

# **Überholverhalten auf 2+1-Strecken**

**Ein Beitrag zur Gestaltung von dreistreifigen Landstraßen**

Von der  
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften  
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina  
zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades eines  
**Doktoringenieurs (Dr.-Ing.)**  
genehmigte

## **Dissertation**

von  
Marco Irzik  
geboren am 07.06.1974  
aus Köln

Eingereicht am 02. Juni 2008  
Disputation am 04. Dezember 2008

Berichterstatter Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernhard Friedrich  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Brannolte

2009



INSTITUT FÜR VERKEHR UND STADTBAUWESEN  
TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG  
UNIV.-PROF. DR.-ING. BERNHARD FRIEDRICH

**Schriftenreihe  
Heft 55**

**Marco Irzik**

**Überholverhalten auf 2+1-Strecken  
Ein Beitrag zur Gestaltung von  
dreistreifigen Landstraßen**

**SHAKER  
VERLAG**

**Aachen 2010**

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 2008

Copyright Shaker Verlag 2010

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9034-4

ISSN 1615-2948

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • E-Mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde von mir in den Jahren 2006 bis 2008 erstellt. Die Grundlage dafür bildete das Forschungsprojekt „Ausbaustandard und Überholverhalten auf 2+1-Strecken“, das – unter der Projektleitung meines damaligen Chefs am IVH, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernhard Friedrich und gemeinsam mit meiner Lieben Kollegin Frau Dr.-Ing. Wiebke Dammann – von mir bearbeitet wurde. Mein erster Dank gilt daher diesen beiden Personen. Ich möchte es jedoch nicht versäumen, mich auch bei den zahlreichen Hiwis und Studenten zu bedanken, die durch ihr Mitwirken zum Gelingen des Forschungsprojekts und somit auch der Dissertation beigetragen haben.

Die Bearbeitung des Forschungsprojekts erfolgte im Auftrag der BAST, meinem heutigen Arbeitgeber. Somit schließt sich der Kreis und ich kann meinem derzeitigen Chef, Herrn Dr.-Ing. Roland Weber, nicht nur für die Fachbetreuung des Forschungsprojekts danken, sondern auch für die hilfreichen Hinweise bei der Erstellung der Dissertation. Letzteres gilt auch für meine übrigen neuen Kollegen. Insbesondere möchte ich daher Herrn Dr. Andreas Schepers für die Hilfestellungen zu den Fragen der Statistik danken.

Zum wiederholten Male geht mein Dank an Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernhard Friedrich. Ich bedanke mich an dieser Stelle recht herzlich für die Betreuung der Dissertation sowie für die Übernahme des Hauptberichts. In gleicher Weise danken möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Brannolte für die Übernahme des Koreferats.

Meiner Familie möchte ich für ihre Unterstützung danken. Insbesondere gebührt mein Dank meiner Frau Melanie für ihr Verständnis und ihre Nachsicht.

Auf die Frage meines Sohnes Ole kurz vor der Disputation, warum man denn Doktor-Ingenieur werden will, hatte ich ad hoc keine für einen fast 6-jährigen schlüssige Erklärung parat. Heute kann ich sagen, „weil es mir Spaß gemacht hat.“ Zur Erinnerung daran, dass man mit „Spaß an der Sache“ eine Menge erreichen kann, widme ich diese Arbeit meinen beiden Söhnen Ole und Sverre.



