapazität von Autobahnabschnitten sowie die Stabilität des Verkehrsflusses  
Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Universität Stuttgart, Heft 35  
Stuttgart, Juni 2003
- [9] Lorenz, M.; Elefteriadou, L.  
A probabilistic approach to defining freeway capacity and breakdown  
Fourth international symposium on highway capacity, Transportation Research Board  
Hawaii, June 2000
- [10] Kühne, R.D.; Anstett, N.  
New methods of determining critical sections on freeways  
Transportation Research Board, Annual meeting  
Washington D.C., January 1997

- [11] Wu, N.  
Verkehr auf Schnellstraßen im Fundamentaldiagramm – Ein neues Modell und seine Anwendungen  
Straßenverkehrstechnik, Heft 8  
Köln, 2000
- [12] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)  
Richtlinien für Integrierte Netzgestaltung (RIN)  
Köln, Ausgabe 2008
- [13] Engelmann, F. et al.  
Verkehrsablauf an Fahrstreifenreduktionen  
Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 869  
Bonn, August 2003
- [14] Weiser, F.; Sillus, A.  
Forschungssicherheit und Verkehrsablauf an planfreien Knotenpunkten mit Fahrstreifensubtraktion  
Forschung Straßen und Straßenverkehrstechnik, Heft 936  
von Mai 2006
- [15] Brilon, W.; Geistefeldt, J.  
Autobahnen und Autobahnknotenpunkte mit vierstreifigen Richtungsfahrbahnen – Gestaltung und Bemessung  
Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 967  
Bonn, August 2007

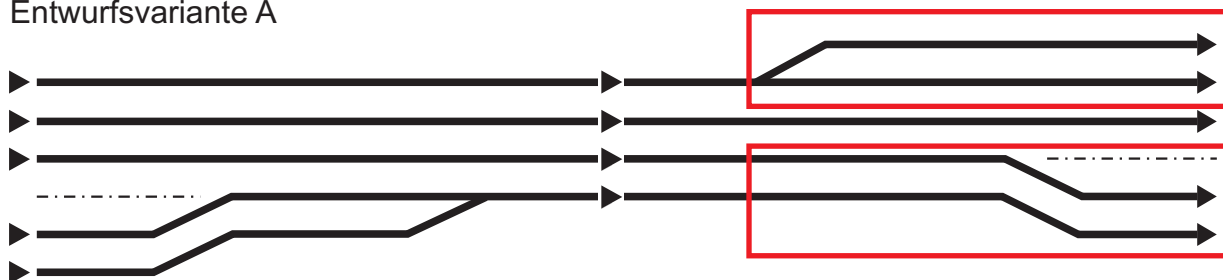
## Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Schematische Darstellung der betrachteten Varianten
Anlage 2	Verkehrsbelastungen Prognose 2025, MSV in Kfz/h
Anlage 3	Messdaten der automatischen Dauerzählstelle 3.402 aus dem November 2009
Anlage 4	Vergleich der k-v-Beziehungen zwischen den Messdaten und der Simulation
Anlage 5	Vergleich der Ergebnisse bei unterschiedlicher Parametereinstellung
Anlage 6	Abschnittseinteilung – Abschnitt I
Anlage 7	Abschnittseinteilung – Abschnitt II
Anlage 8.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante 0 – Abschnitte Ein und Verfl. I
Anlage 8.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante 0 – Abschnitte Verfl. II und Aus
Anlage 9.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante A – Abschnitte Ein und Verfl. I
Anlage 9.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante A – Abschnitte Verfl. II und Aus
Anlage 10.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante B – Abschnitte Ein und Verfl. I
Anlage 10.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante B – Abschnitte Verfl. II und Aus
Anlage 11.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Abschnitte Ein und Verfl. I
Anlage 11.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Abschnitte Verfl. II und Aus I
Anlage 11.3	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Abschnitte Aus II und Aus III
Anlage 12.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Ausfahrttyp A 3
Anlage 12.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Ausfahrttyp A 4
Anlage 13.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Abschnitte Ein und Verfl. I (Fahrtrichtung Köln)
Anlage 13.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Abschnitte Verfl. II und Aus I (Fahrtrichtung Köln)
Anlage 13.3	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Abschnitte Aus II und Aus III (Fahrtrichtung Köln)
Anlage 14.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Einfahrttyp E 1 (Spurlänge 250m)
Anlage 14.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Einfahrttyp E 1 (Spurlänge 250m)
Anlage 15.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Einfahrttyp E 1 (Spurlänge 500m)
Anlage 15.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C – Einfahrttyp E 1 (Spurlänge 500m)
Anlage 16.1	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante D – Abschnitte Ein I und Ein II
Anlage 16.2	Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante D – Abschnitte Verfl. und Aus

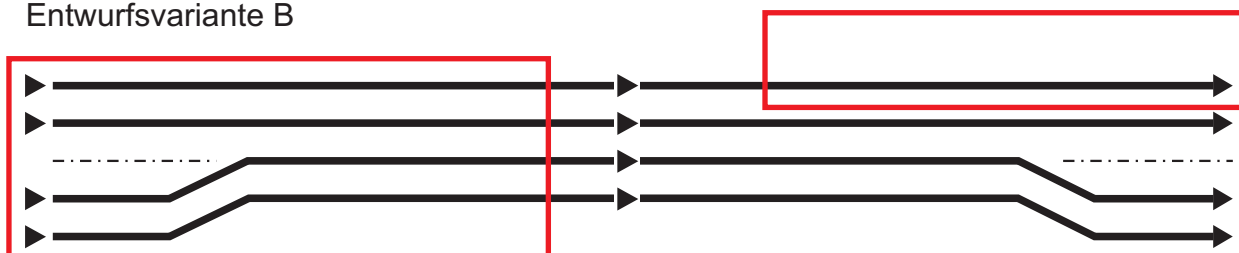
### Vorentwurfsplanung (Entwurfsvariante 0)



