

Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 249

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly rounded and have a white outline, giving it a three-dimensional appearance. The logo is positioned in the bottom right corner of the page.

Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen

von

Bernhard Schlag
Jana Voigt

Technische Universität Dresden
Lehrstuhl für Verkehrspsychologie

Christian Lippold
Katrin Enzfelder

Technische Universität Dresden
Lehrstuhl für Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 249

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

- A - Allgemeines
- B - Brücken- und Ingenieurbau
- F - Fahrzeugtechnik
- M - Mensch und Sicherheit
- S - Straßenbau
- V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.0335/2007:
Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen

Fachbetreuung:
Andreas Hegewald

Herausgeber
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9331
ISBN 987-3-95606-140-0

Bergisch Gladbach, Februar 2015

Kurzfassung – Abstract

Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen

Mit der Einführung der „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL, 2012) soll in Deutschland ein weiterer Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit geleistet werden. Durch standardisierte, wieder erkennbare und voneinander unterscheidbare Typen von Landstraßen wird das Ziel verfolgt, dem Kraftfahrer eine für die Netzfunktion einer Landstraße angemessene Fahrweise zu verdeutlichen. Auf den schmalen Straßen mit nähräumiger Verbindungsfunktion sind dafür statt der bisher gebräuchlichen Fahrbahnbegrenzungen (Zeichen 295, StVO) und der Leitlinie in Fahrbahnmitte (Zeichen 340, StVO) seitlich vom Rand der befestigten Fläche abgesetzte Leitlinien vorgesehen, die im Begegnungsfall bei Bedarf überfahren werden können. Die optisch verengte Fläche zwischen diesen Leitlinien und das Fehlen einer Leitlinie in Fahrbahnmitte sollen dem Kraftfahrer signalisieren, dass im Begegnungsfall erhöhte Aufmerksamkeit geboten ist. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, Empfehlungen zur Querschnittsgestaltung und zur zweckmäßigen Art der Markierung für derartige Nahbereichsstraßen zu geben.

Die Untersuchungsmethodik umfasst sowohl Untersuchungen zum Fahrverhalten im Fahrsimulator als auch auf Messstrecken in Nordrhein-Westfalen und in Sachsen sowie Untersuchungen zum Gefährdungspotenzial des Radverkehrs als auch Vorher-/Nachher-Unfalluntersuchungen. Die Linienführung der ausgewählten Messstrecken wurde für den Vorher-/Nachher-Vergleich des Fahrverhaltens im Fahrsimulator nachgebildet. Dabei wurden verschiedene Variationen aus Querschnittsbreite, Fahrstreifenaufteilung und Markierungsformen simuliert, um eine Vorzugsvariante für die Umsetzung auf den Messstrecken zu ermitteln. Neben der Auswertung des Fahrverhaltens der Probanden wurden diese zur Akzeptanz der einzelnen Varianten befragt. Ergebnis der Untersuchungen im Fahrsimulator ist eine generelle Präferenz der Probanden zu seitlichen Leitlinien, die einen Meter vom Rand der befestigten Fläche abgesetzt sind. Diese bewirken beim Befahren ohne Gegenverkehr einen höheren Abstand zum befestigten Fahrbahnrand. Unterbrochene Leitlinien

zeigen darüber hinaus eine geschwindigkeitsreduzierende Wirkung, die bei einem Strich-Lücke-Verhältnis von 1:1 am größten ist.

Ausgehend von diesen Ergebnissen wurden in Abhängigkeit von den befestigten Breiten auf den Messstrecken verschiedene Varianten markiert und deren Wirkung durch einen Vergleich des Spur- und Geschwindigkeitsverhaltens vor und nach Umsetzung der Maßnahme überprüft. Die Untersuchung zum Spurverhalten zeigte, dass die Kraftfahrer ohne Gegenverkehr einen größeren Abstand zum befestigten Rand halten. Die Messungen zeigen ferner, dass die Kraftfahrer rechtzeitig vor der Begegnung mit anderen Fahrzeugen die seitlichen Leitlinien überfahren; Konflikte mit dem Gegenverkehr wurden dabei nicht beobachtet. Bei vorhandenem Radverkehr konnten ebenfalls keine Konflikte festgestellt werden. Die Kraftfahrer halten genügend Abstand während des Überholvorganges zum Radfahrer ein. Die Erwartung, dass die neue Art der Markierung zu geringeren Fahrgeschwindigkeiten führen könnte, hat sich abweichend von Ergebnissen anderer Forschungsarbeiten bei dieser Untersuchung nicht bestätigt. Es wurden im Vergleich zum Vorher-Zustand annähernd identische Geschwindigkeiten gemessen. Dass sich die Geschwindigkeiten kaum verändern, spiegelt sich letztendlich auch im Unfallgeschehen wider. Im Rahmen des Vorher-/Nachher-Unfallvergleiches konnten keine signifikanten maßnahmebedingten Änderungen des Unfallgeschehens festgestellt werden.

Zusammenfassend können aufgrund der vom Kraftfahrer bei der Alleinfahrt gewählten größeren Abstände zum Rand der befestigten Fläche und der bei Gegenverkehr rechtzeitig eingeleiteten Ausweichmanöver die vom befestigten Rand abgesetzten „überfahrbaren“ Leitlinien empfohlen werden.

Effects of cross-section design and longitudinal markers on the driving behaviour on narrow rural local roads

With the introduction of the guidelines for the design of rural roads a further contribution to improving road safety should be made in Germany. Standardised, recognisable and distinguishable types of roads should clarify an appropriate driving style for the network function of a road.

For this new road markings are provided on narrow roads with a sub-regional link function level. These new markings have a distance to the edge of the road and can be crossed at oncoming traffic. On a separation of directions with central road marking will be renounced. This produces a constricted area that will signal the driver increased attention to oncoming traffic.

The aim of this study is to provide recommendations for cross-sectional design and functional way of marking for narrow rural roads.

The investigative methodology includes studies on driving behaviour in a driving simulator and on test routes in North Rhine-Westphalia and Saxony, and additional studies on the hazard potential of cycling as well as before/after accident investigations.

The layout of the selected test sections was modeled for a before-/after comparison of driving behavior in a driving simulator. Various marking variants were simulated on different wide roadways to determine a preferred variant for implementation at the test sections. For this driving behavior and acceptance (interview) of 50 test persons were evaluated. Result of the investigation in a driving simulator is a general preference of the test persons to lateral road marks at a distance of one meter to the edge of the road. This causes for unhindered-moving vehicles (without oncoming traffic) a higher distance from the edge of the road. In addition, interrupted road markings contribute to reduce speed. The largest reduction in speed was observed in interrupted road markings with a meter line and a meter gap. This preferred variant was now marked on real test sections with different widths of roadway.

The lane and speed behavior was compared in a before-and-after comparison. The investigation of lane behavior showed, that unhindered-moving vehicles keep a greater distance edge of the road. Furthermore the investigation showed that

drivers cross the markings in case of oncoming traffic. At existing cycling also no conflicts were detected. The drivers keep a safe distance from cyclists during overtaking. In contrast to other research projects, a reduction of speeds was not observed on the real test sections. In comparison with the state before approximately identical speeds were measured. That the speeds hardly change ultimately reflected in the accident occurrence again. In the context of before/after comparison of the accidents no significant changes of the accident were found that associated with the marking in context.

In summary, these traversable road markings that have a distance from the edge of the road can be recommended, because unhindered-moving vehicles increase the distance to the edge of the road and are more attentive to oncoming traffic.

Inhalt

Abkürzungen	7	3.1.3 Ermittlung der Streckengeometrie ...	43
1 Ausgangslage und Zielsetzung	9	3.2 Methodik der Untersuchung im Fahrsimulator	43
2 Literaturanalyse	9	3.2.1 Fahrsimulator	43
2.1 Stand des Regelwerks	9	3.2.2 Blickregistrierungssystem	44
2.1.1 Nationale Richtlinien	9	3.2.3 Implementierung der Messstrecken	45
2.1.2 Internationale Richtlinien	13	3.2.4 Markierungsvarianten in der Fahrsimulation	46
2.1.3 Zusammenfassung	15	3.2.5 Fahrverhaltensmaße	47
2.2 Stand der Forschung	15	3.2.6 Blickverhaltensmaße	48
2.2.1 System Fahrer-Fahrzeug-Fahrraum	15	3.2.7 Auswertung des Fahr- und Blickverhaltens	48
2.2.2 Geschwindigkeit	16	3.2.8 Befragungen	48
2.2.3 Beschleunigung und Verzögerung	17	3.2.9 Versuchspersonen	50
2.2.4 Spurverhalten	17	3.2.10 Ablauf der Untersuchung	50
2.2.5 Einfluss von Faktoren auf das Fahrverhalten	19	3.3 Untersuchungen auf Messstrecken ..	50
2.2.6 Fahrverhalten auf 2-1 Straßen	25	3.3.1 Verfolgungsfahrten	50
2.2.7 Fahraufgabe	30	3.3.2 Probandenfahrten	51
2.2.8 Informationsaufnahme	31	3.3.3 Fahrverhalten im Begegnungsfall (Kfz-/Radverkehr)	52
2.2.9 Informationsverarbeitung und Beanspruchung	33	3.3.4 Querschnittsmessung Laserscanner	53
2.2.10 Subjektive Bewertung von Straßenräumen	34	3.3.5 Querschnittsmessung Radar	56
2.2.11 Das Konzept der selbst-erklärenden Straße – SER	36	3.3.6 Unfallgeschehen	57
2.2.12 Zusammenfassung	37	4 Ergebnisse der Untersuchung im Fahrsimulator – Gesamtstrecke	57
2.3 Blickverhalten	38	4.1 Einfluss der Ausweichstreifenbreite ..	57
2.4 Zusammenfassung der Fachliteratur	39	4.1.1 Fahrbahnbreite B = 6,00 m	57
3 Untersuchungsmethodik	40	4.1.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m	58
3.1 Auswahl von Messstrecken	40	4.1.3 Fahrbahnbreite B = 5,00 m	59
3.1.1 Messstrecken in Sachsen/Freiberg	40	4.1.4 Interpretation der Ergebnisse	60
3.1.2 Messstrecken in Nordrhein-Westfalen/Borken	41	4.2 Einfluss des Strich-Lücke-Verhältnisses	61
		4.3 Zusammenfassung	63

5	Ergebnisse der Untersuchung im Fahrsimulator – Streckenabschnitte	63	9.2	Verfolgungsfahrten $V_{zul} = 70$ km/h	102
5.1	Einfluss der Ausweichstreifenbreite	63	9.2.1	Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m	102
5.1.1	Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m	64	9.2.2	Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m	103
5.1.2	Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m	69	9.3	Querschnittsmessungen – Laser	104
5.1.3	Fahrbahnbreite $B = 5,00$ m	73	9.3.1	Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m	104
5.1.4	Ergebnisse zum Begegnungsfall Bus	78	9.3.2	Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m	107
5.1.5	Zusammenfassung zur Ausweichstreifenbreite	79	9.3.3	Zusammenfassung	110
5.2	Einfluss des Strich-Lücke-Verhältnisses	79	9.3.4	Querschnittsmessungen – Radar	112
5.2.1	Geschwindigkeitsverhalten	79	9.4	Blickverhalten	115
5.2.2	Spurverhalten	80	9.4.1	Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m	116
5.2.3	Interpretation	80	9.4.2	Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m	117
5.2.4	Empfehlung zum Strich-Lücke-Verhältnis auf Messstrecken	80	9.4.3	Zusammenfassung	119
5.3	Zusammenfassung	81	9.5	Verhalten im Begegnungsfall (Kfz-Verkehr)	120
6	Ergebnisse der Untersuchung im Fahrsimulator – Blickverhalten	81	9.6	Verhalten im Begegnungsfall (Radverkehr)	121
6.1	Fixationen auf der gesamten Strecke	81	9.6.1	Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m	122
6.2	Zeitanteil und Dauer von Fixationen auf einzelnen Streckenabschnitten	82	9.6.2	Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m	123
6.3	Zusammenfassung	83	9.6.3	Fahrbahnbreite $B = 5,00$ m	123
7	Ergebnisse der Untersuchung im Fahrsimulator – Befragungen	83	9.6.4	Zusammenfassung	124
7.1	Ergebnisse der Zwischenbefragung	83	9.7	Befragungen	124
7.2	Ergebnisse der Nachbefragung	85	9.7.1	Ergebnisse der Zwischenbefragung	124
8	Zusammenführung objektiver und subjektiver Daten	87	9.7.2	Ergebnisse der Nachbefragung	125
9	Ergebnisse der Untersuchung auf Messstrecken	89	9.8	Unfallgeschehen	127
9.1	Verfolgungsfahrten $V_{zul} = 100$ km/h	90	9.8.1	Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m	128
9.1.1	Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m	90	9.8.2	Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m	130
9.1.2	Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m	95	9.8.3	Fahrbahnbreite $B = 5,00$ m	132
9.1.3	Fahrbahnbreite $B = 5,00$ m	99	9.8.4	Zusammenfassung	135
9.1.4	Zusammenfassung	101	10	Vergleich der Untersuchung im Fahrsimulator und auf Messstrecken	135
			10.1	Verfolgungsfahrten	135
			10.1.1	Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m	135
			10.1.2	Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m	136
			10.1.3	Zusammenfassung	137
			10.2	Querschnittsmessungen	137
			10.2.1	Spurverhalten	137

10.2.2	Geschwindigkeiten	138
10.2.3	Zusammenfassung	139
10.3	Befragungen	139
11	Zusammenfassung und Empfehlungen	140
11.1	Ausgangslage und Zielsetzung	140
11.2	Untersuchungsmethodik	141
11.3	Untersuchungsergebnisse	142
11.4	Folgerungen	145
12	Literatur	145
Anhänge	153

Abkürzungen

AS	=	Ausweichstreifen
B	=	Breite
EKL	=	Entwurfsklasse
F	=	Fahrerfall
FB	=	Fahrbahn
FBR	=	Fahrbahnrand
GV	=	Gegenverkehr
KBA	=	Kreisbogenanfang
KBE	=	Kreisbogenende
KBM	=	Kreisbogenmitte
KFB	=	Kernfahrbahn
KLA	=	Klothoidenanfang
KLE	=	Klothoidenende
KP	=	Knotenpunkt
LK	=	Linkskurve
LL	=	mittlere Leitlinie
LS	=	Landstraße
LV	=	Unfall im Längsverkehr
R	=	Radius
RK	=	Rechtskurve
RL	=	Randlinien (Fahrstreifenbegrenzungslinien)
SDLP	=	Standardabweichung der lateralen Position
UF	=	unbeeinflusste Fahrt

1 Ausgangslage und Zielsetzung

Im Jahr 2001 veröffentlichte die EU-Kommission das Weißbuch zur gemeinsamen Verkehrspolitik bis zum Jahr 2010. Ein konkretes Ziel im Bereich Straßenverkehr ist die Halbierung der Anzahl der Verkehrstoten. Dieses Ziel wurde zwar verfehlt, aber die positive rückläufige Anzahl der Verkehrstoten (im Vergleich zum Jahr 2001 44 %; SBA 2011) wird auch zu weiteren Maßnahmen führen, die die Verkehrssicherheit erhöhen. Deutschlandweit verunglückten im Jahr 2010 3.648 Personen, wovon ca. 60 % auf Landstraßen starben. Auf Autobahnen, die ein Drittel der gesamten Fahrleistung bei höheren Geschwindigkeiten aufweisen, kamen im Vergleich dazu 48 % weniger Menschen ums Leben (SBA, 2011).

Neben der Verbesserung der Fahrzeugsicherheit oder der medizinischen Notfallversorgung wird in Deutschland durch die Überarbeitung der Entwurfsregelwerke ein weiterer Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit geleistet. Die Überarbeitung verfolgt das Ziel, begreifbare Straßenräume und wieder erkennbare Straßentypen zu schaffen.

Für Landstraßen gibt es künftig vier verschiedene Entwurfsklassen (EKL 1-4), die nach ihrer Verkehrsbedeutung eingeteilt werden. Dabei ist das Erscheinungsbild der Straßen innerhalb einer Entwurfsklasse möglichst einheitlich. Straßen unterschiedlicher Entwurfsklassen sollen sich dagegen in ihrer Gestaltung klar voneinander abgrenzen. Diese Abgrenzung soll hauptsächlich durch die Markierung erfolgen, durch die jede EKL ein spezielles „Gesicht“ bekommt, das für den Kraftfahrer wieder erkennbar ist und ihn zu angepasstem Fahrverhalten (z. B. Geschwindigkeiten, Überholverhalten u. a.) anregen soll (WEISE, 2011).

Gemäß den RAL (Entwurf, 2008) ist für Straßen der Entwurfsklasse EKL 4 (Nahbereichsstraßen) der einbahnige Regelquerschnitt RQ 9 vorgesehen. Dies sind Straßen mit untergeordneter Verbindungsfunktion, bei denen künftig auf eine Leitlinie zur Trennung der Fahrrichtungen verzichtet werden soll. Der Regelquerschnitt RQ 9 soll mit seitlich vom Fahrbahnrand abgesetzten Leitlinien markiert werden.

Dadurch entsteht eine optische Fahrbahnverengung, die zu einer erhöhten Aufmerksamkeit und gegenseitigen Rücksichtnahme unter den Ver-

kehrsteilnehmern führen soll. Durch die Anpassung des Fahrverhaltens soll langfristig eine Reduzierung der Verkehrsunfälle erreicht werden.

Die vorliegende Untersuchung hat das Ziel, Empfehlungen zur Querschnittsgestaltung und zur Art der Markierung für schmale Nahbereichsstraßen abzuleiten.

Dazu werden nationale und internationale Gestaltungsmöglichkeiten solcher Querschnitte bezüglich der Sicherheit und der Wirksamkeit analysiert und Markierungsvarianten erarbeitet, die in einer Fahrsimulation nachgebildet werden. Anhand von Probandenfahrten wird das Geschwindigkeits-, Spur- und Blickverhalten erhoben und Befragungen zum Erleben und zur Akzeptanz durchgeführt. Im Ergebnis der Fahrsimulation werden geeignete Markierungen für die Umgestaltung auf Messstrecken ermittelt.

Auf den Messstrecken wird durch Vorher-/Nachher- und Mit-/Ohne-Vergleiche der Einfluss der Querschnittsgestaltung in Hinblick auf die Geschwindigkeit, den Abstand zum Fahrbahnrand und das Blickverhalten untersucht. Dabei sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie verändert sich das Fahrverhalten in Abhängigkeit von der Querschnittsaufteilung und der Markierungsart bei unbeeinflusster Fahrt?
- Wie reagieren die Fahrzeugführer bei Gegenverkehr?
- Welche Wirkung hat die Querschnittsgestaltung auf das Erleben und die Akzeptanz von Kraftfahrern?

Aus den gewonnenen Erkenntnissen sollen Empfehlungen zur Querschnittsgestaltung und zur Art der Markierung für Straßen der Entwurfsklasse EKL 4 abgeleitet werden, die durch angepasstes Fahrverhalten zur Verkehrssicherheit beitragen können.

2 Literaturanalyse

2.1 Stand des Regelwerks

2.1.1 Nationale Richtlinien

Das deutsche Regelwerk befindet sich seit dem Jahr 2000 in einer Um- und Neustrukturierung. Der Entwurf von Straßen außerhalb bebauter Gebiete (Kategoriengruppe A) sowie von anbaufreien Stra-

ßen innerhalb bebauter Gebiete (Kategoriengruppe B II und B III) wurde bisher in den sektoralen Richtlinien RAS-L, RAS-Q, RAS-K-1 und RAS-K-2 geregelt. Sie werden von Richtlinien, getrennt für Autobahnen und Landstraßen, abgelöst. Die Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA) wurden im Jahr 2008 eingeführt und die Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) liegen derzeit noch als Entwurf vor (Der Elsner, 2008). Hintergrund für die Überarbeitung der Regelwerke sind nach HARTKOPF/WEBER (2005) neben den Forderungen der Europäischen Kommission, die Anzahl der Verkehrstoten bis zum Jahr 2010 und darüber hinaus zu halbieren, folgende zu nennen:

- Die Empfehlungen der sektoralen Richtlinien gelten durch neue Erkenntnisse aus Forschung und Technik als veraltet.
- Empfehlungen zum Entwurf und Planung der Linienführung, der Querschnittsgestaltung und der Knotenpunktausbildung in separaten Regelwerken erwiesen sich als unpraktikabel.
- Hinreichende Begründungen für zahlreiche Festlegungen (besonders in den RAS-L 1995) fehlen, da sie auf zu detaillierten fahrdynamischen Modellen, die u. a. komplizierte Berechnungen enthalten, basieren.
- Eine wechselseitige Abstimmung zwischen den Entwurfs-elementen fehlt und führt zu einer Vielfalt von Gestaltungsvarianten von Straßen.

Ziel der Erarbeitung neuer Richtlinien ist es, die sektoralen Regelwerke abzuschaffen und diese neu in die Bereiche Autobahnen, Landstraßen und Stadtstraßen zu gliedern. Im Bereich der Landstraßen werden Entwurfsklassen kategoriebezogen

festgelegt, „sodass ausgewogene differenzierte Fahr-räume entstehen, aus deren Erscheinungsbild [...] das aus Sicherheitsgründen erwünschte Fahrverhalten ersichtlich ist“ (Der Elsner, 2008).

RIN – Richtlinien für die Integrierte Netzgestaltung

Die Richtlinien für die integrierte Netzgestaltung (RIN, 2009) regeln auf Grundlage des Systems Zentraler Orte die Erreichbarkeit und Bedeutung zwischenörtlicher Verbindungen. Demnach wird jedem Abschnitt eines Verkehrsweges eine Kategorie (vgl. Bild 2.1) zugewiesen. Um eine funktionsgerechte Dimensionierung und Gestaltung des Verkehrsweges zu ermöglichen, ergibt sich die Kategorie aus der Bedeutung der Verbindungen, die über den bestimmten Netzabschnitt verlaufen, und aus den Ansprüchen aus dem Straßenumfeld.

Für die vorliegende Untersuchung ist die Straßenkategorie LS IV von Bedeutung. Dabei handelt es sich um eine nahräumige Verbindung von Gemeinden ohne zentralörtliche Bedeutung oder Verkehrswege höherer Verbindungsfunktionsstufen (z. B. LS III).

RAL – Richtlinien für die Anlage von Landstraßen

Die Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, Entwurf 2008) sehen für den Entwurf vier verschiedene Entwurfsklassen (EKL 1-4) vor.

Die maßgebende Entwurfsklasse (vgl. Tabelle 2.1) ergibt sich aus der Funktion der Straße im Netz, der Straßenkategorie, dem Streckentyp, dem Verkehrsaufkommen sowie aus Umfeldbelangen. Straßen

Kategoriengruppe		Autobahnen	Landstraßen	anbaufreie Hauptverkehrsstraßen	angebaute Hauptverkehrsstraßen	Erschließungsstraßen
Verbindungsfunktionsstufe		AS	LS	VS	HS	ES
kontinental	0	AS 0		-	-	-
großräumig	I	AS I	LS I		-	-
überregional	II	AS II	LS II	VS II		-
regional	III	-	LS III	VS III	HS III	
nahräumig	IV	-	LS IV	VS IV	HS IV	ES IV
kleinräumig	V	-	LS V	-	-	ES V
AS I vorkommend, Bezeichnung der Kategorie					unproblematisch	
- nicht vorkommend oder nicht vertretbar					problematisch	

Bild 2.1: Verknüpfungsmatrix zur Ableitung von Straßenkategorien (RIN, 2009)

Entwurfsklasse	Straßenkategorie Verbindungsfunktionsstufe
EKL 1	LS I großräumige Straßenverbindung
EKL 2	LS II überregionale Straßenverbindung
EKL 3	LS III regionale Straßenverbindung
EKL 4	LS IV nahräumige Straßenverbindung

Tab. 2.1: Entwurfsklassen und Straßenkategorien von Landstraßen (RAL, Entwurf 2008)

einer Entwurfsklasse sollen zukünftig einheitlich gestaltet sein und sich deutlich von Straßen anderer Entwurfsklassen unterscheiden.

Das Konzept der Entwurfsklassen soll verständlich, unkompliziert und flexibel anwendbar sein. Dem Kraftfahrer sollen die verschiedenen Straßentypen deutlich gemacht werden (z. B. über Fahrbahnmarkierung), sodass sie für ihn wieder erkennbar sind und ihn zu einem der Straßengestaltung entsprechenden Fahrverhalten anregen.

Die jeweilige Entwurfsklasse bestimmt Richt- und Grenzwerte für die Entwurfs- und Betriebselemente der jeweiligen Straße und tritt anstelle der bisher für den Entwurf zu wählenden Entwurfsgeschwindigkeit V_e . Darüber hinaus legen die RAL (Entwurf, 2008) für jede Entwurfsklasse Regelquerschnitte fest:

Für Straßen der EKL 1 (großräumige Straßenverbindung) sind einbahnig dreistreifige Querschnitte mit wechselseitigen Überholfahrstreifen vorgesehen, um auf rund 40 % der Strecke gesicherte Überholmöglichkeiten zu schaffen. Straßen der EKL 2 sollen mit einem einbahnig zweistreifigen Querschnitt ausgestattet werden, der abschnittsweise um eine zusätzliche Überholspur erweitert werden kann. In der Entwurfsklasse EKL 3 sollen künftig einbahnig zweistreifige Querschnitte entstehen. Überholen ist unter Nutzung des Gegenfahrstreifens bei entsprechenden verkehrlichen und geometrischen Voraussetzungen möglich. Bei sehr hohen Verkehrsbelastungen kann es bei den Entwurfsklassen EKL 1-3 auf kurzen Streckenabschnitten erforderlich sein, den zweibahnig vierstreifigen Regelquerschnitt RQ 21 anzuordnen.

Auf Straßen der Entwurfsklasse EKL 4 sind Überholvorgänge unerwünscht. Sie sind einbahnig und mit einem Regelquerschnitt RQ 9 ausgebildet. Die

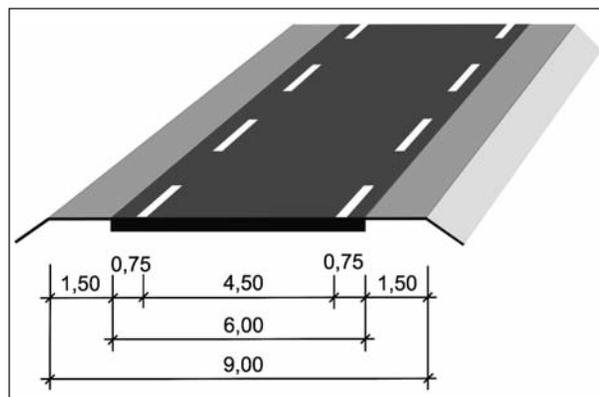


Bild 2.2: Regelquerschnitt RQ 9 (RAL, Entwurf 2008)

Breite der befestigten Fahrbahn beträgt 6,00 m. Nach dem Entwurf der RAL (2008) werden in einem Abstand von 0,75 m zum Rand der befestigten Fahrbahn beidseitig Leitlinien aufgetragen, sodass zwischen den Markierungen eine 4,50 m breite Kernfahrbahn entsteht (vgl. Bild 2.2).

Der Verzicht auf eine klare Fahrstreifenbegrenzung soll bei den Verkehrsteilnehmern Aufmerksamkeit erzeugen und verdeutlichen, dass eine langsamere Fahrweise angemessen ist. Die schmale Kernfahrbahn (Bereich zwischen den Markierungen) signalisiert dem Kraftfahrer, dass bei Begegnungsfällen, insbesondere mit Schwerverkehrsfahrzeugen, eine erhöhte Aufmerksamkeit und wechselseitige Abstimmung erforderlich sind. Bei Begegnungsfällen kann und muss ggf. die gesamte befestigte Fläche in Anspruch genommen werden. Aus diesem Grund wird die Markierung in Form von Leitlinien dargestellt.

Die sich daraus ergebenden Ausweichstreifen wirken jedoch dem in Deutschland geltenden und nach StVO gesetzlich vorgeschriebenen Rechtsfahrgebot entgegen. Darüber hinaus wird befürchtet, dass Radfahrer den Ausweichstreifen als einen für sie angelegten Radfahrstreifen wahrnehmen. Radfahrstreifen sind nach StVO ausschließlich innerhalb bebauter Gebiete anzuordnen und bedürfen einer Breite von mindestens 1,25 m. Diese nach StVO relevanten Aspekte führen zu einer neuen in Bild 2.3 dargestellten Querschnittsaufteilung des RQ 9 der EKL 4.

Weiterhin wird auf die Markierung einer klaren Fahrstreifenbegrenzung verzichtet. Die Fahrbahn wird nun seitlich durch Leitlinien mit einem Abstand von 0,50 m vom Rand der befestigten Fläche gekennzeichnet. Die Markierung soll in einem Strich-Lücke-Verhältnis von 1:2 (1,0 m Strich/2,0 m Lücke)

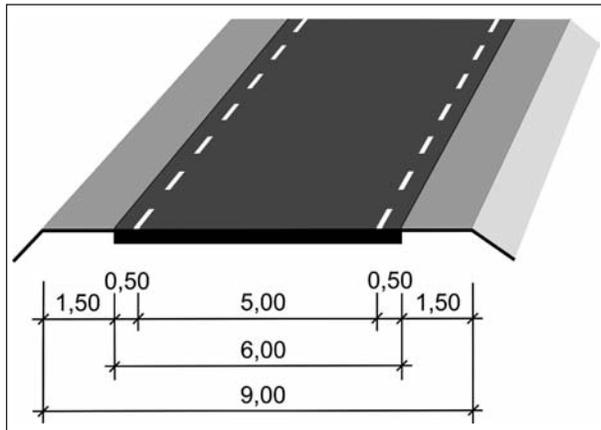


Bild 2.3: Regelquerschnitt RQ 9 (RAL, Entwurf 2010)

aufgetragen werden. Der Bereich zwischen Markierung und Fahrbahnrand kann dann aufgrund der geringen Breiten nicht mehr als Ausweichstreifen bezeichnet werden.

Nach dem fortgeschriebenen Entwurf der RAL (2010) kann der durch die Leitlinien gekennzeichnete äußeren Bereiche der Fahrbahn überfahren werden. Dies gilt z. B. bei Begegnungsfällen, insbesondere mit dem Schwerverkehr. Die Querschnittsausbildung ohne Leitlinie in Fahrbahnmitte signalisiert dem Kraftfahrer, „dass die im Begegnungsfall erforderliche Breite von zwei Fahrstreifen mit je 2,75 m nicht zur Verfügung steht“.

Unabhängig von der Querschnittsaufteilung kommt der RQ 9 in der Regel bei Verkehrsbelastungen bis 3.000 Kfz/24 h und einer Schwerverkehrsstärke bis 150 Lkw/24 h zum Einsatz.

Straßen der EKL 4 werden grundsätzlich vom landwirtschaftlichen und nicht motorisierten Verkehr mitbenutzt; gesonderte Geh- und Radwege sind im Allgemeinen entbehrlich. Die Linienführung im Lage- und Höhenplan sollte aufgrund der geringen Verkehrsbedeutung möglichst eng an das umgebende Gelände bzw. an die vorhandenen Nutzungsstrukturen angepasst werden.

Dem Entwurf wird eine planerisch angemessene Geschwindigkeit von 70 km/h zugrunde gelegt. Begründet wird diese mit der Netzfunktion und den daraus resultierenden kurzen Fahrweiten sowie mit der schmalen Fahrfläche und den besonderen Begegnungssituationen. Eine entsprechende Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wird als zweckmäßig erachtet.

Merkblatt für die Übertragung des Prinzips der Entwurfsklassen auf bestehende Straßen (Arbeitstitel)

Die auszugsweise beschriebene Neustrukturierung der Richtlinien kann auf das bestehende Straßennetz nur Schritt für Schritt übertragen werden. Um ein standardisiertes und möglichst wieder erkennbares Straßennetz zu erhalten, muss im Anpassungsprozess der vorhandenen Straßen auf eine Vielzahl von Randbedingungen Rücksicht genommen werden. Strategien dieses Anpassungsprozesses werden zukünftig in einem separaten Regelwerk enthalten sein. Dieses empfiehlt für bestehende Straßen, die gemäß den RIN (2009) einer Entwurfsklasse zugeordnet werden können, Maßnahmen einer Gestaltung, die dem Konzept der Wiedererkennbarkeit möglichst nahekommen (FGSV 2008).

RMS – Richtlinien für die Markierung von Straßen

Nach RMS (1993) werden Fahrbahnmarkierungen verwendet, um den Verkehr zu regeln, die Verkehrsteilnehmer zu warnen und optisch zu führen. Markierungen sind damit ein maßgebliches Mittel, um den vorhandenen Straßenraum zu gliedern und dessen Merkmale zu verdeutlichen. Sie vermitteln Verkehrsregeln und erleichtern die Verkehrsführung. Markierungen sind weiß und können neben Längs- und Quermarkierungen unter anderem Sperrflächen, Pfeile und Schriftzeichen darstellen. Auf einer zusammengehörigen Fläche sollen sie möglichst gleichartig sein und folgende Eigenschaften besitzen:

- hohe Tagsichtbarkeit (Kontrast zur Fahrbahndecke),
- hohe Nachtsichtbarkeit (Retroreflektion),
- Griffbarkeit,
- Geometrie (randscharf und vollflächig gleichmäßig),
- Haltbarkeit.

Markierungen können aus einem Breitstrich (B) oder Schmalstrich (S) bestehen. Bei Straßen, bei denen die befestigte Fahrbahnbreite weniger als 5,50 m beträgt, kommt zur Abgrenzung der Fahrbahn ein durchgehender Schmalstrich ((S) = 0,12 m) am Fahrbahnrand (Randlinie) zur Anwendung. Leitlinien in Fahrbahnmitte sind auf Straßen mit einer Fahrbahnbreite kleiner als 5,50 m nicht vorgesehen Bild

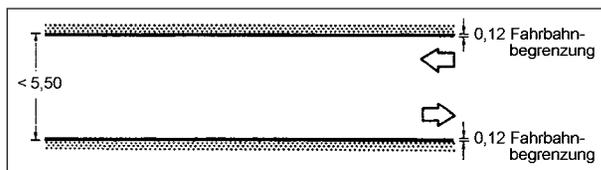


Bild 2.4: Markierung einer schmalen Straße (RMS II, 1980)

2.4 gibt diesen Sachverhalt schematisch wieder. Bei Straßen (Fahrbahnbreite $> 5,50\text{ m}$) werden sowohl eine $0,12\text{ m}$ breite Leitlinie als auch beidseitig durchgehende Randlinien empfohlen.

Alle Markierungen müssen verkehrssicher beschaffen sein und dem Stand der Technik entsprechen. Aus diesem Grund befindet sich auch dieses Regelwerk derzeit in Überarbeitung.

2.1.2 Internationale Richtlinien

International werden Querschnitte mit einer Kernfahrbahn bisher in den Niederlanden und Dänemark angewandt und in den entsprechenden Entwurfsrichtlinien geregelt. Darüber hinaus gibt es Pilotprojekte in der Schweiz (vgl. FOSSARD, 2006) und in Schweden (vgl. HERRSTEDT, 2007).

Niederlande

In den Niederlanden wird das Prinzip standardisierter und wieder erkennbarer Straßen mittels drei in Bild 2.5 schematisch dargestellter Straßentypen umgesetzt (C. R. O. W., 2002A).

Jeder Straßentyp wird dabei in einer eigenständigen Richtlinie geregelt.

- Hauptverkehrsstraßen (nationale und regionale Stroomwegen (autosnelweg); C. R. O. W, 2002c),
- Gebietserschließende Zufahrtsstraßen (Gebiedsontsluitingsweg, GOW Typ I und Typ II; C. R. O. W, 2002b),
- Orts-Zufahrtsstraßen (Erftoegangswegen, ETW Typ I und II; C. R. O. W, 2002A).

Hauptverkehrsstraßen sind Autobahnen und autobahnähnliche Straßen, die für eine zuverlässige Abwicklung von relativ großen Verkehrsstärken mit hoher Durchschnittsgeschwindigkeit (100 bis 120 km/h) ausgebildet sind.