## Kurzfassung

In den vergangenen Jahren wurden mehrere Forschungsarbeiten durchgeführt, die sich mit der Verkehrssicherheit und der Untersuchung des Verkehrsablaufs auf 2+1-Strecken beschäftigten. Umfassende Erkenntnisse über das Überholverhalten und die Pulkauflösung in Abhängigkeit von entwurfstechnischen und verkehrlichen Randbedingungen lagen bisher nicht bzw. nur auf Basis modelltechnischer Überlegungen vor. Das vorrangige Ziel der vorliegenden Dissertation bestand daher in der Entwicklung eines Verfahrens zur Ermittlung der optimalen Abschnittslänge von Überholabschnitten von 2+1-Strecken auf der Basis von empirischen Untersuchungen. Die besondere Problematik liegt dabei in der Lösung eines Zielkonflikts: Zum einem soll ein Überholabschnitt so bemessen sein, dass möglichst alle in den zweistreifigen Abschnitt einfahrenden Pulks an dessen Ende aufgelöst sind. Zum anderen darf der Überholabschnitt jedoch auch nicht zu lang sein, da sich dies unmittelbar auf die Länge des einstreifigen Abschnitts der Gegenrichtung und somit auf die Pulkbildung auswirkt. Neben der Dimensionierung des Überholabschnitts auf Basis der Pulkauflösung wurden auch Aspekte der Verkehrssicherheit in die Untersuchung einbezogen.

In einem ersten Arbeitsschritt wurde zunächst der aktuelle Wissensstand im Hinblick auf die zu bearbeitende Thematik zusammenfassend dargestellt. Nachdem die Auswahl der Untersuchungsabschnitte beschrieben wurde, wurden die relevanten Kenngrößen des Verkehrsablaufs, des Überholhaltens sowie der Pulkbildung und -auflösung vorgestellt. Im Anschluss an die Beschreibung der entwickelten und angewendeten Untersuchungsmethodik für die Durchführung der empirischen Untersuchungen wurde das Vorgehen und die dabei verwendeten Verfahren bei der Analyse der empirisch gewonnenen Daten aufgeführt. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden i.d.R. statistisch aufbereitet dargestellt, und ggf. mit Ergebnissen zurückliegender Untersuchungen abgeglichen. Neben einer Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens, des Überholhaltens (hierbei insbesondere des Ein- und Ausscherverhaltens) sowie der Pulkbildung im Vorfeld sowie im Zuge von 2+1-Strecken wurden auch verschiedene Ansätze zur Bestimmung einer zur Pulkauflösung erforderlichen Länge von Überholabschnitten auf 2+1-Strecken betrachtet.

Als wesentlichen Beitrag zum Erkenntnisfortschritt konnte im Rahmen dieser Arbeit ein praxisorientiertes Verfahren zur Ermittlung der optimalen Länge eines Überholabschnitts im Zuge von 2+1-Strecken erarbeitet werden. Im Gegensatz zu dem aus der Literatur bekannten Verfahren von Roos (1989) zur Ermittlung einer im Hinblick auf die Pulkauflösung erforderlichen Länge enthält das nachfolgend beschriebene Verfahren auch Empfehlungen hinsichtlich einer aus Sicherheitsüberlegungen abgeleiteten Mindestlänge sowie einer Obergrenze, um eine übermäßige Pulkbildung in der Gegenrichtung zu vermeiden. Das neu entwickelte Verfahren gründet sich dabei nicht auf modelltechnischen Überlegungen, sondern wurde auf Basis umfangreicher empirischer Untersuchungen sowie anhand von Korrelations- und Regressionsanalysen entwickelt. Zusammen mit dem durch BRANNOLTE, BASELAU und DONG (2004) bzw. BASELAU (2006) entwickelten Verfahren zur Beurteilung der Verkehrsqualität auf Straßen mit 2+1-Verkehrsführung stehen dem Verkehrsplaner somit zwei hilfreiche Werkzeuge für die Planung von 2+1-Strecken zur Verfügung. Während das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Verfahren dabei der (Vor-)Planung dient, um die Abschnittslängen festzulegen, kann mit dem von BRANNOLTE, BASELAU

und DONG bzw. BASELAU erarbeiteten Verfahren die Beurteilung der Qualität des Verkehrsablaufs auf 2+1-Strecken erfolgen.

Neben dem neu entwickelten Verfahren zur Bestimmung der optimalen Länge eines Überholabschnitts enthält die vorgelegte Arbeit zusätzliche Hinweise zur Querschnittsgestaltung und Empfehlungen zur Knotenpunktart, die sich teilweise auf zurückliegenden Arbeiten gründen, jedoch auch im Rahmen der Dissertation auf der Grundlage vorhandener Untersuchungen erarbeitet wurden.