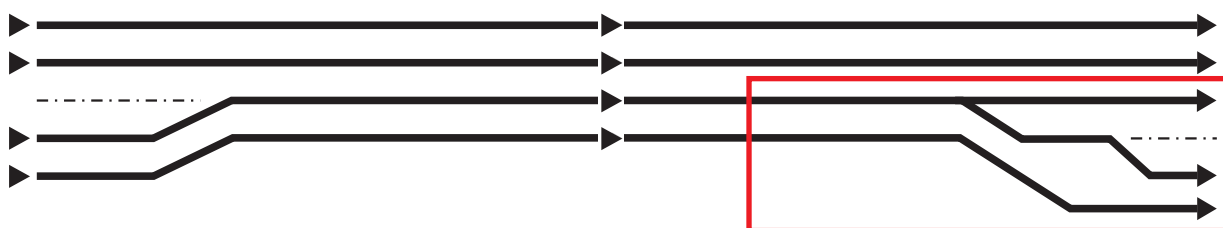
### Entwurfsvariante A



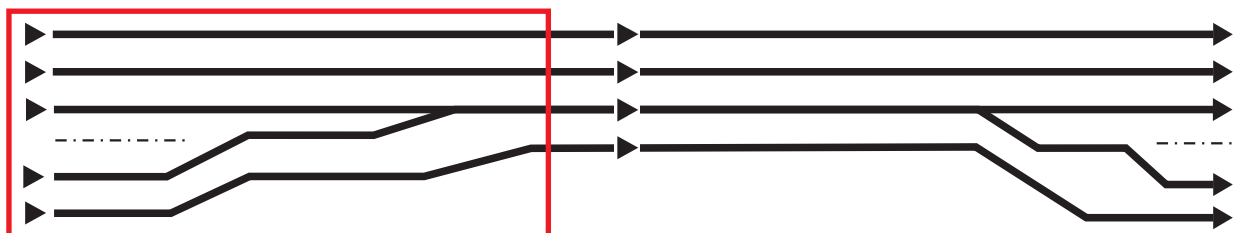
### Entwurfsvariante B



### Entwurfsvariante C

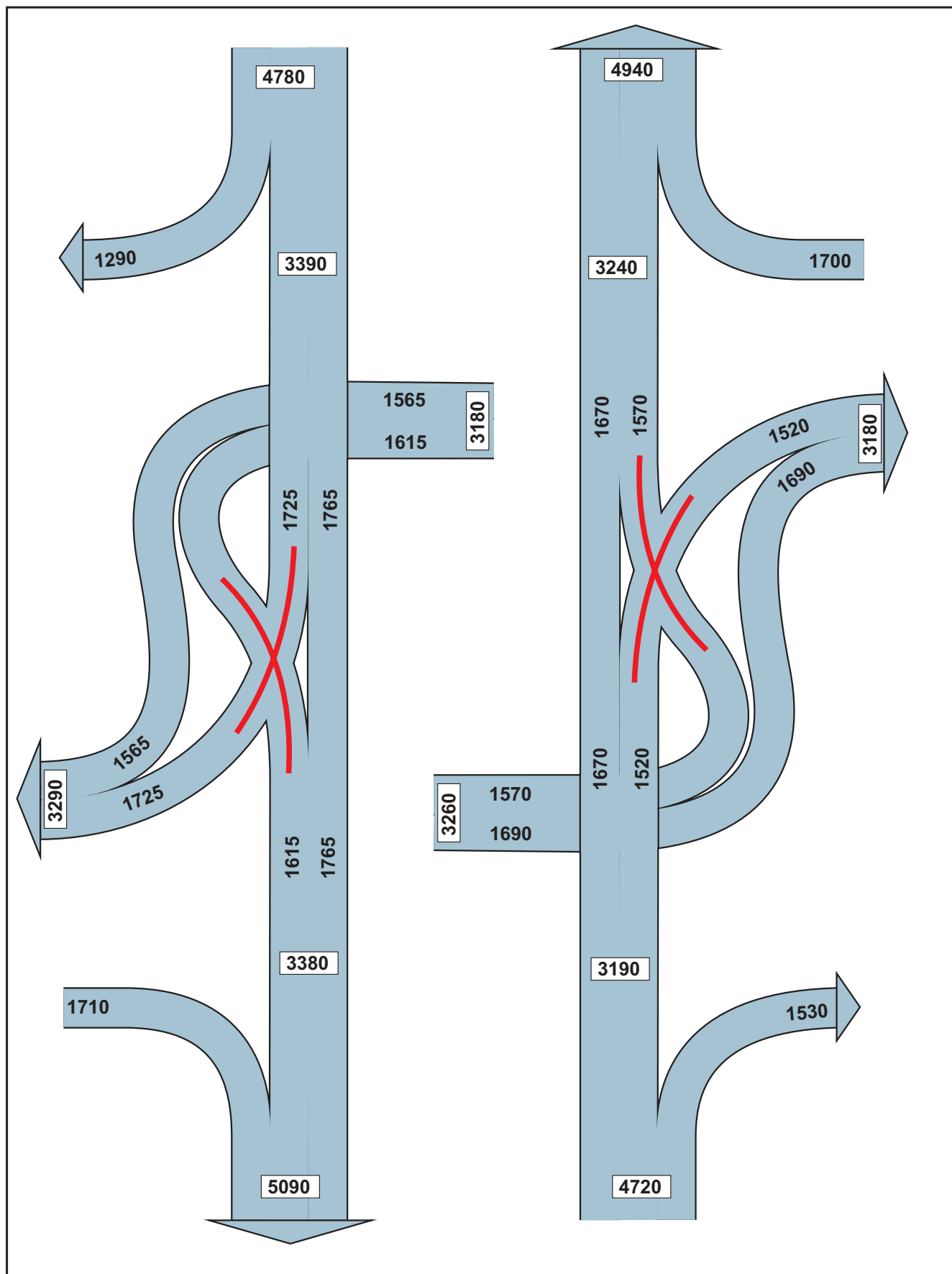


### Entwurfsvariante D

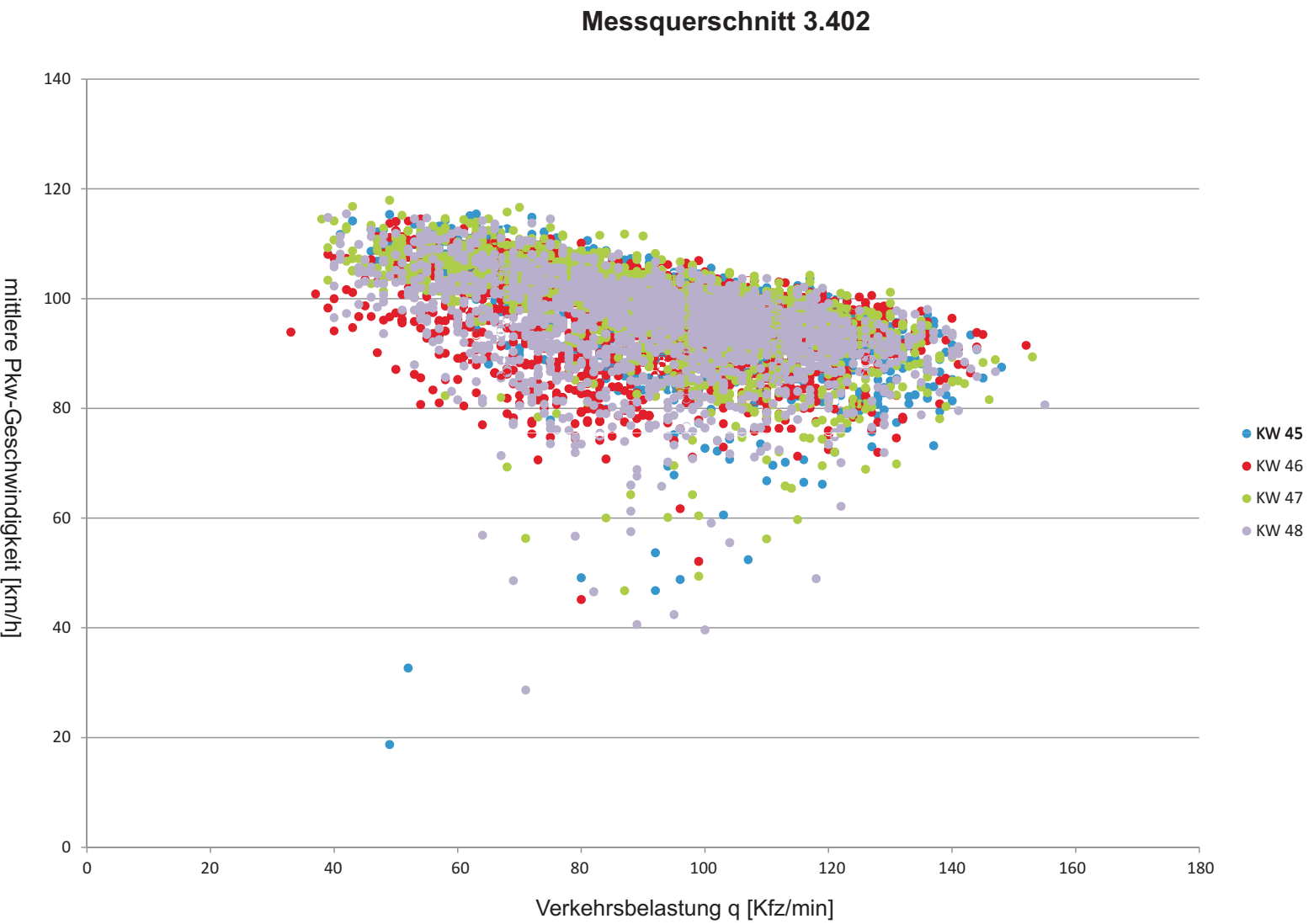


Schematische Darstellung der betrachteten Varianten

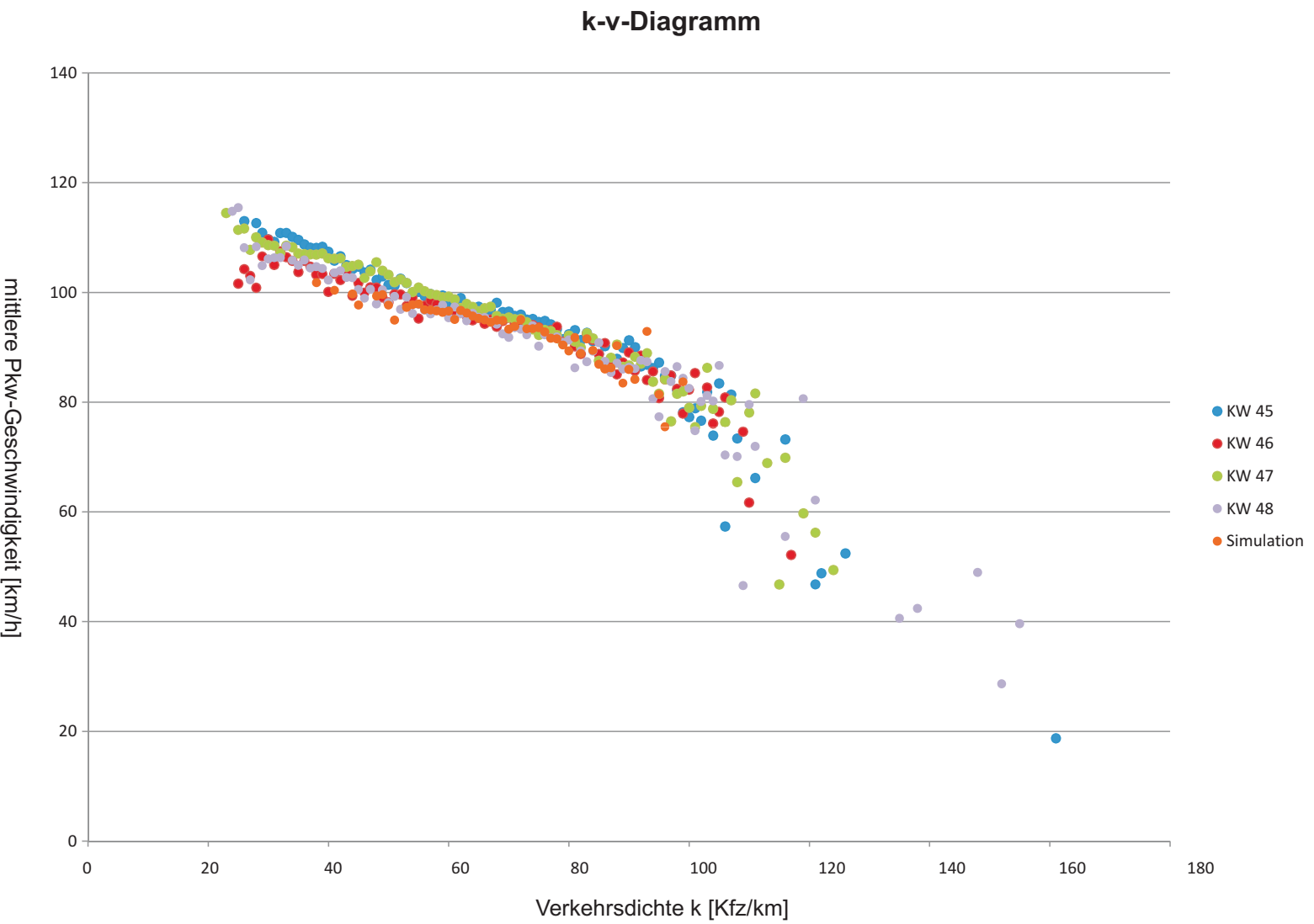


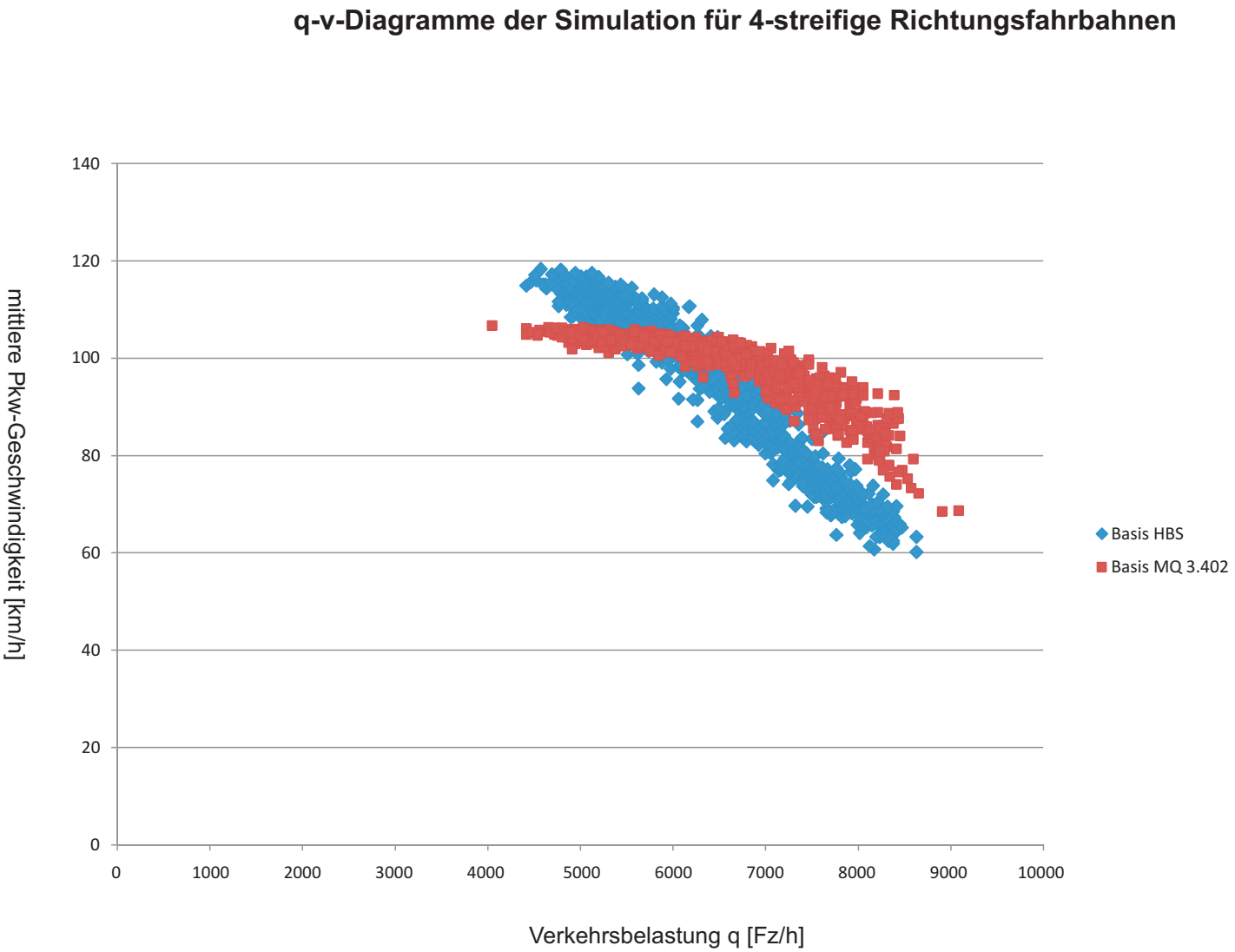


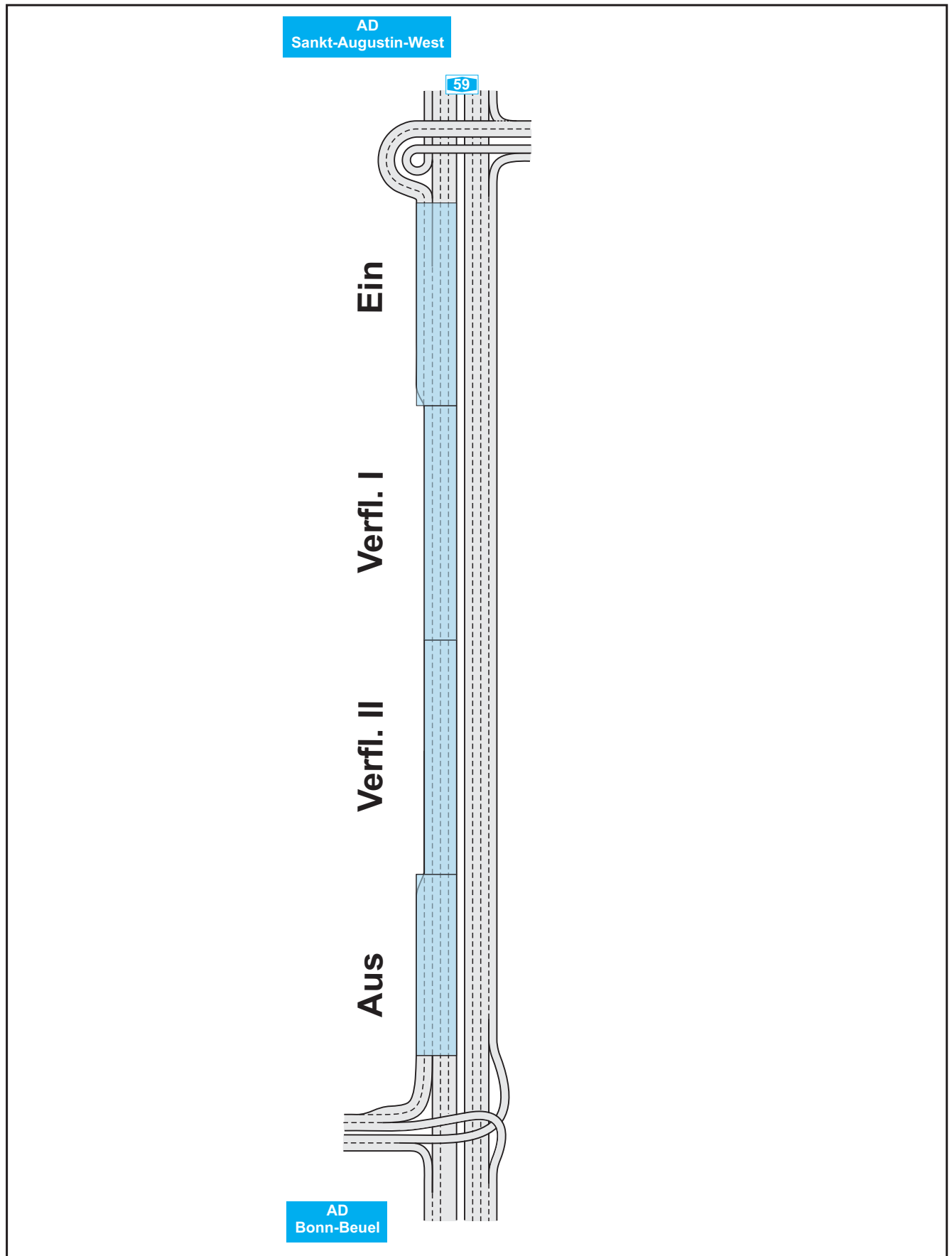
Verkehrsbelastungen Prognose 2025, MSV in Kfz/h