Gebietserschließende Zufahrtsstraßen sind baulich mit den deutschen Bundesstraßen vergleichbar. Sie dienen der Erschließung von ländlichen und

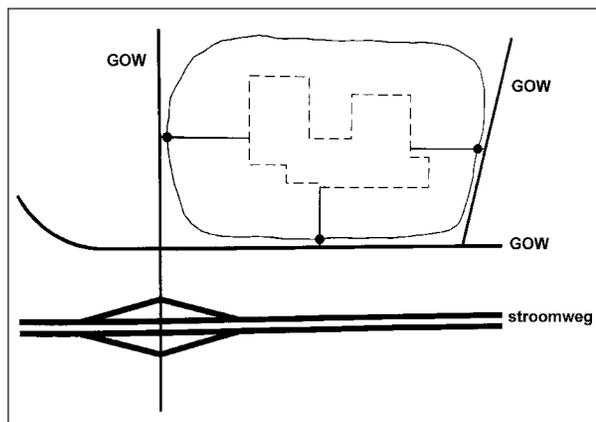


Bild 2.5: Systematik der Straßentypen in den Niederlanden (C. R. O. W, 2002a)

städtischen Gebieten, wobei sie nicht für den landwirtschaftlichen oder langsam fahrenden Verkehr freigegeben sind. Dieser wird auf parallel angelegten Straßen geführt. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf GOW-Straßen beträgt außerhalb bebauter Gebiete 80 km/h .

Der dritte Straßentyp umfasst Landstraßen mit untergeordneter Zufahrts-/Verbindungsfunktion. Sie werden einbahnig und ohne Fahrtrichtungstrennung ausgebildet. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit ist auf 60 km/h begrenzt. Laut der Richtlinie für Verbindungsstraßen (C. R. O. W, 2002a) werden diese Landstraßen in zwei Typen gegliedert: „Erftoegangsweg Typ I und Typ II“ (ETW I und II).

ETW I sind Verbindungen, die beispielsweise eine Gemeinde mit einer anderen Gemeinde verbinden. Sie entsprechen in etwa den Straßen der EKL 4 und sind in der Gestaltung ebenfalls durch Kernfahrbahnen gekennzeichnet. Straßen des Typs ETW II hingegen stellen kleinere Landwege dar oder führen zu Bauernhöfen oder Feldern. Sie sind mit einer festen Fahrbahn von kleiner $4,50\text{ m}$ und i. d. R. ohne Markierung ausgestattet. Eine Anlage für Radfahrer ist nicht vorgesehen.

Straßen des Typs ETW I weisen die in Tabelle 2.2 aufgelisteten Anforderungen auf.

Aus Bild 2.6 und Tabelle 2.2 geht hervor, dass seitliche Leitlinien markiert werden. In den Entwurfsrichtlinien für Verbindungsstraßen (C. R. O. W, 2002A) wird allerdings zusätzlich empfohlen, bei unzureichender Sichtweite eine Leitlinie in Fahrbahnmitte zu verwenden, um mögliche Konflikte im Begegnungsfall zu vermeiden.

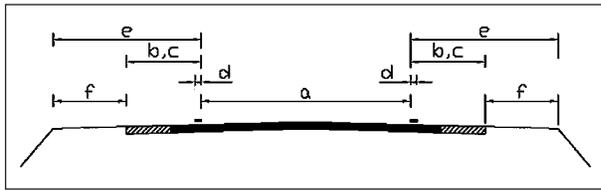


Bild 2.6: Querschnitt Straßentyp ETW I (C. R. O. W, 2002)

Anforderungen	ETW I
Geschwindigkeitsbegrenzung	60 km/h
Fahrbahn	einstreifig 4,50 bis 6,20 m
Kernfahrbahn befestigte Fahrbahn	3,50 bis 4,50 m > 4,50 m
Leitlinie	Keine
Längsmarkierung	seitliche Leitlinien: ohne Radfahrstreifen: Breite: 0,15 m Länge: 3,00 m Strich-Lücke-Verhältnis: 1:1 mit Radfahrstreifen: Breite: 0,10 m Länge: 1,00 m Strich-Lücke-Verhältnis: 1:1
Geschwindigkeitsreduzierende Maßnahmen	an Knotenpunkten (z. B. speed humps)
Verkehrsregelung an Knotenpunkten	i. d. R. gleichrangig
Übergänge zum höher-rangigen Straßennetz	torartige Konstruktion

Tab. 2.2: Anforderungen Straßentyp ETW I (C. R. O. W, 2002A)

	normal [m]	min [m]	max [m]
a Fahrbahn	3,50	3,50	4,00 bis 4,50
b Randstreifen	0,50	0,25	1,25
c Suggestionstreifen	1,25	1,00	1,75
d Markierung	0,10	0,10	0,10
e Hindernisfreie Zone	1,50	1,50	-
f Bankette	2,50	1,50	-

Tab. 2.3: Erläuterung Querschnitt ETW I (C. R. O. W, 2002A)

Die Querschnittsabmessungen einer Straße des Typs ETW I werden in Bild 2.6 und Tabelle 2.3 für einen ausgewählten Querschnitt verdeutlicht.

Ab einer Breite von mehr als 0,75 m wird der Randstreifen verkehrsrechtlich zum Radfahrstreifen, der einer Widmung bedarf. Er wird durch das Aufbringen des Zeichens „Radweg“ auf der Fahrbahn verdeutlicht und rot eingefärbt.

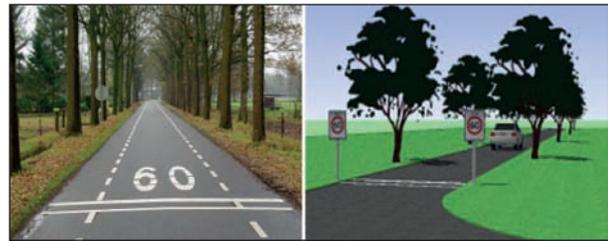


Bild 2.7: Übergangspforte zwischen Straßenkategorien Niederlande (DUURZAAM VEILIG, 2008)

Der Übergang zu diesem Straßentyp wird durch Pforten (Quermarkierung und beidseitige Beschilderung) nach Bild 2.7 (rechts) signalisiert.

Die in den Richtlinien geregelten Gestaltvorgaben wurden in dem Projekt „Sustainable Safety“ (JANSSEN, T., 2000) untersucht. Dabei wurden in den Niederlanden Straßen mittels verschiedener Maßnahmen wie Markierungen umgestaltet. Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Kapitel 2.2.6 dargestellt.

Dänemark

Die neuen dänischen Richtlinien „Trafikarealer, Land-Tværfiler-Håndbog“ (Vejdirektoratet, 2006) enthalten eine zweckmäßige Klassifikation der Straßen, wobei das Regelwerk zwischen Gennemfartsvej (Schnellstraßen), Fordelingsvej (Landstraßen) und Lokalvej (Lokal- oder Gemeindestraßen) differenziert. Diese Klassifikation soll langfristig zu „selbsterklärenden“ Straßen führen, weshalb ihre Funktion u. a. über unterschiedliche Geschwindigkeitsklassen (s. Tabelle 2.4) definiert wird.

Darüber hinaus werden grundlegende Querschnitte (Bezeichnung: H, M, L) je Geschwindigkeitsklasse festgelegt, die sich wie folgt zusammensetzen:

- 6 Fahrstreifen,
- 4 Fahrstreifen,
- 2 + 1 Fahrstreifen (“Two plus one”),
- 2 Fahrstreifen,
- 1-1 Fahrstreifen (“Two minus one”).

Innerhalb der Geschwindigkeitsklasse variieren die Querschnitte H, M, L in ihrer Fahrbahnbreite und Ausstattung, sodass sich insgesamt 18 mögliche Varianten der Querschnittsgestaltung ergeben. Die Querschnitte L und L+ der niedrigen Geschwindigkeitsklasse können einbahnig zweistreifig mit Fahrt-

Hastighedsklasse	Betegnelse	Ønsket hastighed
Høj	H ⁺	120-130 km/h
	H	90-110 km/h
Middel	M ⁺	80 km/h
	M	60-70 km/h
Lav	L ⁺	40-50 km/h
	L	30 km/h

Tab. 2.4: Geschwindigkeitsklassen in Dänemark (Vejdirektoratet, 2006)

Anforderungen	2-1 Fahrstreifen
Geschwindigkeitsbegrenzung	40-50 km/h
Fahrbahn	einstreifig
Kernfahrbahn	3,00-3,50 m
befestigte Fahrbahn	5,00-5,50 m
Leitlinie	keine
Längsmarkierung	seitliche Leitlinien Schmal: 0,10 m Breit: 0,30 m (bei einer Randstreifenbreite 0,90 m)
Radfahrstreifen	situationsabhängig

Tab. 2.5: Anforderungen Straßentyp 2-1 (Vejdirektoratet, 2006)

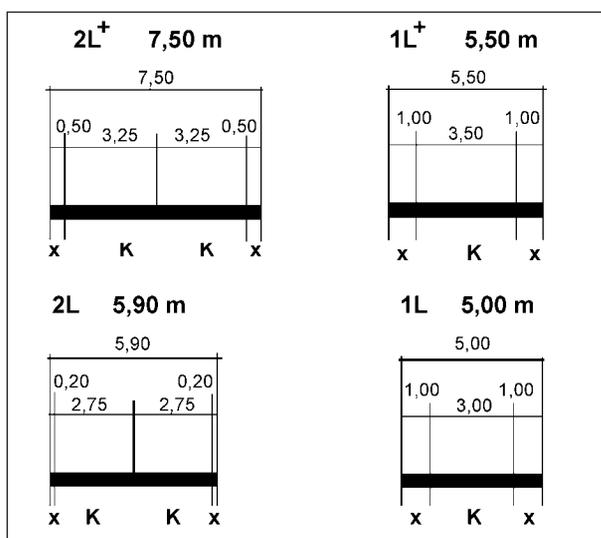


Bild 2.8: Normalquerschnitte Land- oder Gemeindestraßen für 2-1 Straßen (Vejdirektoratet, 2006)

richtungstrennung (2L, 2L+) oder einbahnig mit seitlicher Leitlinie ausgebildet (1L, 1L+) werden (vgl. Bild 2.8) und als 2-1 Fahrstreifen folgende Anforderungen aufweisen (vgl. Tabelle 2.5).

Für den Fall unzureichender Sichtweiten in Kurven sind auf diesen 2-1 Querschnitten Leitlinien vorgehen.

	Bezeichnung	Querschnitt	Kreuzung	Verkehrsregelung	V _{zul}
NL	Verbindungsstraße (Erftoegangswegen, EWT Typ I)				
DK	örtliche Straße niedrige Geschwindigkeitsklasse (Localvej L)				
D	Nahbereichsstraße EKL 4				

Tab. 2.6 : Gegenüberstellung der Richtlinien von den Niederlande, Dänemark und Deutschland (HART-KOPF,2009)

2.1.3 Zusammenfassung

Die Gestaltung von Landstraßen mit geringer Verkehrsbedeutung durch seitliche Leitlinien beruht in den vorgestellten Ländern auf dem Prinzip der „self explaining roads (SER)“, ist aber in der detaillierten Umsetzung der Länder sehr unterschiedlich (vgl. Tabelle 2.6).

In den Niederlanden und in Dänemark ist die Umsetzung des Prinzips standardisierter Straßen bereits in Richtlinien geregelt. Das deutsche Regelwerk ist gegenwärtig noch nicht veröffentlicht.

In anderen Ländern wie Schweden oder der Schweiz werden zu seitlichen Leitlinien Pilotstudien auf Straßen mit geringer Verkehrsbelastung durchgeführt. Diese sind ausführlich in Kapitel 2.2.6 beschrieben.

2.2 Stand der Forschung

2.2.1 System Fahrer-Fahrzeug-Fahrraum

Der Fortbewegungsprozess eines Kraftfahrers im Straßenraum lässt sich in einem kybernetischen Regelkreis beschreiben. DILLING (1973) stellt diesen Regelkreis vereinfacht, wie in Bild 2.9 gezeigt, dar.

Der Fahrablauf wird als eine Steuerungs- und Regelungstätigkeit aufgefasst, auf welche bei Interaktion fortlaufend äußere Signaleinflüsse wirken, auf die Verkehrsteilnehmer unterschiedlich reagieren. Der dargestellte Regelkreis zeigt den Fahrer als Regler R, das Fahrzeug als Regelstrecke RS und den Fahr-

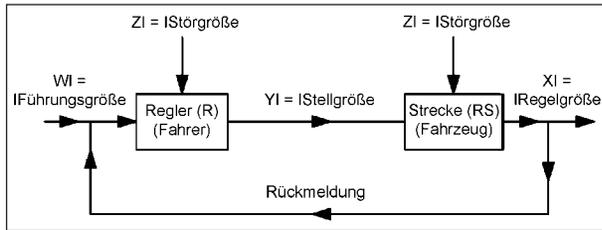


Bild 2.9: Regelkreis nach DILLING (1973)

raum als Führungsgröße W . Berücksichtigt werden darüber hinaus fahrzeugtechnische, verkehrliche, umfeld- und witterungsbedingte Störgrößen Z . Im Regelkreis werden Informationen und Befehle von Glied zu Glied weitergegeben. Das Ergebnis dieser Weitergabe geht über die Rückmeldung erneut als Eingangsgröße in den Regelkreis ein.

Die Aufnahme von Informationen (vgl. Kapitel 2.2.8) innerhalb dieses Regelkreises erfolgt über die Sinnesorgane, etwa 90 % über den visuellen Kanal (Optik), die restlichen 10 % über Haptik, Akustik und Propriozeptorik. Letzteres umfasst die durch die Gleichgewichtsorgane übermittelte Stellung und Bewegung des eigenen Körpers (GOLDSTEIN, 2001). Der Hauptteil der Wahrnehmung läuft über unbewusste Reflexe, wie beispielsweise charakteristische Steuerbewegungen oder Blickbewegungen, ab (WEISE/DURTH, 1997).

Die größte Bedeutung in diesem System kommt dem Fahrer zu. Er ist das einzige aktive Element und stellt gleichzeitig das schwächste Glied des Regelkreises dar. Die Funktion des Fahrers ist die Erfüllung bestimmter Fahraufgaben im Fahrraum (vgl. Kapitel 2.2.7). Da sich der Fahrprozess nicht in einem geschlossenen Modell darstellen lässt, ist es notwendig, das Fahrverhalten über Indikatoren zu erfassen und zu bewerten. Nach WEISE/DURTH (1997) lässt es sich über die Längs- und Querregelung des Fahrzeuges durch den Fahrer beschreiben, welche physikalischen oder geometrischen Größen darstellen und messtechnisch bestimmt werden können. Indikatoren der Längsregelung sind:

- Geschwindigkeit,
- Beschleunigung und
- Verzögerung.

Die Indikatoren der Querregelung sind:

- Querbeschleunigung und
- Spurverhalten.

Im Folgenden werden die genannten Indikatoren definiert, ausgewählte Untersuchungen im Zusammenhang mit dem Geschwindigkeits- und Spurverhalten vorgestellt sowie der Einfluss von Faktoren (Störgrößen) auf das Fahrverhalten beschrieben.

2.2.2 Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit V definiert sich aus dem zurückgelegten Weg s in der Zeit t . Sie stellt den wichtigsten Indikator zur Beschreibung des Fahrverhaltens dar.

Zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens wird nach WEISE/DURTH (1997) grundsätzlich in gebundene und ungebundene Geschwindigkeiten unterschieden. Die ungebundene Geschwindigkeit beschreibt die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges, dessen Fahrer von anderen Verkehrsteilnehmern unbeeinflusst ist. Die gebundene oder freie Geschwindigkeit hingegen ist die, bei der der Kraftfahrer durch andere Verkehrsteilnehmer beeinflusst wird. Diese Beeinflussung kann durch Gegenverkehr, durch ein vorausfahrendes oder hinterherfahrendes Fahrzeug erfolgen.

Nach LIPPOLD (1997) hängt die Wahl der Geschwindigkeit von der Streckencharakteristik, dem Straßenumfeld und vom Fahrer selbst ab. Für die „streckenspezifische Geschwindigkeit“ finden sich in der Literatur unterschiedliche Definitionen:

TRAPP (1971) und TRAPP/OELLERS (1974) definieren sie als höchste Reisegeschwindigkeit, die ein durchschnittlicher Kraftfahrer mit einem durchschnittlichen Fahrzeug angemessen auf einer Straße unter vorhandenen Bedingungen und ohne Aufenthalt fahren kann. Eine genaue Beschreibung des durchschnittlichen Fahrers bzw. Fahrzeuges wird nicht angegeben.

Die streckencharakteristische Geschwindigkeit V_{85} nach LAMM (1973) ergibt sich hingegen aus Fahrten einzelner Fahrzeuge. Er beschreibt sie als die Geschwindigkeit, die 85 % der unbeeinflusst fahrenden Fahrzeuge auf einer nassen und sauberen Fahrbahn nicht überschreiten. Dabei gelten Fahrzeuge, welche eine Zeitlücke von mindestens 6 bis 8 s vorausfahrenden Fahrzeug aufweisen als „unbeeinflusst fahrend“. Nach KÖPPEL/BOCK (1979), wird als Einzelfahrzeug „...ein Fahrzeug definiert, das eine „Zeitlücke voraus“ von 7 s und eine „Zeitlücke zurück“ von 4 s aufweist [...]“. Diese Definition der Geschwindigkeit V_{85} gibt durch ihren sta-

tistischen Bezug das tatsächliche Fahrverhalten besser wieder.

In der Vergangenheit gab es zahlreiche Untersuchungen, die das Geschwindigkeitsverhalten in Zusammenhang mit der Querschnittsaufteilung thematisieren.

Nach TRAPP/OLLERS (1974) sind Änderungen des Fahrverhaltens nur bei einer größeren Änderung der Fahrbahnbreite zu verzeichnen. LEONG (1968) und AL-KASSAR/HOFFMANN/ZMECK (1981) ermittelten in ihrer Untersuchung, dass auf Straßen mit schmalen Querschnitten eine Geschwindigkeitsreduktion erfolgt. BAUMANN (1984) untersuchte Querschnitte mit Fahrstreifenbreiten zwischen 3,75 m, 3,50 m und 3,25 m und findet dagegen keinen wesentlichen Unterschied im Geschwindigkeitsverhalten.

Van der HOVEN (1997, in MARTENS/COMTE/KAPTEIN, 1997) beobachtete auf einer 6,00 m breiten Straße eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 80 km/h, während auf einer 8,0 m breiten Straße mit 90 bis 100 km/h deutlich schneller gefahren wurde. Auch LEWIS-EVANS/CHARLTON (2006) variierten in ihrer Simulatorstudie die Fahrbahnbreite bei sonst vergleichbaren Bedingungen (z. B. Verkehrsvolumen, Umgebung). Die Probanden fuhren auf der schmalen Straße (Straßenbreite 8,6 m, Fahrstreifen 3,0 m) signifikant langsamer als auf den anderen Strecken (Straßenbreite 10,6 m mit Fahrstreifen 3,6 m, Straßenbreite 13,6 m mit Fahrstreifen 4,6 m). Dabei führten schmale Straßen nicht nur zu Geschwindigkeitsreduktionen. Personen fuhren auch mehr zur Leitlinie gerichtet.

Dass auf engeren Straßen die gefahrene Geschwindigkeit anders wahrgenommen wird, belegen FILDERS/FLETSCHER/CORRIGAN (1987). In ihrer Untersuchung sollten Kraftfahrer aus Fahrerperspektive in aufgezeichneten Fahrtvideos, die gefahrene Geschwindigkeit einschätzen. Mit abnehmender Straßen- und Fahrstreifenbreite wurde diese unterschätzt und die Straße als gefährlicher eingestuft.

2.2.3 Beschleunigung und Verzögerung

Weitere Indikatoren der Längsregelung sind die Beschleunigung oder Verzögerung a . Sie definieren sich aus der Änderung der Geschwindigkeit V in der Zeit t . Die getrennte Betrachtung des Beschleunigungsvektors nach Längs- und Querrichtung des

Fahrzeugs ergibt die Längs- und Querbewegung.

Querbewegungen sind die auf den Fahrer orthogonal einwirkenden Kräfte, Längsbewegungen oder -verzögerungen dienen zur Erhöhung oder Reduzierung der Geschwindigkeit.

Die Beschleunigung kann als Indikator für das Geschwindigkeitsverhalten herangezogen werden. Hohe Geschwindigkeiten während einer Kurvendurchfahrt spiegeln hohe Querbewegungen wider. Als Komfort- und Sicherheitsgrenze gelten nach MANN (1985) Werte von 3 bis 4 m/s^2 . Aus den Längsbewegungen gehen Geschwindigkeitsänderungen der Kraftfahrer hervor (ROOS/ZIMMERMANN/LOEBEN/LIPPOLD/DIETZE, 2007).

2.2.4 Spurverhalten

Das Spurverhalten als Indikator der Querregelung kennzeichnet die Position eines Fahrzeuges innerhalb eines Straßenquerschnittes oder einer Fahrbahn. Nach WEISE/DURTH (1997) ist ein Kraftfahrer nicht in der Lage, sein Fahrzeug über einen längeren Zeitraum absolut gerade zu bewegen.

LENZ/BURGER (1975) untersuchten das Spurverhalten auf der Landstraße L 284 zwischen Köln und Rösrath. Auf einer Fahrstreifenbreite von 3,5 m und einer Randstreifenbreite von 0,5 m wurden die Werte x_1 und x_5 betrachtet (vgl. Bild 2.10).

Die Fahrzeuge, die weniger als 100 km/h fuhren, bewegten sich in Fahrtrichtung in der Mitte der Fahrspur mit leichter Tendenz zum Fahrspurrand. Im Begegnungsfall verlagerte sich die Fahrspur bei frei fahrenden Fahrzeugen ca. 0,15 m weiter in Richtung Fahrbahnrand. Diese Abweichungen waren nicht bei Kolonnenfahrten zu beobachten.

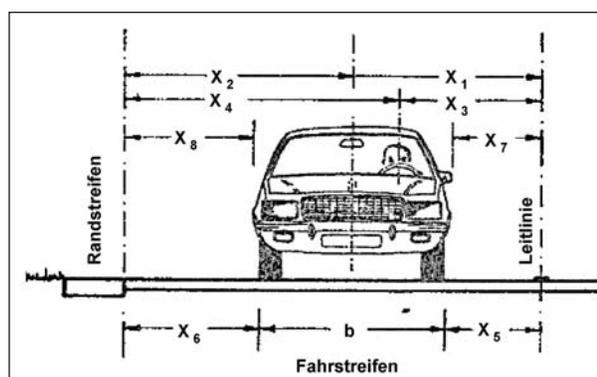


Bild 2.10: Systemskizze – Messwerte zur Kennzeichnung des Spurverhaltens (LENZ/BURGER, 1975)

Die Befunde bestätigen auch BRILON/DÖHLER (1978), bei denen im Begegnungsfall durchschnittlich sogar 0,19 m weiter rechts gefahren wurde.

LEUTZBACH/MAIER/DÖHLER (1981) ermittelten das Spurverhalten über Verfolgungsfahrten, sodass das Spurverhalten unter dem Einfluss von Radius, Fahrbahnbreite und Gegenverkehr beurteilt werden konnte. Die Analyse ergab, dass verglichen mit Geraden in Rechtsbögen weiter rechts und in der Klothoidendurchfahrt weiter links gefahren wurde. Im Verlauf von Linkskurven näherten sich die Fahrzeuge allmählich der Leitlinie. Nach LEUTZBACH et al. (1981) stellt der rechte Fahrbahnrand für den Fahrer das „stärkste optische Hindernis“ dar, sodass er über seine Fahrlinie einen ausreichenden Sicherheitsabstand zu diesem einhält. Den Einfluss des Gegenverkehrs bezeichnet er als „Optimierungsprozess“ zwischen Fahrbahnrand und dem entgegenkommenden Fahrzeug, bei dem der Fahrzeugführer „um ein Maß von etwa 0,12-0,15 m nach rechts versetzt“ fährt.

WEISER (1996) ermittelte, dass bereits einige Sekunden vor dem Begegnungsfall weiter rechts gefahren wird und ein noch stärkeres Ausweichen zum Begegnungszeitpunkt stattfindet. Dafür werden auf schmalen Querschnitten die angrenzenden Randstreifen oder befestigten Bankette benutzt. ZWIELICH/REKER/FLACH (2001) bestätigen eine Spurverlagerung zwischen 0,17 und 0,26 m nach rechts bei Gegenverkehr.

Nach ELLINGHAUS/STEINBRECHER (2003) wird in Alleen und auf schmalen Fahrbahnen bei unbeeinflussster Fahrt mehr in Richtung Fahrbahnmitte gefahren. Die Fahrer orientieren sich sehr eng an der Mittellinie. Im Begegnungsfall wird zwangsweise nach rechts ausgewichen. Dabei halten die Fahrer eher Distanz zu den Bäumen als zum entgegenkommenden Fahrzeug. Auf Fahrbahnen mit breiten Fahrspuren ändert sich dieses Spurverhalten.

Während diese Befunde eine Veränderung im Spurverhalten bei Begegnungsfällen zeigen, stellte BUCK (1991) keinen Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten fest. ELLINGHAUS/STEINBRECHER (2003) registrierten bei räumlicher Enge sogar höhere Geschwindigkeiten. Sie ermittelten ebenfalls ein hohes Unfallpotenzial bei Engstellen in Italien, in denen bei einer Begegnung zweier Fahrzeuge keine wechselseitige Abstimmung von den Fahrern erfolgte. In ihrer Befragung zum Fahrverhalten auf Landstraßen empfanden mehr als 30 % der Pkw-Fahrer Situationen mit Gegenver-

kehr als unangenehm. 4 von 10 Pkw-Fahrern äußern, dass sie vor allem Begegnungen im Gegenverkehr mit Lkw oder das Überholen von Lkw und landwirtschaftlichen Fahrzeugen sehr oder ziemlich unangenehm empfinden. Diese Emotionen werden verstärkt von älteren Personen erlebt.

SPACEK (1998) untersuchte das Spur- und Geschwindigkeitsverhalten in 7 Landstraßenkurven in der Schweiz. Mithilfe von in Leitpfosten eingebauten Messeinrichtungen erfasste er 3.760 Fahrzeuge an mehreren Querschnitten der Kurve. Aus den Einzeldaten konnten mittels einer Spline-Funktion Spurverläufe ermittelt werden. Diese Spurverläufe konnten durch die sechs Spurtypen („Idealverhalten“, „Normalverhalten“, „Schneiden“, „Ausholen“, „Hinaustragen“ und „Korrigieren“) charakterisiert werden (vgl. Bild 2.11).

Unter Berücksichtigung der Fahrstreifenbreite wurde jedem Spurtyp ein Korridor zugeordnet. Fährt ein Fahrzeug durch eine Kurve innerhalb eines solchen Korridors, kann es dem betreffenden Spurtyp zugeordnet werden.

Im Ergebnis der Untersuchung hielten Fahrzeugführer in Kurvenbereichen grundsätzlich einen deutlich größeren Abstand zum Straßenrand als zur Leitlinie in Links- und Rechtskurven ein, unabhängig von der Fahrbahnbreite. Darüber hinaus waren die höchsten Geschwindigkeiten im Kurvenbereich bei den Spurtypen Schneiden (in Linkskurven) und Ausholen (in Rechtskurven) zu finden. KÄMPFE/WELLER/SCHLAG (2005) bestätigen, dass „Fahrer versuchen die Kurve so schnell wie möglich zu durchfahren“, um den Radius zu vergrößern und die Fliehkräfte zu minimieren. Dabei kommt es vor allem in Linkskurven und Kurven mit kleinen Radien zum Spurtyp „Schneiden“. In Rechtskurven wird dagegen zu weit in Richtung Fahrbahnmitte gefahren.

LIPPOLD/KRÜGER/SCHULZ/SCHEUCHENFLUG (2008) erweiterten die von SPACEK (1998) vorgenommene Einteilung von Kurven zur Ermittlung von Spurtypen (vgl. Bild 2.11). Kritikpunkt an dieser Einteilung ist, dass nicht jedes Fahrzeug einem Spurtyp zugeordnet werden kann. In ihrer Untersuchung zum Seitenraum konnte kein eindeutiger Zusammenhang zwischen Radius, Richtungsänderung, Kreisbogenlänge, Seitenraum und dem Spurverhalten in Kurvenbereichen festgestellt werden.

Das von GODTHELP/MILGRAM/BLAAUW (1984) aufgestellte Konzept zur lateralen Kontrolle um-

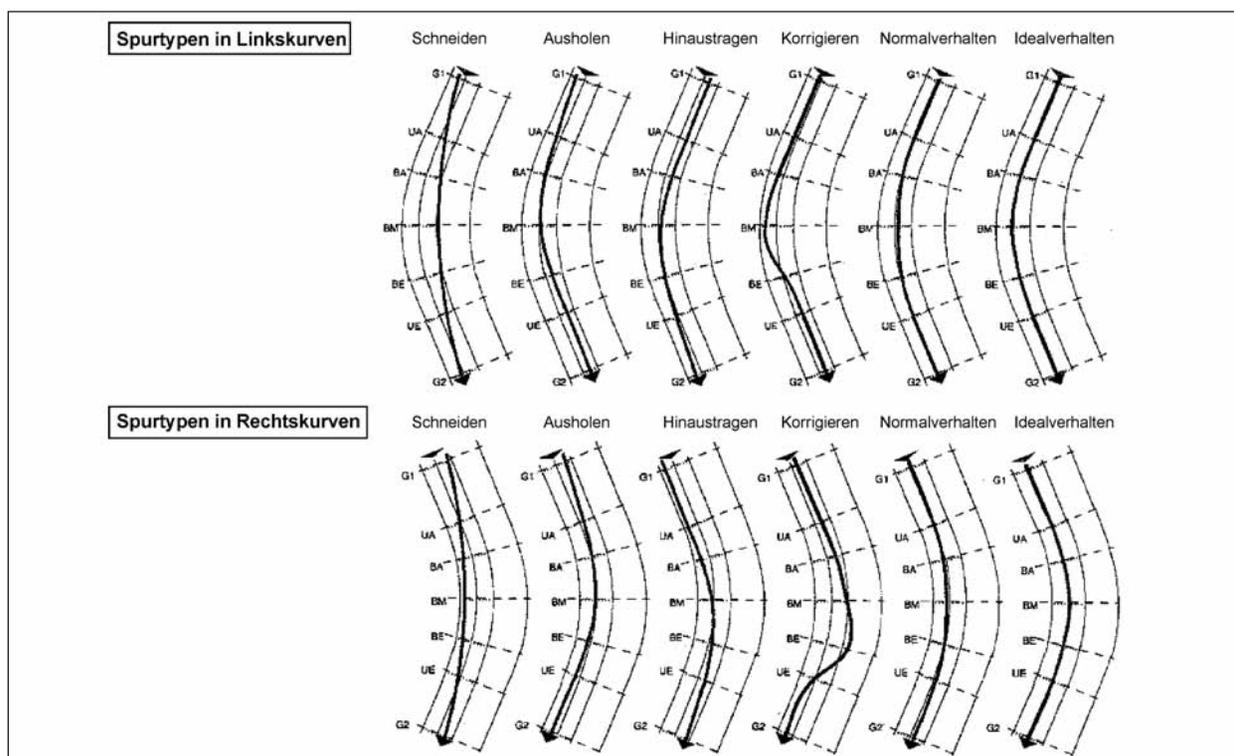


Bild 2.11: Prinzipskizzen der Spurtypen, in Links- und Rechtskurven (SPACEK, 1998)

fast die Time-to-Line-Crossing (TLC), also die Zeit, in der das Fahrzeug bei aktueller Geschwindigkeit eine Markierung überqueren würde. Je geringer die Werte der TLC ausfallen, desto wahrscheinlicher wird ein Überfahren, vor allem bei größeren Lenkfehlern. Die TLC kann über die seitliche Position, den Gierwinkel und die Fahrzeuggeschwindigkeit berechnet werden. GODTHELP (1987, in DETTKI, 2005) stellte einen linearen Zusammenhang zwischen dem lateralen Abstand zum Straßenrand, bei dem der Fahrer seine Spurabweichung korrigiert, und der lateralen Annäherungsgeschwindigkeit an den Straßenrand fest. Der Quotient aus lateralem Abstand und lateraler Geschwindigkeit ergibt die TLC, die über einen Geschwindigkeitsbereich von 20 bis 100 km/h nahezu konstant bleibt. Fahrer versuchen bei unterschiedlicher Fahrgeschwindigkeit den gleichen Abstand zu den Markierungen einzuhalten. Fällt die TLC unter einen fahrerspezifischen Wert (z. B. minimale Reaktionszeit für Lenkkorrekturen), richtet der Fahrer seine Aufmerksamkeit zur Spurkorrektur auf die Lenkaufgabe.

Die Wahl der Geschwindigkeit und der Lage wird wie beschrieben beispielsweise von der Querschnittsaufteilung oder der Straßengeometrie beeinflusst. Im Folgenden wird darauf gesondert eingegangen.

2.2.5 Einfluss von Faktoren auf das Fahrverhalten

Kurvenradius

Einen Einfluss der Größe des Kurvenradius auf das Fahrverhalten weisen zahlreiche Untersuchungen nach. Dabei üben besonders kleine Radien (bis ca. 350 m) einen starken Einfluss auf die Wahl der Geschwindigkeit aus. Bei größeren Radien nimmt dieser Einfluss ab. Einen konstanten radienabhängigen Geschwindigkeitswert gibt es hingegen nicht (KÖPPEL/BOCK, 1979; STEIERWALD/BUCK, 1992). Nach TRAPP (1971), DILLING (1973) und DURTH (1974) liegen die Ursachen dafür darin, dass zum einen das Fahrverhalten nicht ausschließlich aus Einzelementen bestimmt werden kann und zum anderen eine Überlagerung der vorhandenen Sichtweite und der räumlich verzerrten Wahrnehmung der tatsächlichen Krümmung in Kurvenbereichen existiert.

Einen Einfluss des Kurvenannäherungsbereiches auf die Geschwindigkeit stellt DILLING (1973) fest. Weiterhin geht aus seiner Arbeit hervor, dass der Kurvenradius allein die mittlere Kurvengeschwindigkeit nicht ausreichend beschreibt. Auch KREBS (1973) kommt zu dem Ergebnis, dass der Kurvenradius allein nicht zur Beurteilung einer Kurve ausreicht. Fast jeder Verkehrsteilnehmer ist bestrebt,

einen Geschwindigkeits- und Komfortgewinn durch die Anpassung seiner Fahrlinie zu erzielen. Dies führt in Kurvenbereichen, besonders bei Richtungsänderungen zwischen 11 bis 17 gon, dazu, dass bei einem Schneiden der Kurve Radiengewinne erzielt werden. KÖPPEL/BOCK (1979), für die ein genereller Zusammenhang zwischen Kurvenradius und Sichtweite besteht, folgern, dass der Einfluss der Sichtweite bereits während der Betrachtung der Kurve berücksichtigt wird. Bei größeren Radien (500 m) wurde nach STEIERWALD/BUCK (1992) keine Beeinflussung des Geschwindigkeitsverhaltens festgestellt. Damit werden die Untersuchungen von LAMM (1973) und DURTH/BIEDERMANN/VIETH (1983) bestätigt.

Die Metaanalyse von ELVIK/HOYE/VAA/SORENSEN (2009) verdeutlicht, dass der Kurvenradius einen bedeutenden Einfluss auf die Unfallzahlen ausübt. Bei einer Änderung des Kurvenradius von 200 m auf 400 m ist ein Rückgang der Unfallzahlen um 50 % nachgewiesen worden. Dieser Rückgang setzt sich mit zunehmender Radiusvergrößerung fort. Weist eine Kurve einen Radius von 1.000 m bis 2.000 m auf und wird dieser auf mehr als 2.000 m erweitert, stellt sich immerhin noch eine Unfallreduktion von etwa 12 % ein.

Obwohl der Einfluss einzelner Radien auf das Fahrverhalten noch nicht quantifizierbar ist, wird er besonders im fahrdynamisch bestimmten Bereich enger Kurven wirksam. Einen weiteren Einfluss auf das Fahrverhalten im Bereich von Kurven hat, wie DILLING (1973) bereits ansatzweise beschreibt, der Bereich vor dem betrachteten Radius.