## Abstract

Over the past few years there were some investigations into traffic safety and traffic flow on 2+1-routes in Germany. But the knowledge about the passing process and the dissolving of platoons – depending especially on the lengths of the two-lane sections – was still limited. Therefore the aim of the dissertation was to determine an optimal length for two-lane sections within 2+1-routes in dependence on various parameters. The length should be dimensioned so that platoons driving into a two-lane section will be dissolved. On the other hand it should not be longer than necessary, because if a two-lane section in one direction is too long, the platoons in the one-lane section of the opposite direction – where passing is not allowed – will be getting more numerous and longer. In addition a minimal length of two-lane sections based on traffic safety criteria (e.g. number of conflicts at the end of the passing lane) should be defined.

At the beginning national and international literature was analyzed. Then 15 two-lane sections were selected for empirical studies. The relevant characteristics of traffic flow, passing process, platooning and dissolving of platoons were described as well as the developed investigation method and the statistical procedures used for evaluating the observations. The results were edited statistically and – if possible – compared with results from literature. The investigation includes an analysis of the speed on 2+1-routes, the passing process (especially the beginning and the end), the platooning and the dissolving of vehicle platoons. Based on these results different approaches for determining the necessary length of a two-lane section were proved.

In the end a correlation between traffic volume and share of incomplete dissolving processes has been used to define the necessary length of a two-lane section. A maximum length – depending on traffic volume and share of heavy goods vehicles – is also suggested. This restriction shall prevent that the length of a two-lane section and with it the length of the one-lane section of the opposite direction will increase excessively. Otherwise negative effects on platooning must be expected. Finally a minimum length according to traffic safety is recommended for two-lane sections. This recommendation is based on the relation between the share of vehicles changing from the passing to the right lane on the last 200 m of a two-lane section related to the total number of all passing processes and the number of conflicts while changing from the passing to the right lane on the last 200 m of these sections. The overall result of this investigation is a simplified method for determining the optimal length of two-lane sections.

In connection with the proceedings of BRANNOLTE, BASELAU and DONG (2004) respectively BASELAU (2006) traffic engineers can use both these tools: One for planning new 2+1-routes, the other for validating the traffic quality on 2+1-routes (new and old ones).

Beside the new method for determining the optimal length of two-lane sections the investigation also provided new details for the design of the cross section and the type of junction for 2+1-routes. These details are based on data extracted from analyzed literature.



## **Glossar**

### **2+1-Strecke**

Straße mit dem einbahnigen dreistreifigen Regelquerschnitt 15,5 und der Betriebsform b2+1, die mindestens drei Überholabschnitte enthält, wobei nicht alle in einer Fahrtrichtung angeordnet sein dürfen. Die Zuordnung des mittleren Fahrstreifens zu einer der beiden Fahrtrichtungen erfolgt alternierend über die 2+1-Strecke.

### **Allein Fahrender**

Als allein Fahrender gilt ein Kraftfahrzeugführer, wenn er sowohl zu dem VorrAusfahrenden als auch zu dem nachfolgenden Fahrzeug eine bestimmte Mindest-Zeit- bzw. -Weglücke einhält (vgl. auch *Frei Fahrender*).

### **Durchgangsstrom**

Als Durchgangsstrom wird derjenige Verkehrsstrom bezeichnet, der bei Untersuchungsabschnitten, die mit einer Fahrstreifenaddition beginnen, auf dem linken Fahrstreifen, d.h. aus der Vorlaufstrecke, in den Überholabschnitt einfährt.

### **Einfahrstrom**

Der Einfahrstrom ist derjenige Verkehrsstrom, der bei Untersuchungsabschnitten, die mit einer Fahrstreifenaddition beginnen, auf dem von rechts addierten Fahrstreifen in den Überholabschnitt einfährt.

### **Fahrzeugverfolgung**

Im Rahmen der Auswertungen zum Überholverhalten bezeichnet die Fahrzeugverfolgung, die Beobachtung eines Fahrzeugs von der Einfahrt in den zweistreifigen Überholabschnitt bis zu dessen Ende mit Hilfe der Videotechnik.