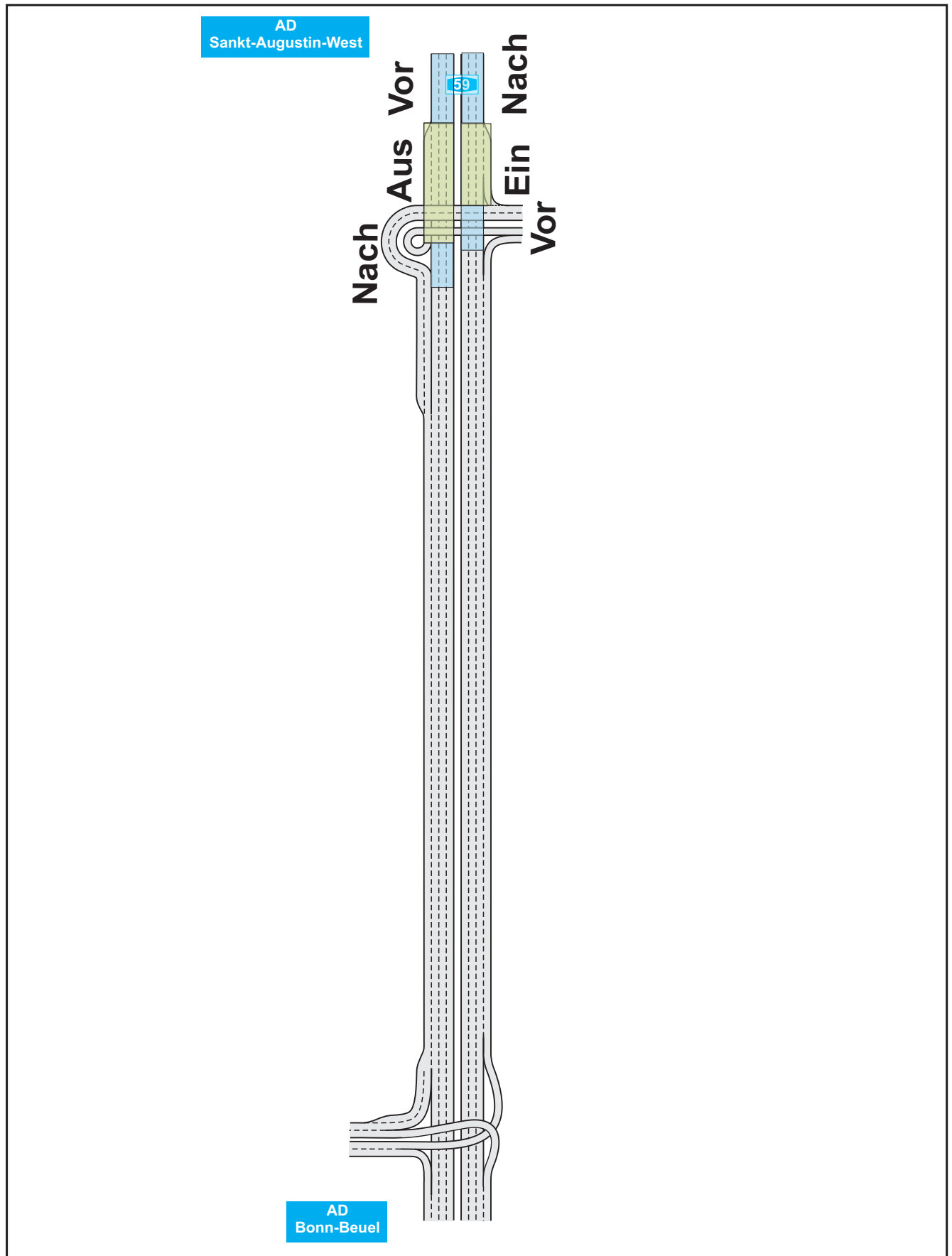


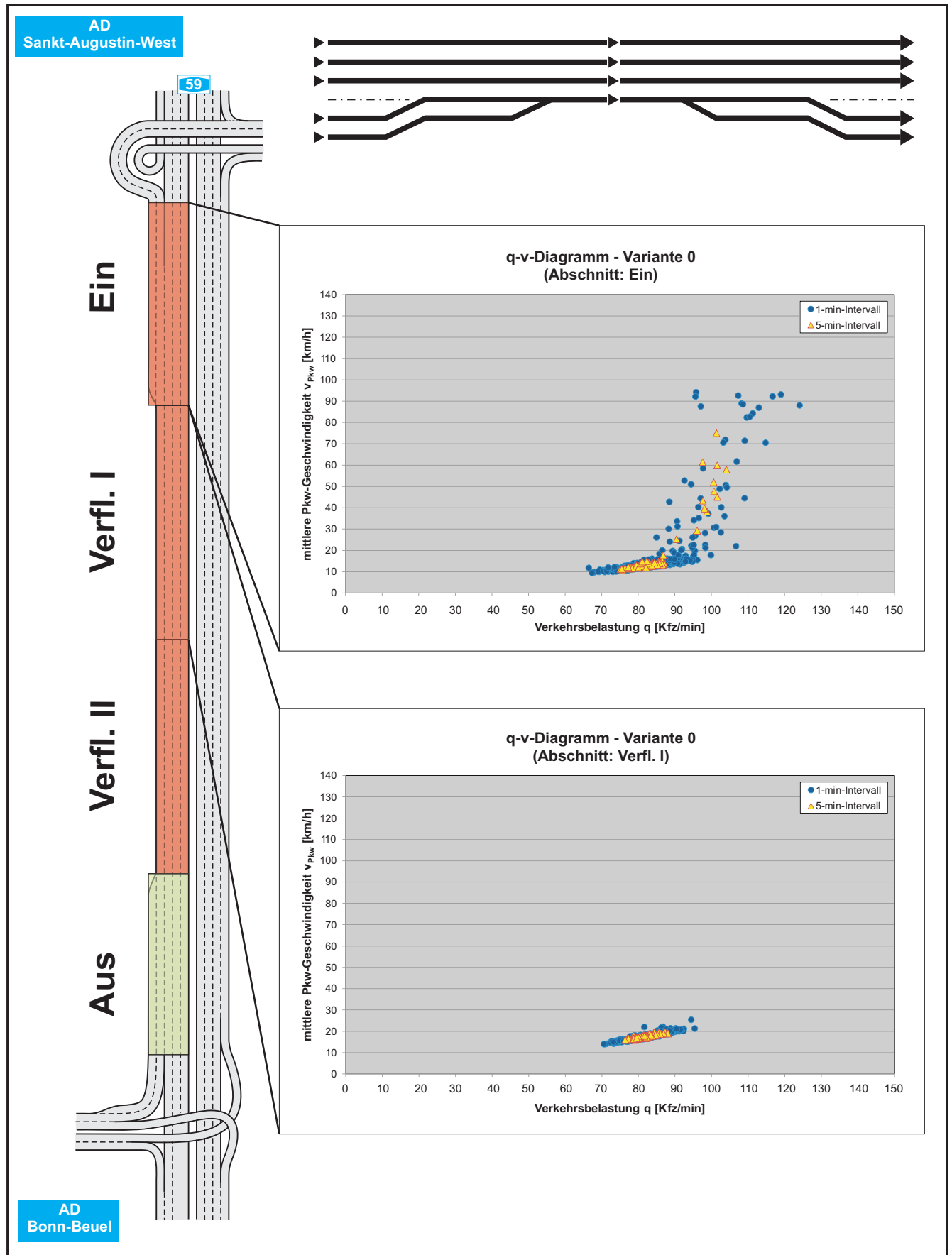
Messdaten der automatischen Dauerzählstelle 3.402 aus dem November 2009



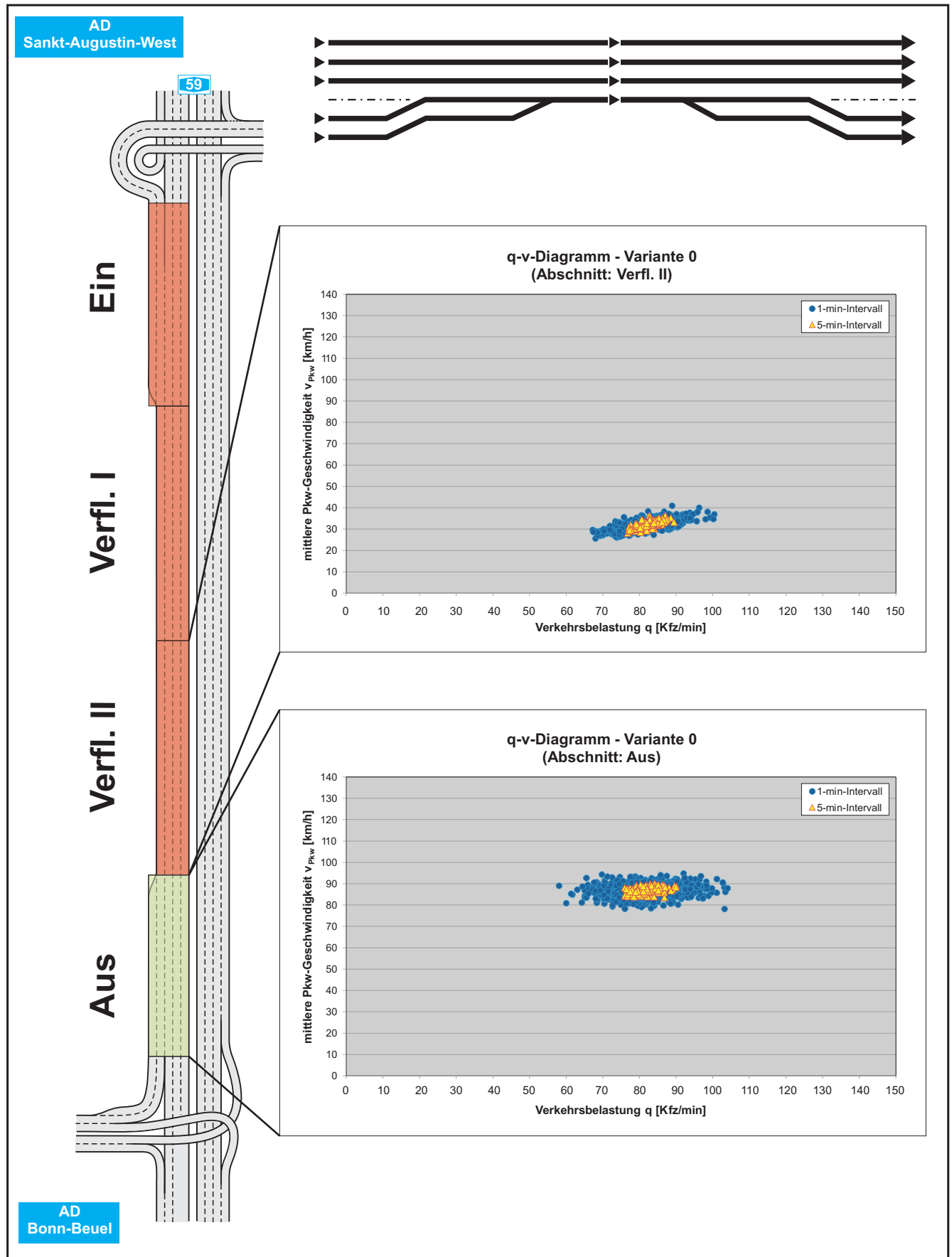






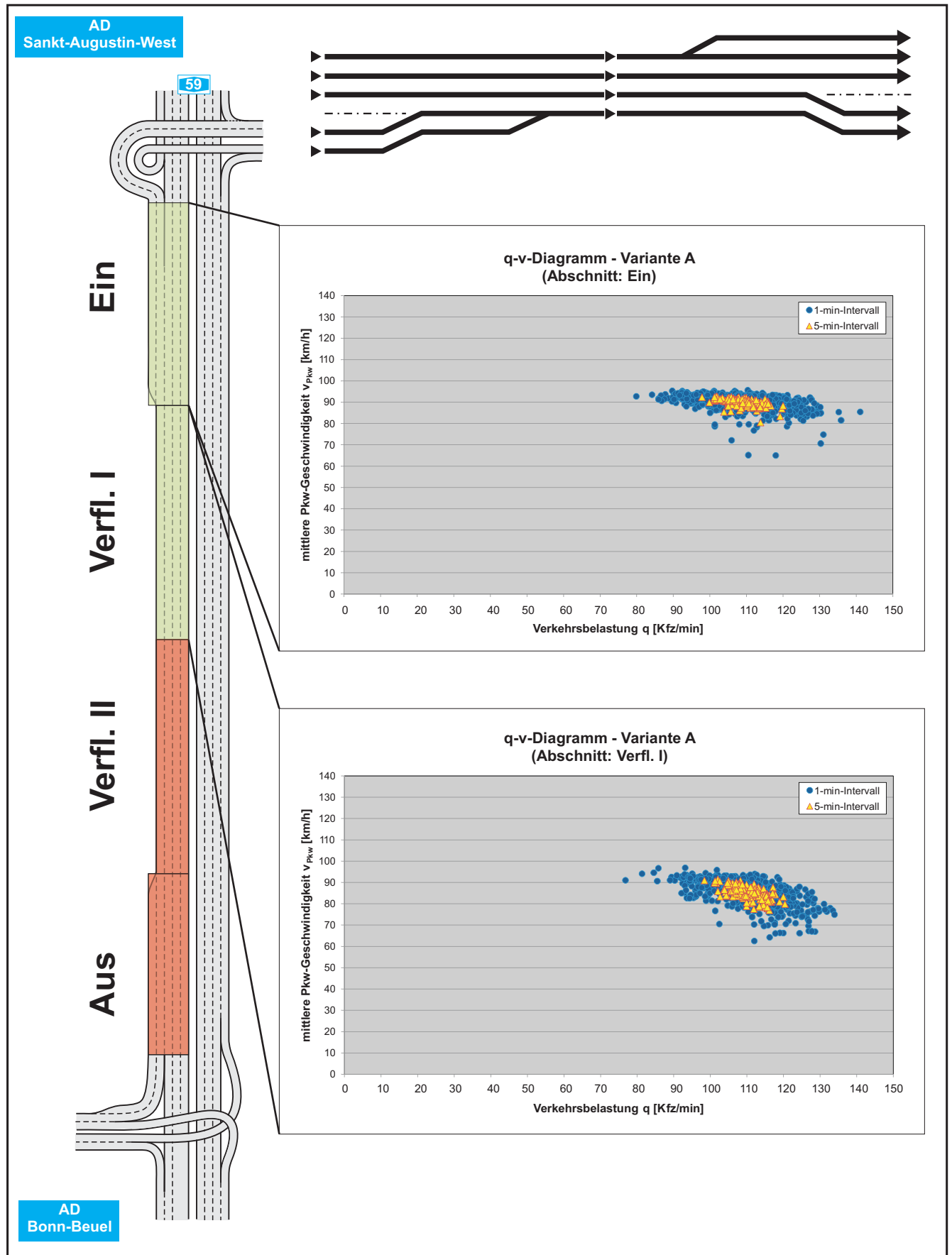


Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante 0 - Abschnitte Ein und Verfl. I