STEYER (2004) untersuchte unfallauffällige Kurven mit Radien unter 200 m hinsichtlich ihrer Geometrie sowie das daraus resultierende Fahrverhalten und Unfallgeschehen. In einer Vorher-/Nachher-Untersuchung wurde der Einfluss folgender Maßnahmen ermittelt: variable Leitpfosten, Richtungstafeln, Quermarkierungen und gelbe reflektierende Bänder zur Führung in Kurven. STEYER (2004) fand heraus, dass sich durch die Umgestaltung keine Verbesserungen im Fahrverhalten ergaben und die frühzeitige Wahrnehmung der Kurven zu einem Anstieg der Kurvengeschwindigkeit führte. Weiterhin ermittelte er, dass mit steigender Erkennbarkeit tendenziell das Kurvenschneiden verstärkt wird und dass das subjektive Sicherheitsgefühl der Fahrer durch die zusätzlichen Informationen zu einem unangepassten Fahrverhalten führt.

Kurvigkeit

Nach FGSV (2000) ist die Kurvigkeit das Verhältnis der Summe aller absoluten Richtungsänderungen über eine betrachtete Streckenlänge. Damit gibt die Kurvigkeit eine allgemeine Charakterisierung der Strecke im Lageplan wieder. Aussagen über die Stetigkeit der Strecke oder zu Elementrelationen können aus ihr nicht abgeleitet werden.

Einen Einfluss der Kurvigkeit auf das Fahrverhalten wurde in jeder diesbezüglich durchgeführten Untersuchung festgestellt. TRAPP (1971) und TRAPP/OELLERS (1974) ermittelten, dass eine zunehmende Kurvigkeit fahrdynamisch ein einheitliches Geschwindigkeitsverhalten erzwingt. AL-KASSAR/HOFFMANN/ZMECK (1981) weisen darauf hin, dass Querschnittsbreite und Kurvigkeit die Momentangeschwindigkeit beeinflussen. Darüber hinaus beobachteten KÖPPEL/BOCK (1979) und DILLING (1973) in ihren Untersuchungen, dass die mittleren Verzögerungen im Annäherungsbereich einer Kurve zunehmen.

LAMM (1973) und SCHLICHTER (1976) sehen die Kurvigkeit als eine Art Mittelwert über einen Streckenabschnitt, die somit das Fahr- und Geschwindigkeitsverhalten allein nicht beschreiben kann.

Anstelle der Kurvigkeit untersuchten STEIERWALD/BUCK (1992) die Krümmung eines Streckenabschnitts mit einer Länge von 400 m vor dem Beobachtungsquerschnitt. Bei Strecken mit hoher Kurvigkeit und zunehmender mittlerer Krümmung stellte sich ein Geschwindigkeitsrückgang ein. Bei Radien 500 m war kein Einfluss der Krümmung auf das Fahrverhalten festzustellen.

Radienrelation

Ein gleichmäßiges Fahrverhalten kann durch die richtliniengemäße Verwendung ausgewogener Radienfolgen erzielt werden. Auf Straßen, welche eine unetstetige Trassierung aufweisen, kommt es nach LEUTHNER (1974) und AL-KASSAR/HOFFMANN/ZMECK (1981) zu einem uneinheitlichen Geschwindigkeitsverhalten, da die Einschätzung der Kurvigkeit unterschiedlich ausfällt.

LIPPOLD (1997) kam in seiner Untersuchung zum Geschwindigkeitsverhalten und Unfallgeschehen auf relationstrassierten und unetstetigen Strecken zu dem Ergebnis, dass auf Strecken mit einer stetigen Linienführung ein deutlicher Rückgang der Unfall-

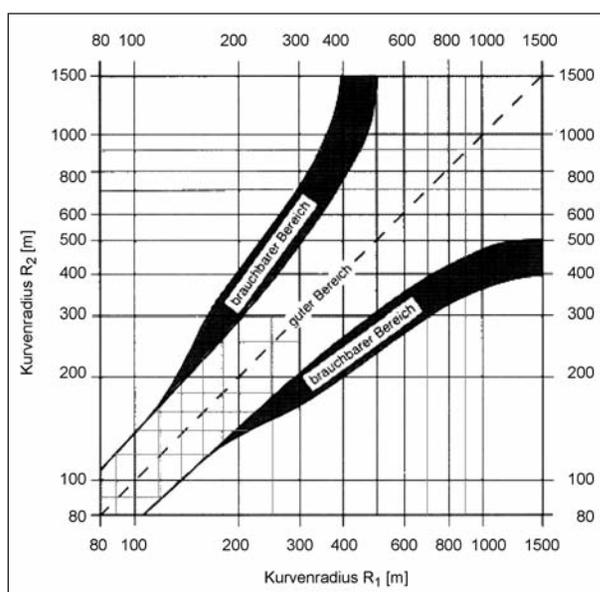


Bild 2.12: Radienrelation nach RAS-L (1995)

zahlen und ein homogenes Geschwindigkeitsverhalten zu erkennen sind. Diese Ergebnisse wurden in die RAS-L (1995) übernommen und sind bleibender Bestandteil des zukünftigen Regelwerks (vgl. Bild 2.12).

Längsneigung

Ein weiterer Faktor, der das Fahrverhalten von Kraftfahrern beeinflusst, ist die Längsneigung (s). In der Untersuchung von DIETRICH (in KÖPPEL/BOCK, 1979) wurde ermittelt, dass sich Längsneigungen erst ab Werten von $-5,0\%$ bzw. $+2,5\%$ bemerkbar machen. Die Ergebnisse stützen sich auf Geraden mit einer Länge von 400 m. Bei gleicher Definition der Versuchsstrecke ermittelten KLÖPPEL/BOCK (1979) einen vernachlässigbar geringen Einfluss der Längsneigungen zwischen $-4,0\%$ und $+2,0\%$. TRAPP (1971) ermittelte hingegen einen starken Einfluss auf die streckencharakteristische Geschwindigkeit bei Neigungen von $s = 1,5\%$. Weiterhin gibt er an, dass Steigungen von über $4,0\%$ zu vermeiden sind. Als günstigste Längsneigung definiert er $\pm 2,0\%$. Im Jahr 1981 erläutern AL-KASSAR/HOFFMANN/ZMECK, dass der Einfluss der vorhandenen Längsneigung in Abhängigkeit zu Fahrer und Fahrzeug steht. Durchschnittlich stellen sie auf Steigungsstrecken ($s = 4,0\%$) eine Differenz der Richtgeschwindigkeit von 8 km/h fest. Bei mittleren Längsneigungen von $-2,0\%$ bis $+2,0\%$ wird nach STEIERWALD/BUCK (1992) kein Geschwindigkeitseinfluss beobachtet.

Sichtweite

Die Wirkung der Sichtweite auf die Wahl der Geschwindigkeit ist in der Literatur auf unterschiedliche Art und Weise dargestellt. HIERSCHKE (1968) leitet eine eindeutige Abhängigkeit zwischen der tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeit und der gegebenen Sichtweite ab. Für ihn wird das Geschwindigkeitsverhalten aus der Sichtweite bestimmt, solange die Verkehrsstärke nicht maßgebend ist. Ein ungleichmäßiges Fahrverhalten beobachtet TRAPP (1971) bei Sichtweiten kleiner 300 m. Bei größeren Sichtweiten kann die Geschwindigkeit aufgrund der geringeren Kurvigkeit frei gewählt werden, sodass ein homogeneres Geschwindigkeitsverhalten gezeigt wird. Somit ist für TRAPP (1971) die Kurvigkeit und nicht die Sichtweite maßgebend für die Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer. LEUTHNER (1974) ist ebenfalls der Ansicht, dass die Sichtweite nicht im direkten Zusammenhang mit dem Geschwindigkeitsverhalten steht. Sie kann als geometrische Größe der Umfeldtopografie in Untersuchungen zum Fahrverhalten eingehen.

DURTH (1974) analysierte den Einfluss der Sichtweite aus informationstheoretischer Perspektive. Er stellte fest, dass schwankende Sichtweiten den Fahrer überfordern, hingegen bei konstant großer oder kleiner Sichtweite eine Anpassung des Fahrverhaltens erfolgt. Auch AL-KASSAR/HOFFMANN/ZMECK (1981) gehen davon aus, dass Sichtweiten keinen Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten haben, denn sie werden vom Querschnitt, der Längsneigung und der Kurvigkeit bestimmt und sind somit bereits erfasst. Darüber hinaus kommen sie ebenfalls zu dem Ergebnis, dass das Fahrverhalten erst bei Sichtweiten unter 300 m maßgeblich beeinflusst wird.

In der Untersuchung von KÖPPEL/BOCK (1979) wurde der Mittelwert der Haltesichtweite über einen Abschnitt von 400 m vor dem Betrachtungsquerschnitt beobachtet und in Verbindung zur Kurvigkeit und Fahrbahnbreite gesetzt. Bei kleinen Sichtweiten zeigte sich ein Einfluss der Kurvigkeit, bei großen Sichtweiten (über 200 m) ein Einfluss der Fahrbahnbreite auf das Fahrverhalten. DURTH/BALD (1987) ermittelten in ihrer Analyse in engen, unübersichtlichen Kurven große Verzögerungen im Annäherungsbereich. Die Durchfahrt dieser Kurven erfolgt allerdings genauso schnell wie in übersichtlichen Kurven. Das bedeutet, dass die Sichtweite keinen Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten der Fahrer ausübt.

Dem entgegen erfolgt nach STEIERWALD/BUCK (1992) eine Geschwindigkeitsabnahme bei geringen Sichtweiten. Eine stärkere Beeinflussung des Fahrverhaltens vermuten sie bei Sichtweiten unter 150 m und definieren den Einfluss der Sichtweite als eigenständige Größe. Diese Vermutung wird durch LIPPOLD et al. (2007) bestätigt. In ihrer Untersuchung zur Orientierungssichtweite wurde ein erhöhter Orientierungsbedarf bei Sichtweiten bis 200 m ermittelt. In Bereichen unter 150 m verstärkt sich dieser Bedarf abermals. Diese Erkenntnis lässt sich durch den Zusammenhang zwischen zentralem und peripherem Sehen erklären. Untersuchungen zeigen, dass Fahrer bei großen Sichtweiten in die Ferne fokussieren. Je weiter der Fluchtpunkt in die Ferne verlagert wird, desto höhere Geschwindigkeiten werden tendenziell gefahren. Beide Faktoren beeinflussen die Größe des nutzbaren Sehfeldes (UFOV) dahingehend, dass es sich verkleinert, je weiter der Fokus in der Ferne liegt und je schneller gefahren wird (OECD, 1990). Diese Verengung führt dazu, dass Elemente in der Straßenperipherie vor allem im Nahraum (z. B. Verkehrsschilder, Gefahren) nicht mehr wahrgenommen werden können.

Visuelle Verengung der Fahrbahn

Straßenmarkierungen, die meist über das periphere Sehen wahrgenommen werden, informieren den Fahrer, ohne dass dieser den Blick von der Straße nehmen muss (ZWAHLEN/SCHNELL, 1998).

Deshalb können für eine Fahrbahnverengung Markierungen eingesetzt werden. Sie wirken implizit, sodass Veränderungen im Fahrverhalten nicht bewusst erfolgen, und erzeugen somit eine höhere Akzeptanz. Markierungen können sowohl eine warnende als auch eine leitende Funktion besitzen, die eine Antizipation des Fahrverhaltens erleichtern sollen.

Nach der Risiko-Homöostase-Theorie (WILDE, 2002) wird bei einer visuellen Verengung der Fahrbahn mittels Markierungen das objektive Sicherheitsrisiko beibehalten, das wahrgenommene Unfallrisiko steigt und die TLC sinkt (SUMMALA et al., 1996), sodass Fahrer ihre Geschwindigkeit wegen der erschwerten Spurführung reduzieren.

In zahlreichen Studien konnte nachgewiesen werden, dass visuelle Fahrbahnverengungen mithilfe von Markierungen, die am Fahrbahnrand über die

gesamte Strecke quer bzw. schräg abgetragen wurden, zu einer Geschwindigkeitsreduktion (vgl. AGENT, 1980; GODLEY, 1999; KATZ, 2004) führen sowie zu einer Reduktion von Unfällen beitragen (ELLIOT/McCOLL/KENNEDY, 2003). Diese Effekte sind jedoch nicht nachhaltig und lassen mit zunehmender Vertrautheit nach (KATZ, 2004; MARONEY/DEWAR, 1987).

Neben Quermarkierungen wurden auch Längsmarkierungen zur visuellen Fahrbahnverengung verwendet, z. B. durch das Aufbringen breiterer Markierungen oder das Versetzen der Randmarkierung in Richtung der Fahrbahnmitte. LUM (1984) untersuchte zwei Innerortsstraßen (Fahrstreifenbreite: 4,25 m und 5,50 m) in Orlando. Nach einer visuellen Verengung der Fahrstreifen auf 2,70 m mithilfe zusätzlicher Randlinien waren keine Unterschiede in den gefahrenen Geschwindigkeiten festzustellen. Allerdings lagen diese Geschwindigkeiten bei 60 km/h, sodass in diesem Geschwindigkeitsbereich noch keine Kompensation der zunehmenden Beanspruchung erfolgen musste.

Die Befunde von McLEAN/HOFFMANN (1972, in GODLEY, 1999) unterstützen die Annahme, dass Fahrer ihre Kapazitätsgrenze erst bei höheren Geschwindigkeiten erreichen. In ihrer Studie sollten Personen verschiedene Geschwindigkeiten (48 km/h, 64 km/h und 80 km/h) auf unterschiedlich breiten Fahrstreifen (2,40 m, 3,00 m, 3,00 m) fahren. Auf dem schmalen Fahrstreifen (2,40 m) gab es bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h häufiger ungenauere, d. h. schnellere und größere Lenkradbewegungen. Die mentale Beanspruchung hatte ihre Kapazitätsgrenze erreicht und hätte eigentlich durch langsames Fahrverhalten kompensiert werden müssen. Auch VEY/FERRERI (1968, in GODLEY, 1999) fanden, dass unterschiedliche Fahrstreifenbreiten das Geschwindigkeitsverhalten beeinflussen. Sie untersuchten zwei vergleichbare Brücken in Philadelphia mit identischer Straßenbreite, aber unterschiedlicher Anzahl von Fahrstreifen (8 Spuren à 3,00 m vs. 7 Spuren à 3,40 m) und registrierten signifikant geringere Geschwindigkeiten auf den schmaleren Fahrstreifen.

GODLEY/TRIGGS/FILDES (2004) untersuchten im Fahr Simulator Landstraßen mit gleicher Fahrbahnbreite, aber unterschiedlicher Fahrstreifenbreite (2,50 m, 3,00 m, 3,60 m). Diese waren zum einen mit einer kontinuierlichen Standardleitlinie (0,10 m Breite) gestaltet, die entsprechend versetzt wurde. Zum anderen wurden breitere Leit-

linien (1,30 m, 2,30 m) als Möglichkeit der visuellen Fahrbahnverengung untersucht, die u. a. eine Schraffierung aufwies. Die Fahrstreifenbreite von 3,60 m mit kontinuierlicher Leitlinie (0,10 m Breite) diente als Kontrollbedingung. In den Ergebnissen zeigten sich langsamere Geschwindigkeiten auf dem schmalsten Fahrstreifen (2,50 m) und auf geraden Abschnitten mit der schraffierten Fahrtrichtungstrennung. Die Spurkontrolle, Lenkbeanspruchung und subjektive Beanspruchung nahmen mit abnehmender Fahrstreifenbreite zu, auch wenn das Befahren der schmaleren Straßen gleichzeitig nicht als risikoreicher eingeschätzt wurde. Befunde von ZAKOWSKA (1997) zeigen dagegen, dass Personen breitere Fahrstreifen (3,50 m vs. 2,70 m) als sicherer einschätzen. Dass die subjektive Beanspruchung mit zunehmenden Straßenelementen (Leit-, Randlinien, Barken) sinkt, zeigten de WAARD/STEYVERS/BROOKHUIS (2004).

Van der HORST (2004) variierte bei einer Landstraße ($V_{zul} = 80 \text{ km/h}$) in seiner Simulatorstudie zuerst folgende Variablen:

- Fahrstreifenbreite (2,25 m vs. 2,75 m),
- profilierte Randlinien (durchgezogen vs. Profil aller 5,00 m vs. Profil aller 10,00 m),
- Breite der Randlinien (0,70 m bei 2,25 m vs. 0,20 m bei 2,75 m),
- Fahrinstruktion (relaxt vs. unter Zeitdruck).

Die Strecke war zusätzlich mit einer profilierten Leitlinie gekennzeichnet (vgl. Bild 2.13). Die Ergebnisse zum Geschwindigkeitsverhalten zeigten, dass unter „Zeitdruck“ bis zu 15 km/h schneller gefahren wurde als bei der Instruktion „relaxt fahren“, unabhängig von der Fahrbahnbreite. Hinsichtlich



Bild 2.13: Design der geschwindigkeitsreduzierenden Maßnahme in Drenthe (van der HORST, 2004)

der verschiedenen Randlinien wurde lediglich auf der schmalen Straße bei durchgezogener profilierter Randlinie langsamer gefahren. Die Ergebnisse des Spurverhaltens zeigten generell eine homogenere Spurhaltung auf der schmaleren Straße. Die akustischen und haptischen Rückmeldungen beim Überfahren der profilierten Markierung führen beim Fahrer zu Diskomfort, den er zukünftig aufgrund negativer Verstärkung (Beenden bzw. Vermeiden dieser negativen Empfindungen) zu vermeiden versucht. Er lenkt mehr Aufmerksamkeit auf die Spurhaltung bzw. reduziert kompensatorisch bei zu hoher Beanspruchung seine Geschwindigkeit (de WAARD et al., 1995).

Ausgehend von diesen Befunden in der Simulation wurde in Felduntersuchungen von van der HORST (2004) folgende Variante auf der Messstrecke realisiert: Die Strecke wurde mit einer profilierten Leitlinie mit 3,00 m langen weißen Streifen in einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:3 und profilierten Randlinien (Länge: 4,00 m, Breite: 0,70 m, Strich-Lücke-Verhältnis 1:1) ausgestattet. Die Fahrstreifen waren je 2,25 m breit. Nach einem Zeitraum von zwei Jahren ergab die Nachher-Untersuchung eine mittlere Geschwindigkeitsreduktion von 1,7 km/h. Hinsichtlich des Spurverhaltens konnte festgestellt werden, dass bei unbeeinflusster Fahrt 0,10 m weiter rechts versetzt gefahren wird. Bei Gegenverkehr gab es keine Unterschiede zur Vorher-Messung. Neben den Auswirkungen auf das Geschwindigkeits- und Spurverhalten konnte auch ein deutlicher Einfluss auf die Unfallsituation nachgewiesen werden. So nahm die Anzahl der Unfälle um 20 % ab, die Anzahl der Verletzten ging sogar um 36 % zurück.

MILLER (1992) fand nach Aufbringen von Randlinien auf zuvor unmarkierter Strecke eine Reduktion aller Unfälle von 20 %, TAYLOR/McGEE/SEQUIN/HOSTETTER (1972) sogar eine Abnahme von 80 %, wobei vor allem Fahrunfälle durch Kontrollverlust über das Fahrzeug zurückgingen (MOSES, 1986). Diese Reduzierungen sind jedoch nicht in allen Studien konsistent (vgl. WILLIS/SCOTT/BARNES, 1984). TSYGANOV/MACHEMEHL/WARRENCHUK (2005) wiesen eine höhere Unfallrate auf Straßen mit Randlinien bei sonst ähnlicher Charakteristik (Verkehrsvolumen, Straßenbreite etc.) nach. Wurden allerdings nur Abschnitte mit 2 oder mehr Unfällen betrachtet, fiel die Unfallrate auf Straßen ohne Randlinien höher aus. Dieses Ergebnis zeigt, dass sich Unfälle auf Straßen ohne Randlinien eher auf bestimmte Straßenabschnitte (unfallbegünstigte Abschnitte) konzentrie-

ren, während sich Unfälle bei vorhandener Fahrbahnbegrenzung eher über die gesamte Strecke verteilen. Des Weiteren verringerten Randlinien vor allem das Unfallrisiko in Kurvenbereichen (Reduzierung von 26 %). Über alle Fahrstreifenbreiten (2,75 m, 3,00 m, 3,35 m) hinweg nahmen die Unfälle im Durchschnitt um 11 % ab, wobei der größte Sicherheitsgewinn bei schmalen Fahrstreifen (2,75 m) zu verzeichnen war.

Schmalere Querschnitte führen nach OTTE (2000) zwar nachweislich zu Geschwindigkeitsreduktionen, allerdings nicht zu geringeren Unfallzahlen. Etwa 50 % der Unfälle mit Personenschaden ereignen sich vor allem in Kurvenbereichen auf einbahnigen 7,00 m breiten Fahrbahnen mit maximal 3,50 m breiten Fahrstreifen, dagegen nur 18 % auf breiteren einbahnigen Straßen (Fahrstreifen > 3,50 m). Allerdings relativierte OTTE (2000) die Ergebnisse weder an der Häufigkeit der Straßenklassen im Untersuchungsgebiet noch an der Nutzungsdauer. Die steigende Anzahl der Unfälle auf schmalen Straßen verdeutlicht eine höhere Wahrscheinlichkeit von Zusammenstößen mit dem Gegenverkehr oder dem Abkommen von der Straße durch die geringere zur Verfügung stehende Fahrbahn (ODGEN, 1996).

VIETEN/DOHMEN/DÜRHHAGEN/LEGGE (2010) untersuchten die Sicherheitswirkung verschiedener Bau-, Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstraßen. Sie stellten fest, dass erst ab einer Fahrbahnbreite von 6,00 m die Grundunfallkostenraten mit zunehmender Querschnittsbreite abnehmen. Weiterhin ermittelten sie, dass bei 5,50 m und 5,00 m breiten Querschnitten die Grundunfallkostenrate ebenfalls geringer ist als auf 6,00 m breiten Querschnitten. Begründet wird diese Entwicklung durch „ein abweichendes Fahrverhalten auf den schmalen Querschnitten [...], das zu geringeren Unfallfolgen oder einer geringeren Unfallanzahl führt“. Die Höhe der Grundunfallkostenraten (U (P,SS)) für freie Streckenabschnitte ist in Abhängigkeit von Unfalltypen aus Tabelle 2.7 ersichtlich.

Unfalltypen	1 bis 7	1, 4 bis 7
Fahrbahnbreite	gUKR (P,SS) [€/1.000 Kfz · km]	gUKR (P,SS) [€/1.000 Kfz · km]
5,00 m	31,3	23,4
5,50 m	33,4	19,5
6,00 m	41,4	25,4

Tab. 2.7: Grundunfallkostenraten für freie Streckenabschnitte (VIETEN et al., 2010)

Im Rahmen der Untersuchung zu Unfällen auf schmalen Landstraßenquerschnitten (HEGEWALD/WEBER, 2008) konnte festgestellt werden, dass bei geringen Fahrbahnbreiten wie z. B. bei Kreisstraßen der Anteil der Abkommensunfälle deutlich höher ist, als auf Straßen mit großer Fahrbahnbreite (z. B. Bundesstraßen). Im Gegensatz dazu ist der Anteil der Zusammenstöße mit dem Gegenverkehr auf schmalen Landstraßen deutlich niedriger. Dies ist auf die geringere Verkehrsbelastung zurückzuführen, die weniger Begegnungen bzw. notwendige Überholvorgängen nach sich zieht. Der höhere Anteil von Abkommensunfällen auf schmalen Landstraßen lässt sich mit der i. d. R. uneteteren Trassierung und der geringen Straßenbreite erklären.

In einer von ELVIK et al. (2009) durchgeführten Metaanalyse wurde der Einfluss von Randlinien auf die Anzahl von Unfällen zusammengefasst. Bei 0,10 m breiten Randlinien gab es im Vergleich zum vorher unmarkierten Zustand einen durchschnittlichen Rückgang von 3 % für Unfälle mit Personen- und Sachschaden, wobei die Ergebnisse der Einzelstudien inkonsistent sind (Reduzierung der Unfallraten von 14 % bis Zunahmen von 10 %). Randlinien mit einer Breite von 0,20 m brachten anstelle von 0,10 m breiten Randlinien keine Reduktion, sondern einen durchschnittlichen Anstieg von 5 % bei Unfällen mit Personenschaden hervor. Reduktionen von diesen Unfällen um 24 % konnten beobachtet werden, wenn Leit- und Randlinien miteinander kombiniert werden.

Der Hauptsicherheitsaspekt von Randlinien liegt nicht im Geschwindigkeits-, sondern im Spurverhalten. Zahlreiche Studien zeigten im Vorher-/Nachher-Vergleich, dass sich die Geschwindigkeiten nicht verändern (vgl. FILDES/FLETSCHER/CORRIGAN, 1987; SUN/TEKELL, 2005). Bei WILLISTON (1960) wurde am Tag 6,6 km/h und nachts 10,5 km/h schneller gefahren. Ähnliche Befunde lieferten RANNEY/GAWRON (1986), die Randlinien (keine, 0,10 m, 0,20 m) in Simulatorfahrten miteinander verglichen. Auf markierter Strecke wurde schneller gefahren und es traten höhere Kurveneintrittsgeschwindigkeiten auf. Die Breite der Markierung hatte dabei keinen Einfluss. Trotz höherer Geschwindigkeiten gab es keine Unterschiede in der Spurposition; in Kurven mit Randlinien traten sogar geringere Varianzen auf. Randlinien erhöhen den Kontrast zwischen Fahrbahnrand und Randstreifen und erleichtern die Erkennbarkeit des Kurvenradius. Diese Schlussfolgerung

belegte LOBANOV (1980). Fahrer schätzten den Kurvenradius genauer ein, je mehr Markierungen (Leit- und Randlinie) sich in ihrem perspektivischen Blick befanden. McKNIGHT/McKNIGHT/TIPPETTS (1998) zeigten, dass neben dem Vorhandensein auch der Kontrast von Randlinien Einfluss auf das Spurverhalten hat. Ein kaum wahrnehmbarer Kontrast führt zu höheren Abweichungen in der Spurführung. Ähnliche Ergebnisse fand auch RIEMERSMA (1979), der bei einer gut sichtbaren Markierung eine bessere Spurkontrolle registrierte. Gut sichtbare Randlinien verbessern die Erkennbarkeit der Fahrbahn, vor allem in der Nacht und unter schlechten Sichtbedingungen, und erleichtern die Spurführung (STEYVERS/de WAARD, 2000), wobei die rechte Markierung leichter für den Fahrer wahrzunehmen ist als die linke (ZWAHLEN/SCHNELL, 1998). Die Fahrer fühlen sich sicherer, sodass kompensatorisch höhere Geschwindigkeiten auftreten können (TENKING, 1988).

Die Metaanalyse von van DRIEL/DAVIDSE/van MAARSE (2004) zur Wirkung von Randlinien beinhaltet 13 Studien mit insgesamt 65 Versuchsanordnungen aus den USA und den Niederlanden. Es wurden sowohl inkonsistente Ergebnisse im Geschwindigkeitsverhalten (5-km/h-Reduzierung bis 10,6-km/h-Erhöhung) als auch in der Spurführung (Verlagerung 0,30 m zur Straßenmitte bis 0,35 m zum Straßenrand) gefunden. Bei differenzierter Betrachtung wird nach dem Auftragen von Randlinien auf zuvor unmarkierten Strecken schneller gefahren, wohingegen ein Ersetzen der Leitlinie zu einer Geschwindigkeitsabnahme führt. Das Spurverhalten verlagerte sich bei breiteren Randstreifen oder Umgebungsreizen wie Bäumen/Gebäuden zum Straßenrand hin, bei schmalen Randstreifen und freier Fläche wird dagegen mehr mittig gefahren. Keinen Einfluss auf das Spurverhalten hatten Farbe, Breite und Verlauf (kontinuierlich, unterbrochen) der Randlinien.

Wie die Studien gezeigt haben, sinkt die Unfallrate auf Strecken mit Randlinien im Vergleich zum unmarkierten Zustand, auch wenn teilweise höhere Geschwindigkeiten gefahren werden. Wird dagegen die Leitlinie durch Randlinien ersetzt, findet eine Geschwindigkeitsreduktion statt. Die Hauptwirkung der Randlinien bezieht sich somit auf die Spurführung, bei der geringere Varianzen auftreten, wobei vor allem kontrastreiche Randlinien die Erkennbarkeit der Fahrbahn erhöhen. Die visuelle Fahrbahnverengung durch Versetzen der Rand- und Leitlinien führt zu einer geringeren Fahrstrei-

fenbreite für den Fahrer. Die Ergebnisse zeigen, dass bei schmaleren Fahrstreifen langsamer gefahren wird, da die Beanspruchung des Fahrers steigt und mehr Aufmerksamkeit auf die Spurführung gelenkt wird. Eine Reduktion der Unfallzahlen war dabei vor allem auf schmalen Fahrstreifen zu beobachten, die mit breiteren profilierten Leit- und Randlinien gekennzeichnet waren.

2.2.6 Fahrverhalten auf 2-1 Straßen

In Deutschland wurde bereits eine Untersuchung zu Kernfahrbahnen vorgenommen (ZIERKE, 2010). Im Rahmen einer Deckenerneuerung wurde auf der Kreisstraße K 88 in der Nähe der Stadt Hameln ein Vorher-/Nachher-Vergleich durchgeführt. Die Strecke mit einer Länge von $L = 1,2$ km und einer Fahrbahnbreite von 5,70 m wies bei einer Verkehrsstärke von 1.850 Kfz/24h keine zulässige Höchstgeschwindigkeit auf. Vor der Ummarkierung war die Strecke mit einer Leitlinie in der Fahrbahnmitte und schlecht erkennbaren Randlinien ausgestattet. In der Nachher-Messung wurde ein Ausweichstreifen mit einer Breite von 0,75 m abgetragen, sodass die Breite der Kernfahrbahn 4,20 m betrug. Drei Monate nach der Einführung der neuen Markierung zeigte sich je Fahrtrichtung in den V_{50} -Geschwindigkeiten eine Reduktion von 3,0 bis 6,0 km/h. Die V_{85} -Geschwindigkeiten gingen um 2,0 bis 7,0 km/h zurück. In einer zweiten Nachher-Messung, die ein Jahr später erfolgte, konnten diese Abnahmen nicht bestätigt werden. Es zeigten sich Gewöhnungseffekte bei der neuen Markierung. Die Fahrer fuhren lediglich 1,0-3,0 km/h langsamer. Beim Spurverhalten stellte sich dagegen kein Gewöhnungseffekt ein. Die Fahrer hielten in beiden Nachher-Messungen 0,25 m mehr Abstand zum rechten Fahrbahnrand (vorher: 1,60 m, nachher: 1,90 m). Dabei wurde das Spurverhalten an die jeweiligen Sichtweiten angepasst, indem die Fahrer bei geringer Sichtweite in Kurven weiter rechts fuhren. Im Begegnungsfall wurde der Ausweichstreifen mit benutzt.

In den Niederlanden untersuchte van der KOOI (2000-2001) die Wirkung von seitlichen Leitlinien auf sechs Straßen, wobei auch zusätzliche Maßnahmen (Geschwindigkeitsbegrenzung, Bremschwellen) umgesetzt wurden. Geschwindigkeitsmessungen, Abstandsmessungen von Pkw- und Radfahrern während des Überholvorganges sowie Verhaltensbeobachtungen wurden in Vorher-/Nachher-Betrachtungen durchgeführt, um das Fahrver-

halten der Kraftfahrer zu analysieren. Diese niederländischen Straßen werden im Folgenden mit den Ergebnissen vorgestellt.

In der Gemeinde Pijnacker untersuchte van der KOOI (2001) eine 1,4 km lange Kreisstraße mit einer Fahrbahnbreite von 4,95 m und einer relativ gestreckten Linienführung. Informationen zur Verkehrsstärke (845 Kfz/Tag) lagen aus dem Jahr 1996 vor. Die Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h wurde beibehalten und auf die zuvor unmarkierte Straße seitliche Leitlinien in einem Abstand von 1,00 m zum Fahrbahnrand aufgebracht. Die Kernfahrbahn betrug demnach 2,75 m und die Ausweichstreifen inklusive der 0,10 m breiten seitlichen Leitlinie je 1,10 m. Nach Einführung der Kernfahrbahn fuhren die Kraftfahrer 4,30 km/h schneller (52,5 km/h vs. 56,8 km/h), wobei der signifikante Unterschied vermutlich auf eine bessere optische Führung zurückzuführen ist. Aus den Verhaltensbeobachtungen ging hervor, dass die Kraftfahrer in der Nachher-Messung mehr in der Mitte der Fahrbahn fuhren. Im Begegnungsfall wichen die Fahrzeuge auf die Ausweichstreifen aus. Traten in dieser Situation gleichzeitig vorausfahrende Radfahrer auf, wurde wie vor der Markierung der seitlichen Leitlinie das entgegenkommende Fahrzeug vorbeigelassen, bevor der Überholvorgang eingeleitet wurde. Generell zeigte sich, dass im Nachher-Zeitraum beim Überholvorgang Pkw – Rad ein fast identischer Abstand zum Radfahrer eingehalten wurde als im Vorher-Zeitraum (1,33 m vs. 1,30 m).

In der Gemeinde De Lier wurden seitliche Leitlinien mit rot asphaltiertem Ausweichstreifen (je 1,20 m breit) und einer Kernfahrbahn von 3,40 m abgetragen (van der KOOI, 2000). Die ca. 1,0 km lange Strecke war zuvor mit einer Leitlinie markiert. Die 5,80 m breite Straße mit einer Verkehrsstärke von 6.438 Kfz/Tag wies eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h in der Vorher- und Nachher-Messung auf. Die mittlere Geschwindigkeit nahm in der Nachher-Messung (10 Monate nach der Ummarkierung) um 1,7 km/h ab (53,6 km/h vs. 51,9 km/h). Beim Spurverhalten zeigte sich, dass die Fahrzeugführer mehr in der Fahrbahnmitte fuhren, wobei 41 % der Fahrer die Kernfahrbahn einhielten und 50 % die rechte Leitlinie überfuhren. Bei Überholvorgängen und im Begegnungsfall wurden keine Unterschiede im Fahrverhalten festgestellt.

In der Gemeinde Raalte wurde eine 4,0 km lange Kreisstraße mit einer Fahrbahnbreite von 4,80 m

untersucht (van der KOOI, 2001). In der Vorher-Messung war die Strecke mit einer unterbrochenen Leitlinie markiert und wies eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h auf. Angaben zur Verkehrsstärke wurden nicht gemacht. In der Nachher-Messung wurden neben einer Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h seitliche Leitlinien abgetragen, die Ausweichstreifen (je 1,20 m) waren zusätzlich mit rotem Asphalt ausgeführt. Die Kernfahrbahn hatte eine Breite von 2,40 m. An Knotenpunkten wurden Bremsschwellen zur Geschwindigkeitsreduzierung eingeführt (vgl. Kapitel 2.22). In der Nachher-Messung wurden mit 68,9 km/h signifikant geringere V_m als in der Vorher-Messung (74,9 km/h) festgestellt. Diese Reduzierung ist auf alle drei Interventionen zurückzuführen, Aussagen zur separaten Wirkung der Leitlinien können nicht gemacht werden. Aus Verhaltensbeobachtungen ging hervor, dass sich die Position von frei fahrenden Pkw kaum veränderte und es keine Unterschiede im Verhalten bei Gegenverkehr gab. Pkw-Fahrer wichen so weit wie möglich nach rechts aus. Unterschiede fanden sich beim Überholvorgang Pkw – Rad. Ähnlich wie in der Gemeinde Pijnacker fuhren die Fahrzeugführer in einem signifikant geringeren Abstand an den Radfahrern vorbei (1,30 m vs. 1,22 m), wobei 42 % der Fahrer die Markierung auf der linken Fahrbahnseite der Kernfahrbahn nicht überfuhren.