### **Frei Fahrender**

Als frei Fahrender gilt ein Kraftfahrzeugführer, wenn er zu dem vorrausfahrenden Fahrzeug eine bestimmte Mindest-Zeit- bzw. -Weglücke einhält. Eine mögliche Beeinflussung durch ein oder mehrere nachfolgende Fahrzeuge bleibt dabei unberücksichtigt (vgl. auch *Allein Fahrender*).

### **Landstraßen**

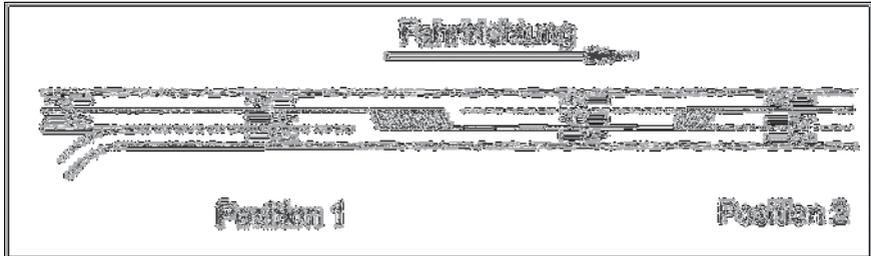
Landstraßen im Sinne der neuen, in der Erarbeitung befindlichen Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, FGSV, 2007) sind anbaufreie einbahnige Straßen außerhalb bebauter Gebiete sowie kurze anbaufreie zweibahnige Straßenabschnitte im Zuge solcher Straßen.

### **Nicht erfasste Bereiche**

Mit dem Ausdruck „nicht erfasste Bereiche“ werden die Bereiche eines Untersuchungsabschnitts bezeichnet, die nicht mittels der in Reihe geschalteten Videokameras messtechnisch erfasst wurden bzw. bei der anschließenden Auswertung durch ungünstige Umgebungsverhältnisse (z.B. Licht oder Witterung) nicht betrachtet werden konnten (vgl. Ziffer 5.2).

## Position

2+1-Strecken sind durch alternierende Überholabschnitte charakterisiert. In jeder Fahrtrichtung wechseln sich einstreifige Vorlaufstrecken und zweistreifige Überholabschnitte ab. Die Position beschreibt die Lage eines Überholabschnitts in der jeweiligen Fahrtrichtung. Der in Fahrtrichtung erste Überholabschnitt einer 2+1-Strecke befindet sich somit an Position 1, der zweite Überholabschnitt an Position 2 usw.. Die nachfolgende Abbildung soll diese Definition veranschaulichen.



**Bild: Positionen von Überholabschnitten (PRIEMER, 2004)**

Die Vorlaufstrecke an Pos. 1 bzw. vor einem Überholabschnitt an Pos. 1 befindet sich außerhalb der eigentlichen 2+1-Strecke. Erst die Vorlaufstrecke an Pos. 2, d.h. nach dem Überholabschnitt an Pos. 1, liegt innerhalb der 2+1-Strecke.

## Pulkanalyse

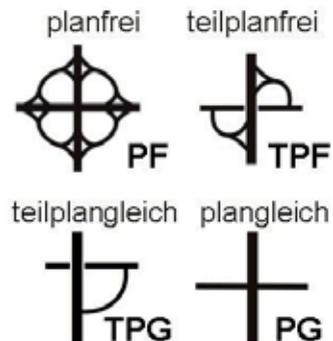
Gemeinsame Betrachtung von Pulkbildung sowie Pulkauflösung.

## Pulklänge

Die Pulklänge entspricht der Anzahl von Fahrzeugen in einem Pulk. ROOS bezeichnet sie als „Fahrzeuge im Pulk“ (ROOS, 1989).