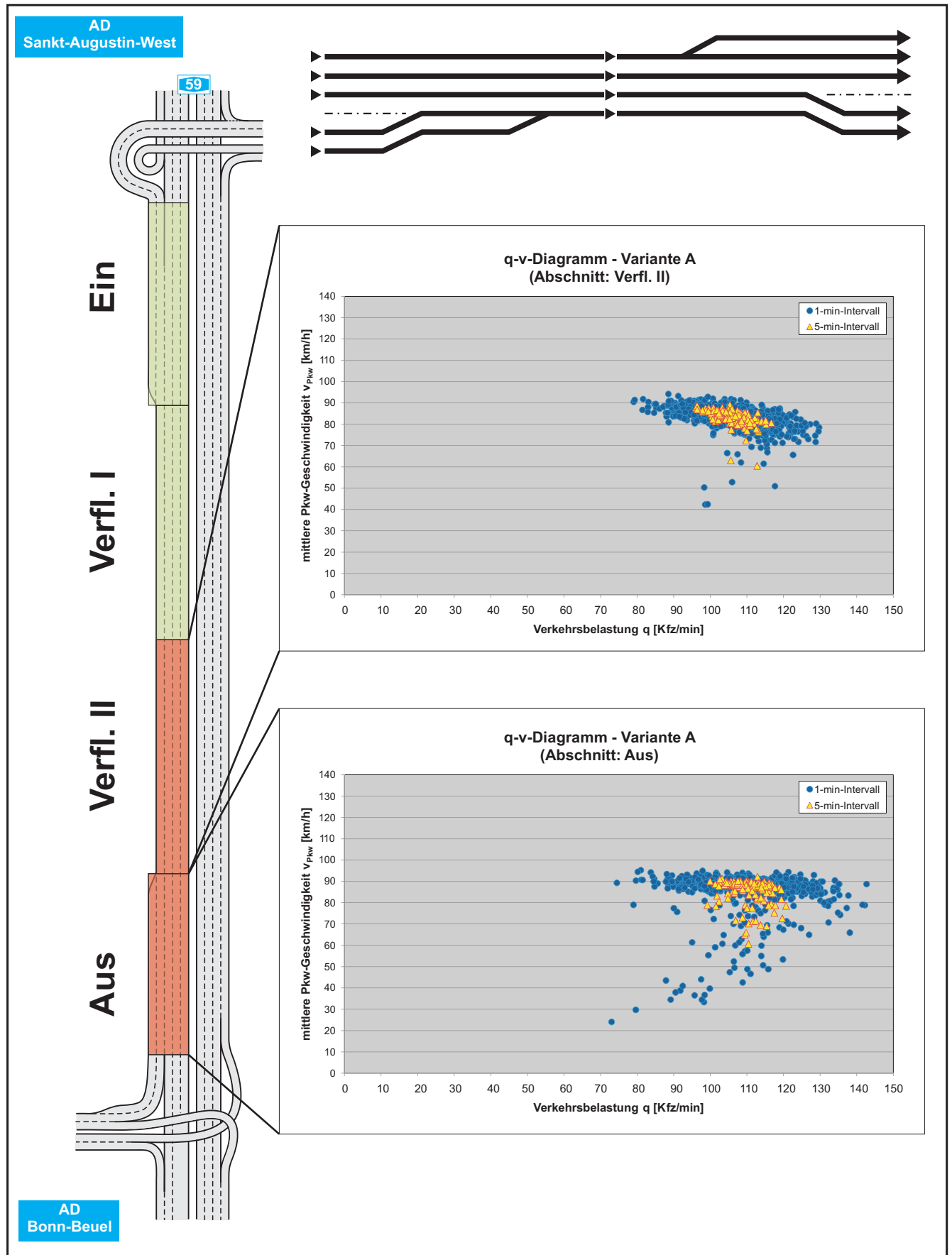


Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante 0 - Abschnitte Verfl. II und Aus

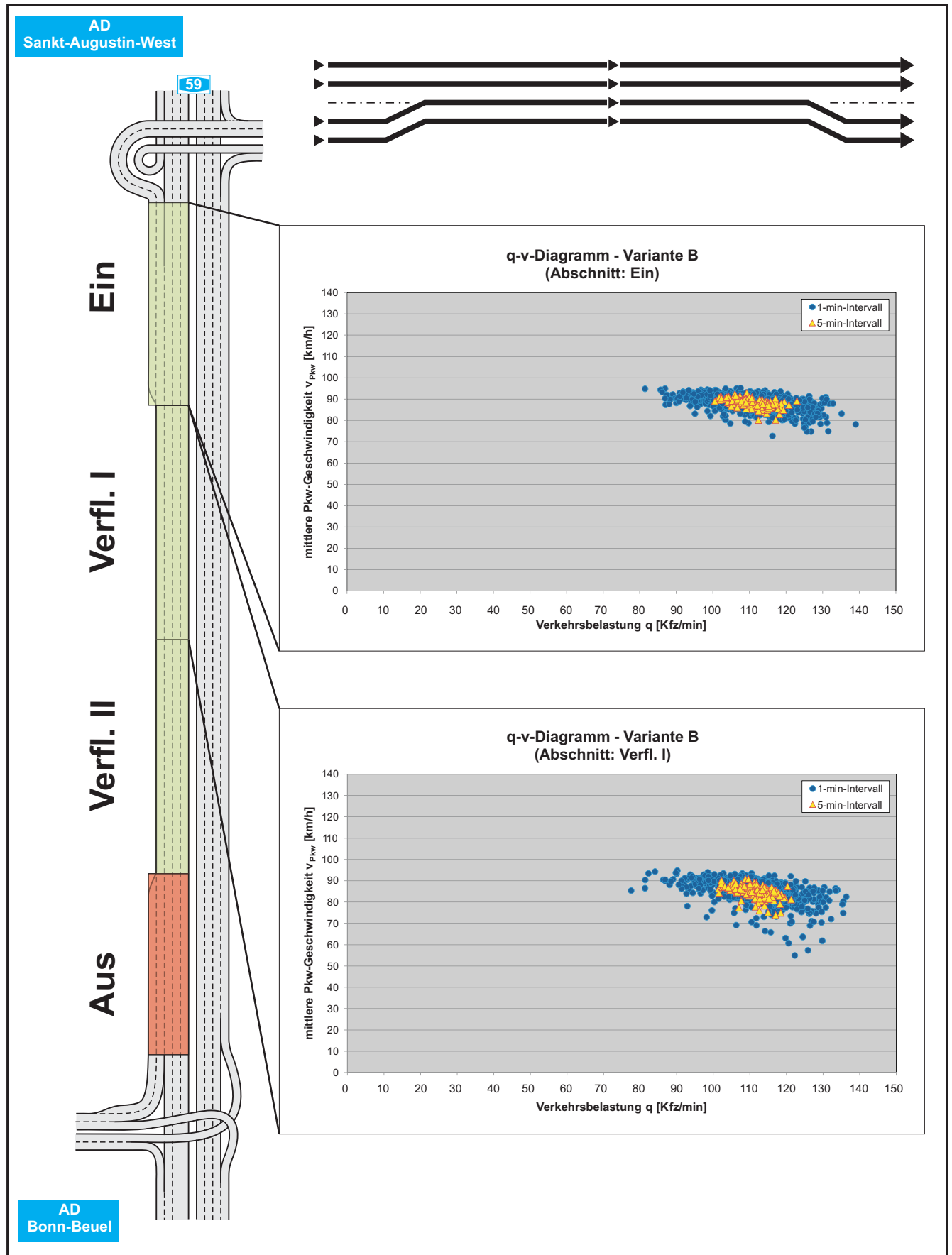




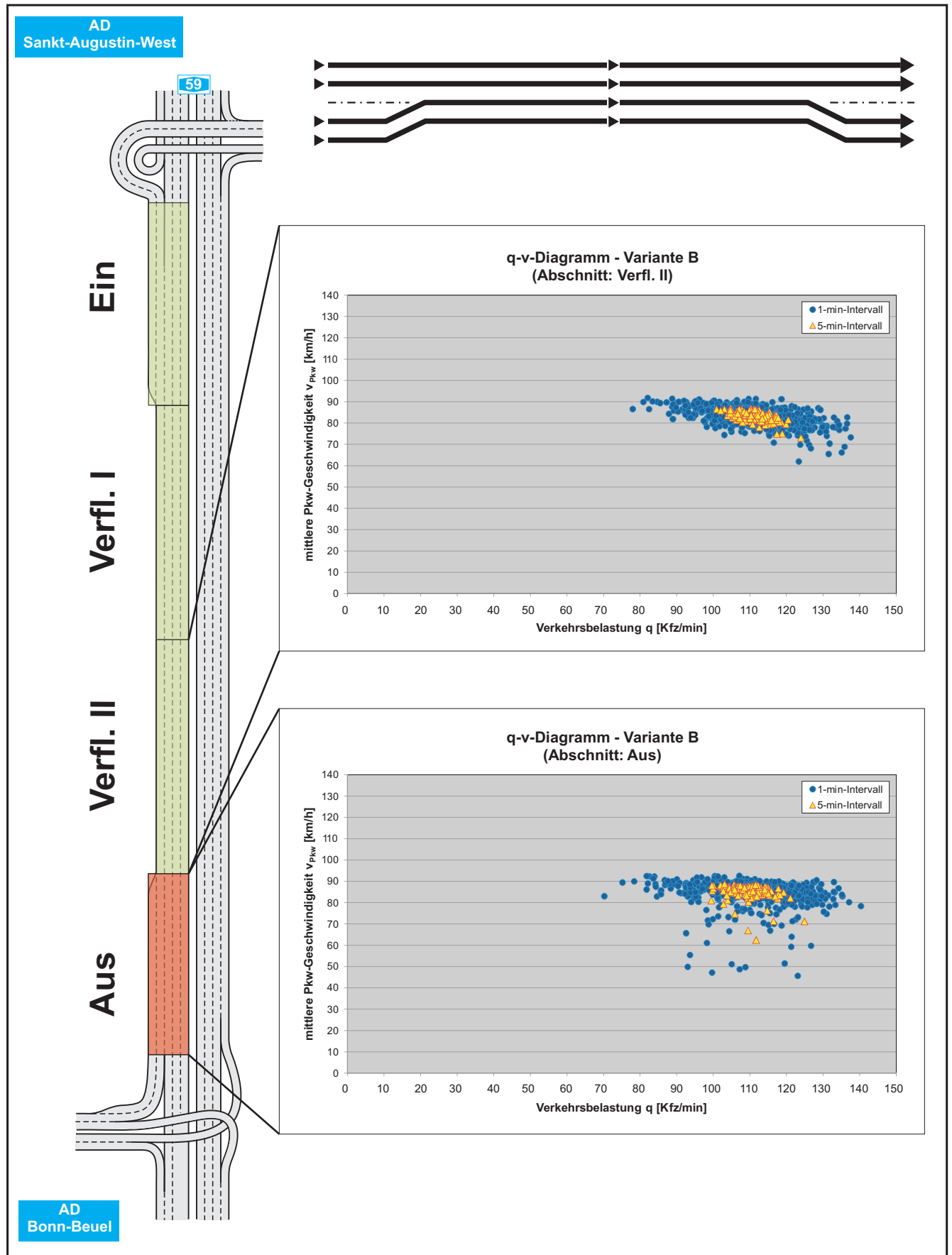
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante A - Abschnitte Ein und Verfl. I