Eine ähnliche Untersuchung fand in Hellendoorn statt (van der KOOI, 2001). Die 3,8 km lange Straße wies im Vorher-Zustand eine Leitlinie, eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h und eine Verkehrsstärke von 3.000 Kfz/Tag auf. Im Nachher-Zustand wurden auf die 5,50 m breite Straße seitliche Leitlinien aufgetragen, sodass die Kernfahrbahn eine Breite von 2,90 m aufwies und die rot asphaltierten Ausweichstreifen 1,30 m (inklusive Markierung) betrug. Gleichzeitig wurde die Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h reduziert und an Knotenpunkten Bremsschwellen eingeführt. Die Ergebnisse stimmen mit denen von der Versuchsstrecke in Raalte überein. Es wurden signifikant geringere Geschwindigkeiten ermittelt, wobei die Effekte mit den anderen Interventionen konfundieren und nicht eindeutig auf die Kernfahrbahn zurückführbar sind. Das Spurverhalten veränderte sich kaum und der Abstand zwischen Pkw – Rad nahm beim Überholvorgang ab.

In Zwolle wurde eine 3,6 km lange und 5,20 m breite Kreisstraße ummarkiert (van der KOOI, 2001). Die

Straße war zuvor mit einer Leitlinie markiert und wies eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h sowie einige Bremsschwellen auf. Angaben zur Verkehrsstärke sind nicht zu finden. In der Nachher-Messung wurde die Straße neu asphaltiert, seitliche Leitlinien (Kernfahrbahn mit 3,00 m, rot asphaltierte Ausweichstreifen mit je 1,10 m) aufgetragen, die Bremsschwellen demontiert und eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 60 km/h wurde eingeführt. Die Geschwindigkeit reduzierte sich nur geringfügig um 0,6 km/h. Beim Abstandsverhalten Pkw – Rad erfolgte eine Reduzierung in der Nachher-Messung um 0,17 m auf 1,29 m, auch hier versuchten die Fahrer eher auf der linken Seite der Kernfahrbahn zu fahren und dabei die linke Markierung nicht zu überfahren. Die Ergebnisse zum Spurverhalten zeigten, dass frei fahrende Pkw nach der Ummarkierung nur zu 8 % die Kernfahrbahn einhielten, während 70 % die rechte seitliche Leitlinie überfuhren. Ob dieses Resultat mit der Verkehrsstärke oder der Fahrbahnbreite in Zusammenhang steht, kann nicht beantwortet werden, da in der Studie dazu keine Angaben vorhanden sind.

In Zoetermeer wurden Kernfahrbahnen in Kombination mit Bremsschwellen (vgl. Bild 2.14) eingeführt (van der KOOI, 2001). Die ca. 1,0 km lange Strecke hatte in der Vorher-Messung sowohl eine Leit- als auch eine beidseitig durchgezogene Randlinie. Die Verkehrsstärke betrug 1.900 Kfz/Tag. Die Leitlinie wurde durch seitliche Leitlinien ersetzt und Bremsschwellen zur Geschwindigkeitsreduzierung eingeführt. Bei 4,95 m Fahrbahnbreite waren die Ausweichstreifen inklusive Markierung je 1,20 m und die Kernfahrbahn 2,55 m breit. Bei beiden Messungen war eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h angeordnet.

Obwohl keine Aussagen zur separaten Wirkung von Kernfahrbahnen möglich sind, bringt die Kombination Kernfahrbahn – Bremsschwellen deutliche Effekte im Geschwindigkeitsverhalten hervor. So sank die Durchschnittsgeschwindigkeit frei fahrender Pkw um 17,9 km/h (70,9 km/h vs. 53,0 km/h). Das Spurverhalten veränderte sich dahingehend, dass in der Nachher-Messung mehr in der Fahrbahnmitte gefahren wurde. So überfuhren 49 % der Fahrer die rechte Leitlinie während sich 36 % auf der rechten Seite der Kernfahrbahn hielten. Beim Überholvorgang Pkw – Rad wurde mit 1,18 m ein geringerer Abstand zum Rad eingehalten, wobei nur 36 % der Fahrer die linke seitliche Leitlinie überfuhren und sich eher auf der linken Seite der Kernfahrbahn hielten.

In Tabelle 2.8 sind die wesentlichen Ergebnisse der niederländischen Studien zusammengefasst. Die



Bild 2.14: Markierung und Bremsschwellen in Zoetermeer (van der KOOI, 2001)

Ort	Breiten [m]			Mittlere Geschwindigkeit frei fahrender Pkw [km/h]		Spurverhalten* „rechts über seitliche Leitlinie“ [%]		Abstand Pkw – Rad beim Überholen [m]	
	Straße	KFB	Ausweichstreifen	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher	Vorher	Nachher
Pijnacker	5,0	2,8	1,1	52,5	56,8	65,0	49,0	1,3	1,3
De Lier	5,8	3,4	1,2	53,6	51,9	75,0	51,0	-	1,3
Raalte	4,8	2,4	1,2	74,9	68,9	77,0	76,0	1,30	1,2
Hellendoorn	5,5	2,9	1,3	76,6	59,9	72,0	74,0	1,4	1,4
Zwolle	5,2	3,0	1,1	70,1	69,5	51,0	69,0	1,4	1,3
Zoetermeer	5,0	2,6	1,2	70,9	53,0	75,0	49,0	-	1,2

* Die Position der seitlichen Linie zum Fahrbandrand (1,00 m/0,75 m) der Nachher-Messung wurde zur Ermittlung des Abstandes auf die Vorher-Messung übertragen.

Tab. 2.8: Zusammenfassung der Ergebnisse aus den niederländischen Einzelstudien (van der KOOI, 2000-2001)

höheren Geschwindigkeiten in Pijnacker sind vermutlich darauf zurückzuführen, dass auf dieser Strecke keine Markierungen im Vorher-Zeitraum vorhanden waren. In den anderen Studien fuhren die Fahrzeugführer nach der Einführung von Kernfahrbahnen langsamer. Zu berücksichtigen ist, dass die Effekte in Raalte, Hellendorn, Zwolle und Zoetermeer durch zusätzliche Maßnahmen wie geringere zulässige Höchstgeschwindigkeit und/oder eingeführte Bremsschwellen erzielt wurden. Demnach üben diese Maßnahmen eine stärkere Wirkung auf die Geschwindigkeit aus als Markierungen in Form von Kernfahrbahnen. Beim Spurverhalten wurden inkonsistente Ergebnisse verzeichnet; so veränderte sich das Spurverhalten in einigen Studien nicht, in anderen wurde mehr mittig gefahren. Einheitliche Befunde gibt es zum Überholabstand, denn Pkw halten einen geringeren Abstand zum überholenden Rad ein und versuchen dabei die linke seitliche Leitlinie nicht zu überfahren. Ob bzw. welche Relevanz dieses Ergebnis auf die Verkehrssicherheit hat, ist noch unklar.

Welche Wirkungen u. a. seitlichen Leitlinien auf das Unfallgeschehen haben, untersuchte BEENKER et al. (2004, in WEGMAN/DIJKSTRA/SCHERMERS/van VLIET, 2005). In ihrer Evaluationsstudie verglichen sie die Unfallzahlen von 60-km/h-Zonen mit Kernfahrbahnen und Bremsschwellen, mit denen von geometrisch vergleichbaren Landstraßen, die eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h aufwiesen. Sie fanden eine Reduktion von 18 % bei Unfällen mit Personenschaden pro Kilometer. An Kreuzungen zeigte sich ein deutlicher Rückgang von ca. 50 % in den eingeführten 60-km/h-Zonen, wobei dieser Rückgang primär auf das Absenken der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und der Umgestaltung der Knotenpunkte zurückzuführen ist.

In Dänemark fand ebenfalls eine Pilotstudie zu seitlichen Leitlinien auf Landstraßen statt (HERRSTEDT, 2007). Die 7,3 km lange und 5,00-6,50 m breite Landstraße wies im Vorher-Zustand eine unterbrochene Leitlinie auf. Die Verkehrsstärke betrug 2.500 Kfz/24h und der Schwerlastanteil lag bei 8-10 %. Die Strecke war im Vorher- und Nachher-Zustand mit den im Bild 2.15 dargestellten zulässigen Höchstgeschwindigkeiten gekennzeichnet.

In der Nachher-Messung wurden 0,30 m breite seitliche Leitlinien in einem 0,85-m-Abstand vom Fahrbahnrand aufgetragen; bei Kurven mit geringer Sichtweite wurde die Leitlinie aus Sicherheitsgrün-

den beibehalten. Die Länge der Striche und Lücken variierte je nach zulässiger Höchstgeschwindigkeit wie folgt:

- bei 40-km/h-Abschnitt: 0,5 m-0,5 m,
- bei 50-km/h-Abschnitt: 1 m-1 m,
- bei 60-km/h-Abschnitt: 2 m-2 m.

Zusätzlich wurden 12 geschwindigkeitsreduzierende Maßnahmen in Form von 16,0 m langen Einengungen durch Inseln am Straßenrand eingeführt.

Die Ergebnisse beziehen keinen Vorher-/Nachher-Vergleich ein. Nach HERRSTEDT (2007) gab es aber keine signifikanten Unterschiede im Geschwindigkeitsverhalten. Zum Spurverhalten wurden keine vergleichenden Aussagen gemacht. In der Nachher-Messung lagen die Geschwindigkeiten deutlich über den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten; die mittlere Geschwindigkeit der drei unterschiedlichen Abschnitte war bis zu 17 km/h und die V_{85} bis zu 28 km/h höher. Im Begegnungsfall wichen die Fahrzeuge nach rechts aus, indem sie die seitlichen Leitlinien überfahren. Das Passieren erfolgte problemlos, ebenso wie der Wechsel der Markierungen auf die Leitlinie oder das Anhalten an einer Haltlinie an Kreuzungen. Wiederholungsmessungen nach einem Jahr brachten ähnliche Ergebnisse hervor. Aufgrund der fehlenden Werte aus dem Vorher-Zustand sowie der konfundierenden Effekte der zusätzlichen Interventionen (geänderte Geschwindigkeitsbegrenzung, Einengungen am Straßenrand) können keine Aussagen zur separaten Wirkung der seitlichen Leitlinien festgehalten werden.

Untersuchungen in der Schweiz setzten seitliche Leitlinien überwiegend innerorts ein, um die Verkehrssicherheit von Radfahrern zu erhöhen (ZWEIBRÜCKEN, 2000). FROSSARD (2006) untersuchte dagegen Kernfahrbahnen auf Außerortsstraßen, die bereits bestanden oder für einen Vor-

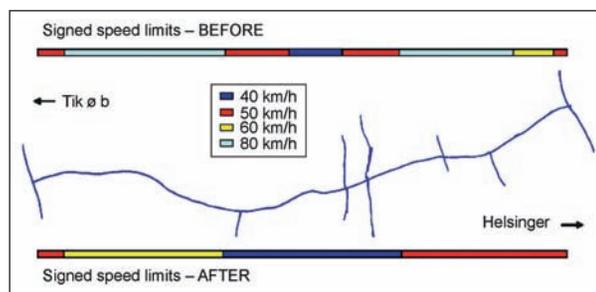


Bild 2.15: Geschwindigkeitsbegrenzungen der Vorher-/Nachher-Messung (HERRSTEDT, 2007)

her-/Nachher-Vergleich ummarkiert wurden. Sowohl Fahrbahnbreite (6,00 bis 8,00 m), zulässige Höchstgeschwindigkeit (50 bis 80 km/h) als auch Verkehrsstärke (1.000 bis 10.000 Kfz/24h) variierten. Die Straßen wiesen Ausweichstreifen von 1,0-1,40 m Breite auf. Hinsichtlich des Spurverhaltens zeigte sich auf bereits bestehenden Fahrbahnen, dass Pkw-Fahrer bei unbeeinflusster Fahrt die Kernfahrbahn umso häufiger einhielten, je breiter die Straße und Kernfahrbahn waren, unabhängig vom Verkehrsaufkommen. Auf der 6,00 m breiten Fahrbahn (Kernfahrbahn: 4,0 m) benutzten 83 % der Fahrer den Ausweichstreifen, auf der 7,50 m breiten mit einer Kernfahrbahn von 5,00 m lediglich 42 %. Gleichzeitig wies die Spurtreue mit 0,30 m eine höhere Variabilität auf verglichen mit Strecken, die zusätzlich zu den seitlichen Leitlinien noch mit einer Leitlinie in Fahrbahnmitte gekennzeichnet waren. Die Leitlinie diente dabei dem Fahrer als zusätzliche Orientierungshilfe, um seine Spur zu halten. In unübersichtlichen Kurven und bei Kuppen wurden die Ausweichstreifen bei einer Straßenbreite bis 6,75 m von mehr als 80 % der Fahrer benutzt. Gleichzeitig war die Streuung mit 0,26 m geringer – ein Hinweis auf eine systematische Fahrweise. Das Geschwindigkeitsverhalten bei bereits bestehenden Kernfahrbahnen zeigte, dass die zulässige Höchstgeschwindigkeit nur von wenigen Fahrzeugführern eingehalten wurde. Die V_{85} lag ca. 10 km/h über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Im Vorher-/Nachher-Vergleich wurde bei FROSSARD (2006) deutlich, dass sich die Geschwindigkeiten auf Straßen mit Kernfahrbahnen nicht bzw. nur geringfügig (0,0 bis 3,0 km/h) verringerten, unabhängig von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit (50-80 km/h) oder der Markierung in der Vorher-Messung (keine vs. Leitlinie). Der Vergleich mit einer geometrisch ähnlichen Kurve zeigte, dass Fahrer bei Kernfahrbahnen innerhalb der Kurve stärker verzögerten bzw. beschleunigten als in Kurven mit Leitlinie. Auf einer 7,50 m breiten Straße (Wanzwil) wurde das Abstandsverhalten Pkw – Rad untersucht. Obwohl sich die durchschnittliche Geschwindigkeit bei unbeeinflusster Fahrt nicht änderte, erhöhte sich die Überholgeschwindigkeit um 1,0-2,0 km/h und der Abstand zum Radfahrer verringerte sich um 0,02-0,13 m. Dennoch ist dieser Abstand (> 1,60 m) ausreichend. Eine ähnliche Abstandsveränderung trat auch bei Überholmanövern mit zusätzlichen Begegnungsfällen auf. Der Abstand verkürzte sich zur Vorher-Messung um etwa 0,10 m bei etwa gleich bleibender Geschwindigkeit. In Kurven war der Pkw-Rad-Abstand in beiden Mes-

sungen deutlich geringer als auf Geraden. Dabei erhöhte sich die Überholgeschwindigkeit bei Kernfahrbahnen (50 km/h vs. 57 km/h). Bei zusätzlichem Gegenverkehr traten keine Probleme auf, die Überholgeschwindigkeit blieb mit 48 km/h konstant und der Abstand zum Radfahrer vergrößerte sich sogar um 0,12 m in der Nachher-Messung.

In einer Akzeptanzstudie zur Einführung von Kernfahrbahnen vom Baudepartment des Kantons Aargau (2004) zeigte sich, dass vor allem Radfahrer die neue Markierung befürworten (Verhältnis 3:1). Bei Pkw-Fahrern lag das Verhältnis noch bei 2:1, wohingegen Fahrer größerer Fahrzeuge (Lkw, Bus) Kernfahrbahnen eher ablehnen. Während Pkw-Fahrer eine deutliche Verbesserung der Verkehrssicherheit sehen (55 %), verbinden 55 % der Lkw-Fahrer die Kernfahrbahn mit einer Verschlechterung. Die Ursache dafür liegt vor allem in der fehlenden Leitlinie.

Auf 2-1 Straßen in Schweden mit einer Straßenbreite von 6,50 bis 7,50 m wurde für eine Pilotstudie (JOHANSSON/LYCKMAN/ROSANDER, 2008) die Fahrbahn für den motorisierten Verkehr durch ein- oder beidseitig angelegte Radfahrstreifen verengt. Diese Radfahrstreifen sind mithilfe von seitlichen Leitlinien abgetrennt und können von Pkw im Begegnungsfall mit benutzt werden. Es wurden verschiedene Varianten getestet, die sich sowohl in Straßenbreite (5,50 bis 9,00 m), Radfahrstreifenbreite (1,15 bis 1,80 m) und aufgetragenen Markierungen (mit/ohne Leitlinie in Fahrbahnmitte und unterbrochene/durchgezogene seitliche Leitlinie) unterschieden.

Aufgrund der ähnlichen Umsetzung im Vergleich zu der EKL 4 in Deutschland wird im Folgenden auf die Ergebnisse der Straße 1001 in Mora eingegangen (vgl. Bild 2.16), die unter anderem durch die Ortschaft Boras verläuft.

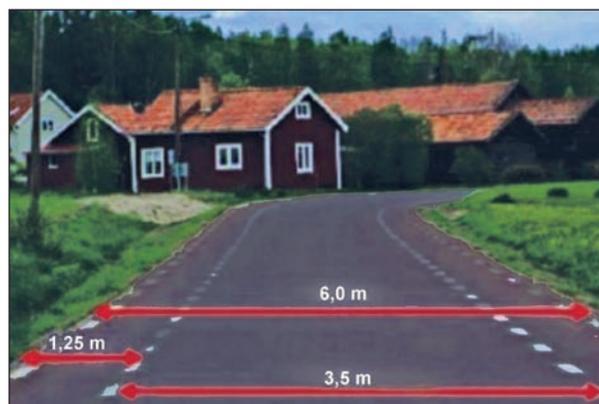


Bild 2.16: StraÙe 1001 in Bonas (JOHANSSON/LYCKMAN/ROSANDER, 2008)

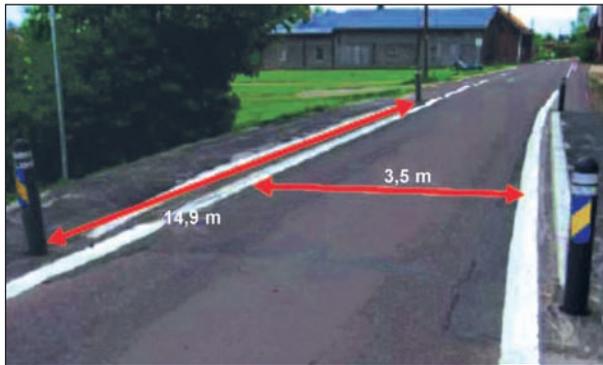


Bild 2.17: Verengung durch Leitpfosten (JOHANSSON/LYCKMAN/ROSANDER, 2008)

Die Ausweichstreifen mit je einer Breite von 1,25 m dienten vorrangig als Radfahrstreifen und Fußweg. Zusätzlich wurden auf geraden Abschnitten an 11 Stellen Leitpfosten eingesetzt, die eine weitere Verengung der Straße bewirken sollten. Die Durchschnittsgeschwindigkeit sank kurz nach der Ummarkierung um 8 km/h, von 53 km/h auf 45 km/h. Die Geschwindigkeit, die 90 % der Fahrer nicht überschritten, lag in der Vorher-Messung bei 64 km/h und in der Nachher-Messung bei 56 km/h. Diesbezügliche Langzeiteffekte wurden nicht erhoben. Beim Spurverhalten im Begegnungsfall zeigten die Nachher-Messungen, dass 99 % der Fahrzeugführer die rechte seitliche Leitlinie überfuhren. Im Gegensatz dazu wurde bei unbeeinflusster Fahrt von fast allen Fahrern die Kernfahrbahn eingehalten. Konflikte mit Radfahrern oder Fußgängern wurden nicht beobachtet.

Zusammenfassend geht aus den aufgeführten Studien hervor, dass Kernfahrbahnen das Fahrverhalten unterschiedlich stark beeinflussen. Bezüglich des Geschwindigkeitsverhaltens zeigen die Studien mit vergleichbaren Vorher-/Nachher-Bedingungen (Deutschland; Niederlande: PIJACKER, de LIER; Schweiz), dass nachhaltig keine bzw. nur geringe Reduktionen in den Nachher-Messungen festgestellt werden (0,0 bis 3,0 km/h). Eine positive Wirkung haben Markierungen auf das Spurverhalten. Die Fahrer halten bei unbeeinflusster Fahrt einen größeren Abstand zum Fahrbahnrand ein, sodass das Risiko, von der Fahrbahn abzukommen, reduziert wird. An unübersichtlichen Stellen und im Begegnungsfall wird der Ausweichstreifen systematisch mit benutzt, um mögliche Kollisionen mit entgegenkommenden Fahrzeugen zu vermeiden. Befunde zum Überholabstand zwischen Pkw – Rad zeigen einheitlich, dass sich dieser Abstand bei Kernfahrbahnen verringert. Vermutlich wird die rechte seitliche Leitlinie als ausreichende Abgren-

zung zum Radfahrer interpretiert. Demnach hat die Markierung eine starke Wirkung auf das Spurverhalten, keine bzw. nur eine geringfügige dagegen auf die gefahrenen Geschwindigkeiten.

2.2.7 Fahraufgabe

Zur optimalen Interaktion zwischen Fahrer, Fahrzeug und Straße müssen also neben den fahrdynamischen und verkehrstechnischen Erkenntnissen und der Gestaltung des Fahrraums auch psychologische Aspekte („Human Factors“) berücksichtigt werden. Die Relevanz einer „menschengerechten“ Abstimmung dieser drei Teilsysteme verdeutlicht u. a. RUMAR (1985, in EVANS/SCHWING). Über 90 % der Unfälle werden durch den Fahrer selbst verursacht, davon erfolgen 27 % durch eine inadäquate Interaktion zwischen Fahrer und Straße. Die Interaktion zwischen Straße, Fahrzeug und Fahrer stellt komplexe Anforderungen an den Fahrer. Relevante Informationen müssen aus der Umwelt wahrgenommen und interpretiert werden, um geeignete Reaktionen auszuwählen, umzusetzen und deren Konsequenzen zu überwachen.

Das hierarchische Drei-Ebenen-Modell der Fahrzeugführung nach BERNOTAT (1970); MICHON (1985) untergliedert die komplexe Fahraufgabe in einzelne Teilaufgaben und beschreibt sie mittels der drei Ebenen Navigation, Bahnführung und Stabilisierung. Diese Ebenen stellen unterschiedliche kognitive Anforderungen an den Fahrer.

Die Navigationsebene umfasst strategische fahrtübergeordnete Aufgaben wie Routenplanung, zeitlicher Ablauf und situative Anpassung der Fahrtroute (z. B. Stauaufkommen). Diese Entscheidungen benötigen Zeit und bewusste Informationsverarbeitungsprozesse.

Die Ebene der Bahnführung beinhaltet Aufgaben für den unmittelbar vorausliegenden Streckenabschnitt unter Berücksichtigung aller Umfeldbedingungen (z. B. Auswahl geeigneter Geschwindigkeit, Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern). Es werden erworbene regelbasierte Verhaltenssequenzen durchgeführt („Wenn-dann-Regeln“). Da der Fahrer seine Handlungen vorausplanen muss, wird von einer antizipatorischen Steuerung gesprochen, die meist einer bewussten Kontrolle unterliegt.

Das Konzept der „selbsterklärenden Straße“ (SER) setzt hier mit dem Ziel einer subjektiven Kategori-

sierung der Straße anhand ihrer Merkmale an. Schemata und Skripte mit adäquaten Verhaltensweisen sollen aufgebaut und aktiviert werden (van der HORST/KAPTEIN, 1998; vgl. Kapitel 2.2.11).

Aufgaben der Stabilisierungsebene umfassen sehr kurzfristige, weitgehend automatisierte Handlungen wie Schalten, Lenken, Kontrolle des Spurverhaltens oder Abstands- und Geschwindigkeitsanpassung an den umgebenden Verkehr.

Zur Erfüllung der Fahraufgabe auf diesen drei Ebenen sind komplexe Informationsverarbeitungsprozesse notwendig, die aus Wahrnehmung, Verarbeitung und meistens aus einer motorischen Reaktion bestehen (THEEUWES, 2000). Je geübter eine Aufgabe ist, desto automatisierter laufen die sensorischen und motorischen Prozesse ab und desto weniger Zeit und Aufmerksamkeit wird auf Fahrerseite beansprucht (REASON, 1990). RASMUSSEN (1983) unterscheidet dabei wissens-, regel- oder fertigkeitbasiertes Handeln, wobei die kognitive Beanspruchung in der aufgeführten Reihenfolge abnimmt. Die wissensbasierte Ebene umfasst das logische und planende Denken, auf das meist in neuen Situationen zurückgegriffen wird. Es weist eine große Kapazität, aber nur eine geringe Verarbeitungsgeschwindigkeit auf und erfordert viel Aufmerksamkeit. Die regelbasierte Ebene wird bei vertrauten Problemen beansprucht und beinhaltet einfache Handlungsregeln nach dem „Wenn-dann-Schema“ und Verhaltensskripte, die über Erfahrungen gebildet oder explizit erlernt wurden. Das Abrufen von „Wenn-dann-Regeln“ wird mit zunehmender Häufigkeit automatisiert und entlastet das Arbeitsgedächtnis. Die Ebene mit dem höchsten Automatisierungsgrad ist die fertigkeitbasierte Ebene. Der geringe kognitive Aufwand ohne bewusste Aufmerksamkeitszuwendung entsteht in vertrauten Situationen durch automatisches Abrufen gespeicherter Verhaltensmuster. Mit einem zunehmenden Anteil regel- und wissensbasierter Komponenten bei der Fahraufgabe steigt die Beanspruchung des Fahrers. Gerade bei Fahranfängern ist diese hierarchische Verhaltenskontrolle noch nicht ausgebildet. Erst mit zunehmender Übung gelingt es dem Anfänger, die Aktivitäten, wie z. B. das Einlegen eines Ganges, zu automatisieren (MOURANT/ ROCKWELL, 1972).

Die Gestaltung der Straßenumgebung spielt vorwiegend auf der Bahnführungsebene und daneben bei der fertigkeitbasierten Durchführung eine Rolle. Die eindeutige Standardisierung der einzel-

nen Entwurfsklassen soll den Aufbau von regelbasierten Verhaltenssequenzen in Form von „Wenn-dann-Regeln“ mit adäquaten Verhaltensweisen erleichtern. Anhand dieser Standardisierung werden mehrdeutige Straßentypen vermieden, die zu einem „Abruf“ inadäquater „Wenn-dann-Regeln“ führen können.

2.2.8 Informationsaufnahme

Um die Anforderung der Fahraufgaben zu erfüllen, muss der Fahrer die dafür relevanten Informationen aufnehmen und verarbeiten. Dabei besitzt der visuelle Kanal eine dominierende Rolle, vor allem bei der Spurführung und dem Abschätzen des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer. Die Informationen werden über aufeinander folgende Fixationen und Sakkaden aufgenommen.

Bei Fixationen werden Objekte betrachtet und fallen auf der Netzhaut in den Bereich des schärfsten Sehens. Sakkaden sind ruckartige Bewegungen des Augapfels, die dazu dienen, die Objekte in diesen Bereich zu bringen; sie verschieben somit den Fixationspunkt. Die Informationsaufnahme erfolgt nur während der Fixationen, die im Durchschnitt zwischen 100 bis 400 ms dauern. Die Sakkadenbewegungen von 10 bis 80 ms werden dagegen nicht wahrgenommen (FINDLEY, 1981).

Der Bereich des schärfsten Sehens (fovealer Bereich) befindet sich kegelförmig in einem Sehwinkel von 2° um den Fixationspunkt. In dem parafovealen Bereich zwischen 2° und 10° bis 20° nimmt die Sehschärfe um etwa die Hälfte ab. Ab einer Abweichung über 10° bis 20° wird vom peripheren Sehen gesprochen, welches trotz geringer Sehschärfe vor allem für die Spurhaltung und Geschwindigkeitswahrnehmung entscheidend ist (vgl. LAND/HORWOOD, 1995; SALVATORE, 1968). Peripher wahrgenommene Objekte können die Aufmerksamkeit z. B. durch starke Kontrastveränderungen oder Objektbewegungen auf sich ziehen und eine reizgesteuerte reflektorische Blickzuwendung bewirken, die das Objekt zur detaillierten Wahrnehmung in das nutzbare Sehfeld bringt. In diesem Sehfeld, auch Useful Field of View (UFOV) genannt, ist neben den perzeptiven Funktionen die Allokation der Aufmerksamkeit wichtig. Informationen werden, anders als beim Gesichtsfeld (Bereich, in dem Reize ohne Augen- und Kopfbewegungen wahrgenommen werden), nicht nur wahrgenommen, sondern auch kognitiv verarbeitet (MIURA, 1986; BALL/OWSLEY, 1993). Einschränkungen des Seh-

felds gelten als starker Prädiktor für die Wahrscheinlichkeit, einen Unfall zu verursachen.

Die Größe des UFOV wird von mehreren Faktoren beeinflusst, wobei vor allem Veränderungen infolge von zunehmender Beanspruchung untersucht wurden. Während MACKWORTH (1965) und LAND/HORWOOD (1995) davon ausgehen, dass höhere Geschwindigkeiten zur Verengung des UFOV führen, belegen andere Studien, dass eher die Komplexität der Verkehrssituation und somit die Beanspruchung des Fahrers dafür verantwortlich sind (vgl. COHEN, 1987; MIURA, 1986). Das verringerte UFOV führt bei erhöhter Beanspruchung zum so genannten Tunneleffekt, bei dem sich der Blick des Fahrers weit nach vorn verlagert und Reize in der Peripherie kaum bzw. gar nicht mehr wahrgenommen und verarbeitet werden. Diese Sehfeldeneinengung erschwert die visuelle Orientierung und führt zur zunehmenden Unterschätzung der Fahrgeschwindigkeit (HILL, 1980).

Ausgehend von dem Befund, dass Fixationsdauer und Tiefe der Verarbeitung miteinander korrelieren (VELICHKOVSKY, 1982; HOFFMAN, 1999), werden bei der visuellen Verarbeitung zwei Prozesse voneinander unterschieden, Bottom-up- und Top-down-Prozesse. Bei Top-down-Prozessen beeinflussen kognitive Faktoren die Wahrnehmung, d. h., der Fahrer hat bereits eine Vermutung darüber, was ihn in einer Situation erwartet. Diese Erwartungen beruhen auf früheren Erfahrungen. In ähnlichen Situationen werden diese Erwartungen abgerufen und helfen, die Aufmerksamkeit auf fahrrelevante Informationen zu lenken. Die Gesamtheit aller Erwartungen bildet das mentale Modell oder Schema zur Gesamtsituation. Dieses Schema stellt eine mentale Wissensstruktur dar, die Informationen über ein bestimmtes Objekt oder Konzept in abstrakter, generalisierter Form enthält und typische Handlungssequenzen/Verhaltensschemata (Skripte) beinhaltet.

Top-down-Prozesse verlaufen im Vergleich zu Bottom-up-Prozessen langsamer ab. Die Skript-Aktivierung verringert die benötigte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, da auf vorhandenes Wissen zurückgegriffen wird. Von Nachteil kann sich diese Informationsverarbeitung auswirken, wenn anhand wahrgenommener Situationen falsche Skripte aktiviert werden. Diese inadäquate Einschätzung der Situation führt zu Fehlverhalten und soll anhand der klar wieder erkennbaren und standardisierten Elemente der einzelnen Straßenkategorien vermieden

werden. Im Gegensatz dazu wird bei Bottom-up-Prozessen die Aufmerksamkeit direkt über Reize in der Umwelt gesteuert. Ob Personen ihre Aufmerksamkeit auf ein Objekt richten, hängt allein von dessen physikalischen Eigenschaften ab. Fahrrelevante Informationen sollten daher auffällig im nutzbaren Sehfeld positioniert werden, fahrirrelevante Informationen in ihrer Gestaltung keine Aufmerksamkeit auf sich ziehen.

GIBSON (1986, 1982) ökologischer Ansatz zur visuellen Wahrnehmung unterstreicht die Bedeutung von Umwelteigenschaften. Informationen zur Funktionalität werden direkt aus den Umwelteigenschaften der Objekte wahrgenommen, die GIBSON als Affordanzen bezeichnet. Es handelt sich dabei um eine Handlungsanregung aufgrund der Informationen über funktionell relevante Eigenschaften von Dingen und Bestandteilen der Umwelt, die ein bestimmtes Verhalten möglich machen. Die Dinge sagen uns, was wir mit ihnen tun sollen; sie haben demnach einen Aufforderungscharakter. Nach GIBSON werden Informationen zur Distanz, Tiefe und Geschwindigkeit über den optischen Fluss wahrgenommen (vgl. Bild 2.18). Dieser bezeichnet das Vorbeifließen der gesamten Umgebung am sich bewegenden Beobachter. Nahe Objekte fließen schnell an dem Fahrer vorbei, weiter entfernte immer langsamer bis zum Zentrum des optischen Auseinanderfließens (Focus of Expansion), bei dem es keine Bewegung mehr gibt.

Aus dem Fließen der Umgebung erhält der Fahrer Informationen über die eigene Geschwindigkeit. Wenn sich nahe Objekte sehr schnell an dem Fahrer vorbeibewegen, deutet das auf eine hohe Ge-

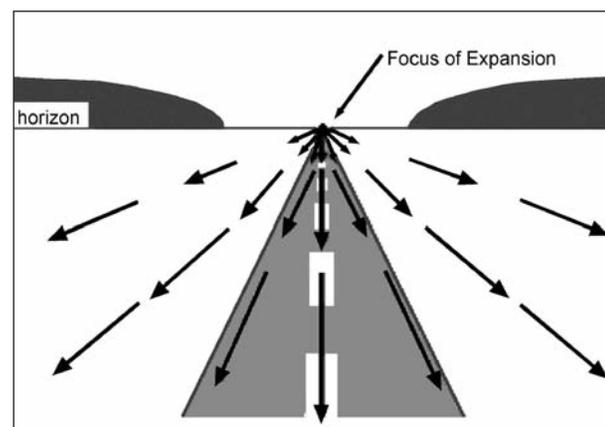


Bild 2.18: Perspektivische Bewegung der Elemente im Sehfeld, wenn sich ein Fahrzeug nach vorn bewegt (Pfeile zeigen Richtung des optischen Flusses, Pfeillänge die Geschwindigkeit (GIBSON, 1950))

schwindigkeit hin, wohingegen sich langsam vorbeibewegende nahe Objekte geringe Geschwindigkeiten indizieren. Der Einsatz der seitlichen Leitlinien als unterbrochene Markierung verbessert demnach die Geschwindigkeitswahrnehmung der Fahrer, da sich zusätzliche Hinweisreize in der unmittelbaren Umgebung befinden.

Informationen werden hauptsächlich über den visuellen Kanal aufgenommen. Dabei werden Details über Fixationen erfasst, aber auch das periphere Sehen liefert uns wertvolle Informationen. Die Aufmerksamkeit wird dabei entweder durch Top-down- oder Bottom-up-Prozesse geleitet, wobei GIBSONS Ansatz ein Beispiel für Letztere darstellt. Seitliche Leitlinien sollen demnach nicht nur den Schemata- und Skriptaufbau und deren Aktivierung erleichtern, sondern auch über den optischen Fluss Informationen zur eigenen Geschwindigkeit liefern.

2.2.9 Informationsverarbeitung und Beanspruchung

Eine erfolgreiche Bewältigung der Fahraufgabe stellt Anforderungen an den Fahrer, auf welche er mit seinen individuellen Leistungsvoraussetzungen reagiert. Diese können neben kognitiven, sensorischen und motorischen Prozessen auch emotionale und motivationale Aspekte beinhalten (SCHLAG/HEGER, 2004). Die Interaktion zwischen individuellen Fähigkeiten und Umwelтанforderungen wird als Anforderungs-Ressourcen-Wechselbeziehung bezeichnet und impliziert, dass Fahrer je nach Ausprägung individueller Leistungsvoraussetzungen identisch objektive Anforderungen unterschiedlich gut bewältigen und dabei unterschiedlich stark beansprucht werden können (vgl. RICHTER/WEISE/HEGER/WAGNER, 1996). Unter Beanspruchung wird „die zeitlich unmittelbare und nicht langfristige Auswirkung der psychischen Belastung auf die Einzelperson in Abhängigkeit von ihren eigenen habituellen und augenblicklichen Voraussetzungen einschließlich der individuellen Auseinandersetzungsstrategien“ verstanden (RICHTER/HACKER, 1998, S. 32).