## Teilplanfreier bzw. teilplangleicher Knotenpunkt

Als teilplanfreier Knotenpunkt wird gemäß den neuen, in der Erarbeitung befindlichen Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, FGSV, 2007) das „halbe Kleeblatt“ bezeichnet. In älteren Arbeiten wird für diese Knotenpunktart noch der Begriff „planfreier“ Knotenpunkt verwendet. Ein teilplangleicher Knotenpunkt bezeichnet einen Knotenpunkt der Grundform IV, der in älteren Arbeiten gemäß den RAS-K-1 (FGSV, 1988) seinerseits noch als teilplanfreier Knotenpunkt geführt wird.



**Bild: Ausgewählte Knotenpunktarten gemäß den neuen, in der Erarbeitung befindlichen Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, FGSV, 2007)**

## **Überholabschnitt**

Der Überholabschnitt bezeichnet den Teil einer 2+1-Strecke, indem in der entsprechenden Fahrrichtung den Kraftfahrzeugführern zwei Fahrstreifen zur Verfügung stehen und sie somit überholen können, ohne den Gegenverkehr beachten zu müssen.

## **Überholdruck**

Beim Begriff „Überholdruck“ gilt es zwischen einem psychologisch begründeten, inneren Bedürfnis auf der einen Seite und dem verkehrstechnisch messbaren Überholdruck auf der anderen Seite zu unterscheiden. Der psychologisch begründete Überholdruck entsteht dabei aufgrund von Frustration und Ärger, wenn eine Person seinen Geschwindigkeits- und den daraus ggf. resultierenden Überholwunsch nicht verwirklichen kann. Der verkehrstechnisch messbare Überholdruck ergibt sich aus der Differenz zwischen den erforderlichen Überholraten, um die Wunschgeschwindigkeiten beibehalten zu können, und den tatsächlichen Überholraten (vgl. dazu vor allem LEUTZBACH und BRANNOLTE, 1989).

## **Untersuchungsabschnitt**

Ein Untersuchungsabschnitt bezeichnet den messtechnisch erfassten Überholabschnitt.

## **Untersuchungsstrecke**

Eine Untersuchungsstrecke bezeichnet eine 2+1-Strecke in ihrer Gesamtlänge. Sie enthält i.d.R. mehrere Untersuchungsabschnitte, aber u.U. auch noch weitere Überholabschnitte, die nicht messtechnisch erfasst wurden.

## **Vorlaufstrecke**

Als Vorlaufstrecke wird der einstreifige Abschnitt vor einem Überholabschnitt bezeichnet. Die Vorlaufstrecke kann dabei innerhalb oder außerhalb der 2+1-Strecke liegen (vgl. *Position*).

Die Länge einer Vorlaufstrecke außerhalb einer 2+1-Strecke kann nur durch eine vereinfachte Festlegung bestimmt werden. Die Länge einer solchen Vorlaufstrecke wird als die Strecke definiert, die zwischen dem Beginn des Überholabschnitts bis zu einem davor gelegenen Knotenpunkt oder Ortseingang zurückreicht. An Knotenpunkten stellen zum einen Lichtsignalanlagen einen erheblichen Eingriff in die Pulkbildung dar. Zum anderen ändern sich hier die Verkehrsstärke und u.U. auch die Verkehrszusammensetzung. Beide Kennwerte beeinflussen u.U. die Pulkbildung.

Die Vorlaufstreckenlänge bei Überholabschnitten, die nicht an Pos. 1 liegen, wird als die Strecke zwischen dem Ende des davor liegenden und dem Beginn des nachfolgenden Überholabschnitts definiert (vgl. Ziffer 3).

## **Wunschgeschwindigkeit**

Mit dem Begriff Wunschgeschwindigkeit wird in Anlehnung an z.B. WIEDEMANN (1974) die (freie) Geschwindigkeit bezeichnet, die ein Fahrer mit seinem Fahrzeug unter Berücksichtigung aller relevanten Einflussgrößen einhält, wenn er nicht von anderen Verkehrsteilnehmern in seiner Geschwindigkeitswahl beeinflusst wird, d.h. unbehindert fahren kann oder bei Behinderung anstrebt zu fahren (vgl. Ziffer 5.4). In einigen Untersuchungen wird auch eine Beeinflussung durch nachfolgende Fahrzeuge bei der Ermittlung der Wunschgeschwindigkeiten berücksichtigt (vgl. auch *Allein* bzw. *Frei Fahrender*).