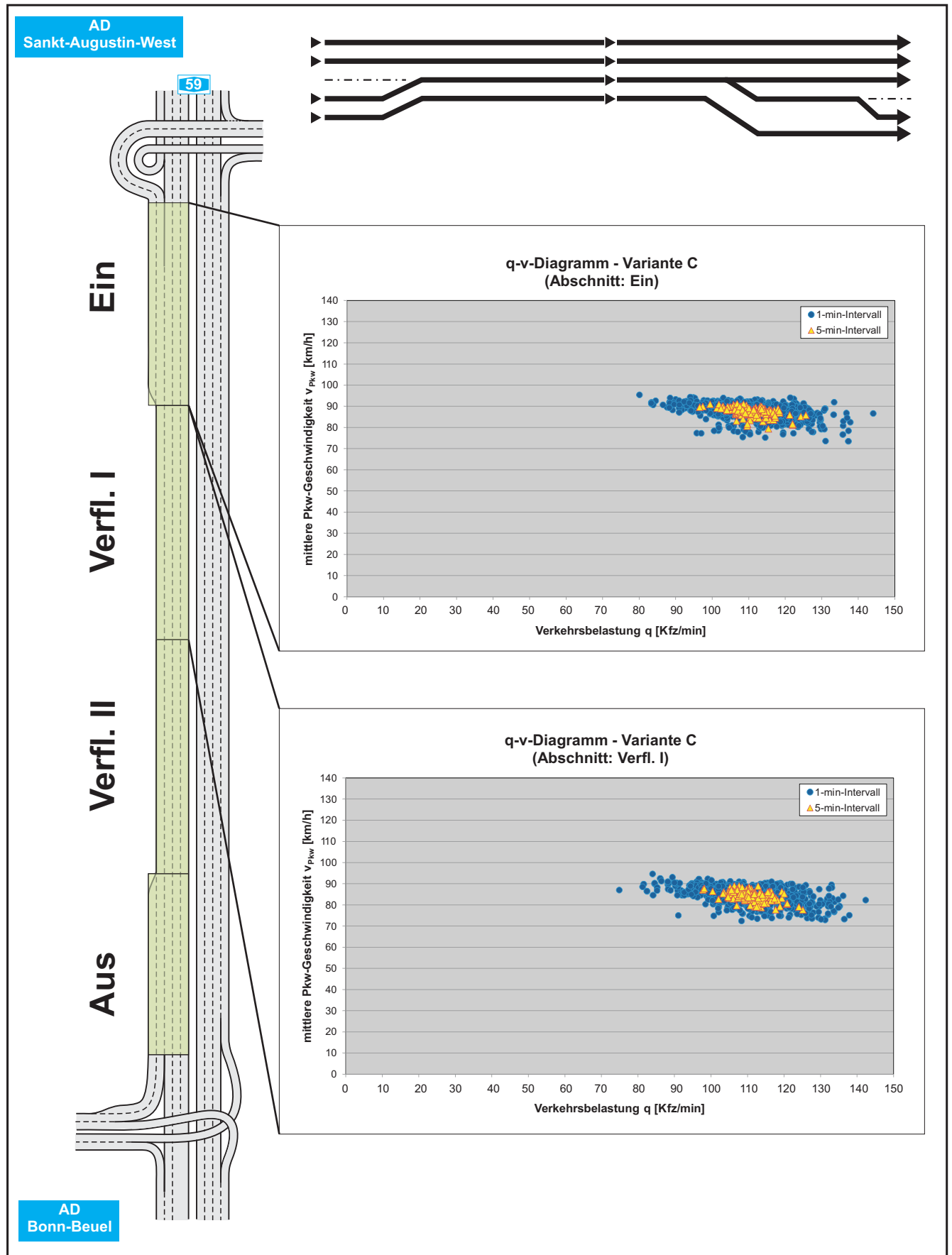
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante A - Abschnitte Verfl. II und Aus



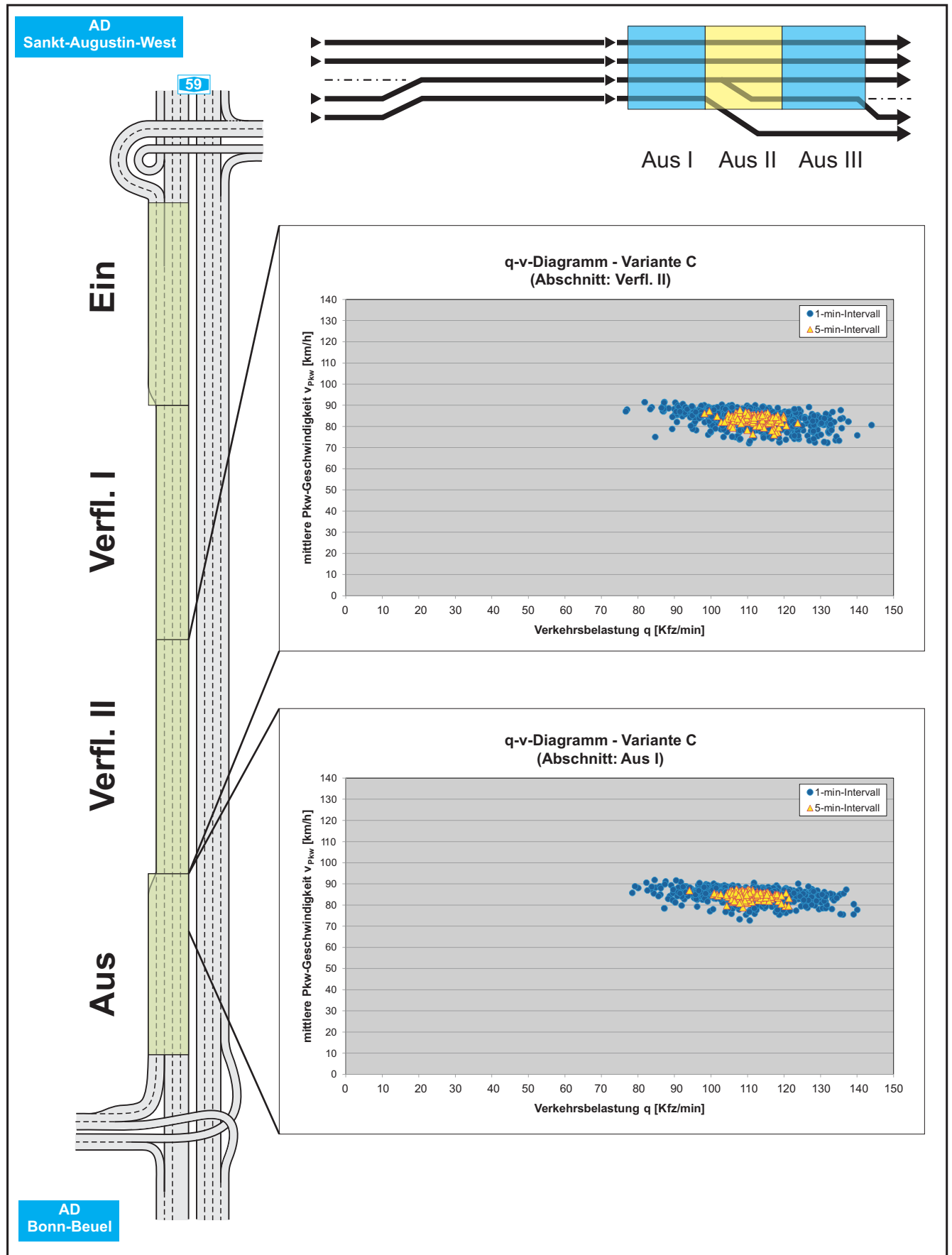
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante B - Abschnitte Ein und Verfl. I



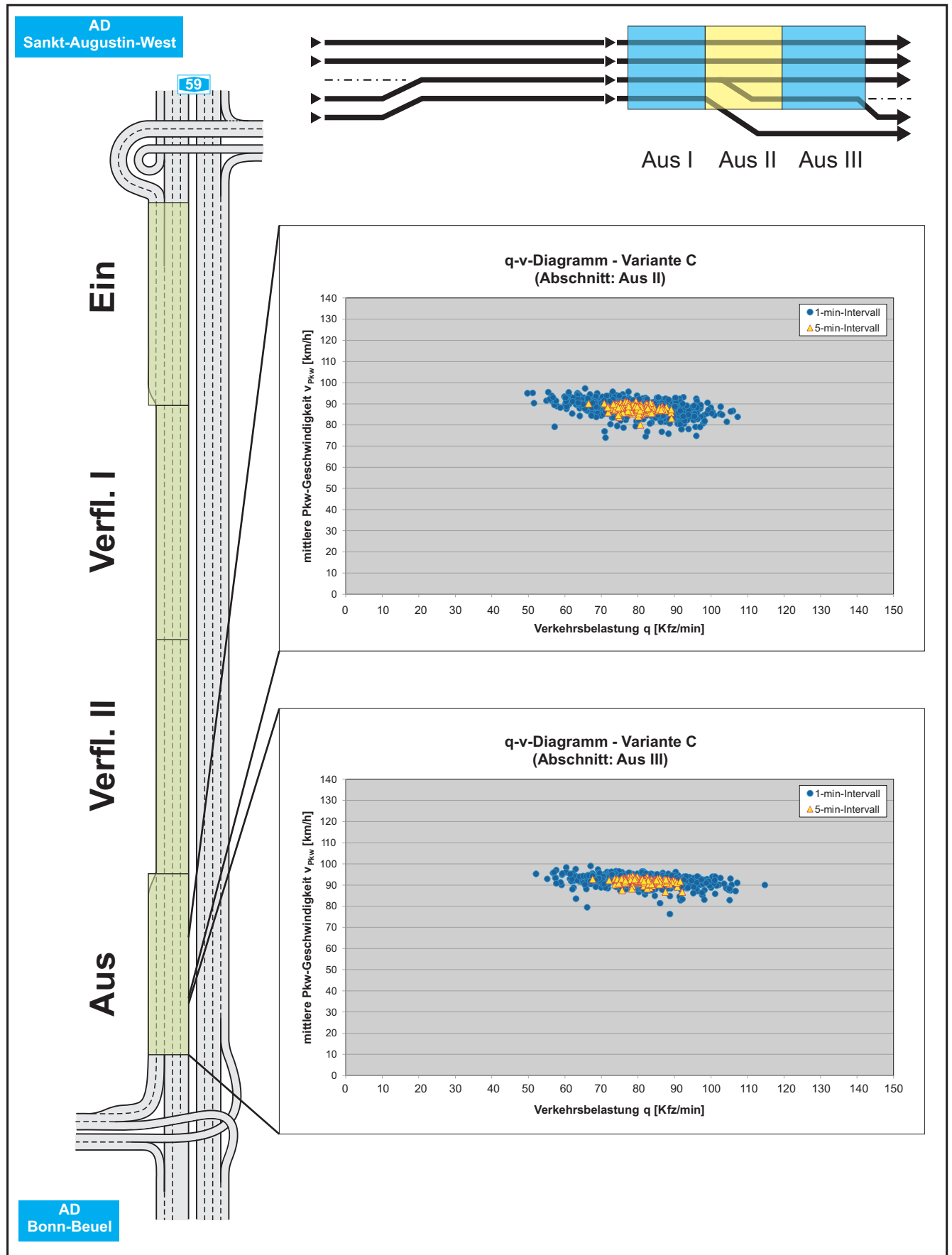
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante B - Abschnitte Verfl. II und Aus



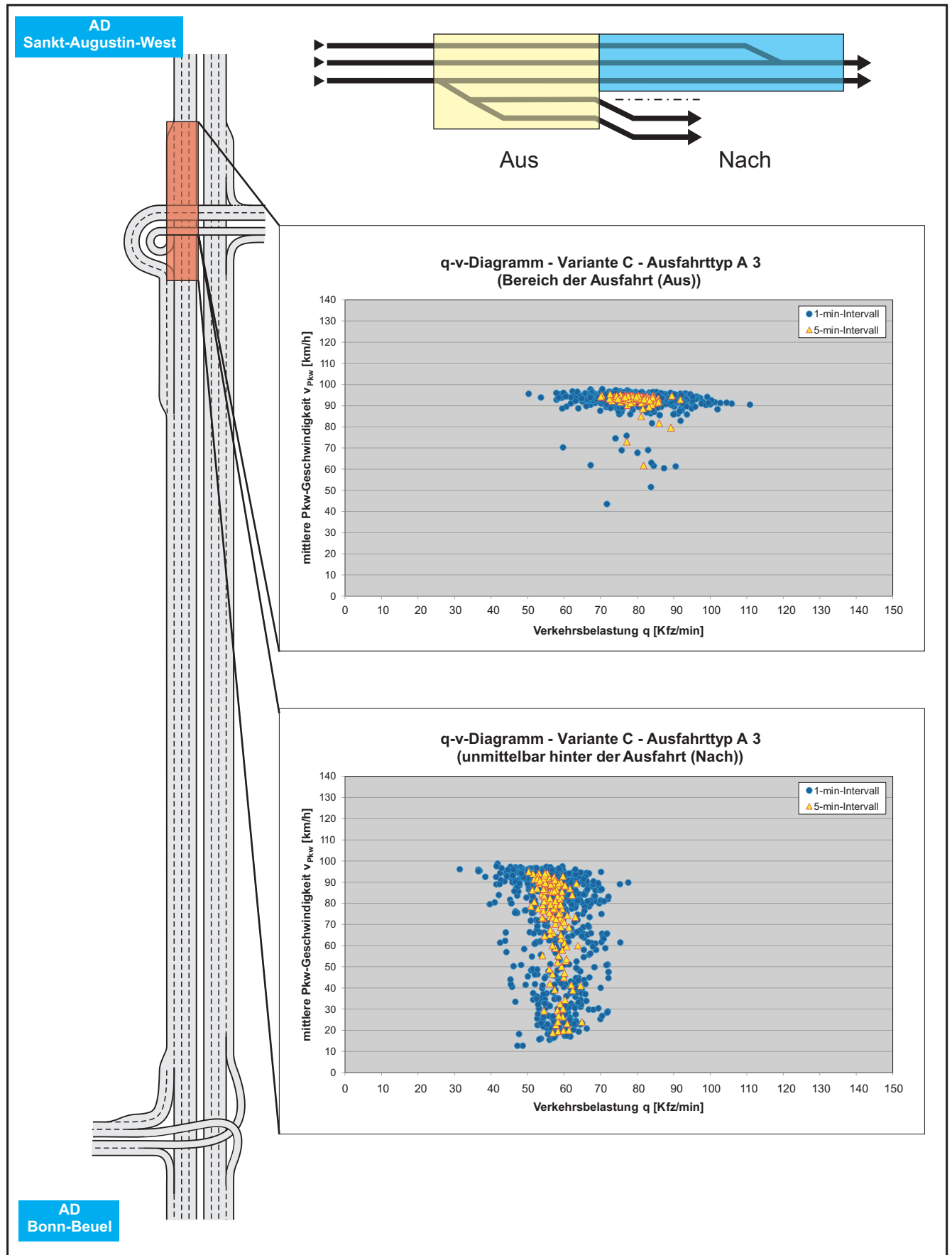
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Abschnitte Ein und Verfl. I



Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Abschnitte Verfl. II und Aus I

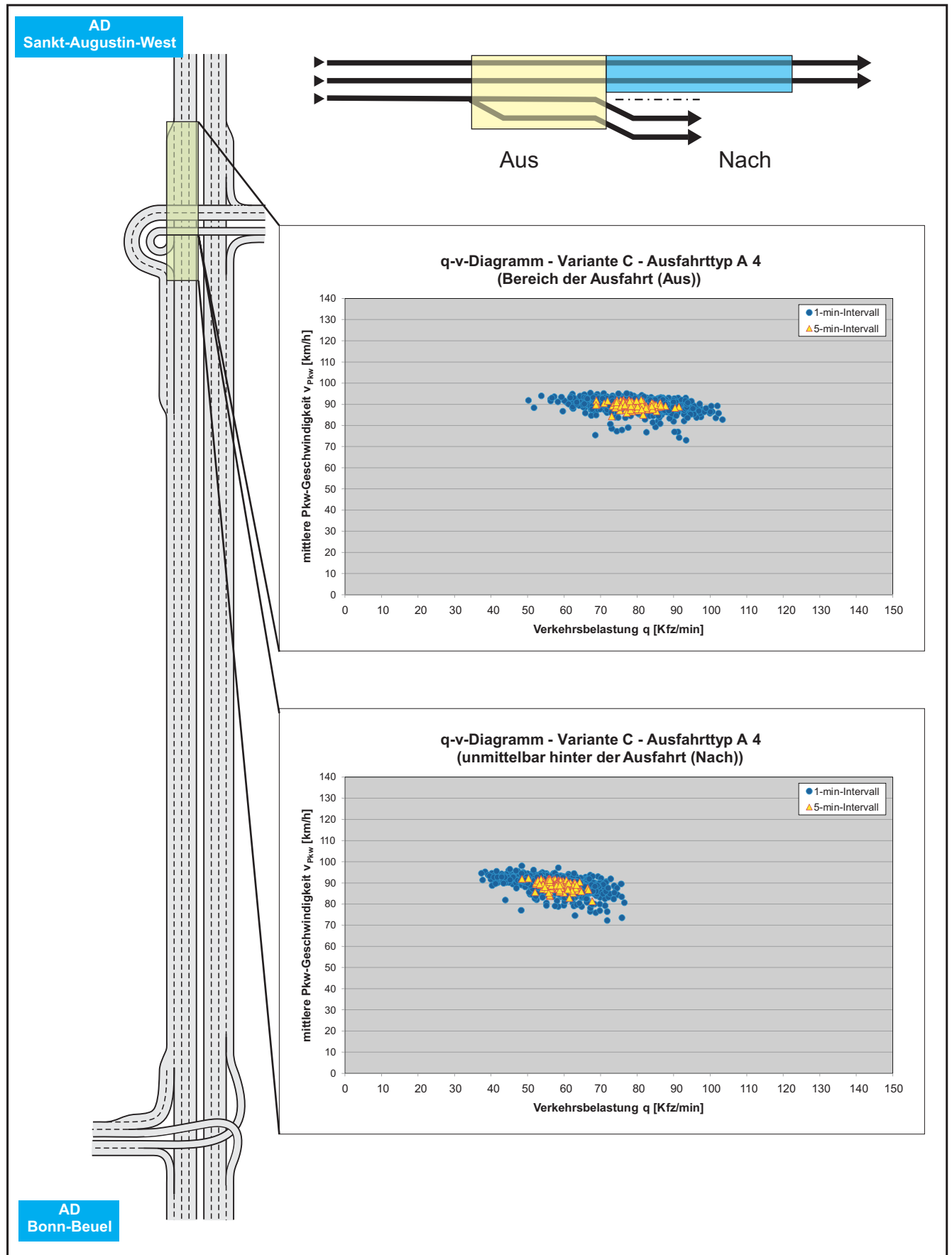


Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Abschnitte Aus II und Aus III