Nach der Beanspruchungs-Homöostase sind Fahrer bestrebt, ihre Beanspruchung auf ein für sie optimales Niveau zu regulieren (GSTALTER/FASTENMEIER, 1997). Es wird von einer umgekehrt U-förmigen Beziehung zwischen dem Grad der Aktivierung und der Leistung ausgegangen (Yerkes-Dodson-Gesetz). Unterforderung, hervorgerufen durch geringe Umwelтанforderungen bei

gleichzeitig hoher Bewältigungskompetenz, kann kompensatorisch zu riskanteren Fahrweisen wie Geschwindigkeitserhöhung führen. Überforderung entsteht bei hohen Umwelтанforderungen (z. B. Durchfahren enger Kurven), bei denen die individuellen Bewältigungsmöglichkeiten nur begrenzt wahrgenommen werden. Durch eine höhere Aufmerksamkeit (z. B. Ausblenden von Nebentätigkeiten) können diese Anforderungen bewältigt werden, ohne im Fahrverhalten beobachtbar zu sein (RICHTER et al., 1996).

Bei zu hoher Beanspruchung kann auch eine Anpassung der Fahrweise (z. B. Geschwindigkeitsreduktion) erfolgen, um mangelnde Bewältigungskompetenzen zu kompensieren (SCHLAG/HEGER, 2004). FULLER (2005) untersuchte den Zusammenhang zwischen Aufgabenanforderungen und Kapazität der Informationsverarbeitung. Er zeigte, dass eine geringe Beanspruchung und das beste Fahrverhalten bei Anforderungen im mittleren Bereich vorlagen. Inwieweit sich der Zeitpunkt der präsentierten Information über den weiteren Streckenverlauf (früh vs. spät) auf die Beanspruchung auswirkt, verdeutlichen Bild 2.19 und Bild 2.20.

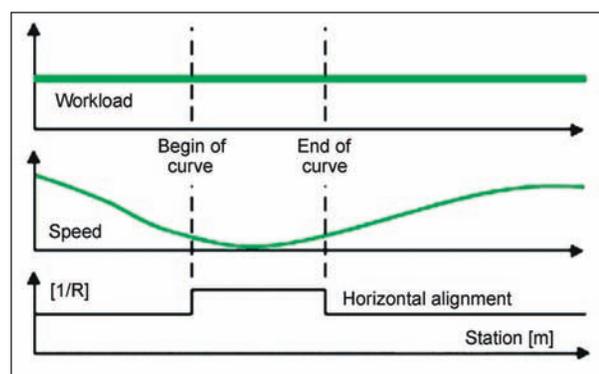


Bild 2.19: Hypothetische Unterschiede in Geschwindigkeit und Beanspruchung in Kurven mit gutem Design (FULLER, 2005)

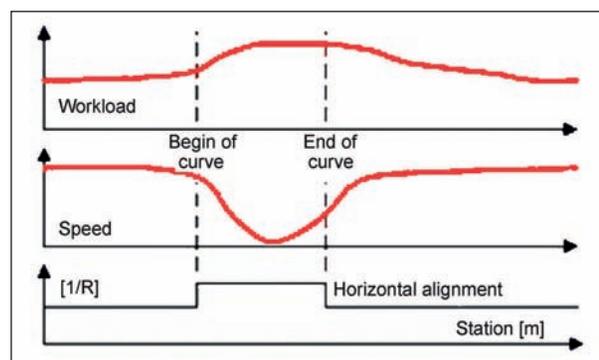


Bild 2.20: Hypothetische Unterschiede in Geschwindigkeit und Beanspruchung in Kurven mit unangemessenem Design (FULLER, 2005)

Eine frühe Wahrnehmung des Streckenverlaufes führt zu einer Verhaltensanpassung in Form von kontinuierlicher Geschwindigkeitsreduktion; die erlebte Beanspruchung während der gesamten Kurvendurchfahrt ändert sich nicht. Bei einer sehr späten Wahrnehmung des Kurvenverlaufes kommt es zu abrupten Geschwindigkeitsreduktionen, die aufgrund fehlender Antizipation zu höherer Beanspruchung führen.

Ziel sollte es daher sein, die Straße so zu gestalten, dass deren Anforderungen im mittleren Bereich der Aktivierung beim Fahrer, also in seinem optimalen Beanspruchungsniveau, liegen und dass Informationen zur Antizipation des Fahrverhaltens rechtzeitig dargeboten werden.

Das Ausmaß der Beanspruchung hängt mit der psycho-physiologischen Aktivierung der Fahrer zusammen, welche durch die Informationsverarbeitung auf visueller, kognitiver und motorischer Ebene bestimmt wird. Während KAHNEMAN (1973) eine begrenzte unspezifische zentrale Ressource zur Informationsverarbeitung annimmt, die bei schwierigen Aufgaben wegen mangelnder zur Verfügung stehender Gesamtverarbeitungskapazität zur mentalen Beanspruchung führt, geht WICKENS (2002) von einem multiplen Ressourcenmodell aus. Die Gesamtkapazität setzt sich aus der Summe spezifischer Einzelkapazitäten zusammen, die auf folgenden Dimensionen entstehen:

- Verarbeitungsstufen (perzeptuelle und zentrale Verarbeitung sowie Reaktionsauswahl und -durchführung),
- Wahrnehmungsmodalitäten (visuell und auditiv),
- Codes als Arten von Inhalten (räumlich und verbal/sprachlich).

Wie aus Bild 2.21 zu entnehmen, gibt es für jede Zelle voneinander unabhängig existierende Ressourcen, die in ihrer Kapazität begrenzt sind. Aufgaben, die verschiedene Ressourcen beanspruchen, können ohne Leistungseinbußen und mit ge-

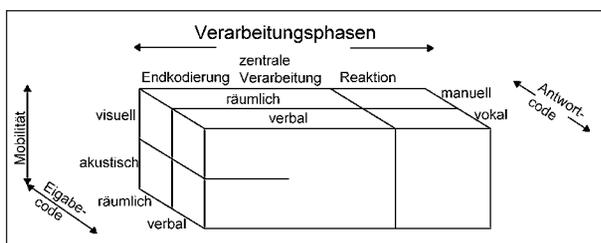


Bild 2.21: Multiples Ressourcenmodell (WICKENS, 2002)

ringer mentaler Beanspruchung parallel bewältigt werden. Bei Aufgaben, die gemeinsame Ressourcen nutzen, kommt es zu Interferenzen, die zu Leistungsverringerung und infolge gesteigerter Anstrengung zu mentaler Beanspruchung führen. Trotz hoher Plausibilität von WICKENS' Annahmen führten zahlreiche Untersuchungen zu widersprüchlichen Befunden, z. B. fehlende Interferenz bei Inanspruchnahme gleicher Ressourcen bzw. Interferenz bei unterschiedlicher Ressourcennutzung (NEUMANN, 1992).

Zusammenfassend zeigen die Befunde zur Informationsverarbeitung, dass die Straßen so zu gestalten sind, dass Fahrer bei ihrer Fahraufgabe weder unter- noch überfordert sind. Eine Unterforderung soll bei den seitlichen Leitlinien über die notwendige wechselseitige Abstimmung im Begegnungsfall entgegengewirkt werden. Überforderung wird vermieden, indem zum einen keine zusätzlichen visuellen Informationen dargeboten werden und zum anderen die Verwendung standardisierter Elemente den korrekten Skript-Aufbau und Abruf erleichtern.

2.2.10 Subjektive Bewertung von Straßenräumen

Die kognitive Informationsverarbeitung wird vor allem davon beeinflusst, welches Schema aktiviert wird. Wahrgenommene Objekte in der Straßenumgebung sowie deren Merkmale aktivieren beim Fahrer ein Schema mit verfügbaren Handlungsmöglichkeiten (Skript), das explizit oder implizit erworben wurde (vgl. UNDERWOOD/CRUNDALL/CHAPMAN, 2002). Die Aktivierung des Skripts „Fahren auf der Autobahn“ ruft ein anderes Geschwindigkeits-, Abstands- und Überholverhalten hervor als „Fahren auf der Landstraßen“. Der Fahrer weiß nach Skript-Aktivierung implizit, wie er sich zu verhalten hat, wobei im Normalfall die ausgewählten Handlungssequenzen nacheinander abgearbeitet werden. Fehler können z. B. durch Aktivierung eines falschen Skripts mit sehr ähnlichen Merkmalen oder durch Auslassen von Ablaufschritten aufgrund von Ablenkung oder Überforderung des Fahrers entstehen. Dieser Abruf von falschen Skripten soll nach der Einführung des Prinzips von standardisierten Straßen durch die RAL (Entwurf, 2008) verringert werden. Demnach sollen Landstraßen mit der gleichen Funktion eine einheitliche Straßengestalt aufweisen und sich von Landstraßen mit anderer Funktion klar unterscheiden. Eine

höhere Übereinstimmung der geregelten Straßenkategorie und der subjektiven Kategorisierung des Fahrers soll erreicht werden (vgl. van der HORST/KAPTEIN, 1998).

STEYVERS (1993) und STEYVERS/DEKKER/BROOKHUIS/JACKSON (1994) entwickelten zur Bewertung der subjektiven Wahrnehmung des Straßenraumes die Road Environment Construct List (RECL). Mithilfe von 16 Items (z. B. gefährlich, übersichtlich) sollten Personen Landstraßen aus Fahrerperspektive bewerten. Diese Straßen wiesen eine ähnliche Geometrie, aber unterschiedlich hohe Unfallzahlen auf. Die Untersuchung brachte 3 übergeordnete Faktoren, anhand derer die Straße und ihre Umgebung beurteilt wurden:

- hedonischer Wert umfasst die emotionalen Bedeutungen der Straßenumgebung (z. B. gefährlich, ruhig),
- perzeptuelle Variation beschreibt die Vielfältigkeit der Straßenumgebung (z. B. abwechslungsreich, monoton),
- Aktivierung beinhaltet die Aktivität und Anstrengung, die eine Umgebung hervorruft (z. B. erhöhte Wachheit).

Bei Straßen mit hoher Unfallrate wurden die Faktoren perzeptuelle Variation und Aktivierung geringerer bewertet, wobei diese Straßen gleichzeitig positive Empfindungen (hedonischer Wert) hervorriefen. Ähnliche Befunde findet PETERMANN (2006). Sie zeigte, dass unfallauffällige Kurven im Annäherungsbereich wenig anregend, kaum abwechslungsreich wirken und positive Emotionen erwecken. Gleichzeitig werden diese im Vergleich zu unfallauffälligen Kurven als sicherer und kontrollierbarer eingeschätzt. Diese subjektive Kategorisierung spiegelt sich im Fahrverhalten wider. So fahren Personen in unfallauffälligen Kurven schneller im Annäherungsbereich und zu Kurvenbeginn. Das höhere Sicherheitsempfinden aufgrund der guten Einsehbarkeit der Kurve führt wahrscheinlich zum Ausblenden kurvengeometrischer Informationen und somit zu höheren Geschwindigkeiten.

Weitere Untersuchungen zur Straßenkategorisierung anhand fotografiert Bilder führten WELLER/SCHLAG/FRIEDEL/RAMMIN (2008) durch. Der subjektive Eindruck, erhoben mit der RECL von STEYVERS (1993), konnte ebenfalls mit 3 Faktoren beschrieben werden, die von STEYVERS' Faktoren inhaltlich abwichen. So konnten die Landstra-

ßen mittels der Faktoren „Anforderung“, „Komfort“ und „Monotonie“ charakterisiert werden. Die zusätzlich erhobenen Geschwindigkeitsratings standen mit den Faktoren wie folgt in Beziehung: Je höher die Faktorenwerte bei „Komfort“ und „Monotonie“, desto höhere Geschwindigkeiten wurden angegeben, wobei der Faktor „Komfort“ den größeren Effekt aufwies. „Anforderung“ zeigte keinen signifikanten Einfluss. Mittels Cluster-Analyse konnten die Landstraßen in 3 Gruppen eingeteilt werden (vgl. Bild 2.22 bis Bild 2.24). Die Cluster wurden in Hinblick auf objektive Kriterien analysiert, die bei der Gestaltung von „selbsterklärenden Straßen (SER)“ hilfreich wären.

Eine Kombination von 5 objektiven Variablen (Straßenoberfläche, Straßenbreite, Leitlinie, Sichtdistanz, horizontale Ausrichtung) wurde ermittelt, die die Landstraßen so kategorisieren, dass es für das Fahrverhalten relevant war.

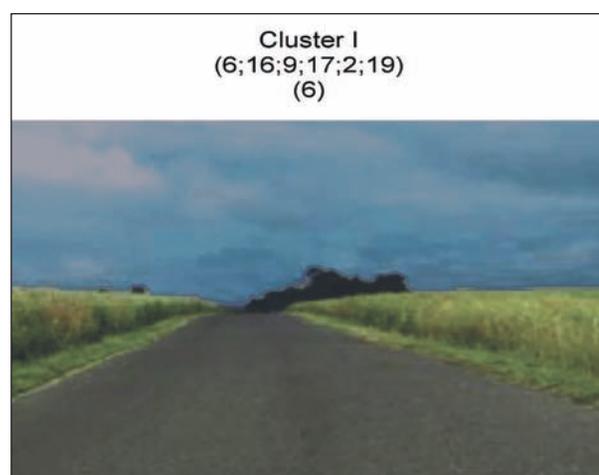


Bild 2.22: Bildnummer pro Cluster und exemplarisches Straßenbild Cluster I

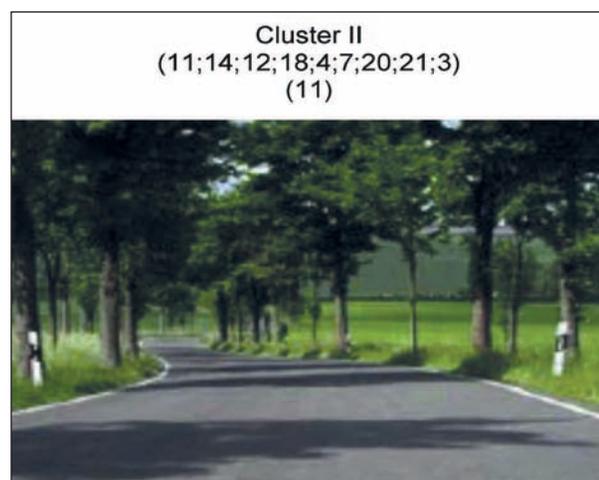


Bild 2.23: Bildnummer pro Cluster und exemplarisches Straßenbild Cluster II



Bild 2.24: Bildnummer pro Cluster und exemplarisches Straßenbild Cluster III (WELLER et al., 2008)

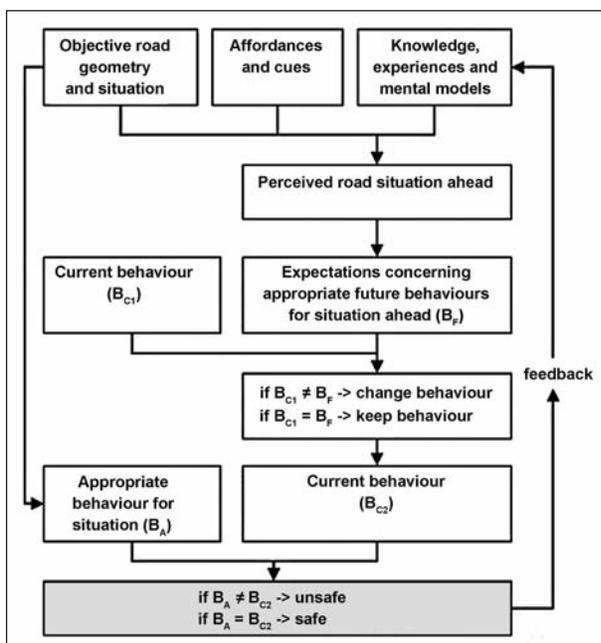


Bild 2.25: Modell zum Fahrverhalten auf Landstraßen (WELLER et al., 2008)

Anhand ihres Modells (vgl. Bild 2.25) wird das Fahrverhalten auf Landstraßen basierend auf der subjektiven Wahrnehmung der Straßensituation verdeutlicht (WELLER et al., 2008). Neben der objektiven Straßengeometrie ist die subjektiv wahrgenommene Straßensituation für das Fahrverhalten entscheidend, die von verschiedenen Umwelteigenschaften in der Situation abhängt. Zu diesen Umwelteigenschaften zählen sowohl Affordanzen als funktionelle Objekteigenschaften als auch so genannte Cues, die als Hinweisreize fungieren. Beide besitzen einen Angebotscharakter, der den Fahrer zu einem bestimmten Verhalten auffordert. Die Beziehung zwischen den Umwelteigenschaften und dem Verhalten beruht auf gelerntem Wissen

und/oder auf Erfahrungen. Sowohl aus der vorweggenommenen als auch aus der vergangenen Situation bildet der Fahrer Erwartungen darüber, welches künftige Fahrverhalten angemessen ist, wobei diese Erwartungen unfallrelevant sein können (PETERMANN/WELLER/SCHLAG, 2007).

Stimmt das aktuelle Verhalten mit dem Verhalten überein, das aufgrund der Erwartungen als angemessen gilt, wird es beibehalten. Bei mangelnder Übereinstimmung kommt es zu Verhaltensänderungen. In einer weiteren Gegenüberstellung wird das aktuelle Verhalten mit dem angemessenen Verhalten für diese Situation verglichen. Zeigt der Vergleich keine Übereinstimmung, gilt das Verhalten in der Verkehrssituation potenziell als unsicher; bei Übereinstimmung gilt es als sicher. Dieses Verhalten beeinflusst wiederum die Wahrnehmung zukünftiger Situationen.

Ein Fazit des Modells ist, dass die Verkehrssicherheit mit eindeutigen Cues in der Straßenumgebung erhöht werden kann, sofern diese zu korrekten Erwartungen über den Streckenverlauf führen.

Das gezeigte Fahrverhalten wird neben der objektiven Streckengeometrie vor allem durch die Wahrnehmung und subjektive Kategorisierung der Straßen bestimmt.

2.2.11 Das Konzept der selbsterklärenden Straße – SER

Die dargestellten Informationen zur Wahrnehmung und Informationsverarbeitung, vor allem die Aktivierung von korrekten Skripten, bilden die Grundlage des Konzepts selbsterklärender Straßen (SER) (THEEUWES/GODTHELP, 1995). Die Autoren definieren selbsterklärende Straßen wie folgt: „Traffic systems having self-explaining properties are designed in such a way that they are in line with the expectations of the road user. The so called “Self-Explaining Road” (SER) is a traffic environment which elicits safe behaviour simply by its design.“ Selbsterklärendes Design impliziert demnach, dass allein über die Gestaltung der Straße ohne zusätzlich extern verwendete Verkehrsschilder ein angemessenes Fahrverhalten vermittelt wird. Cues (Hinweisreize) sollen dabei sofort eindeutige Verhaltenshinweise an den Fahrer liefern („prompts“). Dies soll über Markierungen, Fahrbahnoberfläche etc. erreicht werden, die beim Fahrer stimmige Erwartungen produzieren und durch die Aktivierung des korrekten Skripts angemessene Verhaltens-

sequenzen abrufen. Voraussetzung dafür ist, dass die Straßenumgebung mit den Erwartungen der Fahrer übereinstimmt bzw. die Verhaltenserwartungen eindeutig kommuniziert werden.

Nach NORMAN (1998) sollen Prinzipien des selbsterklärenden Designs vor allem das Kriterium der Sichtbarkeit erfüllen. Neben der physikalischen Sichtbarkeit und mentalen Wiedererkennbarkeit durch den Fahrer müssen die Cues an erwartungskonformen Orten präsentiert werden und das Verhalten in selbsterklärender Weise leiten. Diese Verhaltensbeeinflussung wird durch Rückmeldung gestaltet, indem unangemessene Verhaltensweisen verdeutlicht werden. Cues wie profilierte Markierungen wirken über ihre akustische und haptische Rückmeldung beim Überfahren im Sinne von Self-enforcing. Dieses Feedback wird als unangenehm empfunden und in Zukunft zu vermeiden versucht (negative Verstärkung). Einige Cues sind nicht von Anfang an selbsterklärend, sondern müssen in ihrer Bedeutung erst über Wissensvermittlung, Beobachtungslernen oder über Erfahrungen erlernt werden.

THEEUWES/GODHELP (1995) und THEEUWES (2000) fassen die Prinzipien für die Gestaltung von selbsterklärenden Straßen wie folgt zusammen:

- Straßen sollten innerhalb einer Kategorie aus eindeutigen Straßenelementen bestehen, die sich von den anderen Kategorien abgrenzen.
- Straßen sollten innerhalb einer Kategorie eindeutiges Verhalten suggerieren, das sich vom gewünschten Verhalten der anderen Kategorien abgrenzt.
- Eindeutige Verhaltensweisen sollten mit einzelnen Elementen verbunden werden.
- Knotenpunkte und Kurven sollten innerhalb einer Kategorie mit der restlichen Gestaltung stimmig sein und sich von anderen Kategorien unterscheiden.
- Schnelle Übergänge von einer Kategorie zur nächsten sollten vermieden werden bzw. durch klare Hervorhebung gekennzeichnet sein.
- Bei der Wissensvermittlung sollten die verschiedenen Kategorien immer mit dem entsprechenden Verhalten zusammen kommuniziert werden.
- Kategorienspezifische Elemente sollten sowohl am Tag als auch nachts gut sichtbar sein.

- Straßenelemente und Markierungen sollten die Kriterien der Sichtbarkeit erfüllen.

Mit diesen Kriterien sollen Straßen zukünftig nicht nur eindeutig kategorisiert werden, sondern diese subjektive Kategorisierung soll gleichzeitig zu einer höheren Übereinstimmung mit den offiziellen Entwurfsklassen führen. Inwieweit eine Übereinstimmung erfolgt und sich die kognitive Kategorisierung auf das Fahrverhalten auswirkt, untersuchten van der HORST/KAPTEIN (1998) mittels einer Sortier- und Simulatorentwurfsaufgabe, die sowohl aktuelle Straßen in den Niederlanden als auch selbsterklärende Straßen beinhalteten. Die Ergebnisse der Sortieraufgabe zeigten, dass die Kategorisierung der SER-Straßen mehr mit den offiziellen Straßenkategorien übereinstimmte. Die Personen berücksichtigten nicht nur einzelne Straßenelemente, sondern die gesamte Straßenumgebung im Kontext. Gleichzeitig traten in der Fahraufgabe innerhalb einer Straßenkategorie homogenere Geschwindigkeiten auf als zwischen den Kategorien, wobei auf manchen SER-Straßen im Vergleich schneller gefahren wurde. Eine Befragung zur Geschwindigkeitswahl von STEYVERS (1998) zeigte, dass vor allem Fahrbahnbreite, Straßenoberflächenqualität und Markierungen die Geschwindigkeit bestimmen.

Zusammenfassend stellt das Konzept der SER eindeutige Cues bzw. Hinweisreize der Straße in den Vordergrund, die dem Fahrer in der Untersuchung unterschiedliche Straßenkategorien verdeutlichen und das korrekte Schema inklusive der adäquaten Verhaltensweisen (Skripte) aktivieren sollen. Als solche Cues werden in diesem Projekt die seitlichen Leitlinien eingesetzt.

2.2.12 Zusammenfassung

Der Fahrprozess ist mithilfe eines vereinfachten Regelkreises darstellbar, in dem der Fahrer das einzige aktive Glied ist. Innerhalb des Fahrprozesses wirken verschiedene Faktoren auf den Fahrer ein, die das Fahrverhalten beeinflussen. Dies sind neben der Straßengeometrie, der Straßenausstattung, dem Umfeld und witterungsbedingten sowie verkehrlichen Einflüssen auch psychologische Aspekte, die den Kraftfahrer dazu veranlassen, zur Erfüllung seiner Fahraufgabe seine Geschwindigkeit zu erhöhen, abzubremesen oder seine Spur zu verlagern.

Eine einfache und begreifbare Ausstattung des Fahrraums erleichtert die Erfüllung der Fahrauf-

gabe, da sie das Abrufen von Skripten (Verhaltensschemata) in Form von „Wenn-dann-Regeln“ unterstützt. Wiederholen sich Informationen in gleicher Form auf verschiedenen Straßen, wird das entsprechende Schema aktiviert. Diese Vorinformationen helfen dem Fahrer bei der Bewältigung der Fahraufgabe und entlasten ihn, da er sich auf die Verkehrssituation und deren Ablauf einstellen kann. Voraussetzung dafür ist die weitestgehende Übereinstimmung von subjektiv gebildeter und objektiv gegebener Straßenkategorie. Diese Übereinstimmung wird durch die eindeutige Anordnung bestimmter, wieder erkennbarer und der Kategorie entsprechender Elemente erreicht. Die standardisierten Elemente spiegeln die jeweilige Straßenkategorie wider und unterstützen das Abrufen richtiger Skripte zur Erfüllung der Fahraufgabe.

Die Literaturbefunde zeigen, dass das Fahrverhalten durch eine unterschiedliche Aufbringung von Markierungen beeinflusst werden kann. Eine visuelle Fahrbahnverengung mittels Randlinien verschiedener Breite zeigte eine Reduktion im Geschwindigkeitsverhalten und eine Verlagerung der Spur vom Fahrbahnrand in Richtung Fahrbahnmitte, vor allem beim Einsatz von profilierter Markierung. Das Aufbringen von Randlinien auf zuvor unmarkierten Straßen ohne gleichzeitige Fahrbahnverengung ergab höhere Geschwindigkeiten. Die Einführung von seitlichen Leitlinien führt dagegen kaum zu Veränderungen in den gefahrenen Geschwindigkeiten, allerdings hat sie Auswirkungen auf das Spurverhalten. Es wird ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten. Die Kernfahrbahn wird i. d. R. befahren, wobei sich die Spur auf die rechte Seite der Kernfahrbahn, also entlang der seitlichen Leitlinie, die vom rechten Fahrbahnrand abgesetzt ist, verlagert. Tritt Gegenverkehr auf, wird der Ausweichstreifen befahren. Kritische Situationen wurden dabei nicht beobachtet. Bei Überholvorgängen mit Radfahrern wurde im Vergleich zur Vorher-Messung weniger Abstand zum Radfahrer gehalten. Diese Abstände waren dennoch größer als einen Meter.

2.3 Blickverhalten

Das Blickverhalten ist die Art und Weise der Augenbewegung zur Erkennung bestimmter Objekte. Es stellt somit einen Teil des Sehvorgangs dar, welcher der Informationsaufnahme (vgl. Kapitel 2.2.8) dient. Der Sehvorgang gliedert sich in

- das Sehen (Abilden eines Objekts auf der Netzhaut),
- das Wahrnehmen (das Wahrnehmen eines Objektes in Form von Mustererkennung) und
- das Erkennen (Vergleich des aufgenommenen Reizes mit gespeicherten Mustern, Unterscheidung von Gegenständen).

Das Sehen oder die visuelle Wahrnehmung wird in foveales und peripheres Sehen unterschieden. Foveales Sehen entspricht der Wahrnehmung der Stelle des schärfsten Sehens auf der Netzhaut (Fovea centralis) und deckt einen Sehwinkel von ca. 2° ab (Kapitel 2.2.8). Über Fixationen werden detaillierte Informationen zu Objekten (z. B. Straßenelemente) aufgenommen. Der übrige Teil der Netzhaut, die Netzhautperipherie, entspricht dem peripheren Sehen, welches vor allem zur Wahrnehmung von Bewegungen und Helligkeitsänderungen dient.

Fahrer orientieren sich auf Landstraßen vorwiegend über Fixationen im Fernbereich (DILLING (1973). Etwa 50 % der Fixationen befinden sich 30-90 m vor dem Fahrzeug (OLSEN et al., 1989); bei RACKOFF/ROCKWELL (1975) sogar 60 % in einem Bereich von mindestens 75 m vor dem Fahrzeug. Mit zunehmender Vertrautheit der Strecke verdichten sich die Fixationen und verlagern sich dabei in die Ferne (MOURANT/ROCKWELL, 1970). Vor allem erfahrene Fahrer legen ihre Fixationen nahe dem optischen Fluchtpunkt und nehmen die Informationen zur Spurhaltung überwiegend über das periphere Sehen auf (SHINAR/McDOWELL/ROCKWELL, 1977). CHATIASTROS/WALLIS/BÜLTHOFF (1999) und LAND (in HARRIS/JENKING (1998) manipulierten das Sichtfeld anhand einzelner horizontaler Sehschlitze. Personen hielten ihre Spur am besten bei der Darbietung der Bereiche 3° und 9° unterhalb der Horizontalachse. Über den ersten Bereich wird die Kurvenkrümmung bestimmt, über letzteren erfolgt peripher die Lagererkennung. Neben der Spurhaltung spielt das periphere Sehen auch für die Geschwindigkeitswahrnehmung eine wesentliche Rolle. SALVATORE (1967, 1968) zeigte, dass Personen Geschwindigkeiten genauer einschätzten, wenn ihnen anstatt eines zentralen Sehfeldes (< 25°) ein 65°- bis 90°-Sehbereich dargeboten wurde.

Bei schmalen Fahrbahnen oder auftretenden Hindernissen am Seitenrand erhöhen sich die Nahfixationen, um das Fahrzeug in der Spur zu halten.

Während die Blicke beim Geradeausfahren über 50 % der Fahrzeit auf Straßenelementen verweilen (24 % Straßenmitte, je 15 % Seitenränder (OLSEN/BATTLE/AOKI, 1989)), wird die restliche Zeit auf die Straßenumgebung geschaut. Der Anteil dieser „Szenerie-Blicke“ nimmt in Kurven zu (SHINAR et al., 1977). Bereits 2 bis 3 s vor Kurvenbeginn fixieren Fahrer den Kurvenrand, in Rechtskurven häufiger als in Linkskurven (vgl. LEUTZBACH/PAPAVASILIOU, 1988). Während in Rechtskurven bevorzugt der Fahrbahnrand fixiert wurde, blickten die Fahrer in Linkskurven auf den Fahrbahnrand und die Fahrbahnmitte (FRIEDINGER (1982). Die Fixationen fallen somit überwiegend auf die Fahrbahnbegrenzung der Kurveninnenseite, bei Rechtskurven häufiger als bei Linkskurven (vgl. BERGER, 1996).

In ihrer Simulatorstudie weisen LAND/LEE (1994) Fixationen etwa 1 bis 2 s vor Kurvenbeginn auf den Kurventangentenpunkt nach, die zur Einschätzung der Streckenkrümmung bis 3 s nach Kurvenbeginn andauerten. Ähnliche Resultate fanden UNDERWOOD/CAHPMAN/CRUNDALL/COOPER/WALLEN (1999), wobei eine zusätzliche Interaktion mit Fahrerfahrung auftrat. Fahrerfahrene Personen blickten den Tangentenpunkt weniger, dafür aber exakter an. Bei verdeckter Sicht änderten fahrerfahrene Menschen ihre Blickstrategie und suchten andere Bereiche nach eventuellen Hindernissen ab.

Die Blickbewegung der Fahrer ändert sich in Abhängigkeit der Linienführung. Während auf Geraden die Fixationen vorwiegend im Fernbereich liegen, wird in Kurven die Fahrbahnbegrenzung der Kurveninnenseite fixiert, bei Linkskurven zusätzlich die der Kurvenaußenseite.

2.4 Zusammenfassung der Fachliteratur

Aus der Analyse der Fachliteratur sowie der Richtlinien geht hervor, dass das Prinzip von wieder erkennbaren Straßen in anderen europäischen Ländern bereits umgesetzt bzw. getestet wird. Die zentralen Annahmen dieses Prinzips beziehen sich dabei auf die Homogenität innerhalb einer Straßekategorie und Heterogenität bzw. Trennschärfe zwischen den Kategorien. Durch den Einsatz von so genannten Cues (Hinweisreize) werden eine Standardisierung und damit eindeutige Wiedererkennbarkeit der jeweiligen Straßekategorie erreicht.

Über eine einfach begreifbare Ausstattung der Straße werden die Informationsaufnahme und das Abrufen von Verhaltensregeln verbessert und eine Überbeanspruchung aufgrund abrupter Verhaltensanpassungen an den Streckenverlauf vermieden. Dabei wird das Fahrverhalten durch verschiedene Faktoren beeinflusst. Dies sind unter anderem Gegenverkehr, Sichtweiten, Kurvenradien oder Fahrbahnbreiten. So werden zum Beispiel schmale Straßen gefährlicher eingeschätzt, sodass sich die Geschwindigkeit zugunsten der Spurführung verringert. Bei geringen Sichtweiten und kleinen Radien nimmt die Geschwindigkeit ebenso ab.

Aus den Ergebnissen der Studien zu Kernfahrbahnen geht hervor, dass diese Querschnittsgestaltung keine bzw. nur geringfügige Veränderungen im Geschwindigkeitsverhalten bewirkt. Bei zuvor unmarkierten Straßen kommt es sogar zu leichten Geschwindigkeitserhöhungen aufgrund der besseren optischen Führung. Geschwindigkeitsreduktionen auf Straßen mit Kernfahrbahnen traten nur auf, wenn gleichzeitig weitere geschwindigkeitsreduzierende Maßnahmen (Absenken der zulässigen Höchstgeschwindigkeit, Bremsschwellen) eingeführt wurden. Hinsichtlich des Spurverhaltens zeigt sich auf diesen Straßen, dass bei unbeeinflusster Fahrt ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird, wobei die Kernfahrbahn nicht vollständig eingehalten wird. Dabei zeigte sich der Trend, dass Kernfahrbahnen häufiger eingehalten werden, je breiter die Straße und Kernfahrbahn sind. In Begegnungsfällen wurden keine Konflikte beobachtet. Die Fahrer weichen auf den Ausweichstreifen aus, ebenso vor Kuppen und in unübersichtlichen Kurven, sodass diesbezüglich keine negativen Folgen für die Verkehrssicherheit auftraten. Eine hinsichtlich der Verkehrssicherheit noch zu beobachtende Veränderung ist das Einhalten eines geringeren Abstandes zum Fahrrad während des Überholvorganges. Die Ergebnisse zeigen zwar, dass ein noch ausreichender Abstand eingehalten wird, da keine Konflikte auftraten, allerdings kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nichts darüber gesagt werden, ob bzw. inwieweit sich diese Veränderung auf Unfallzahlen bzw. -entwicklung auswirkt.

Für die Umsetzung auf deutschen Straßen mit untergeordneter Verbindungsfunktion bedeuten diese Ergebnisse, dass eine vom Fahrbahnrand abgesetzte Markierung keine wesentlichen Veränderungen im Geschwindigkeitsverhalten hervorrufen wird, wenn diese als alleinige Maßnahme eingeführt wird. Hinsichtlich des Spurverhaltens wird

erwartet, dass sich ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand bei unbeeinflusster Fahrt einstellt, im Begegnungsfall wird dagegen erwartet, dass der Ausweichstreifen mitbenutzt wird.

3 Untersuchungsmethodik

Die Untersuchung gliedert sich in zwei Phasen, die aufeinander aufbauen. Wie in Bild 3.1 dargestellt, ist die Ermittlung geeigneter Messstrecken die Voraussetzung für die gesamte Untersuchung.

Die Streckengeometrie der Messstrecken wird im Fahr Simulator nachgebildet. Diese Nachbildung erfolgt, um einen Bezug zur Realität herzustellen und eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen. Der Fokus der Untersuchung im Fahr Simulator liegt dabei auf der experimentellen Variation der Markierung, um eine geeignete Variante für die Umsetzung auf den Messstrecken zu ermitteln. Dazu werden Fahrverhaltens- und Blickbewegungsuntersuchungen vorgenommen.

Parallel dazu erfolgen Vorher-Untersuchungen auf den Messstrecken. Nach einer Eingewöhnungszeit wird auf den umgestalteten Straßen die Nachher-Untersuchung bezüglich des Fahr- und Blickverhaltens vorgenommen. Aus der Analyse der erhobenen Daten wird eine Empfehlung für die Querschnittsgestaltung schmaler Landstraßen formuliert. Im Folgenden wird nach der Beschreibung der Messstrecken in die Bereiche Untersuchung im Fahr Simulator und Untersuchung auf Messstrecken unterschieden.