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Ausgangslage und Zielsetzung .....	1
1.2	Methodisches Vorgehen.....	2
<b>2</b>	<b>Literaturanalyse</b> .....	<b>3</b>
2.1	Historischer Rückblick .....	3
2.2	Einsatz und Ausbildung des Regelquerschnitts 15,5 gemäß der deutschen Richtlinien.....	6
2.3	Untersuchungen zum Verkehrsablauf.....	7
2.3.1	Allgemeines .....	7
2.3.2	Geschwindigkeitsverhalten auf einbahnigen Außerortsstraßen .....	8
2.3.3	Untersuchungen zum Verkehrsablauf auf 2+1-Strecken .....	9
2.4	Untersuchungen zur Verkehrssicherheit auf 2+1-Strecken.....	10
2.5	Untersuchungen zum Überholverhalten .....	15
2.5.1	Allgemeines .....	15
2.5.2	Überholverhalten und Pulkanalyse auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen.....	17
2.5.3	Überholverhalten und Pulkanalyse auf 2+1-Strecken .....	20
2.6	Dokumentation von 2+1-Strecken .....	24
2.7	Fazit .....	24
<b>3</b>	<b>Auswahl von Untersuchungsabschnitten</b> .....	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>Kenngößen zur Beschreibung des Verkehrsablaufs, des Überholverhaltens sowie der Pulkanalyse</b> .....	<b>29</b>
4.1	Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung .....	30
4.2	Geschwindigkeiten .....	30
4.3	Ein- und Ausschervorgänge .....	30
4.4	Überholweg und Überholrate.....	31
4.5	Pulkbildung .....	32
4.5.1	Anzahl Pulks .....	32
4.5.2	Fahrzeuge in Pulks .....	32
4.5.3	Pulkanteil .....	32
4.5.4	Pulklänge .....	33
4.6	Pulkauflösung.....	33
4.7	Pulkführer.....	33

---

<b>5 Durchführung der empirischen Untersuchungen .....</b>	<b>34</b>
5.1 Einsatz von Videotechnik .....	34
5.2 Stationierung und „nicht erfasste Bereiche“ .....	35
5.3 Aufnahmezeiträume .....	36
5.4 Geschwindigkeitsmessungen .....	36
<b>6 Auswertungsmethodik .....</b>	<b>38</b>
6.1 Allgemeines.....	38
6.2 Auswertungsraster .....	39
6.3 Wahl eines Bezugsintervalls.....	39
6.4 Auswertezeiträume.....	40
6.5 Verkehrsstärke und -zusammensetzung .....	40
6.6 Lokale Geschwindigkeiten.....	41
6.6.1 Allgemeines .....	41
6.6.2 Deskriptive Statistik zur Darstellung der beobachteten Geschwindigkeitsverteilungen .....	41
6.6.3 Aus Stichproben ermittelte statistische Kenngrößen.....	42
6.6.4 Statistische Tests.....	44
6.6.5 Theil'scher Ungleichheitskoeffizient U.....	46
6.7 Ein- und Ausschervorgänge .....	48
6.8 Pulkbildung .....	50
6.8.1 Anzahl Pulks.....	50
6.8.2 Fahrzeuge in Pulks .....	50
6.8.3 Pulkanteil .....	51
6.8.4 Pulklänge .....	51
6.9 Pulkauflösung.....	52
6.9.1 Aufgelöste Pulks .....	52
6.9.2 Deskriptive Statistik zur Darstellung der beobachteten Überholwege bis zur Pulkauflösung .....	54
6.9.3 Nicht aufgelöste Pulks .....	54
6.10 Pulkführer.....	54
6.11 Analyse der empirischen Untersuchungen .....	55
<b>7 Verkehrsstärke und Verkehrszusammensetzung .....</b>	<b>55</b>
<b>8 Lokale Geschwindigkeiten .....</b>	<b>56</b>
8.1 Geschwindigkeitsverteilung und statistische Kenngrößen .....	56
8.2 Test auf Normalverteilung ( $\chi^2$ -Test).....	59
8.2.1 Vorlaufstrecken.....	60