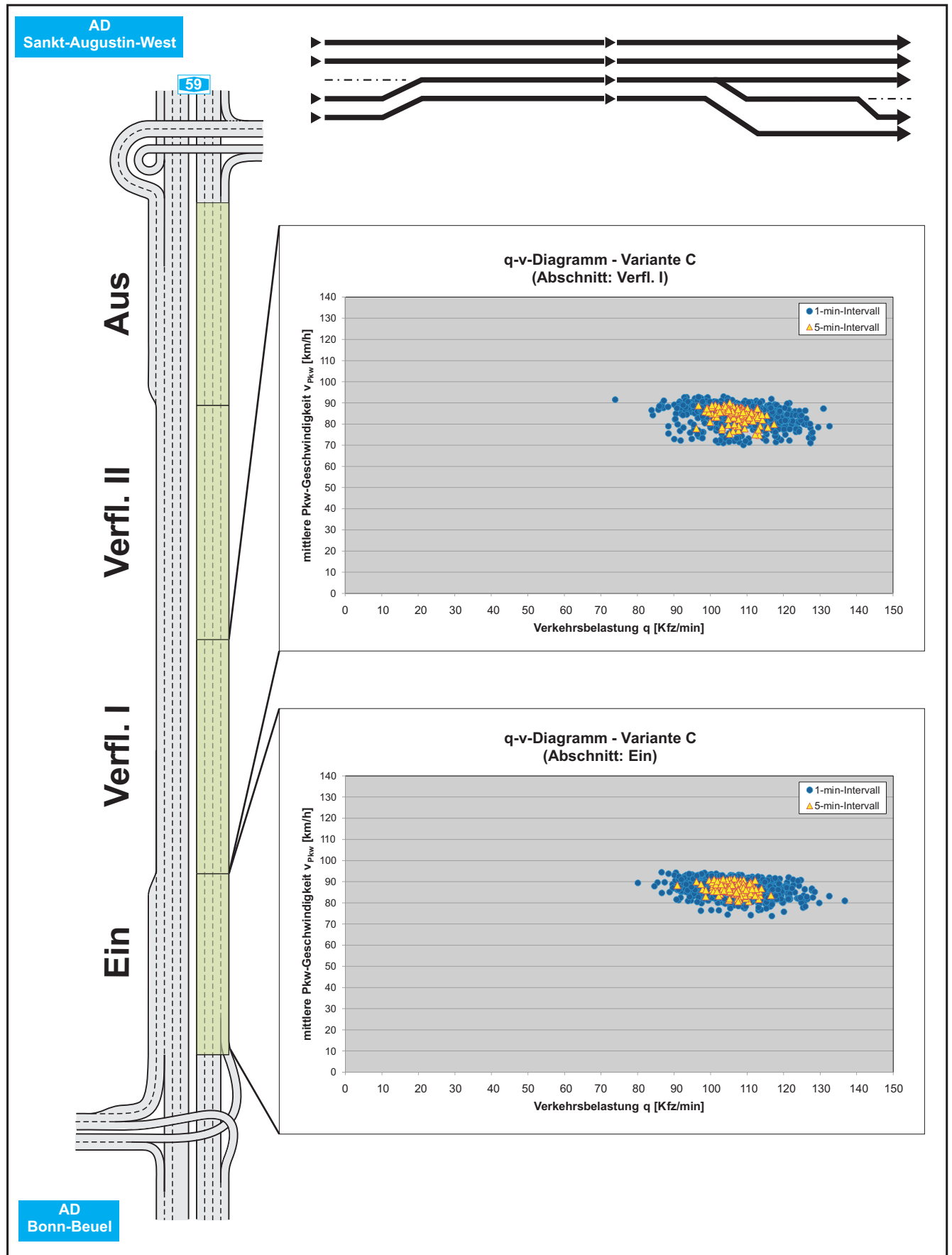


Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Ausfahrttyp A 3

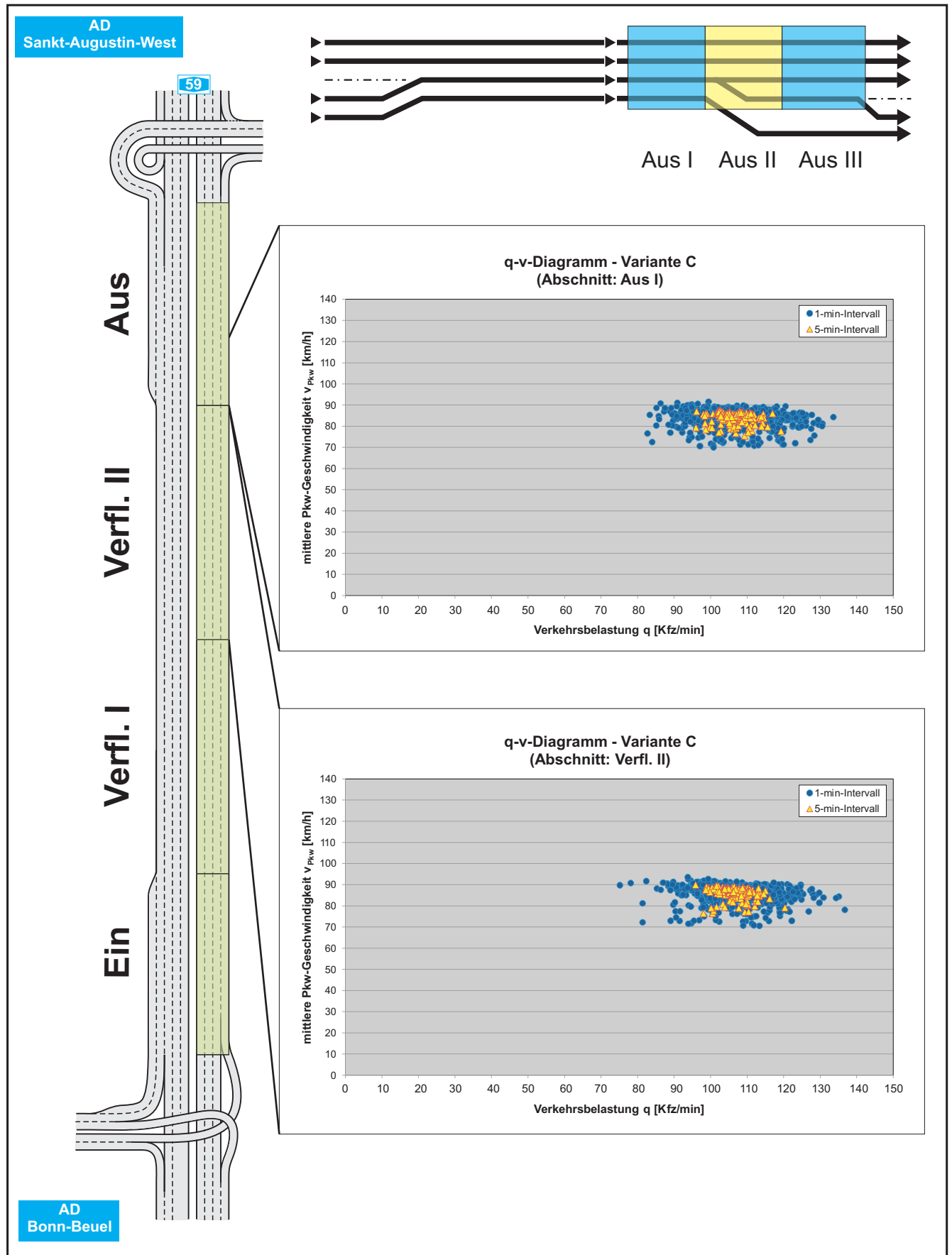




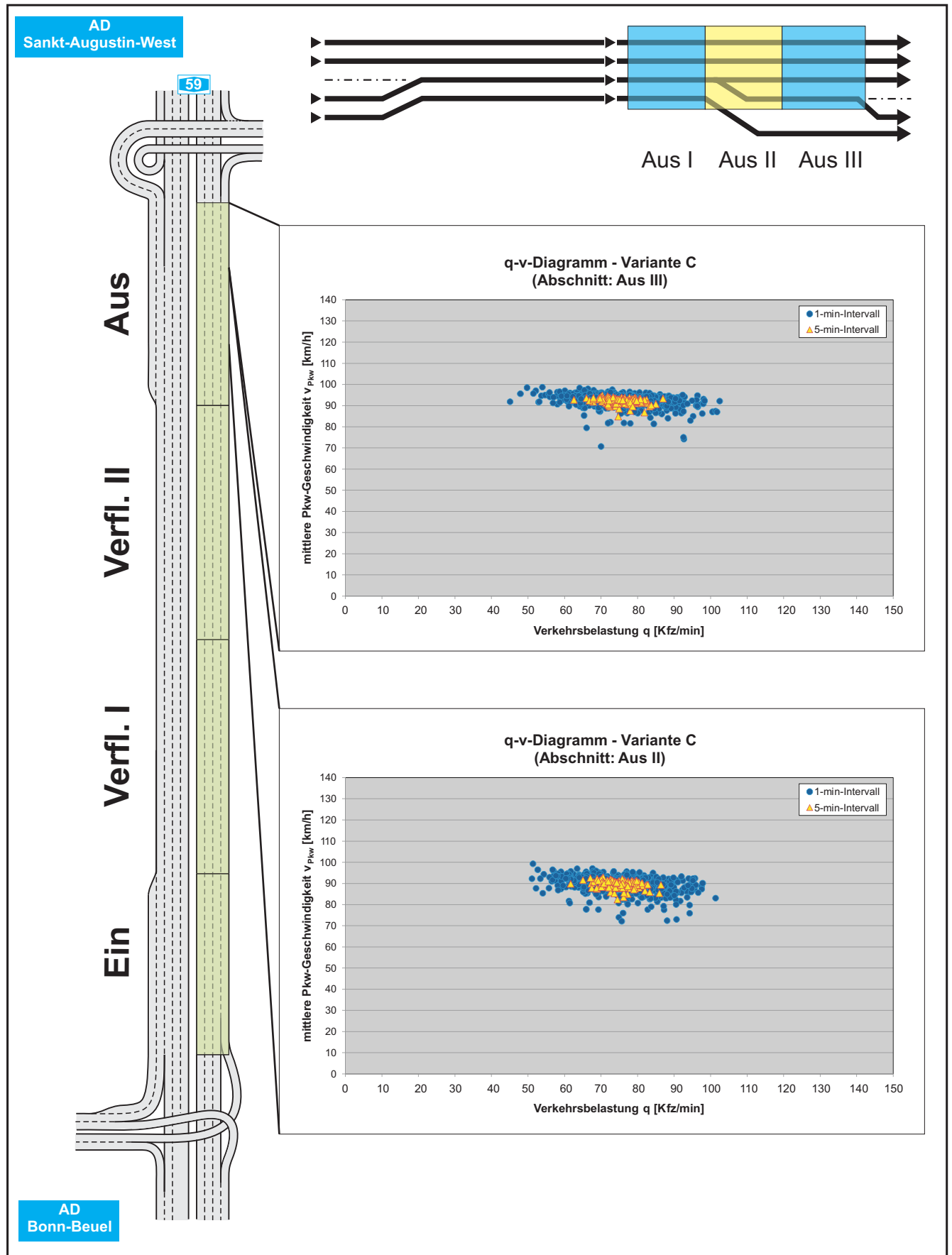
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Ausfahrttyp A 4



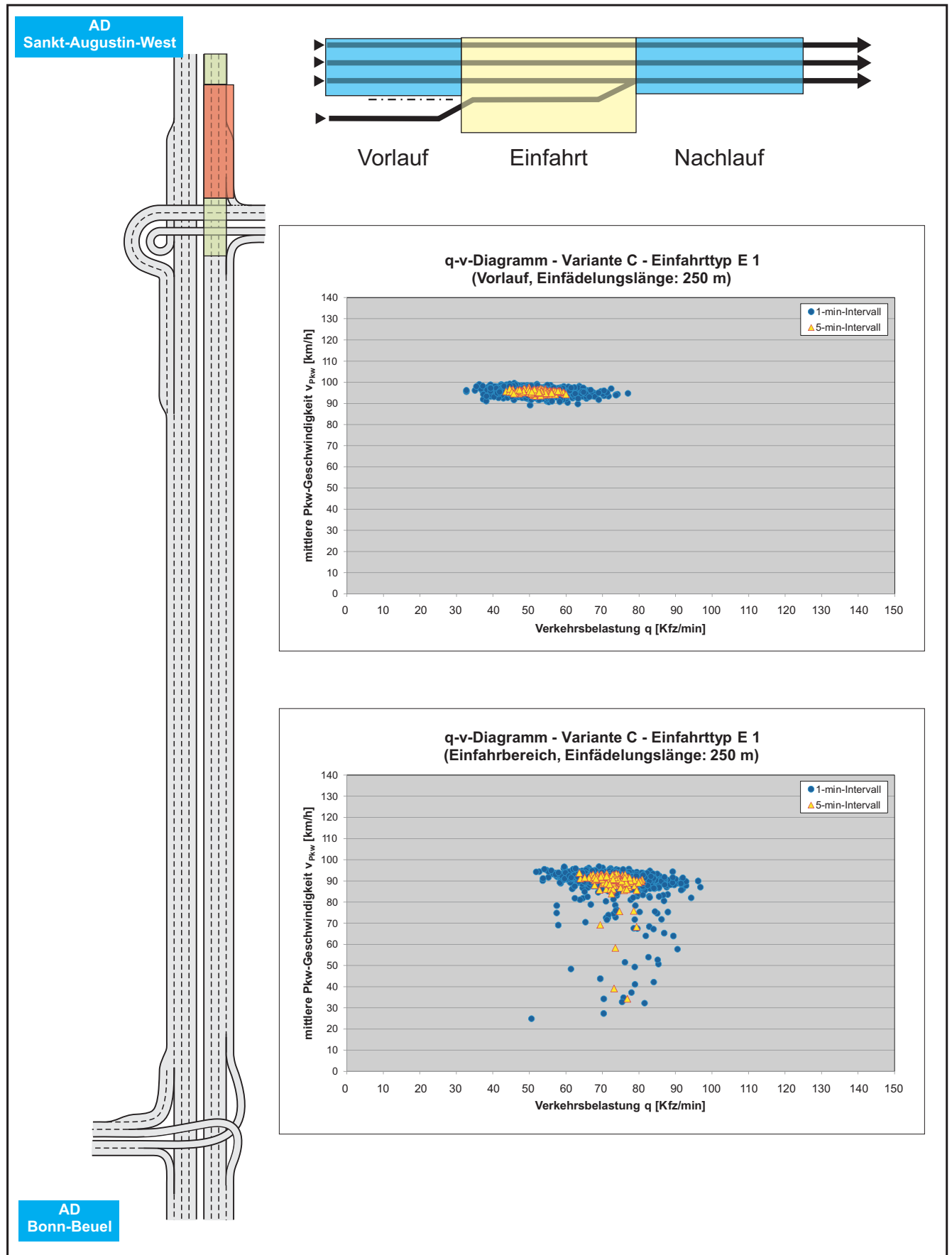
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Abschnitte Ein und Verfl. I  
(Fahrtrichtung Köln)



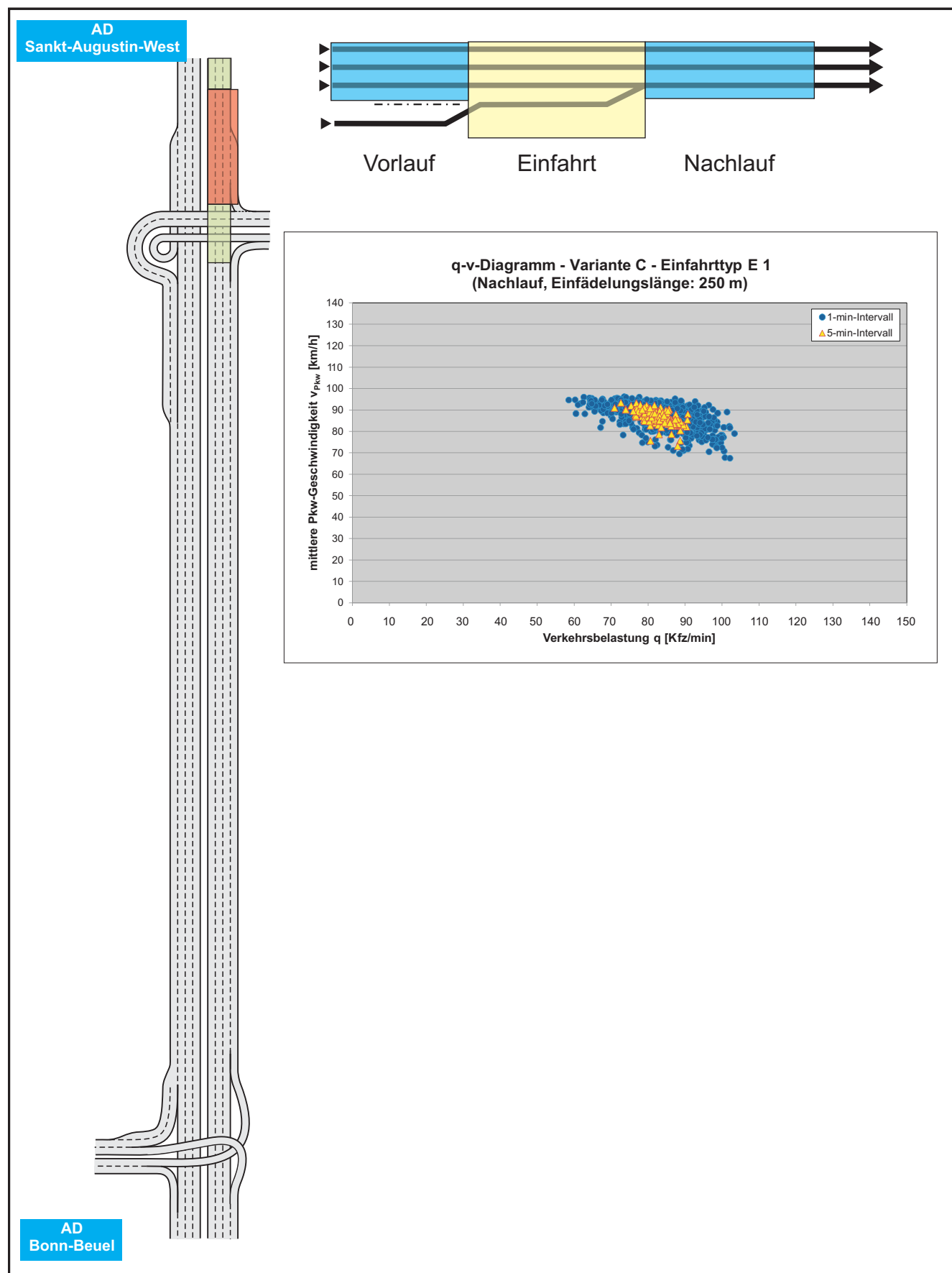
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Abschnitte Verfl. II und Aus I (Fahrtrichtung Köln)



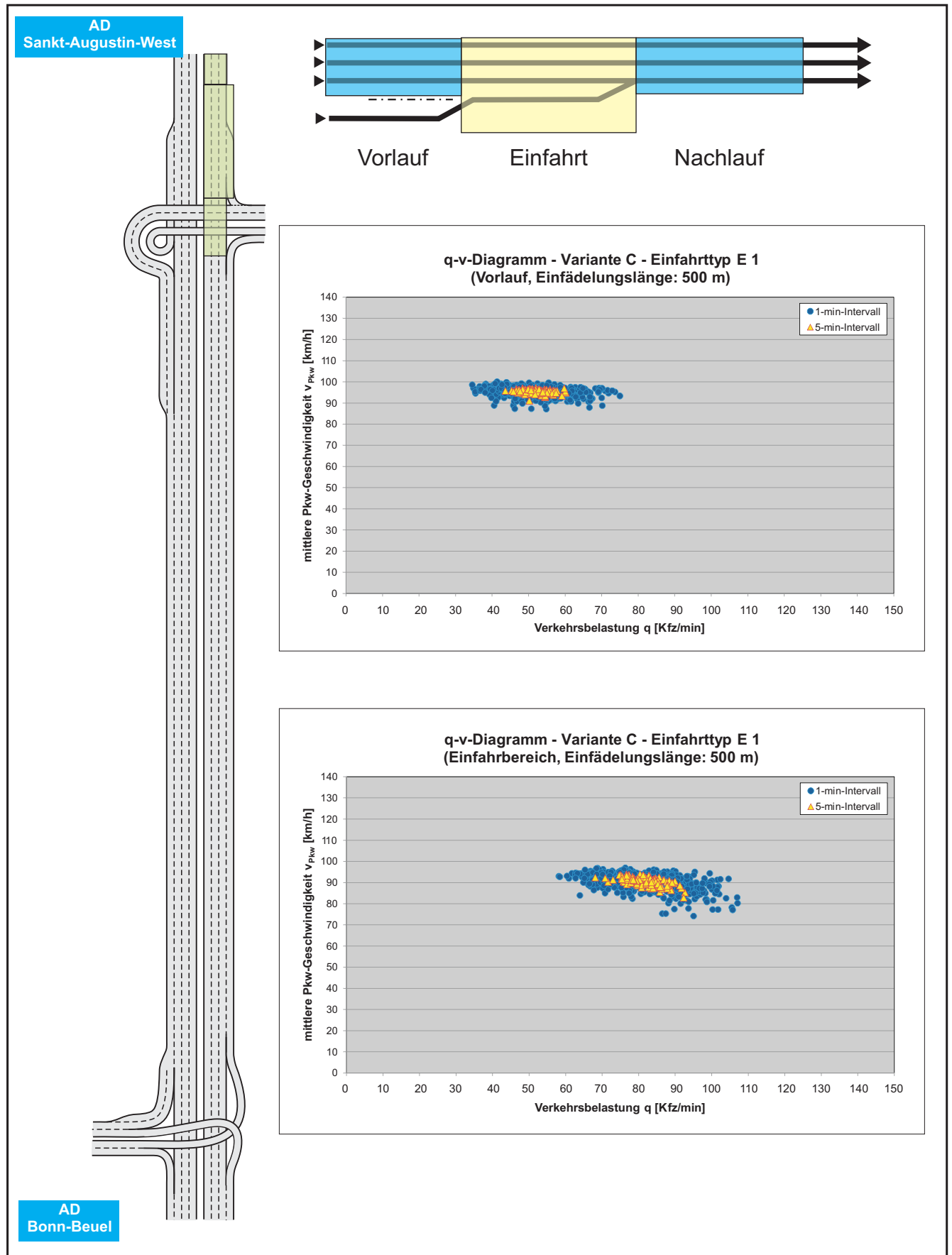
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Abschnitte Aus II und Aus III (Fahrtrichtung Köln)