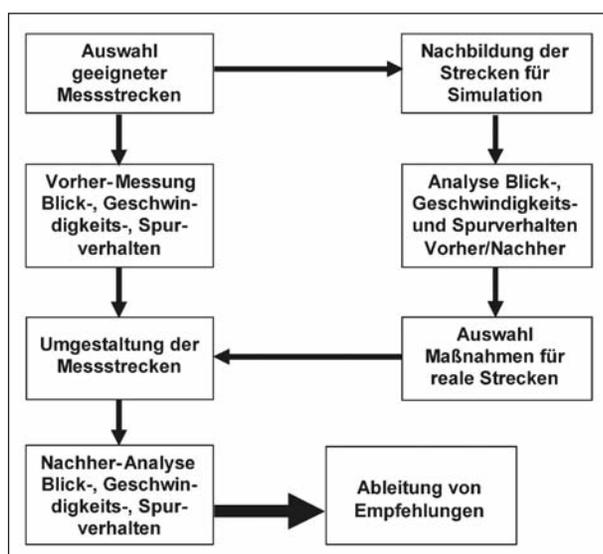


Bild 3.1: Untersuchungsmethodik

3.1 Auswahl von Messstrecken

Die Auswahl der Messstrecken hängt von der Mitwirkungsbereitschaft der Bundesländer ab.

Im Freistaat Sachsen wurden zunächst drei Messstrecken ausgewählt, im Verlauf des Abstimmungsprozesses mit dem zuständigen Landkreis wurde eine Ummarkierung von zwei möglichen Messstrecken nicht genehmigt. Die drei Messstrecken in Sachsen wurden im Simulator nachgebildet. Im Bundesland Nordrhein-Westfalen stehen weitere drei Messstrecken zur Verfügung, diese wurden jedoch nicht im Simulator nachgebildet, da dort keine vergleichenden Probandenfahrten stattfinden. Insgesamt wird das Fahrverhalten somit auf fünf Messstrecken analysiert.

3.1.1 Messstrecken in Sachsen/Freiberg

Die Messstrecken im Freistaat Sachsen (vgl. Bild 3.2) befinden sich im Landkreis Mittelsachsen. Sie wurden mit Unterstützung des Referates Straßenbau des Landkreises ausgewählt. Die Messstrecken liegen südlich der Stadt Freiberg (vgl. Anhang A) und sind Kreisstraßen. Im Folgenden werden die Messstrecken charakterisiert.

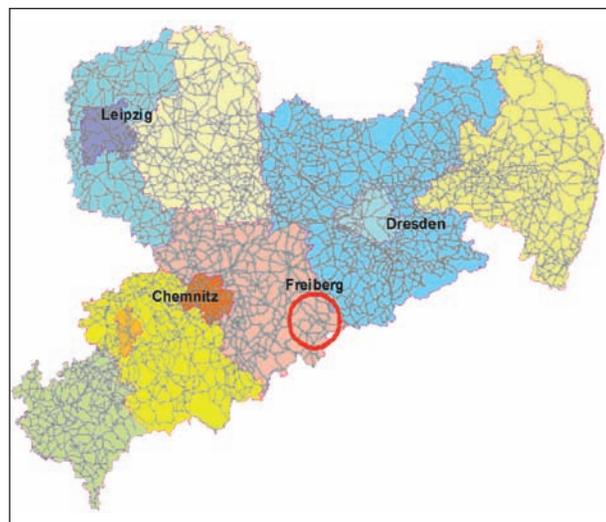


Bild 3.2: Freistaat Sachsen (MAPINFO, 2009)

Messstrecke 1 – K 7730 (1)

Die Kreisstraße K 7730 (1) verbindet die Ortslagen Lichtenberg und Oberbobritzsch und weist eine Verkehrsstärke von 3.081 Kfz/24h auf. Sie wird von der Staatsstraße S 184 gekreuzt. Der Knotenpunkt stellt den Beginn der Messstrecke dar. Die Länge der Strecke beträgt rund 2,0 km; die durchschnittliche Breite 5,50 m. Es sind schwach erkennbare Fahrstreifenbegrenzungslinien, eine Leitlinie und abschnittsweise beidseitig Schutzplanken vorhanden. Die Straße verfügt über eine gestreckte Linieneinführung, fällt in Richtung Oberbobritzsch stetig ab und führt vorbei an landwirtschaftlich genutzten Flächen (vgl. Bild 3.3).



Bild 3.3: Messstrecke 1 – K 7730 (1) in Sachsen

Messstrecke 1 – K 7730 (2)

Die Messstrecke K 7730 (2) schließt an die K 7730 (1) an und hat eine Verkehrsstärke von 3.146 Kfz/24h. Sie verläuft von Oberbobritzsch in Richtung Pretzschendorf bis zur Landesgrenze der Landkreise Mittelsachsen/Sächsische Schweiz-Osterzgebirge. Sie hat eine Länge von rund 2,2 km, weist eine Fahrbahnbreite von 6,00 m auf und ist mit einer Leitlinie und mit Fahrbahnbegrenzungslinien markiert. Die Straße hat eine bewegte Linieneinführung und weist hohe Sichtweiten auf. Ihr Umfeld besteht aus landwirtschaftlich genutzten Flächen (vgl. Bild 3.4).



Bild 3.4: Messstrecke 1 – K 7730 (2) in Sachsen

3.1.2 Messstrecken in Nordrhein-Westfalen/Borken

Die Messstrecken im Bundesland Nordrhein-Westfalen befinden sich im Landkreis Borken. Mit Unterstützung des Landesbetriebs Straßenbau NRW (Straßen.NRW) und der Abteilung Betrieb für Straßen, Gebäudewirtschaft und Grünflächen des Kreises Borken (West Münsterland) konnten drei geeignete Strecken für die Untersuchung ermittelt werden. Dabei handelt es sich um eine Landesstraße und zwei Kreisstraßen (vgl. Bild 3.5).

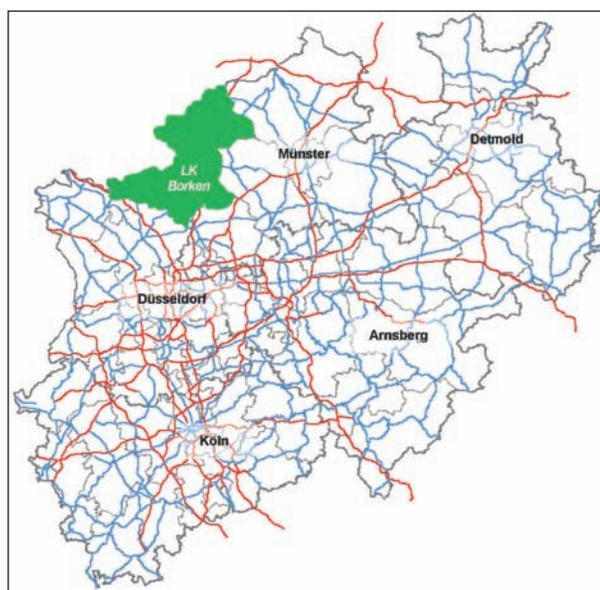


Bild 3.5: Nordrhein-Westfalen (NWSIB-ONLINE, 2013)

Messstrecke 1 – L 573

Die Landesstraße L 573 (vgl. Bild 3.6) liegt im Norden des Kreises Borken und führt von Ochtrup nach Nienborg und hat eine Verkehrsstärke von 1.358 Kfz/24h. Sie weist eine gestreckte Linienführung auf, verläuft durch Ackerland und wird von der K 59 gekreuzt. Es entstehen zwei 5,50 m breite Abschnitte:

- Abschnitt 1: Ochtrup – K 59 (Ohne-Fall),
- Abschnitt 2: K 59 – Nienborg (Mit-Fall).

Aufgrund einer Ausbaumaßnahme wird Abschnitt 2 mit einer neuen Markierungsvariante versehen. Die Abschnittslänge beträgt rund 3,0 km. Eine Vorhermessung war daher nicht möglich. Deshalb wird Abschnitt 1 mit einer Länge von rund 5,0 km als Referenzstrecke für die Untersuchung herangezogen.



Bild 3.6: Messstrecke 1 – L 573 Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW, 2007)

Messstrecke 1 – K 50

Die zweite Messstrecke in NRW liegt südwestlich der Stadt Borken (vgl. Bild 3.7). Die Kreisstraße weist eine gestreckte Linienführung auf und wird bereits zum Zeitpunkt der Untersuchung im Zuge des Neubaus der B 67n ausgebaut. Die Verkehrsstärke beträgt 1.690 Kfz/24h. Diese baulichen Maßnahmen erfordern auch hier einen Mit-/Ohne-Vergleich und somit die Untersuchung auf einer Referenzstrecke.

Die K 50 wird von der L 896 gekreuzt und somit entstehen auch hier zwei Abschnitte:

- Abschnitt 1: B 67(alt) – L 896 (Mit-Fall),
- Abschnitt 2: L 896 – Raesfeld (Ohne Fall).

Die Referenzmessung erfolgt auf dem zweiten Abschnitt, der eine Länge von rund 2,8 km aufweist. Die Länge des ersten Abschnitts beträgt rund 2,4 km. Beide Abschnitte haben eine Fahrbahnbreite von 6,00 m.



Bild 3.7: Messstrecke 1 – K 50 in Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW, 2007)

Messstrecke 3 – K 3

Die dritte Strecke, die in Nordrhein-Westfalen zur Verfügung steht, ist die K 3. Sie befindet sich nördlich der Stadt Rhede und ist rund 5,0 km lang. Ihre Linienführung ist gestreckt und auch sie verläuft durch landwirtschaftlich genutzte Flächen und Waldgebiete. Die Strecke ist rund 5,00 m breit und hat eine Verkehrsstärke von 1.741 Kfz/24h (vgl. Bild 2.8).

Auf allen beschriebenen Messstrecken wurden keine Auffälligkeiten hinsichtlich des Unfallgeschehens festgestellt.



Bild 3.8: Messstrecke 3 – K 3 Nordrhein-Westfalen (Straßen.NRW, 2007)

3.1.3 Ermittlung der Streckengeometrie

Um die Ergebnisse aus der Untersuchung im Fahr-simulator mit den Ergebnissen der Untersuchung auf Messstrecken zu vergleichen, werden die säch-sischen Straßen im Fahr-simulator nachgebildet. Für diese Nachbildung ist die Ermittlung der Stre-ckengeometrie erforderlich. Da der Landkreis Mit-telsachsen über keine georeferenzierten Daten ver-fügt, wird diese mithilfe des Messfahrzeugs des Lehrstuhls Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen – UNO (vgl. Bild 3.9) ermittelt.

Mit dem Messfahrzeug können Straßen kinema-tisch vermessen werden. Es ist mit folgenden Messsystemen ausgestattet:

- GPS-System von APPLANIX,
- zentraler Messrechner,
- 2 digitale Frontkameras,
- 2 digitale Heckkameras.

Das globale Positionierungssystem von APPLANIX dient zur absoluten Positionsbestimmung und stellt die Hauptkomponente des Fahrzeuges dar. Die zwei GPS-Trimble-Antennen des Messfahrzeugs, welche sich auf dem Fahrzeugdach befinden, leiten die empfangenen Signale zur Empfangselektronik weiter.

Für die exakte Bestimmung der Geometrieparameter werden die Messstrecken auf jeder Richtungs-fahrbahn sowohl auf dem linken Fahrstreifen als auch auf dem rechten Fahrstreifen befahren.

Aus den Fahrbahnrandlinien wird eine Fahrbahn-leitlinie generiert, welche die Grundlage für die Nachtrassierung bildet. Mit einer am Lehrstuhl entwickelten Software wird automatisch die Achse im Lageplan berechnet. Diese Achse kann in Straßen-entwurfsprogrammen CARD/1 oder VESTRA im-portiert und optimiert werden.

Auf Basis der beiden Befahrungen je Richtung kann ein digitales Geländemodell (DGM) der Fahrbahn berechnet werden. Als Ergebnis der Datenauswertung liegen Geometrieparameter für den Lageplan als Gerade, Kreisbogen oder Klothoide und für den Höhenplan Ausrundungshalbmesser oder Neigun-gen vor.

Diese streckengeometrischen Daten bilden die Grundlage für die Nachbildung der Messstrecken in der Fahr-simulation.



Bild 3.9: Messfahrzeug UNO der TU Dresden

3.2 Methodik der Untersuchung im Fahr-simulator

Die Messung im Fahr-simulator erlaubt die experi-mentelle Manipulation der Markierung, des Um-felds sowie des Auftretens anderer Verkehrsteil-nehmer.

Der Schwerpunkt dieser Studie liegt darin, sowohl die Breite des Ausweichstreifens als auch das Strich-Lücke-Verhältnis zu variieren und gleichzei-tig die Umsetzung in den Bestand zu testen. Dazu werden Simulatorstrecken mit unterschiedlich brei-ten Fahrbahnen in die Untersuchung einbezogen, um das Fahrverhalten auch auf schmaleren Kern-fahrbahnen zu erfassen.

Ein weiterer Vorteil der Fahr-simulation ist der sys-tematische Ablauf bestimmter Verkehrssituationen. So werden in der Untersuchung gezielt Begeg-nungsfälle provoziert, um Fahrerreaktionen bzw. Anpassungen des Fahrverhaltens zu prüfen. Sol-che Situationen werden zuerst im Simulator umge-setzt, da die Fahrerreaktionen noch nicht ab-schätzbar sind. Des Weiteren können Begeg-nungsfälle in der Fahr-simulation im Vergleich zu Fahrten auf den Messstrecken ohne Aufwand in höherer Frequenz realisiert werden. Aufgrund der hohen Standardisierung sowie des geringen Ein-flusses von Störvariablen können Aussagen zum „reinen“ Effekt der Markierung auf das Fahrverhal-ten getroffen werden.

3.2.1 Fahr-simulator

Die Untersuchungen finden in dem statischen Simulator STISIM Drive-M300 der Technischen Universität Dresden statt. Dieser wurde in das Mo-dell eines Mercedes W169 (A-Klasse) mit Automa-

tikgetriebe eingebaut (vgl. Bild 3.10 und Bild 3.11). Dieses Modell stammt aus einer Design-Studie, so dass in dem Mock-up-Modell lediglich der Fahrer-raum maßstäblich nachgebildet ist, die hintere Sitzbank sowie der Kofferraum fehlen. Die Ausstattung (Funktionen, Anzeigen, Bedienelemente) entsprechen dem Serienfahrzeug und ermöglichen eine realitätsgetreue Fahrzeugumgebung. Der Lenkwiderstand vom Force-Feedback-Lenkrad (360°-Rotation) sowie die fahrdynamischen Parameter (Bremsstärke, Beschleunigung etc.) werden vom Simulatorsystem gesteuert und können individuell eingestellt werden. Um Fahrgeräusche realitätsnah zu simulieren, sind Lautsprecherboxen installiert, die auch optional für Anweisungen oder Befragungen verwendet werden können. Die Projektion der Untersuchungsstrecke erfolgt per Beamer auf einer 1,35 m × 1,80 m großen Leinwand mit einer Auflösung von 800 × 600 Pixel.

Die Simulatorstrecken und Szenarien werden über die Software flexibel erstellt bzw. angepasst, so-



Bild 3.10: Fahrsimulator der TU Dresden (Außenansicht)

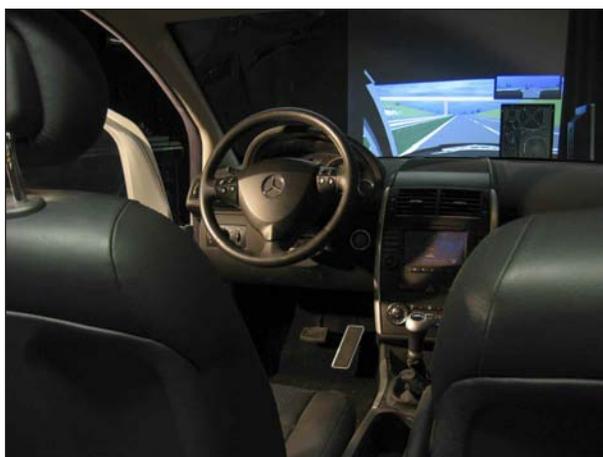


Bild 3.11: Fahrsimulator der TU Dresden (Innenansicht)

dass durch die Nachbildung der Messstrecken ein Vergleich beider Untersuchungsmethoden erfolgen kann. Zusätzlich können beliebig viele andere Verkehrsteilnehmer in das Szenario aufgenommen werden. Bei Begegnungsfällen hängt der Begegnungszeitpunkt beider Fahrzeuge von der Geschwindigkeit des eigenen Fahrzeuges (Ego-Fahrzeug) ab. Das heißt, die Software erlaubt es nicht, dass die unmittelbare Begegnung bei mehreren Probanden an identischer Streckenposition stattfindet, sondern in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit Abweichungen vorhanden sind.

3.2.2 Blickregistrierungssystem

Um Rückschlüsse auf die Wahrnehmung bzw. Orientierung sowie Beanspruchung der Fahrer bei den verschiedenen Markierungsvarianten zu gewinnen, wird das videobasierte iViewX™-HED-System zur Blickaufnahme verwendet. Das Head-mounted Eyetracking Device (HED) ist an einem Helm befestigt und ermöglicht eine hohe Bewegungsfreiheit für den Fahrer (Bild 3.12). Dabei umfasst es sowohl eine Kamera für die Augenbewegung (monokular) als auch eine für das betrachtete Bild (Szenenvideo). Die Daten der beiden Kameras können mithilfe einer PC-Arbeitsstation (für Windows 2000) miteinander kombiniert werden. Voraussetzung dafür ist eine genaue Kalibrierung, d. h. die genaue Einstellung der Kamera auf die Pupille des Probanden.

Als Ausgabe (MPEG-4 Technologie) werden in einem Video die Blickposition sowie deren Veränderung durch einen Cursor angezeigt (vgl. Bild 3.13). Zum einen können Blickbewegungsparameter (z. B. Fixationen) allgemein über zeitlich definierte Abschnitte ausgewertet werden. Zum anderen erlaubt es die Software, Aussagen zum Ort der



Bild 3.12: iView X™ HED (www.pimacs.co.kr/eye.html)



Bild 3.13: Blickposition in der Videoaufnahme
(www.smivision.com)

Fixationen zu machen. Dazu werden so genannte AOIs (area of interests) festgelegt. Die Samplingrate (zeitliche Auflösung) des iViewX™-HED-Systems beträgt 50 Hz und bedeutet, dass bei einer durchschnittlichen Fixationsdauer von 200 ms bis 400 ms eine Fixation in 11-24 einzelnen Bildern festgehalten wird. Die Auflösung der Blickerfassung (Pupille/ Korneale Reflexion) liegt unter $0,1^\circ$ und die Genauigkeit der Blickposition bei weniger als $0,5^\circ$ - $1,0^\circ$ Abweichung.

3.2.3 Implementierung der Messstrecken

Um einen Vergleich zwischen dem Fahrverhalten auf den Messstrecken und dem in der Fahrsimulation zu ermöglichen, werden die drei Messstrecken, darunter die K 7730/1 und K 7730/2 (vgl. Kapitel 3.1.1) im Bundesland Sachsen, in ihrer wesentlichen Streckengeometrie (Lageplan, Fahrbahnbreite) nachgebildet.

Grundlage der Simulation sind die mit dem Messfahrzeug aufgenommenen GPS-Daten der Messstrecken. Der Höhenplan wird dabei nicht berücksichtigt, da ein realitätsgetreuer visueller Eindruck von Kuppen und Wannen im statischen Simulator nicht umsetzbar ist. Ebenfalls wird auf die Realisierung der unmittelbaren Seitenraumgestaltung verzichtet, um Konfundierungen der Seitenraumgestaltung mit dem Effekt der Markierung zu vermeiden. Die Umgebung wird deshalb lediglich in ausreichender Entfernung zur Straße abwechslungsreich gestaltet, um Effekten der Monotonie entgegenzuwirken. Zusätzlich werden auf allen Simulatorstrecken Abschnitte mit Alleencharakter am Ende der Strecke eingefügt, um das Fahrverhalten bei dichter Seitenraumgestaltung zu erfassen. Von der Implementierung von Zufahrten und Verkehrsschildern wird abgesehen, da sie keine Relevanz für die Untersuchung darstellten. Eine Begrenzung

der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ist auf keiner der ausgewählten Messstrecken vorhanden. Um das Fahrverhalten in Begegnungsfällen zu untersuchen, wird das Verkehrsaufkommen entsprechend der Streckenlänge angepasst (kurze Strecken: 6-7 Begegnungsfälle; lange Strecken: 11 Begegnungsfälle). Weitere Begegnungsfälle werden ausgeschlossen, da solche Straßen nur mit einer Verkehrsbelastung von 3.000 Kfz./24h gekennzeichnet sind. Des Weiteren wird auf jeder Strecke ein Überholvorgang eines Radfahrers provoziert, um mögliche verkehrskritische Fahrweisen aufzudecken.

Die Simulatorstrecken unterscheiden sich in der befestigten Fahrbahn (6,00 m, 5,50 m, 5,00 m), wobei diese Breite im Gegensatz zu den Fahrbahnbreiten der Messstrecken über den gesamten Streckenverlauf stets konstant bleibt, und werden zusammenfassend wie folgt charakterisiert:

- Die 6,00 m breite Strecke weist eine ähnliche Streckengeometrie wie die Messstrecke K 7730 (2) auf. Sie ist rund 4,0 km lang, der Seitenraum der letzten 500 m ist als Allee gestaltet. Die Probanden haben auf dieser Strecke insgesamt sieben Begegnungsfälle und einen Überholvorgang eines Radfahrers.
- Die Strecke mit der 5,50 m breiten Fahrbahn ist in Anlehnung an die K 7730 (1) konstruiert. Sie ist mit ca. 3,0 km Länge die kürzeste zu befahrene Strecke. Ihr Alleenaschnitt am Ende der Strecke ist ebenfalls 500 m lang. Auf dieser Strecke kommen den Probanden sechs Fahrzeuge entgegen und ein Radfahrer muss überholt werden.
- Die 5,00 m breite Strecke wird nach der Streckengeometrie der K 7733 nachgebildet, die als Messstrecke nicht umgestaltet werden konnte. Die Strecke ist rund 7,5 km lang, wobei der letzte Kilometer einen Seitenraum in Form einer Allee aufweist. Hier gibt es 11 Begegnungen und einen Überholvorgang von einem Radfahrer.

Bei der 5,50 m und 6,00 m breiten Simulatorstrecke ist die wesentliche Streckengeometrie der Messstrecken beibehalten worden, um die Ergebnisse zum Fahrverhalten aus der Simulation mit denen auf den Messstrecken vergleichen zu können. In einigen Kurvenbereichen sind zusätzliche Übergangsbögen bzw. geringere Radien verwendet worden, um eine Harmonisierung der Strecken im Simulator zu erreichen.

3.2.4 Markierungsvarianten in der Fahrsimulation

Auf den Simulatorstrecken werden die Breite der Ausweichstreifen (Bereich zwischen Fahrbahnrand und seitlicher Leitlinie (AS)) und die Breite der Querschnitte experimentell variiert und mit der herkömmlichen Markierung (mittlere Leitlinie (LL), Randlinie (RL)) verglichen.

Daraus ergeben sich drei unabhängige Variablen für die Untersuchung im Simulator:

- Breite der befestigten Fahrbahn
 - 6,00 m,
 - 5,50 m,
 - 5,00 m.
- Art der Längsmarkierung
 - mittlere Leitlinie und/oder Randlinien,
 - seitliche Leitlinien mit 0,75 m Abstand zum Fahrbahnrand,
 - seitliche Leitlinien mit 1,00 m Abstand zum Fahrbahnrand.
- Strich-Lücke-Verhältnis der seitlichen Leitlinien für die Querschnittsbreite 5,50 m
 - 1:1,
 - 1:2.

Die Variation der Breite der befestigten Fahrbahn wird in die Untersuchung mit einbezogen, um neben der im Entwurf der RAL vorgeschlagenen Fahrbahnbreite (6,00 m) auch Fahrbahnbreiten von 5,50 m und 5,00 m im jetzigen Bestand mit zu berücksichtigen.

Die Variationen des Ausweichstreifens erfolgen bei jeder Fahrbahnbreite. Neben der Breite von 0,75 m Abstand zum Fahrbahnrand (RAL, Entwurf 2008) wird in Anlehnung an die Umsetzung der Niederlande zusätzlich eine Breite von 1,00 m untersucht. In der Vorher-Bedingung sind die Simulatorstrecken entweder mit einer mittleren Leitlinie und Randlinien (bei Fahrbahnbreiten von 5,50 m und 6,00 m) oder nur mit Randlinien (5,00 m) gekennzeichnet.

Beim Strich-Lücke-Verhältnis der seitlichen Leitlinien werden zwei Varianten überprüft. Mit einer Strichlänge von 1,00 m wird sowohl das Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 als auch 1:2 umgesetzt. Die zugrunde liegende Annahme beim 1:1-Verhältnis ist die Verstärkung des visuellen Effekts bzgl. der ge-

Strich-Lücke-Verhältnis	Fahrbahnbreite		
	6,00 m	5,50 m	5,00 m
	LL & RL	LL & RL	RL
1-1	AS: 0,75	AS: 0,75	AS: 0,75
	AS: 1,00	AS: 1,00	AS: 1,00
1-2		AS: 0,75	
		AS: 1,00	

Tab. 3.1: Übersicht zu den Varianten in der Fahrsimulation

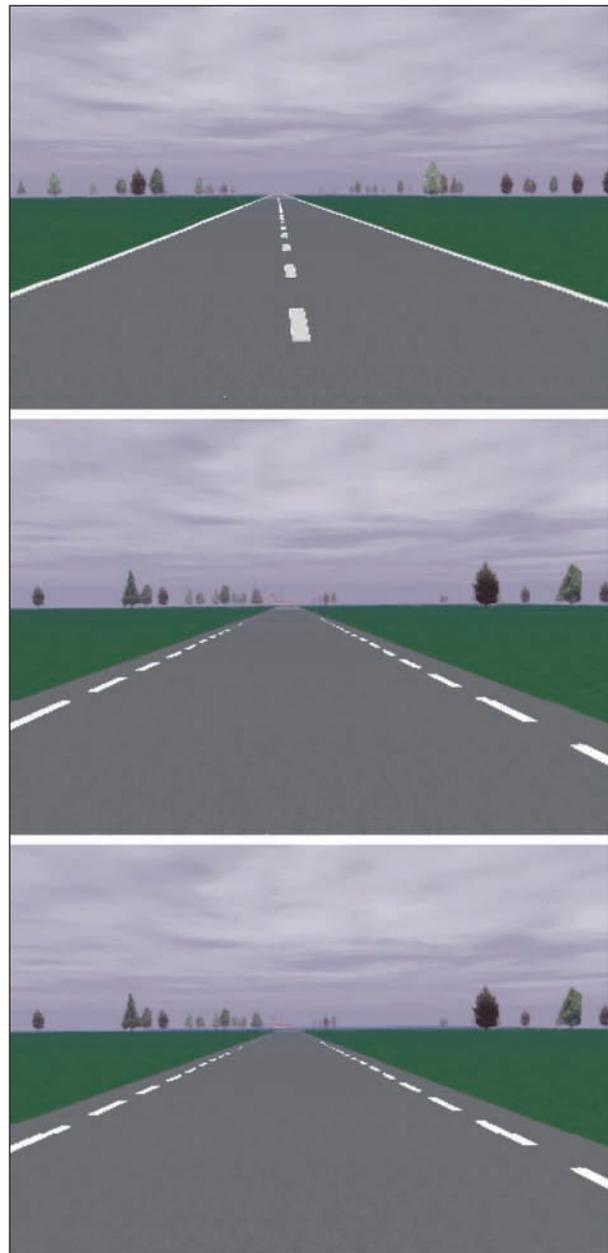


Bild 3.14: Fahrbahnbreite 6,00 m mit den Markierungen mittlere Leitlinie (oben), Ausweichstreifen 0,75 m (Mitte) und Ausweichstreifenbreite 1,00 m (unten) im Strich-Lücke-Verhältnis 1:1

fahrenen Geschwindigkeit (GIBSON, 1986). Das kostengünstigere 1:2-Verhältnis wird aufgrund von

nicht zu erwartenden Interaktionseffekten exemplarisch an der 5,50 m breiten Fahrbahn für beide Varianten der Ausweichstreifen untersucht.

Insgesamt gehen aus den aufgelisteten unabhängigen Variablen 11 Varianten hervor.

Tabelle 3.1 fasst diese Varianten zusammen. Exemplarisch sind die Varianten der 6,00 m breiten Fahrbahn in Bild 3.14 dargestellt, eine Übersicht der gesamten Varianten befindet sich in Anhang C.

3.2.5 Fahrverhaltensmaße

Der Fahr Simulator zeichnet alle drei Sekunden die folgenden Parameter auf: Neben der Zeit, dem zurückgelegten Weg und der vorhandenen Krümmung der Strecke werden die dazugehörigen Fahrdaten Geschwindigkeit [m/s], Beschleunigung [m/s²] und Abstand der Fahrzeugachse zur Fahrbahnachse (Mitte der Fahrbahn) [m] gespeichert. Zusätzlich werden bei Begegnungsfällen die für die Auswertung relevante Fahrzeugnummer sowie der Abstand beider Fahrzeuge zueinander registriert. Aus diesen Daten können anschließend alle weiteren Parameter (z. B. Abstand zum Fahrbahnrand) für die Untersuchung berechnet werden.

Bei der Geschwindigkeit ist für diese Untersuchung vor allem die V_{85} von Interesse. Dieses Maß gibt die Geschwindigkeit an, die von 85 % der Fahrzeuge nicht überschritten wird.

Beim Spurverhalten wird der Abstand zum Fahrbahnrand und dessen Standardabweichung (Standardabweichung der lateralen Position – SDLP) als Maß für die Homogenität der Spurführung ausgewertet.

Die Auswertung der Fahrdaten erfolgt sowohl über den Streckenverlauf (Registrierung der Messwerte aller 50 m) als auch für ausgewählte Streckenabschnitte (Gerade, Rechts- und Linkskurve). Bei Letzteren erfolgt eine separate Betrachtung für die Verkehrsbedingungen „unbeeinflusste Fahrt“ und „Begegnungsfall“. Bei unbeeinflusster Fahrt des Fahrzeugs werden die Daten an streckengeometrisch markanten Abschnitten erhoben. Bei den untersuchten Geraden sind dies für die Geschwindigkeit und für das Spurverhalten jeweils die Geradenmitte sowie die Messzeitpunkte 100 m davor und 100 m danach, um die Konstanz des Fahrverhaltens zu prüfen

Geschwindigkeit	Laterale Position
(Klothoidenanfang)	(Klothoidenanfang)
Kreisbogenanfang	Kreisbogenanfang
	¼ des Kreisbogens
Kreisbogenmitte	Kreisbogenmitte
	¾ des Kreisbogens
Kreisbogenende	Kreisbogenende
(Klothoidenende)	(Klothoidenende)

Tab. 3.2: Messpunkte in Kurven

Messzeitpunkte in der Geraden:

- -100 m vor Mitte der Geraden,
- Mitte der Geraden,
- +100 m nach der Mitte der Geraden.

In den Kurven werden bei der Geschwindigkeit drei Messzeitpunkte im Kreisbogen (Anfang, Mitte, Ende) ausgewertet sowie Klothoidenanfang und/oder -ende. Beim Spurverhalten gehen zusätzlich die zwei Messzeitpunkte ¼ und ¾ des Kreisbogens in die Auswertung ein, um Veränderungen im Spurverlauf verdeutlichen zu können (Tabelle 3.2).

In Begegnungsfällen werden auf Geraden und in Kurven Daten von sechs Messzeitpunkten untersucht, die in die Abschnitte „vor der Begegnung“, „während der Begegnung“ und „nach der Begegnung“ unterteilt werden können. Von den streckengeometrischen Messzeitpunkten (vgl. unbeeinflusste Fahrt) wird abgewichen, da der Begegnungszeitpunkt von der eigenen Geschwindigkeit abhängt und somit nicht identisch über alle Probanden ausfällt. Vor der Begegnung werden die Fahrdaten bei 200 m Abstand zwischen den Fahrzeugen als erste Reaktion bei Wahrnehmung des entgegenkommenden Fahrzeuges sowie bei 100 m und 50 m Abstand als unmittelbare Anpassung an die Verkehrssituation betrachtet. Der Messzeitpunkt der Begegnung (0-m-Abstand) wird definiert als Zeitpunkt, bei dem sich beide Fahrzeuge auf gleicher Höhe befinden. Nach der Begegnung werden die Abstände 50 m und 100 m zusätzlich betrachtet, um Veränderungen des Fahrverhaltens an die neue Verkehrssituation zu erfassen. Von Interesse ist hierbei, ob bzw. wann die Fahrer den Abstand zum Fahrbahnrand aufgrund unbeeinflusster Fahrt vergrößern.

Messzeitpunkte im Begegnungsfall:

- 200 m vor der Begegnung,
- 100 m vor der Begegnung,

- 50 m vor der Begegnung,
- 0 m während Begegnung,
- -50 m nach der Begegnung,
- -100 m nach der Begegnung.

3.2.6 Blickverhaltensmaße

Mit der Analyse des Blickverhaltens sollen Rückschlüsse auf die Aufmerksamkeitsintensität bzw. Beanspruchung des Fahrers gezogen werden. Dazu wird das in Kapitel 3.2.2 vorgestellte System verwendet. In der Literatur sind verschiedene Blickverhaltensmaße aufgeführt, welche die visuelle Verteilung der Aufmerksamkeit und das Ausmaß der Informationsaufnahme erfassen. Dabei werden in dieser Untersuchung zuerst die blickzielunabhängigen Maße Fixationsanzahl, Fixationsdauer und zeitlicher Anteil der Fixationen ausgewertet, um generelle Unterschiede in der Informationsaufnahme zwischen den Markierungsvarianten zu ermitteln. Die Fixation ist ein zeitliches Blickbewegungsmaß, die als „Ruhens des Auges auf einem Objekt für mindestens 100 ms definiert ist“. In dieser Zeit werden Informationen aufgenommen und nach Annahme vieler Untersuchungen auch verarbeitet. Unter dieser Voraussetzung ist die Fixationsdauer identisch mit der Dauer der jeweiligen Informationsverarbeitung (vgl. INHOFF/RADACH, in UNDERWOOD, 1998).

- Arithmetisches Mittel der Fixationsdauern: Bei der durchschnittlichen Fixationsdauer als Beanspruchungsmaß muss der Aufgabentyp bei der Interpretation berücksichtigt werden. Während GOLDBERG/KOTVAL (1999) davon ausgehen, dass Situationen, die lange Fixationen erfordern, schwieriger sind, findet MIURA (1986) eine verkürzte Fixationsdauer bei höherer Schwierigkeit.
- Zeitanteil der Fixationen: Eine höhere Aufgabenschwierigkeit kann sich bezüglich der Fixationsdauer in wenigen langen oder vielen kurzen Fixationen widerspiegeln. Gleich bleibt allerdings, dass der Zeitanteil der Fixationen höher ist als bei unaufmerksamen Blickverhalten, bei dem durch das „Schweifenlassen“ des Blickes mehr Sakkaden auftreten.

Analog zu den Fahrverhaltensmaßen werden die Blickdaten sowohl über den Streckenverlauf als auch über einzelne Abschnitte ausgewertet. Dabei werden bei unbeeinflusster Fahrt keine Unterschiede in der Beanspruchung zwischen den Varianten erwartet, da stets eine optische Führung für den Fahrer vorhanden ist. In Begegnungsfällen werden

bei Kernfahrbahnen die fehlende Leitlinie in Fahrbahnmitte sowie die fehlende klare Kennzeichnung des Fahrbahnrandes vermutlich zu einer höheren Beanspruchung führen. Der Fahrer muss mehr Aufmerksamkeit aufbringen, um sowohl einen verkehrssicheren Abstand zum entgegenkommenden Fahrzeug als auch zum Fahrbahnrand einzuhalten.