8.2.2	Überholfahrstreifen .....	61
8.3	Test auf gleiche Grundgesamtheit (KS-Test).....	62
8.4	Geschwindigkeitsverhalten auf den Vorlaufstrecken außerhalb einer 2+1-Strecke.....	63
8.5	Geschwindigkeitsverhalten auf den Vorlaufstrecken innerhalb einer 2+1-Strecke .....	65
8.6	Einflüsse auf das Geschwindigkeitsverhalten auf den Überholfahrstreifen .....	66
8.6.1	Überholabschnitte an Pos. 1 .....	69
8.6.2	Überholabschnitte nicht an Pos. 1 .....	72
8.7	Übertretungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und Exzessivgeschwindigkeiten auf den Überholfahrstreifen .....	74
8.7.1	Übertretungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.....	75
8.7.2	Vorkommenshäufigkeit von Exzessivgeschwindigkeiten .....	75
8.8	Zusammenfassung der Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens auf 2+1-Strecken.....	76
<b>9</b>	<b>Überholverhalten.....</b>	<b>77</b>
9.1	Verteilung der Ein- und Ausschervorgänge über die gesamte Länge .....	77
9.2	Überholvorgänge.....	79
9.3	Ein- und Ausschervorgänge am Beginn und am Ende .....	81
9.3.1	Sperrflächenüberfahrten am Beginn.....	81
9.3.2	Ein- und Ausschervorgänge am Beginn .....	82
9.3.3	Ein- und Ausschervorgänge am Ende.....	83
9.3.4	Sperrflächenüberfahrten am Ende .....	85
9.4	Verkehrssituationsanalyse.....	87
9.5	Zusammenfassung der Analysen zum Überholverhalten.....	90
<b>10</b>	<b>Pulkbildung.....</b>	<b>92</b>
10.1	Allgemeines.....	92
10.2	Einflüsse auf die Pulkbildung.....	94
10.3	Pulkbildung auf Vorlaufstrecken außerhalb von 2+1-Strecken.....	95
10.3.1	Allgemeines .....	95
10.3.2	Anzahl Pulks .....	96
10.3.3	Fahrzeuge in Pulks .....	97
10.3.4	Pulkanteil .....	98
10.3.5	Pulklänge .....	100
10.4	Pulkbildung auf Vorlaufstrecken innerhalb von 2+1-Strecken .....	102
10.4.1	Allgemeines .....	102
10.4.2	Anzahl Pulks .....	102
10.4.3	Fahrzeuge in Pulks .....	104

## IV

---

10.4.4 Pulkanteil .....	105
10.4.5 Pulklänge .....	109
10.5 Zusammenfassung der Analysen zur Pulkbildung .....	116
<b>11 Pulkführer .....</b>	<b>117</b>
11.1 Beginn der Pulkauflösung bei Untersuchungsabschnitten mit Fahrstreifenaddition .....	118
11.2 Beginn der Pulkauflösung bei Untersuchungsabschnitten mit unkritischem Wechsel ....	119
<b>12 Pulkauflösung .....</b>	<b>119</b>
12.1 Aufgelöste Pulks .....	119
12.2 Nicht aufgelöste Pulks .....	127
12.3 Zusammenfassung der Analysen zur Pulkauflösung .....	129
<b>13 Bestimmung der optimalen Länge von Überholabschnitten.....</b>	<b>130</b>
<b>14 Empfehlungen .....</b>	<b>131</b>
14.1 Allgemeines.....	131
14.2 Ermittlung der optimalen Länge eines Überholabschnitts .....	131
14.3 Querschnittsgestaltung.....	134
14.4 Knotenpunkte .....	134
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>136</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>142</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>145</b>
<b>Anhang</b>	