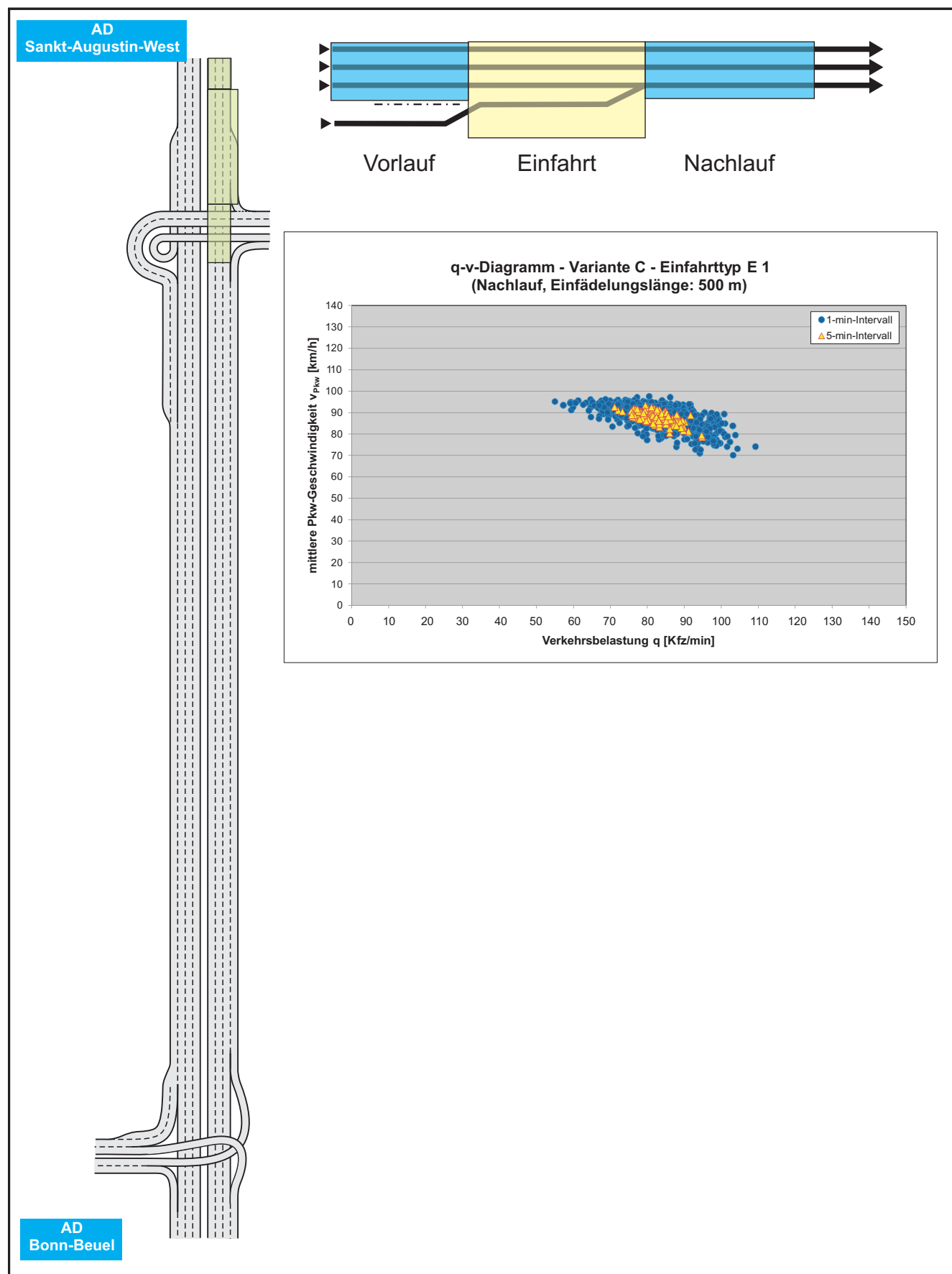
Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Einfahrtstyp E 1 (Spurlänge 250m)



Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Einfahrtstyp E 1 (Spurlänge 250m)

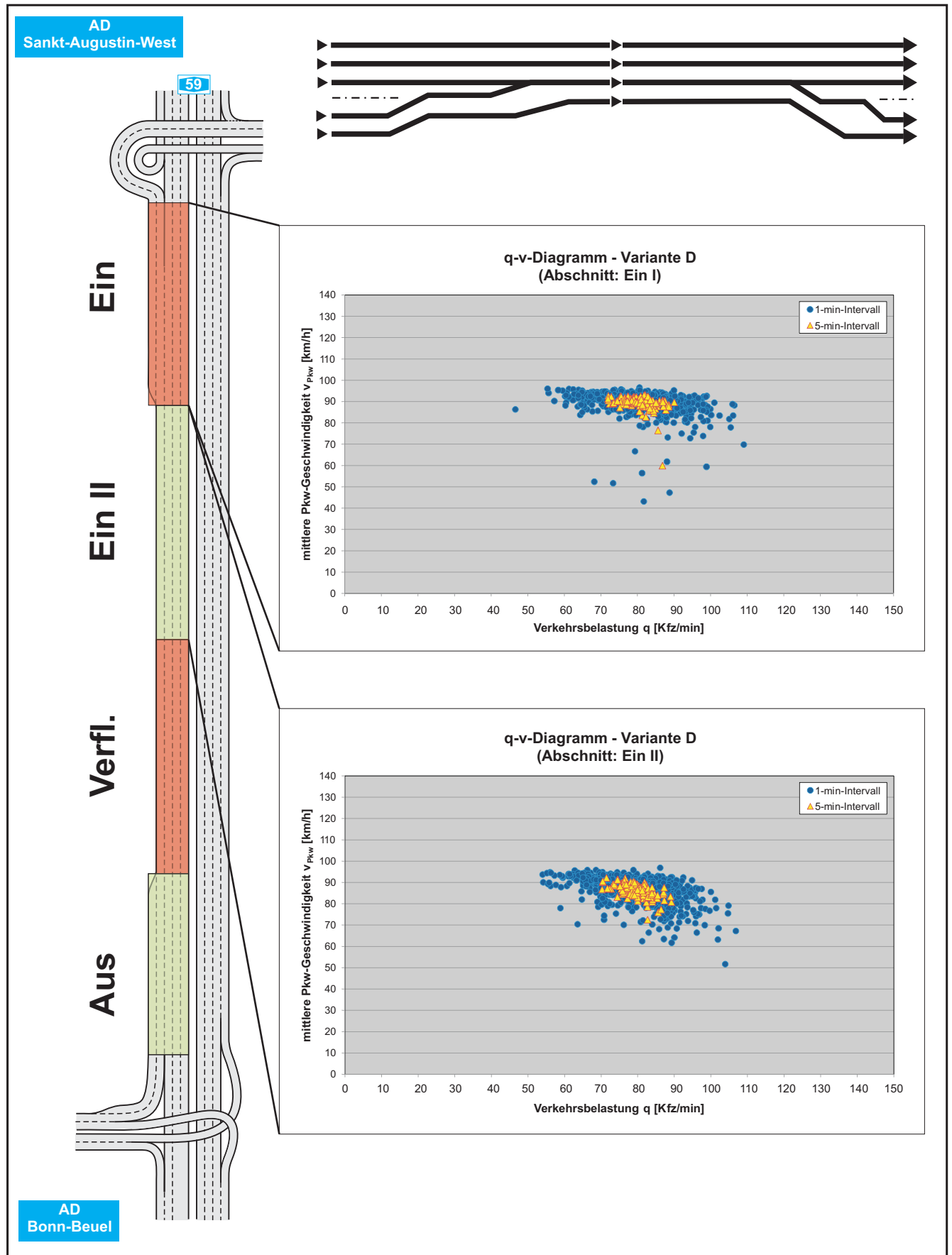


Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Einfahrtstyp E 1 (Spurlänge 500m)

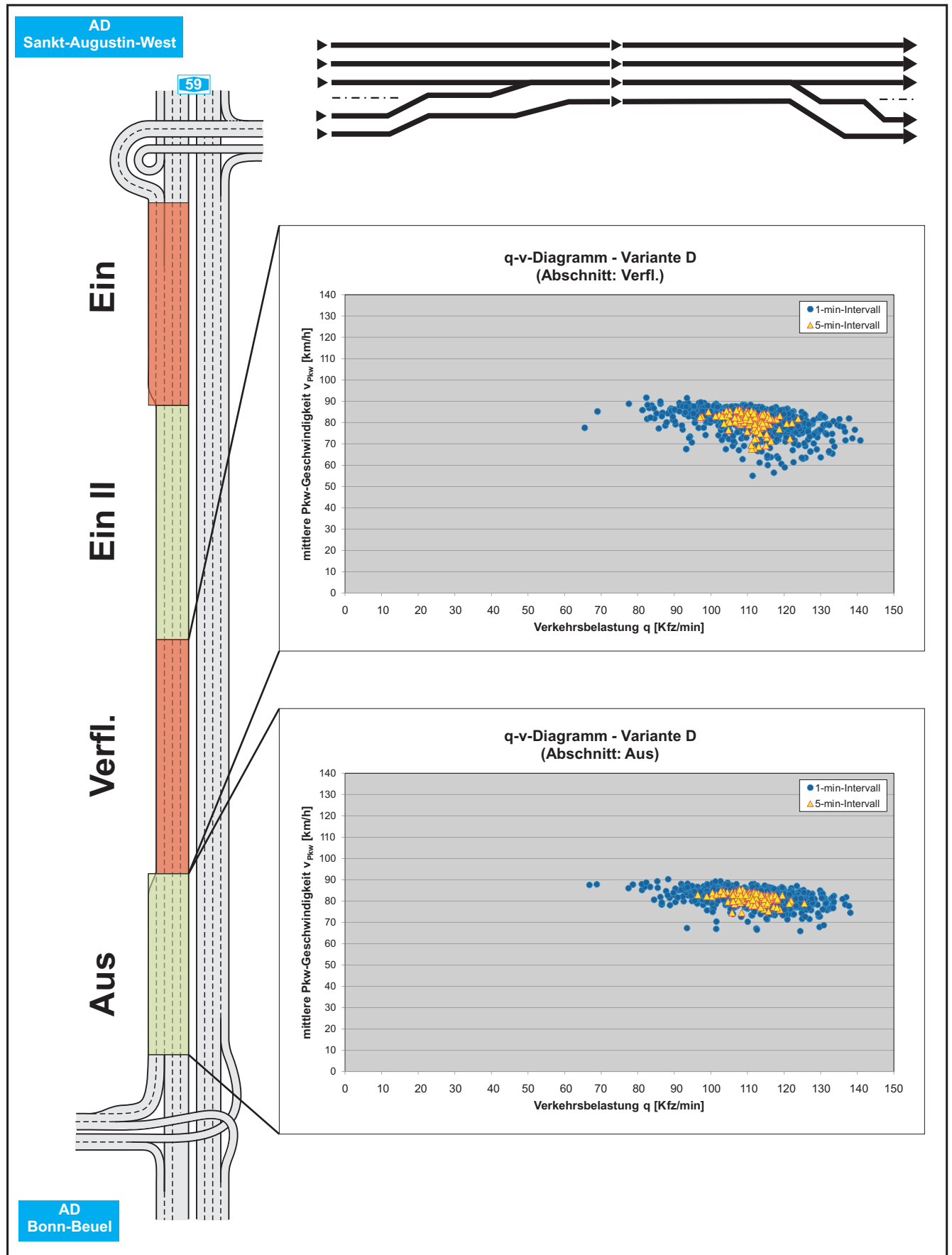


Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante C - Einfahrtstyp E 1 (Spurlänge 500m)





Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante D - Abschnitte Ein I und Ein II



Darstellung der q-v-Beziehung für die Variante D - Abschnitte Verfl. und Aus