3.2.7 Auswertung des Fahr- und Blickverhaltens

Die Auswertung erfolgt über die Statistiksoftware „SPSS“ (Version 16/17). Neben Einzelbetrachtungen zur Charakterisierung des Fahr- und Blickverhaltens einer Markierungsvariante werden Vergleiche zwischen den verschiedenen Varianten vorgenommen.

Diese Auswertung erfolgt mittels parametrischer Tests aufgrund des metrischen Datenniveaus. Voraussetzung dafür ist das Vorliegen von normalverteilten Daten, die mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft werden ($p > .05$). Zum Vergleich der Markierungsvarianten werden Varianzanalysen mit Messwiederholung durchgeführt, da abhängige Stichproben vorliegen. Diese testen mehrere Mittelwerte auf signifikante Unterschiede. Es erfolgt allerdings keine Aussagen darüber, zwischen welchen Gruppen sich der signifikante Unterschied genau befindet. Dazu werden anschließend Bonferroni-Tests als Post-hoc-Tests durchgeführt, die jeweils paarweise die Mittelwerte der Stichproben auf Signifikanz prüfen.

Die Prüfung auf signifikante Unterschiede aller angewendeter Verfahren erfolgt bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < .05$.

3.2.8 Befragungen

Neben objektiven Daten werden zusätzlich subjektive Daten erhoben, die sich neben den wahrgenommenen Veränderungen im Fahrverhalten auch auf erlebte Emotionen und auf die Akzeptanz von Kernfahrbahnen beziehen. Des Weiteren ermöglichen diese Informationen eine umfassendere Interpretation der objektiven Daten sowie eine Überprüfung auf Übereinstimmung.

Fragebogenkonstruktion

In der Untersuchung werden zwei Fragebögen eingesetzt, einer zur Zwischen- und einer zur Nachbefragung. Während die Zwischenbefragung dazu dient, Unterschiede zwischen den einzelnen

Varianten festzustellen, findet in der Nachbefragung eine generelle Bewertung der Kernfahrbahnen statt (vgl. Anhang B).

In der Zwischenbefragung wird das subjektive Sicherheitsempfinden für ausgewählte Verkehrssituationen (unbeeinflusste Fahrt, Gegenverkehr, Allee) nach jeder Strecke erhoben, da es vor allem auf Landstraßen zu einer Fehleinschätzung im Sinne einer Überschätzung kommt (ELLINGHAUS/STEINBRECHER, 2003), die zu höheren Geschwindigkeiten führen kann. Des Weiteren wird nach dem Befahren aller Varianten einer Fahrbahnbreite nach den wahrgenommenen Unterschieden zwischen den dargestellten Varianten gefragt, um festzustellen, ob die unterschiedliche Breite des Ausweichstreifens und des variierten Strich-Lücke-Verhältnisses beim Fahren überhaupt registriert wird. Fragen zur bevorzugten Variante spiegeln den Gesamteindruck der einzelnen Strecken wider und geben Hinweise auf die Akzeptanz.

Die Nachbefragung enthält zu Beginn Kontrollfragen zur erlebten Beanspruchung und zum Simulator. Ersteres wird in einem Vorher-/Nachher-Vergleich mittels der Beanspruchungsratings von MERKEL/STREIT/RICHTER (2004) erhoben, um mögliche Konfundierungen (Beeinflussungen) aufgrund der zeitlich langen Untersuchungsdauer zu berücksichtigen. Fragen zum Simulator dienen als Kontrolle, ob von einem realistischen Fahrgefühl ausgegangen werden kann. Der Fokus der Befragung liegt im Fahrverhalten, in den erlebten Emotionen und der Akzeptanz der Kernfahrbahn.

Die Fragen zum Fahrverhalten prüfen, ob die Markierung das erwartete Verhalten hinsichtlich Geschwindigkeit, Spurposition und Aufmerksamkeit in bestimmten Verkehrssituationen vermittelt (Entwurf RAL, 2008). Unsicherheit und/oder Unter- bzw. Überforderung auf Seiten der Fahrer führen zu anderem Fahrverhalten (GSTALTER/FASTENMEIER, 1997); so können sich ein hohes Sicherheitsgefühl oder auch Monotonieerleben in höheren Geschwindigkeiten widerspiegeln.

Um einen Eindruck zu bekommen, wie der Fahrer das Befahren von Kernfahrbahnen erlebt, werden zusätzlich relevante Emotionen erfasst.

Der Akzeptanzbegriff wird nach Definition von SCHADE (1999) verwendet und geht von der bejahenden Einstellung gegenüber der Markierung aus. Diese Einstellung äußert sich in der verbalen Zustimmung und der Bereitschaft, sich im Sinne

der Markierung verhalten zu wollen. Ersteres wird direkt über Fragen zur Bewertung und Befürwortung der Kernfahrbahn erhoben; indirekt können Rückschlüsse über die Akzeptanz durch Aussagen zur Verkehrssicherheit und zum Sicherheitsempfinden sowie zu vorteilhaften und nachteiligen Situationen gezogen werden. Die Bereitschaft ergibt sich wiederum aus den Angaben zum Fahrverhalten.

Fahrverhalten, Emotionen und Verkehrssicherheit auf Straßen mit Kernfahrbahnen werden vergleichend zu Straßen mit beidseitiger Randlinie eingeschätzt, um die Angaben der zukünftigen mit einer derzeitigen Straßenmarkierung auf schmalen Straßen in Beziehung zu setzen. Randlinien werden als Vergleichsanker gewählt, weil zahlreiche schmale Straßen ($\leq 5,50$ m) diese Markierung aufweisen und eine klare Kennzeichnung des Fahrbahnrandes erfolgt, die bei Kernfahrbahnen fehlt. Auf den Vergleich mit einer Leitlinie in Fahrbahnmitte wird verzichtet, da Studien bereits zeigen, dass solche Straßen als sicherer eingeschätzt werden, sodass eine generelle Präferenz besteht (vgl. HOLTE/RUDINGER, 1994).

Die Beantwortung der Fragen erfolgt vorwiegend über offene Fragen oder mittels eines semantischen Differenzials. Dabei handelt es sich um bipolare Rating-Skalen (adjektivische Gegensatzpaare), auf denen die Markierungen bewertet werden, in diesem Fall eine sechsstufige Skala mit Meidung einer neutralen Kategorie, um zumindest tendenziell eine Richtung des Urteils zu „erzwingen“ (BORTZ & DÖRING, 1997).

Auswertung

Die Auswertung erfolgt über das SPSS-Statistikprogramm (Version 16/17).

Bei den subjektiven Daten liegen zwei unterschiedliche Datenniveaus vor. Ordinale Daten aus den verwendeten Skalen (z. B. semantisches Differenzial) werden mit nichtparametrischen Tests ausgewertet. Nominale Daten aus offenem Antwortformat werden anschließend durch Bildung von Kategorien zusammengefasst und deskriptiv ausgewertet.

Bei den nichtparametrischen Verfahren kommt bei Vergleichen von mehr als zwei Stichproben der Friedman-Test zum Einsatz. Dieser prüft, ob mindestens eine Mittelwertsdifferenz zwischen den Gruppen signifikant verschieden ist. Anschließend wer-

den die Mittelwerte paarweise mit Wilcoxon-Tests auf Signifikanz geprüft. Die Prüfung erfolgt bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < .05$.

3.2.9 Versuchspersonen

Voraussetzungen für die Teilnahme an der Untersuchung im Fahrsimulator sind der Besitz des Führerscheins der Klasse B seit mindestens einem Jahr und eine bereits zurückgelegte Gesamtfahrleistung von 15.000 km. Brillenträger sollen während der Fahrt wegen der Blickerfassung Kontaktlinsen tragen. 20 der teilnehmenden Probanden absolvieren ebenfalls die Vorher-/Nachher-Untersuchung auf den Messstrecken. Diese sind aus versicherungstechnischen Gründen Mitarbeiter der TU Dresden, die allerdings nicht mit dem Projekt vertraut sind.

Insgesamt gingen Daten von 59 Probanden, davon 36 Männer und 23 Frauen, im Alter von 20 bis 66 Jahren (MW: 30 Jahre) in die Auswertung ein. Die Probanden besitzen ihren Führerschein im Durchschnitt 12 Jahre (Min. 1,5, Max. 48 Jahre). Ihre Fahrleistung (km/Jahr) weist eine hohe Varianz auf (300-120.000 km) und beträgt durchschnittlich 13.650 km; Vielfahrer (> 20.000 km) sind mit 11 % in der Stichprobe unterrepräsentiert. Da die Probanden angeben, ein Viertel der Fahrzeit auf Landstraßen zu fahren, wird davon ausgegangen, dass sie mit den Gegebenheiten auf diesem Straßentyp vertraut sind.

3.2.10 Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchung dauert 1,5-2 Stunden und setzt sich aus folgenden Teilen zusammen:

- Vorbefragung,
- Fahrsimulation (Eingewöhnungsfahrt und Untersuchungsfahrt inklusive Zwischenbefragung),
- Nachbefragung.

In der Vorbefragung werden persönliche Daten der Probanden wie Alter, Fahrerfahrung etc. anonymisiert erfasst.

3.3 Untersuchungen auf Messstrecken

Auf den Messstrecken werden in einem Vorher-/Nachher- und einem Mit-/Ohne-Vergleich die Geschwindigkeiten, das Spurverhalten und das Blick-

verhalten erfasst. Die Geschwindigkeiten werden lokal an Querschnitten und über Verfolgungsfahrten ermittelt. Das Spurverhalten wird lokal an Querschnitten in Geraden und Kurvenbereichen ermittelt. Das Blickverhalten wird über Probandenfahrten erfasst.

3.3.1 Verfolgungsfahrten

Bei den Verfolgungsfahrten wird mit dem Messfahrzeug TUD 401 hinter Verkehrsteilnehmern her gefahren und deren Geschwindigkeitsprofil über den gesamten Streckenverlauf aufgezeichnet. Dabei können vorgegebene Kriterien, wie z. B. die separate Betrachtung frei fahrender Fahrzeuge oder die Auswahl bestimmter Fahrzeuggruppen, direkt während der Messung beachtet werden. Die Geschwindigkeitsmessung erfordert die Verfolgung mit einem räumlichen oder zeitlichen Abstand. Für eine statistisch abgesicherte Auswertung sollen nach LIPPOLD (1997) mindestens 30 Verfolgungsfahrten je Richtung zur Auswertung herangezogen werden. Um dies zu gewährleisten, werden auf jeder Strecke je Richtung 35 Verfolgungsfahrten aufgezeichnet.

Messfahrzeug

Die Durchführung von Verfolgungsfahrten und von Probandenfahrten erfolgt mit einem BMW 525d Touring. Dieses Fahrzeug verfügt über eine Nennleistung von 177 PS/130 kW. Damit ist es ausreichend leistungsfähig, um ausgewählten Verkehrsteilnehmern bei Fahrten auf Landstraßen zu folgen sowie bei Probandenfahrten jeden Fahrstil umsetzen zu können. Das gilt auch unter der Randbedingung, dass umfangreiche Messtechnik sowie die an den jeweiligen Versuchen beteiligten Personen das Fahrzeuggewicht beträchtlich erhöhen. Einflüsse auf das gemessene Fahrverhalten, die aus mangelnder Leistung des Fahrzeugs z. B. an Steigungsstrecken entstehen, sind somit weitgehend ausgeschlossen.

Folgende fahrverhaltensrelevanten Daten werden aufgezeichnet:

- momentane Geschwindigkeit (vom Fahrzeug – CAN-Bus),
- Längs- und Querbeschleunigung (vom Fahrzeug – CAN-Bus),
- Bremspedalbetätigung (vom Fahrzeug – CAN-Bus),

- Fahrzeugposition
(Septentrio – Software: RxControl).

Darüber hinaus wird der Fahrtverlauf aller verfolgten Fahrzeuge durch die Szeneriekamera (vgl. Bild 3.15) aufgezeichnet.

Auswertung

Die mittels der Software RxControl aufgezeichneten GPS-Signale sowie die Daten des fahrzeugeigenen CAN-Bus fließen in die Auswertung ein.

Die Rohdaten beider Systeme werden in eine Datenbank (getrennt nach dem Land Sachsen und dem Land Nordrhein-Westfalen) importiert.

Nach dem Import werden die GPS-Zeiten und -Koordinaten auf Plausibilität geprüft. Datensätze mit fehlerhaften Werten werden gelöscht. Nach dieser Prüfung werden alle Datensätze mit dem Programm „MapInfo“ geocodiert, um jede einzelne Verfolgungsfahrt einem Netzknotenabschnitt und somit einer Netzknotenstation zuordnen zu können. Alle Messdaten, die außerhalb dieser Netzknotenabschnitte liegen, werden ebenfalls ausgesondert.

Die darauf folgende Prüfung betrifft die Korrektur der Geschwindigkeit. Alle Daten, die eine Geschwindigkeit kleiner 10 km/h oder größer 200 km/h sowie einen schlechten GPS-Empfang aufweisen, werden nicht zur Auswertung des Geschwindigkeitsverlaufs herangezogen.

Die übrigen Messwerte werden gruppiert und gemittelt, sodass je Fahrt alle 20 m ein Messwert zur Analyse zu Verfügung steht. Diese Messwerte werden anschließend mithilfe der Software „SPSS“ auf so genannte „Ausreißer“ geprüft. Als „Ausreißer“ gelten im statistischen Sinn alle mittleren Geschwindigkeiten je Station, größere Werte als das Zweifache der Standardabweichung in Addition bzw. Subtraktion der mittleren Geschwindigkeit je Station entsprechen. Diese „Ausreißer“ werden ebenfalls aus der Untersuchung herausgenommen.

Für die bereinigten Messdaten ist auf den unterschiedlichen Messstrecken der Verlauf der Geschwindigkeiten je Richtung darzustellen. Dieser Verlauf kann stetig oder inhomogen sein. Durch die Berechnung der V_{85} werden die Geschwindigkeiten in einem Vorher-/Nachher-Vergleich gegenübergestellt. Um die Ergebnisse der 85%-Ge-

schwindigkeiten zu validieren, wird dieser Vergleich ebenfalls für die 50%-Geschwindigkeiten durchgeführt. Da diese Vergleiche auch Aufschluss darüber geben sollen, ob die Anzahl der gemessenen und verfolgten frei fahrenden Fahrzeuge auch das Verhalten des gesamten Fahrzeugkollektives abbilden, werden die Vorher- und Nachher-Messungen auf signifikante Unterschiede überprüft. Diese Überprüfung wird mithilfe der Varianzanalyse durchgeführt.

3.3.2 Probandenfahrten

Blickbewegungsdaten werden über Probandenfahrten aufgenommen. Wie bei der Untersuchung im Fahrsimulator werden auch bei der Untersuchung auf den Messstrecken begleitende Befragungen durchgeführt. Für die Probandenfahrten wird ebenfalls das Messfahrzeug TUD 401 benutzt.

Zur Erfassung des Blickverhaltens steht ein System vom Typ Smart Eye Pro 2.5 zur Verfügung (vgl. Bild 3.15). Die Messung erfolgt berührungslos (remote tracking) über zwei Augenkameras, die an der Frontscheibe des Fahrzeugs befestigt sind. Eine zusätzliche Szeneriekamera erfasst den Sichtbereich des Fahrers durch die Frontscheibe. Somit wird die Einordnung des Blickverhaltens in die reale Umgebung möglich.

Die Kopfposition wird durch die Festlegung und Verfolgung von Kontrastpunkten am Kopf des Probanden gemessen; die Pupillenbewegung durch Hornhautreflexion erfasst. Zur Vermeidung störender Effekte aus variierenden Lichtverhältnissen sind zwei aktive Infrarotspots vorhanden. Die Messgenauigkeit des Systems wird vom Hersteller mit einer Genauigkeit des Blickvektors von $\pm 1^\circ$ angegeben. Untersuchungen von LIPPOLD et al. (2008) bestätigen diese Angabe.



Bild 3.15: Blickbewegungsmesssystem Smart Eye im Messfahrzeug der TU Dresden

Die Messfahrten werden mit 20 geeigneten Probanden (zwischen 25 und 50 Jahren) bei trockener Fahrbahn stattfinden, um Einflüsse auf das Fahrverhalten auszuschließen. Die Untersuchungen auf den Messstrecken sind mit einem hohen Aufwand verbunden, weshalb mehr als 20 Probanden aus zeitlichen und wirtschaftlichen Gründen nicht in die Untersuchung einbezogen werden konnten. Die Messstrecke und das Fahrzeug sind den ausgewählten Probanden nicht bekannt. Damit sie sich an das Auto gewöhnen und die, am Rande des Gesichtsfeldes befindlichen Kameras ignorieren können, fahren die Probanden bereits vor der Messdurchführung 45 Minuten mit dem Pkw zum Start- bzw. Endpunkt an den Messstrecken.

Befragungen

Vor und nach der Probandenfahrt auf den Messstrecken werden am Start- bzw. Endpunkt Befragungen zur Beanspruchung, zur Einschätzung des Fahrverhaltens und zum emotionalen Erleben der Messstrecken durchgeführt. Weiterhin wird nach Durchfahrt der jeweiligen Messstrecke eine Zwischenbefragung der Probanden zum Sicherheitsempfinden und zu kritischen Situationen vorgenommen.

Die Befragung erfolgt mit dem gleichen Fragebogen und nach derselben Methodik wie in den Untersuchungen im Fahrsimulator (vgl. Kapitel 3.2.8).

Bei der Befragung zum Fahrverhalten wird in der Untersuchung im Fahrsimulator aufgrund der Befunde von HOLTE/RUDINGER (1994) auf den Vergleich zwischen mittlerer Leitlinie und seitlicher Leitlinie verzichtet (vgl. Kapitel 3.2.8). Dieser wird auf den Messstrecken vorgenommen, da diese im Vorher-Zustand mittlere Leitlinien aufweisen.

Auswertung

Die erhobenen Blickdaten (vgl. Kapitel 3.2.6) werden mit der am Lehrstuhl entwickelten Software „WatchOut“ ausgewertet. Diese Software synchronisiert die Blickbewegungen des Fahrers, die mit den Augenkameras aufgezeichnet wurden, mit den Umgebungsbildern der Szenieriekamera und der durch das GPS bekannten Position. Somit ist es möglich, an jeder beliebigen Station das Blickverhalten zu ermitteln.

Im Ergebnis der Auswertung entsteht eine Tabelle (vgl. Bild 3.16), welche die Blickrichtungen X, Y, Z,

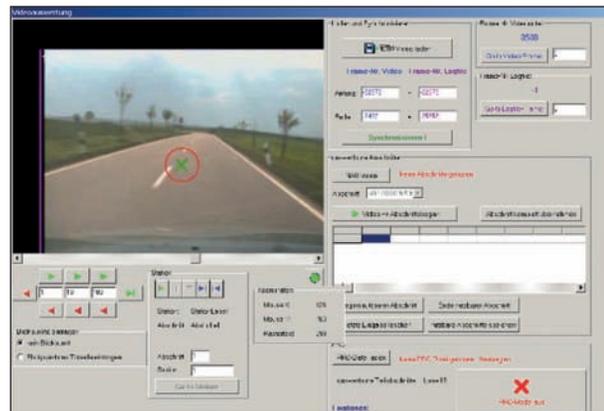


Bild 3.16: Festlegung der Streckenabschnitte (Richtungstrennung) mittels WatchOut

die Fixation, die Dauer der Fixation zu einer bestimmten Zeit an einer bestimmten Station (z. B. Radius) bei aktuell gefahrener Geschwindigkeit enthält. Daraus lässt sich die Anzahl der Fixation, deren Dauer und der Anteil an Fixation an der Gesamtzeit ermitteln. Darüber hinaus ist es mithilfe des aufgezeichneten Szenerievideos möglich, an bestimmten Querschnitten die Veränderung der Blickbewegungen manuell zu erheben.

3.3.3 Fahrverhalten im Begegnungsfall (Kfz-/Radverkehr)

Auf den Messstrecken werden für die Ermittlung des Geschwindigkeits- und Spurverhaltens (Vorher-/Nachher-Vergleich) u. a. Verfolgungsfahrten durchgeführt. Dabei wird, wie in Kapitel 3.3.1 beschrieben, für jede Fahrt ein Video aufgezeichnet. Dieses dient als Grundlage für die Beurteilung des Fahrverhaltens der verfolgten Kraftfahrer bei auftretendem Gegen- und Radverkehr.

Für die Bewertung des Verhaltens der Kraftfahrer in den jeweiligen Situationen werden verschiedene Verhaltensmuster definiert. Weiterhin wird bei auftretendem Radverkehr in die Situationen „Radverkehr in gleicher Fahrtrichtung“ und Radverkehr aus entgegengesetzter Fahrtrichtung“ unterschieden.

Radfahrer die in gleicher Richtung fahren, werden in Einfach- (wenn ein Radfahrer überholt wird) oder Mehrfachüberholungen (wenn mehrere Radfahrer überholt werden) eingeteilt. Die Radfahrer im Gegenverkehr werden quantitativ zusammengefasst, da hier kein Überholvorgang des verfolgten Fahrzeuges stattfindet. Entscheidend bei einem Radfahrer im Gegenverkehr ist das Verhalten des hinter dem entgegenkommenden Radfahrer fahrenden Kraftfahrzeugs.

3.3.4 Querschnittsmessung Laserscanner

Mittels eines Laserscanners werden Spur- und Geschwindigkeitsprofile an lokalen Punkten in Kurven und Geraden ermittelt und im Vorher-/Nachher-Vergleich gegenübergestellt. Es können Einzelereignisse analysiert und Zusammenhänge zwischen Geschwindigkeit und Spurposition detailliert dargestellt werden.

Der Laserscanner vom Typ SICK LMS 200 (vgl. Bild 3.17) misst mit einer konstanten Aufzeichnungsfrequenz von 8,33 Hz die Entfernung von Objekten, die sich in einem Bereich von 180° und maximal 80 m Entfernung um den Scannerstandort befinden. Die Scanauflösung erfolgt in 0,5°-Schritten. Durchfährt ein Fahrzeug den Scanbereich mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h, so wird dessen Position alle 3,33 m erfasst.

Aus LIPPOLD et al. (2008) ist bekannt, dass für die Rekonstruktion von Spurlinien die Erfassung der Längskanten der Fahrzeuge notwendig ist. Aus diesem Grund wird der Scanner bei Messungen an Kurven im Innenbereich der Kurve aufgestellt (vgl. Bild 3.18 und Bild 3.19). Dadurch wird der Auswertebereich maximiert und gleichzeitig die maßgebende kurveninnere Fahrzeugseite erfasst. Die Lage der Scanebene entspricht der Höhe der schwarzen Markierungen an den Leitpfosten. Aus den einzelnen Fahrzeugpositionen und dem Zeitabstand zweier aufeinander folgender Scans (12 ms) wird die Momentangeschwindigkeit des Fahrzeugs berechnet. Diese Herangehensweise gilt ebenfalls für Scans auf geraden Messabschnitten.

Aus der Arbeit von LIPPOLD et al. (2008) geht weiterhin hervor, dass die ideale Entfernung zwischen Scanner und Fahrbahn bei 10 bis 20 m liegen soll. Dieser Abstand ist jedoch nur realisierbar, wenn keine Objekte vorhanden sind, die die Sicht auf die Straße verdecken.

In Messabschnitten mit beidseitiger Bepflanzung muss der Standort zwangsläufig näher an die Fahrbahn verlegt werden, was bei der Scannung von Kurven eine Verkürzung des erfassbaren Streckenbereichs zur Folge hat.

Wird der Scanner aus genannten Gründen im Nahbereich der Straße aufgestellt, kommt das Problem hinzu, dass dieser nicht vollständig zu verbergen ist. LIPPOLD et al. (2008) stellten in Kurven mit freiem Innenbereich den Scanner so auf, dass es für den Verkehrsteilnehmer wie eine vermessungs-



Bild 3.17: Laserscanner SICK LMS 200

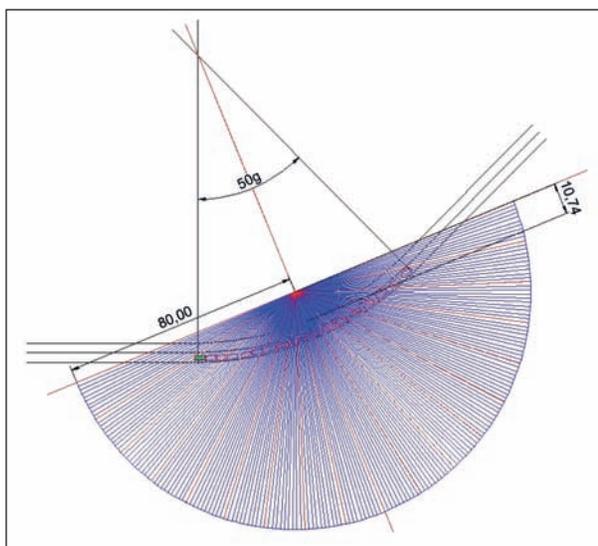


Bild 3.18: Aufstellung des Scanners im Innenbereich der Kurve zur Erfassung der Fahrzeuglängskanten (LIPPOLD et al., 2008)



Bild 3.19: Aufstellung in Kurven mit freiem Innenbereich

ähnliche Situation wirkt. Um diesen Effekt zu verstärken, wurde der Scanner auf ein Vermessungsstativ montiert und mit orangefarbener Folie beklebt. Dies sollte den Eindruck einer polizeilichen Geschwindigkeitskontrolle vermeiden (vgl. Bild 3.19). Fahrzeuge, die dennoch durch offensichtliches Abbremsen den Eindruck erweckten, dass das Vorhandensein der Messeinrichtung ihr Verhal-

ten veränderte, wurden aus der Untersuchung bereits vor Ort ausgesondert.

Die gesamte Messausrüstung besteht aus

- dem Laserscanner SICK LMS 200 inklusive Stativ,
- einer leistungsfähigen Fahrzeugbatterie zur Stromversorgung,
- einem Reflektor zur Bestimmung der Fahrbahnränder und
- einem Laptop zur Datenspeicherung.

Die Messungen werden an den Messquerschnitten in beiden Messzeiträumen tagsüber bei trockenen Verhältnissen durchgeführt.

Bevor die Aufzeichnung der Daten im Vorher-Zeitraum erfolgt, wird der Scannerstandort an jedem Messquerschnitt markiert, um ihn für die Nachher-Messung wieder nutzbar zu machen. Dieser wird fahrbahnnah gewählt, weil die Erfassung eines fahrenden Fahrzeugs durch die rotierenden Laserstrahlen zufällig ist. Aus beispielsweise 15 m Entfernung beträgt der Abstand zweier Laserstrahlen ca. 0,4 m im mittleren Bereich des Messquerschnitts. Dieser Wert vergrößert sich in den Randbereichen aufgrund des ungünstigeren Auftreffwinkels. Das bedeutet, dass die berechnete Fahrzeugposition zur tatsächlich vorhandenen Position des Fahrzeuges um 0,4 m längs zur Fahrtrichtung abweichen kann. Dies führt im ungünstigsten Fall zu einem Fehler in der Geschwindigkeitsberechnung von 12 %. Um dies zu vermeiden, werden Geschwindigkeiten über mindestens vier Fahrzeugpositionen gemittelt (im Randbereich mehr). Somit werden nur Fahrzeuge ausgewertet, die mindestens viermal während ihrer Durchfahrt vom Laser

erfasst wurden. Der maximale Fehler wird dabei auf eine Größe von weniger als 3 km/h reduziert.

Weiterhin wird vor jeder Messung die Fahrbahn eingemessen, um sie zur späteren Auswertung nachbilden zu können. Dazu werden mehrere Positionen entlang der befestigten Fahrbahn mit Referenzscans aufgezeichnet.

Pro Messquerschnitt und Fahrtrichtung werden jeweils 120 frei fahrende Pkw erfasst, um eine mögliche Beeinflussung von anderen Fahrzeugen auszuschließen. Als unbehindert frei fahrend gelten nach KÖPPEL/BOCK (1979) Fahrzeuge, deren Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug mindestens 7 Sekunden beträgt und denen mindestens 4 Sekunden kein anderes Fahrzeug folgt.

Auswertung

Die Auswertung des Spur- und Geschwindigkeitsverhaltens wird mittels der am Lehrstuhl programmierten Software „Scananalyse“ vorgenommen. Mit dem Programm wird die Fahrbahn, welche über Referenzscans vor der eigentlichen Messung aufgenommen wurde, nachgebildet (vgl. Bild 3.20).

Es entsteht ein Polygonzug, der die Außenkanten der befestigten Fahrbahn darstellt. Die einzelnen Polygonpunkte werden so genau wie möglich angeordnet, um eine kubische Spline-Kurve zur Ermittlung des Kurvenverlaufs einrechnen zu können. Dieser Kurvenverlauf (vgl. Bild 3.21) beschreibt eine genaue Abbildung der Fahrbahn­ränder (befestigte Fahrbahn) und so kann mit einer Spline-Funktion die Fahrbahnmitte berechnen werden.

Weiterhin ist es möglich, durch Punkte, die sich in der Mitte der Kurve befinden, einen Kreisbogen zu

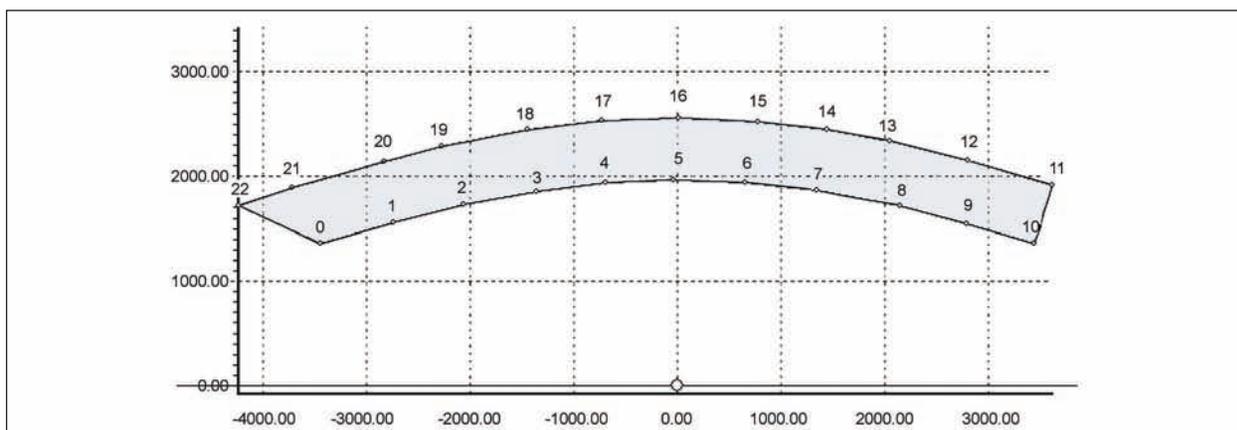


Bild 3.20: Polygon der Fahrbahn­ränder im Kurvenverlauf (LIPPOLD et al., 2008)

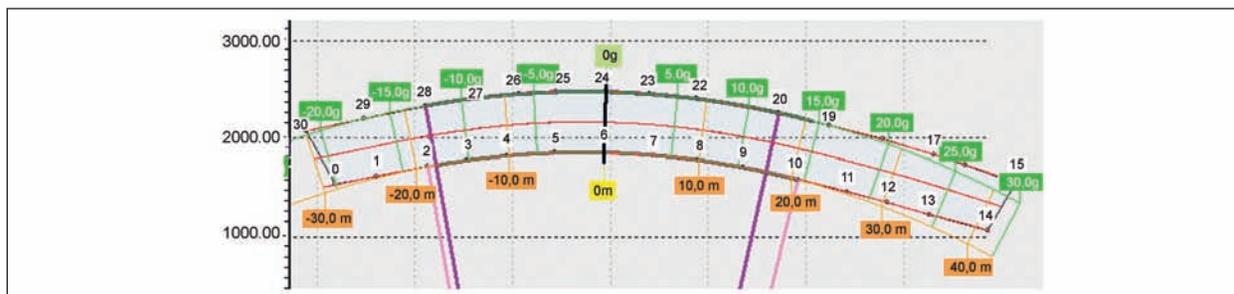


Bild 3.21: Fahrbahnerkennung mittels Scananalyse (LIPPOLD et al., 2008)

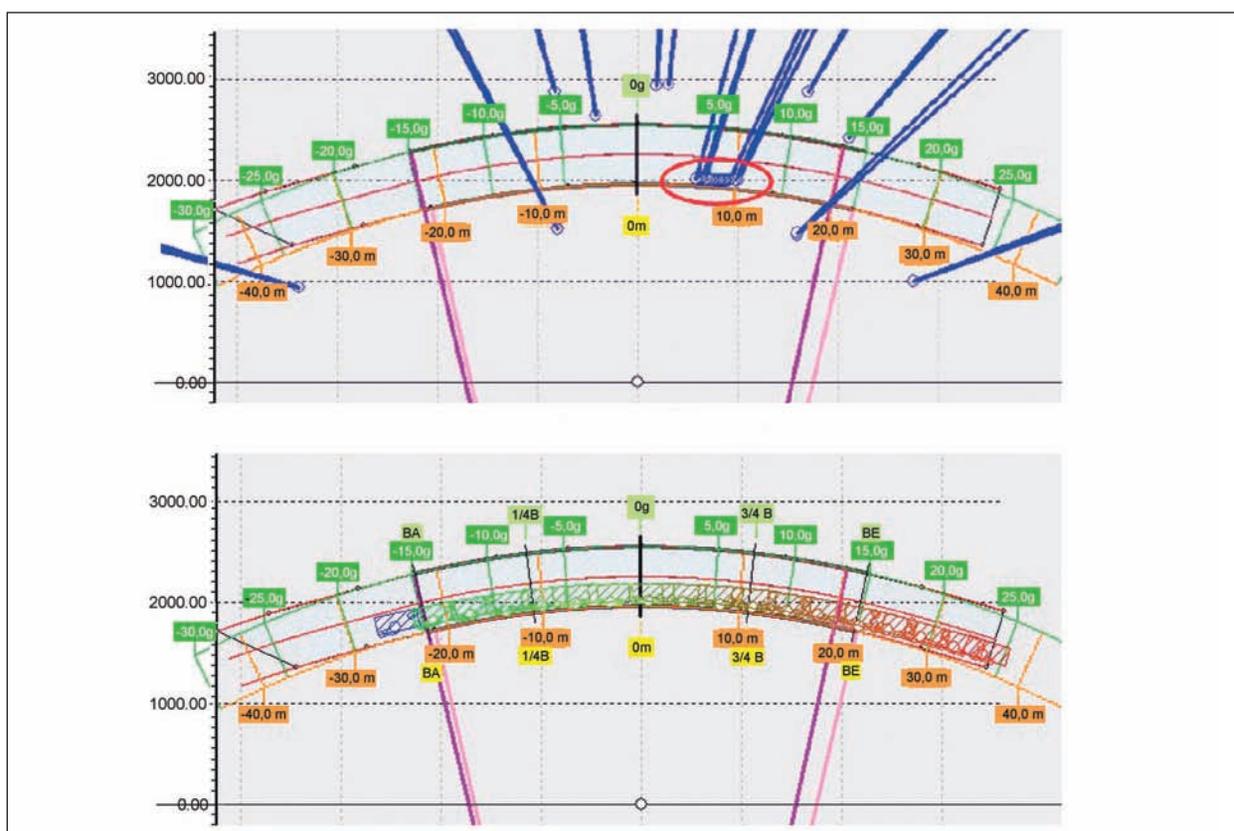


Bild 3.22: Einzelscan mit Fahrzeugposition (oben), erkannte Position eines Fahrzeugs (unten) (LIPPOLD et al., 2008))

legen, sodass der exakte Kurvenradius berechnet werden kann. Die Erfassung weiter außerhalb liegender Hauptpunkte (Übergangsbogenanfang und -ende) ist aufgrund der begrenzten Reichweite des Scanners nicht möglich. Die beschriebene Vorgehensweise gilt auch für die Messquerschnitte auf der Geraden, wobei zur Auswertung nur die Mitte des Messquerschnitts und nicht die Messpunkte, die 10 m rechts und links davon liegen, herangezogen werden.

Im nächsten Schritt werden die gemessenen Fahrzeuge in die Softwaredatenbank eingelesen. Alle Objekte, die kein Fahrzeug darstellen, werden dabei automatisch entfernt. Mittels eines Objekterkennungsalgorithmus können aus Punktwolken die in-

neren Fahrzeugkanten bestimmt werden. Schlecht erkannte Fahrzeuge werden ausgesondert.

Mit der entstandenen Datengrundlage wird das Spurverhalten, wie im folgenden Abschnitt beschrieben, ermittelt.

Spurverhalten

Die Bezugslinie für die Berechnungen des Spurverhaltens stellen in Rechtskurven der rechte Fahrbahnrand und in Linkskurven die mittlere Leitlinie da.

Nach Bild 3.23 ergibt sich in Rechtskurven der gesuchte Abstand a direkt aus dem ermittelten Fahrbahnpolygon und der Messung des Fahrzeuges.

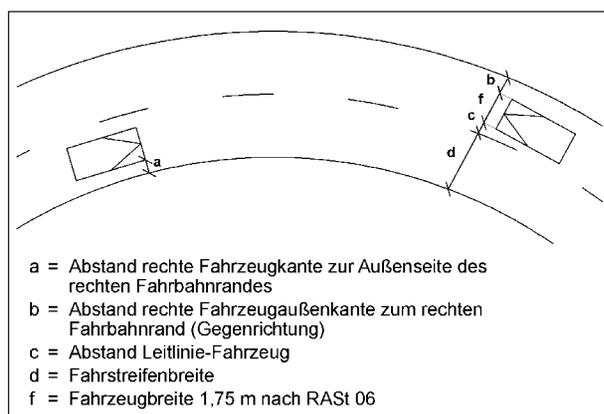


Bild 3.23: Maßgebende Abstände für die Ermittlung des Spurverhaltens

Die Ermittlung des Abstandes b in Linkskurven wird wie folgt berechnet:

$$b = d - (c + f) \quad \text{Gl. (1)}$$

mit

d = Fahrstreifenbreite

c = Abstand Leitlinie – Fahrzeug

f = Fahrzeugbreite 1,75 m nach RAST 06

Die Breite des Fahrstreifens ergibt sich aus dem ermittelten Fahrzeugpolygon, der Abstand c aus der Messung der Einzelfahrzeuge. Zur Berechnung des Abstandes b wird eine Fahrzeugbreite nach RAST (FGSV, 2006) von 1,75 m angenommen.

Generell liegen die Abstände zum rechten Fahrbahnrand aller Fahrzeuge durchgängig für den Bereich vor, in dem das jeweilige Fahrzeug durch den Scanner erfasst wird. Dieser Bereich und dessen Ausdehnung sind von den Eigenschaften der Kurve (bei Geraden irrelevant) sowie den konkreten Reflexionseigenschaften des Einzelfahrzeugs abhängig. Diese Reflexionseigenschaften resultieren nach LIPPOLD et al. (2008) aus der Karosserieform und Farbe sowie der Art der Fahrzeuglackierung.

Die mittleren Spurpositionen können an beliebigen Querschnitten der Kurve bestimmt und verglichen werden. Es bietet sich jedoch an, die vorliegenden Kennstellen Kreisbogenanfang (BA), -mitte (BM) und -ende (BE) aus der Fahrbahnvermessung zu verwenden. Da diese nicht dem real vorhandenen Kurvenbeginn entsprechen (vgl. Kapitel 3.3.4), werden für die Auswertung des Spurverhaltens in Kurven die Positionen 5,00 m und 10,00 m vor und nach Bogenmitte zur Auswertung herangezogen. Für die Analyse des Spurverhaltens auf der Gera-

den wird nur die Mitte des vom Scanner erfassten Bereichs gewählt, da hier die meisten Fahrzeuge erkannt werden.

Geschwindigkeitsverhalten

Zur Ermittlung der Geschwindigkeiten der einzelnen Messquerschnitte wird für Kurven und Geraden ebenfalls die Mitte des vom Scanner erfassten Bereichs genutzt. Aus der Literaturanalyse (vgl. LIPPOLD et al., 2008) ist bekannt, dass Kraftfahrer am Kurvenbeginn ihre Geschwindigkeit reduzieren und am Kurvenende wieder beschleunigen. Da der Scanner nicht den gesamten Bereich der Kurve (inklusive Übergangsbogen) erfasst und in Kurven- und Geradenmitte die meisten Fahrzeuge erkannt werden, wird die Mitte des vom Scanner erfassten Bereichs als maßgebender Bereich angesehen. Für die genannte Position wird für den Vorher-/Nachher-Vergleich aus den erkannten Fahrzeugen die V_{85} -Geschwindigkeit je Querschnitt bestimmt. Diese gibt, wie aus der Literatur hervorgeht, das tatsächliche Fahrverhalten wieder. Zur Validierung der Ergebnisse der V_{85} erfolgt wie bei den Verfolgungsfahrten die Auswertung der Geschwindigkeitsdaten ebenfalls für die V_{50} .

3.3.5 Querschnittsmessung Radar

Im Laufe der Untersuchung zeigte sich eine Diskrepanz zwischen den Geschwindigkeitsergebnissen der Querschnittsmessungen mittels Laser und denen mittels Verfolgungsfahrten. Aus diesem Grund soll an dieser Stelle bereits auf das zusätzlich im Rahmen der Querschnittsmessungen genutzte Radarsystem eingegangen werden.

Die zusätzlichen Radarmessungen erfolgen mittels Seitenradar-Geräten auf beiden sächsischen Messstrecken (K 7730 (1) und (2)) und auf der L 573 (NRW) (vgl. Bild 3.24). Die Seitenradargeräte sind vom Typ „SR4 Traffic Counter“ des Herstellers Sierzega. Sie bestehen aus einem 300 x 250 x 160 mm großen wasserfesten Gehäuse, welches an einem ca. 60 mm starken Rohrfosten angebracht wird. Der Hersteller rät zu einem Abstand zwischen 0,5 und 4,0 m zwischen Fahrbahnrand und Messgerät. Andere Untersuchungen (z. B. SCHÜLLER, 2010) zeigten, dass der Abstand zur Fahrbahn so gering wie möglich sein sollte, um eine entsprechende Messgenauigkeit zu erlangen. Bei der Aufstellung ist deshalb eine Orientierung am Abstand der Leitpfosten zum Fahrbahnrand sinnvoll.



Bild 3.24: Seitenradarmessung am Messquerschnitt K 7730 (2)

Im Gehäuse befinden sich ein Radardetektor sowie ein Akku zur Stromversorgung. Dieses Gehäuse wird senkrecht an das am Fahrbahnrand eingebrachte Rohr ca. 0,6 m über dem Erdboden und ca. 30° zur Fahrbahn gedreht befestigt. Die Aufzeichnung der gemessenen Daten erfolgt intern im Radarsensor und kann via Bluetooth über einen Pocket PC ausgelesen werden.

Zur Justierung des Gerätes wird der Winkel zur Fahrbahn genau eingemessen. Der Pocket PC wurde hierfür mit dem Radar verbunden und zeigt u. a. die Fahrzeuglängen, die Geschwindigkeiten, die Zeitlücken zwischen den Fahrzeugen sowie die Fahrtrichtung an. Unter Zuhilfenahme einer mitgelieferten Tabelle für Fahrzeuglängen werden die gemessenen Längen vorbeifahrender Fahrzeuge mit den tatsächlichen Tabellenwerten abgeglichen und das Messgerät durch geringfügige Drehungen nachjustiert.

Die Erhebung auf den sächsischen Messstrecken erfolgt richtungsgetreunt für ca. 4-5 h je Messquerschnitt. Auf der o. g. Messstrecke in Nordrhein-Westfalen werden die gleichen Radargeräte durch einen Mitarbeiter von Landesbetrieb Straßen.NRW über einen Zeitraum von neun Tagen im Straßenraum angebracht.

Am Ende jeder Messung wird ein *.SR4-Datenformat ausgelesen. Diese können für die Auswertung mit einem durch den Hersteller mitgelieferten Programm in *.xls-Dateien umgewandelt werden.

3.3.6 Unfallgeschehen

Die Untersuchung des Unfallgeschehens erfolgt für alle Messstrecken über einen Zeitraum von drei Jahren vor und nach der Ummarkierung. Ein Vorher-/Nachher-Vergleich wird auch bei den Messstrecken vorgenommen, an denen für die Analyse des Fahrverhaltens eine Referenzstrecke herangezogen wurde (K 50, L 573). Von einem Mit-/Ohne-Vergleich des Unfallgeschehens wird hier abgesehen, da die verschiedenen Streckenmerkmale wie

z. B. die Linienführung der Strecke oder der Seitenraum nicht identisch sind, sich aber auf das Unfallgeschehen auswirken können.

Die Wirkung einer neuen Maßnahme auf das Unfallgeschehen kann mit einem Mit-/Ohne-Vergleich deshalb nur schwer ermittelt werden. Die unterschiedlichen Streckenmerkmale können einen zusätzlichen Einfluss auf das Unfallgeschehen haben. Ein Merkmal, was im Vorher-/Nachher-Vergleich berücksichtigt werden muss, ist die Änderungen durch Bauarbeiten wie bei einer Fahrbahnerneuerung.

Das Unfallgeschehen wird für alle Unfalltypen und Unfallkategorien analysiert. Speziell wird auf die Unfalltypen 1 und 6 eingegangen.

4 Ergebnisse der Untersuchung im Fahr Simulator – Gesamtstrecke

Im Folgenden wird das Fahrverhalten (Geschwindigkeit, Spurverhalten) über die gesamte simulierte Strecke für die jeweiligen Varianten und Fahrbahnbreiten dargestellt, bevor in Kapitel 5 eine detaillierte Betrachtung von einzelnen Streckenabschnitten erfolgt. Jede Strecke beginnt mit einer Geraden und endet in einer Allee (vgl. Kapitel 3.2.3). Während der Fahrt gibt es Abschnitte mit unbeeinflusster Fahrt, mit Begegnungsfällen und einem Überholvorgang eines Radfahrers. Zu Beginn werden die Ergebnisse zur variierten Breite des Ausweichstreifens (AS) dargestellt, anschließend wird separat auf das Strich-Lücke-Verhältnis eingegangen.

4.1 Einfluss der Ausweichstreifenbreite

4.1.1 Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m

Geschwindigkeit V_{85}

Bei 6,00 m breiter Fahrbahn nehmen die V_{85} -Geschwindigkeitsgrafiken der Varianten (Leitlinie (LL), Ausweichstreifen (AS) 0,75 m, AS 1,00 m) über die Strecke einen ähnlichen Verlauf (vgl. Bild 4.1). Dabei wird beim schmalen AS zumindest bei unbeeinflusster Fahrt auf Geraden ($< 0 + 700$ m, $1 + 300$ bis $1 + 600$ m) schneller gefahren als bei den anderen beiden Varianten. Vor allem zu Fahrtbeginn werden diese Unterschiede mit einer 5-km/h-Differenz deutlich. Bei kurvenreichen Sek-

tionen mit Begegnungsfall (1 + 500 bis 2 + 500 m) fahren die Personen generell langsamer als bei unbeeinflusster Fahrt. Dabei treten kaum Unterschiede zwischen den Varianten auf. Die geringsten Geschwindigkeiten werden während des Überholvorganges vom Radfahrer (2 + 050 m) ermittelt.

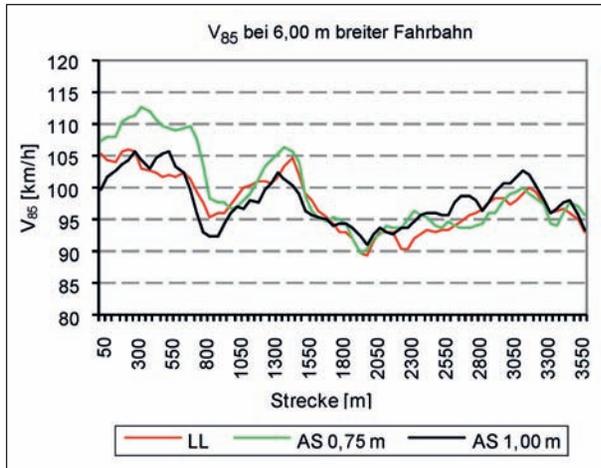


Bild 4.1: V_{85} bei 6,00 m breiter Fahrbahn (N = 59)

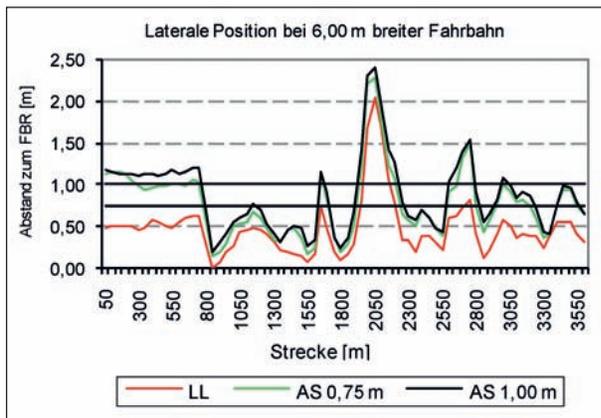


Bild 4.2: Abstand zum Fahrbahnrand bei 6,00 m breiter Fahrbahn (N = 59)

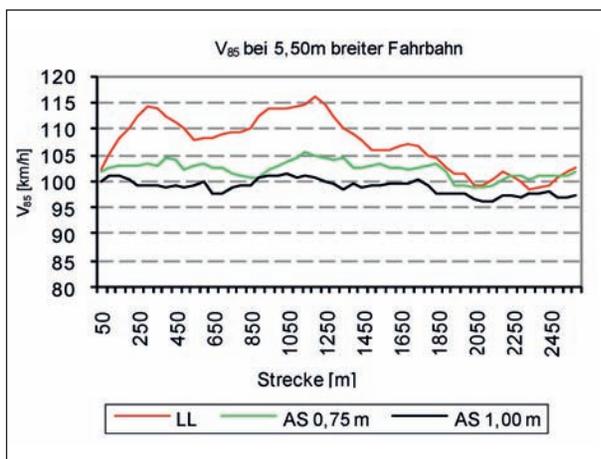


Bild 4.3: V_{85} bei 5,50 m breiter Fahrbahn (N = 59)

Die gemittelten V_{85} über die gesamte Strecke zeigen beim schmalen AS mit 100 km/h signifikant schneller höhere Geschwindigkeiten im Vergleich zum breiten AS (98 km/h) und zur LL (97 km/h). Diese Unterschiede sind in ihrem Umfang in Bezug auf die gesamte Strecke kaum praktisch bedeutsam.

Spurverhalten

Der Abstand zwischen Fahrbahnrand und rechter Fahrzeugkante zeigt bei den drei untersuchten Varianten einen ähnlichen Verlauf (vgl. Bild 4.2). Während sich das Spurverhalten zwischen den AS kaum unterscheidet, wird bei vorhandener LL stets näher zum Fahrbahnrand gefahren. Diese Unterschiede treten vor allem bei längeren Streckenabschnitten mit unbeeinflusster Fahrt auf (< 0 + 800 m, 2 + 650 bis 2 + 850 m, > 3 + 000 m). Dabei orientieren sich die Fahrer an der rechten seitlichen Leitlinie. In Begegnungsfällen und in kurvenreichen Sektionen fallen die Unterschiede im Spurverhalten zwischen den Varianten geringer aus. Die seitlichen Leitlinien werden überfahren und die Fahrer orientieren sich vor allem bei Gegenverkehr zum Fahrbahnrand hin. Beim Überholvorgang wird bei beiden AS ein größerer Abstand zum Radfahrer eingehalten (1,81-1,91 m) als bei der LL mit 1,50 m. Dabei fährt der Radfahrer in einem Abstand von 0,50 m vom Fahrbahnrand entfernt.

Bei vorhandener LL (0,47 m) wird im Mittel signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren ($p < .001$) als bei beiden AS (AS 0,75 m: 0,78 m, AS 1,00 m: 0,87 m), allerdings ist bei dieser Strecke auch eine homogenere Spurführung zu verzeichnen. Während die SDLP hier nur 0,35 m beträgt, variiert das Spurverhalten bei beiden AS mit 0,47 m. Diese Abweichungen beruhen auf dem veränderten Fahrverhalten mit den stetigen Anpassungen.

4.1.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Geschwindigkeit V_{85}

Die Geschwindigkeitsgrafiken zeigen, dass die höchsten Geschwindigkeiten bei vorhandener LL gefahren werden (vgl. Bild 4.3). Auf Geraden und in Kurven mit großen Radien (< 1 + 450 m) sind diese Unterschiede deutlich sichtbar. Hierbei liegen die V_{85} durchschnittlich 13 km/h über denen bei breitem AS. Die Unterschiede zwischen den AS-Varianten fallen weniger deutlich aus, allerdings wird beim schmalen AS eine bis zu 5 km/h höhere V_{85} festgestellt. Bei beiden AS wird ein homogeneres Ge-

schwindigkeitsverhalten gezeigt, Geschwindigkeitsanpassungen aufgrund von Gegenverkehr oder kurvenreichen Sektionen sind kaum vorhanden. Bei der LL treten dagegen höhere Schwankungen auf, ab dem Messzeitpunkt 1 + 500 zeigen sich wegen des Überholvorganges vom Radfahrer und Kurven mit kleinen Radien niedrigere Geschwindigkeiten.

Die gemittelten V_{85} über die gesamte Strecke belegen die Unterschiede zwischen den Varianten. Bei der LL werden mit 107 km/h signifikant höhere V_{85} als beim schmalen ($p < .001$) und breiten AS ($p < .001$) ermittelt. Auch zwischen den Varianten zeigt sich, dass beim schmalen AS mit 102 km/h höhere V_{85} festgestellt werden, als beim breiten AS mit 99 km/h ($p < .001$).

Spurverhalten

Die Spurführung der drei Varianten zeigt über die gesamte Strecke einen ähnlichen Verlauf (vgl. Bild 4.4). Es treten übereinstimmende Ergebnisse mit der 6,00 m breiten Fahrbahn auf. Zwischen beiden Varianten der AS werden keine Unterschiede deutlich. Dagegen wird bei vorhandener LL stets näher zum Fahrbahnrand gefahren. Bei unbeeinflusster Fahrt, sowohl ohne ($< 0 + 600$ m) als auch mit Seitenraumbepflanzung in Form einer Allee ($> 2 + 300$ m), werden diese Unterschiede besonders deutlich. Eine Ausnahme findet in der Allee beim Messzeitpunkt an Station 2 + 500 m statt. Bei Strecken mit AS orientieren sich die Fahrer hin zum Fahrbahnrand aufgrund eines entgegenkommenden Busses. Bei unbeeinflusster Fahrt wird die Kernfahrbahn beim breiten AS nur zu Beginn eingehalten. Beim schmalen AS orientieren sich die Fahrer dagegen häufiger an der rechten seitlichen Leitlinie. In kurvenreichen Streckenabschnitten

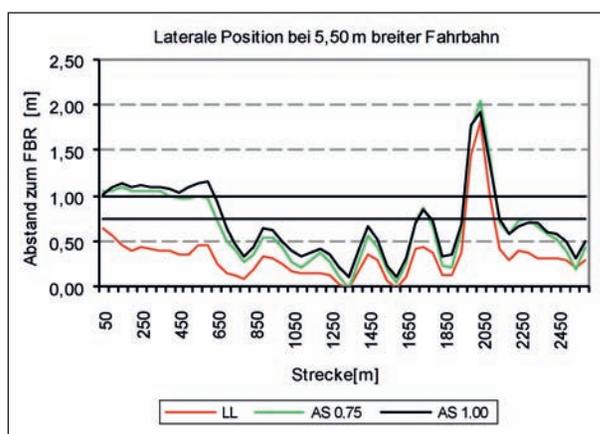


Bild 4.4: Abstand zum Fahrbahnrand bei 5,50 m breiter Fahrbahn (N = 59)

und während Begegnungen findet eine Anpassung des Spurverhaltens bei Strecken mit AS statt, indem näher zum Fahrbahnrand gefahren wird. Die seitlichen Leitlinien werden überfahren, um die AS in ihrer kompletten Breite mit zu benutzen. Trotz dieser Anpassungen halten die Fahrer auch in diesen Situationen einen tendenziell größeren Abstand zum Fahrbahnrand ein. Die geringsten Abstände in Bild 4.4 treten stets unmittelbar vor bzw. während der Begegnungsfälle auf. Eine ähnliche Spurverlagerung tritt während des Überholvorganges vom Radfahrer auf (1 + 900 bis 2 + 150 m). Die Fahrer halten dabei einen ausreichenden Abstand zu diesem ein. Bei der LL beträgt er 1,32 m, bei den AS zwischen 1,53 m und 1,65 m. Dabei fährt der Radfahrer in einem Abstand von 0,5 m vom Fahrbahnrand entfernt.

Über die gesamte Strecke wird bei vorhandener LL (0,35 m) im Mittel signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren ($p < .001$) als bei beiden AS (AS 0,75 m: 0,65 m, AS 1,00 m: 0,71 m). Letztere unterscheiden sich dagegen nicht bedeutsam. Übereinstimmend zu den Ergebnissen der 6,00 m breiten Fahrbahn wird bei der LL homogener gefahren (SDLP: LL: 0,35 m, AS: jeweils 0,44 m).

4.1.3 Fahrbahnbreite B = 5,00 m

Geschwindigkeit V_{85}

Beim schmalen Querschnitt treten kaum erkennbare Unterschiede in den Geschwindigkeitsgraphen der V_{85} auf (vgl. Bild 4.5). Die höchsten V_{85} -Geschwindigkeiten werden generell auf langen Geraden bei unbeeinflusster Fahrt ($< 0 + 800$ m) und im Begegnungsfall (3 + 400 bis -4 + 100 m) festgestellt. Bei Gegenverkehr in Kurven stellen sich bis zu

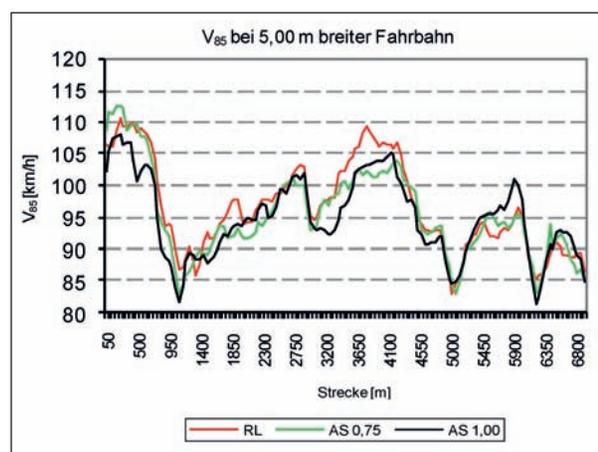


Bild 4.5: V_{85} bei 5,00 m breiter Fahrbahn (N = 59)

20 km/h geringere V_{85} -Geschwindigkeiten ein, wobei die geringsten Geschwindigkeiten beim Begegnungsfall Pkw – Bus (1 + 250 m, 6 + 600 m) zu beobachten sind. Die gleichen V_{85} treten während der Begegnung Pkw-Pkw (5 + 000 m), die in der Kurve mit dem kleinsten Radius ($R = 130$ m) erfolgt, auf.

Die gemittelten V_{85} über die gesamte Strecke nehmen bei der RL mit 97 km/h die höchsten Werte an ($p < .001$). Bei den AS liegen die Geschwindigkeiten auf einem identischem Niveau (AS 0,75 m: 96 km/h, AS 1,00 m: 95 km/h). Diese Differenz erscheint allerdings in Bezug auf die gesamte Strecke wegen weiterer Einflussfaktoren praktisch wenig bedeutsam.

Spurverhalten

Auch beim schmalen 5,00 m breiten Querschnitt gibt es bei den Varianten einen ähnlichen Verlauf im Spurverhalten (vgl. Bild 4.6). Allerdings sind die Unterschiede zwischen herkömmlicher Markierung (RL) und AS nicht so deutlich, da den Fahrern generell eine geringere Fahrbahnbreite zur Verfügung steht. Ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand zeigt sich bei den AS lediglich bei unbeeinflusster Fahrt auf Geraden und in Linkskurven. Letztere werden stärker geschnitten als vergleichbare Abschnitte mit RL. Die seitlichen Leitlinien werden weitestgehend überfahren. In Begegnungsfällen sind die Abstände zum Fahrbahnrand am geringsten. Bei allen Varianten wird direkt am Fahrbahnrand teils auch auf dem Bankett gefahren, um einen ausreichenden Abstand zu entgegenkommenden Fahrzeugen einzuhalten. Die AS werden demnach in ihrer gesamten Breite benutzt. Eine identische Spurverlagerung tritt während des Überholvorganges Pkw – Rad (2 + 150 m) auf. Es wird bei jeder Variante ein ca. 0,60 m höherer Abstand zum Rad

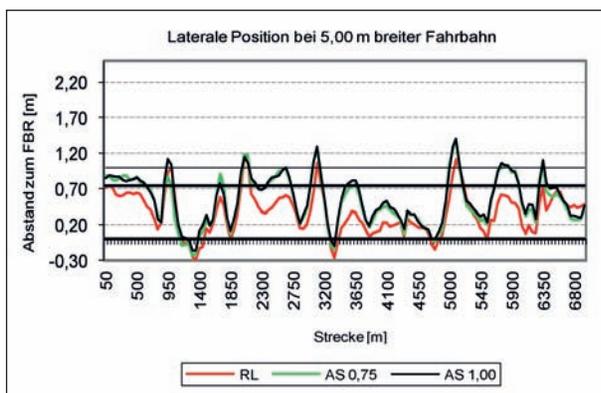


Bild 4.6: Abstand zum Fahrbahnrand bei 5,00 m breiter Fahrbahn (N = 59)

eingehalten, was vermutlich mit der geringen Fahrbahnbreite zusammenhängt. Dabei fährt der Radfahrer in einem Abstand von 0,50 m vom Fahrbahnrand entfernt.

Der durchschnittliche Abstand zum Fahrbahnrand ist bei vorhandener RL mit 0,35 m signifikant geringer ($p < .001$) als beim schmalen (0,53 m) und breiten AS (0,57 m). Konträr zu den bisherigen Ergebnissen liegt die SDLP bei allen Varianten zwischen 0,41 und 0,43 m.

4.1.4 Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass seitliche Leitlinien Einfluss auf das Fahrverhalten haben.

Für die Validität der Ergebnisse spricht, dass bei breiteren Querschnitten höhere V_{85} -Geschwindigkeiten ermittelt werden als beim schmalen, wobei die Linienführung mit berücksichtigt werden muss. So sind die höheren Geschwindigkeiten auf den Strecken mit 5,50 m breiter Fahrbahn im Vergleich zum 6,00 m breiten Querschnitt mit der gestreckten Linienführung erklärbar. Bei den Strecken mit bewegter Streckenführung (FB 6,00 m, 5,00 m) fällt ebenfalls auf, dass vor allem in kurvenreichen Sektionen mit Gegenverkehr Geschwindigkeitsreduktionen stattfinden, um sich an die veränderten Bedingungen anzupassen.

Der Vergleich zwischen den untersuchten Varianten (LL/RL, AS) zeigt, dass bei 6,00 m Fahrbahnbreite konträre Ergebnisse auftreten als bei 5,50 m und 5,00 m breiten Fahrbahnen. Personen fahren beim schmalen AS schneller als bei der mittleren Leitlinie und dem breiten AS. Die visuelle Verengung scheint vor allem auf Geraden eher konträr zu wirken. Die 4,50 m breite Kernfahrbahn suggeriert dem Fahrer, mehr Fahrbahnfläche zur Verfügung zu haben, die zu höheren Geschwindigkeiten verleitet. Bei der 5,50 m breiten Fahrbahn werden dagegen bei der herkömmlichen Markierung (LL, RL) bis zu 8 km/h höhere V_{85} festgestellt. Durch die gestreckte Linienführung sowie die Fahrstreifenbegrenzungslinien fühlen sich die Personen sicherer, da eine klare visuelle Abgrenzung zum Gegenverkehr besteht. Daraus resultieren höhere Geschwindigkeiten. Beim schmalen Querschnitt werden annähernd gleiche Geschwindigkeiten ermittelt, sodass die Wirkung der visuellen Fahrbahnverengung nachlässt. Allerdings werden bei diesem Querschnitt auch drei Fahrbahnen miteinander verglichen, die im Erscheinungsbild ähnlich sind und

V ₈₅	FB 6,00 m	FB 5,50 m	FB 5,00 m
LL/RL RL	97 km/h	107 km/h	97 km/h
AS 0,75 m	100 km/h	102 km/h	96 km/h
AS 1,00 m	98 km/h	99 km/h	95 km/h
Δ	+2/+1 km/h	-5/-8 km/h	-1/-2 km/h

Tab. 4.1: Übersicht zu den V₈₅ über die gesamte Strecke in Abhängigkeit der Fahrbahnbreite (N = 59)

im Vorher-/Nachher-Vergleich keine Fahrtrichtungstrennung aufweisen (vgl. Tabelle 4.1).

Zwischen den Varianten der AS zeigt sich vor allem bei gestreckter Linienführung (Fahrbahnbreite 5,50 m), dass breitere Ausweichstreifen aufgrund der stärkeren visuellen Fahrbahnverengung zu geringeren Geschwindigkeiten führen.

Maßgeblichen Einfluss hat die neue Markierung auf das Spurverhalten. So wird ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand (0,18-0,40 m) eingehalten, wobei sich diese Unterschiede mit abnehmender Fahrbahnbreite reduzieren. Die Veränderungen im Spurverhalten sind auf die unterschiedliche optische Führung der Markierung zurückzuführen. Der geringere Abstand zum Fahrbahnrand resultiert bei den herkömmlichen Markierungen aus der klaren Kennzeichnung der Fahrstreifen- bzw. Fahrbahnbegrenzung. Bei den seitlichen Leitlinien wird der Fahrer dagegen aufgrund deren Positionierung auf der Straße mehr zur Fahrbahnmitte geführt. Im Begegnungsfall und bei bewegter Linienführung passen die Fahrer ihr Spurverhalten an, in dem sie die Ausweichstreifen mit nutzen, um entgegenkommende Fahrzeuge mit sicherem Abstand zu passieren und mögliche Kollisionen zu vermeiden (vgl. van der KOOI, 2000/2001; FROSSARD, 2006). Die Unterschiede zwischen den Varianten nehmen mit geringerer Fahrbahnbreite und bewegter Streckenführung ab. Das homogenere Spurverhalten bei Strecken mit mittlerer Leitlinie erklärt sich durch die Fahrstreifenbegrenzungslinien, die dem Fahrer unmittelbar auf der linken und rechten Seite eine optische Führung geben, um seinen Fahrstreifen einzuhalten. Die seitlichen Leitlinien führen dagegen aufgrund der Anpassungen an unterschiedliche Verkehrssituationen (Geraden, Kurven, Gegenverkehr) zu häufigeren Wechseln in der Spurführung, die sich in höheren Abweichungen (SDLP) widerspiegeln.

In den Alleen wurden keine verkehrskritischen Situationen wegen der zusätzlichen Seitenraumbepflanzung beobachtet, auch nicht im Begegnungs-

Abstand	FB 6,00 m	FB 5,50 m	FB 5,00 m
LL/RL RL	47 cm	35 cm	35 cm
AS 0,75 m	78 cm	65 cm	53 cm
AS 1,00 m	87 cm	71 cm	57 cm
Δ	+31/+40 cm	+30/+36 cm	+18/+22 cm

Tab. 4.2: Übersicht zu den gemittelten Abständen zum Fahrbahnrand über die gesamten Strecken in Abhängigkeit der Fahrbahnbreite (N = 59)

fall. Die Fahrer zeigen ein ähnliches Fahrverhalten wie bei den Abschnitten ohne Seitenraumbepflanzung. Das heißt, die Geschwindigkeiten unterscheiden sich lediglich bei gestreckter Linienführung und das Spurverhalten wird entsprechend der Verkehrssituation angepasst. Im Begegnungsfall wird dabei teils ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand und damit zu den Bäumen eingehalten. Die Unterschiede zwischen den drei Varianten fallen ebenfalls mit abnehmender Fahrbahnbreite geringer aus. Es gibt demnach keine zusätzlichen Sicherheitsrisiken durch die Seitenraumgestaltung in Kombination mit seitlichen Leitlinien.

Beim Überholvorgang Pkw – Rad werden bei den Ausweichstreifen größere Überholabstände (bis 0,20-0,40 m) eingehalten, sodass die Sicherheit für Radfahrer bei breiteren Querschnitten (B = 6,00 m, B = 5,50 m) diesbezüglich steigt. Beim schmalen Querschnitt treten aufgrund der geringen Fahrbahnbreite keine Unterschiede zwischen den Varianten auf.

4.2 Einfluss des Strich-Lücke-Verhältnisses

Bei der 5,50 m breiten Fahrbahn wurde zusätzlich zur Breite des AS exemplarisch das Strich-Lücke-Verhältnis variiert. Neben dem sonst abgetragenen Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 ist aus ökonomischen Gründen ein Strich-Lücke-Verhältnis 1:2 untersucht worden.

Wie in Bild 4.7 erkennbar, unterscheiden sich die V₈₅-Geschwindigkeiten bei den einzelnen Varianten. Vor allem auf den Geraden ohne Gegenverkehr (< 0 + 650 m) werden bei einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:2 bis 10 km/h höhere Geschwindigkeiten festgestellt als bei einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1. Zeitgleich wird bei Letzterem ein homogeneres Geschwindigkeitsverhalten ermittelt. Beim breiten AS mit einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1

treten während der gesamten Fahrt die geringsten Geschwindigkeiten auf. Dagegen reduzieren sich die Unterschiede zwischen dem schmalen AS mit einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 und den AS im Strich-Lücke-Verhältnis 1:2 in kurvenreichen Sektionen und in Begegnungsfällen.

Der Vergleich der mittleren V_{85} zeigt, dass beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:2 die höchsten Ge-

schwindigkeiten berechnet werden (beim schmalen AS 105 km/h, beim breiten AS 103 km/h). Beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 ergibt sich das gleiche Ergebnis (AS 0,75 m: 102 km/h vs. AS 1,00 m: 99 km/h). Im statistischen Vergleich sind die Unterschiede zwischen den Varianten stets signifikant (vgl. Tabelle 4.3). Dabei sei zusätzlich erwähnt, dass die mittlere V_{85} bei vorhandener LL mit 107 km/h höher ist als bei allen untersuchten AS.

Im Spurverhalten zeigen sich kaum Unterschiede zwischen den Varianten, hier hat das variierte Strich-Lücke-Verhältnis keinen Einfluss (vgl. Bild 4.8).

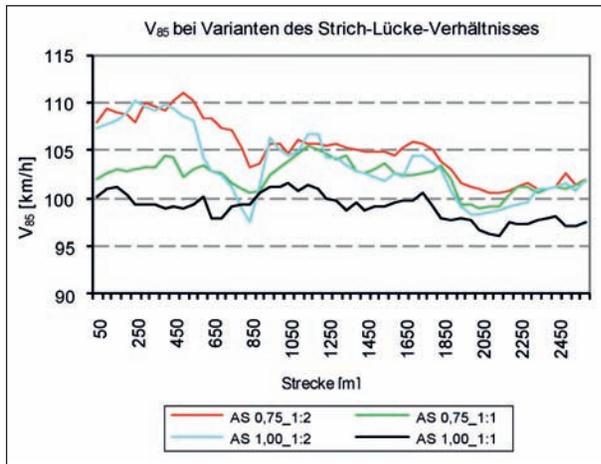


Bild 4.7: V_{85} des variierten Strich-Lücke-Verhältnisses (N = 59)

Interpretation der Ergebnisse

Während das variierte Strich-Lücke-Verhältnis auf das Spurverhalten keinen nachweisbaren Einfluss ausübt, zeigen sich zum Teil deutliche Unterschiede in den gefahrenen Geschwindigkeiten. Beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 wird vor allem bei unbeeinflusster Fahrt auf Geraden langsamer gefahren, während die Unterschiede in kurvenreichen Sektionen und bei Gegenverkehr weniger deutlich ausfallen. Die mittleren V_{85} verdeutlichen, dass beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 insgesamt langsamer gefahren wird. Diese geringeren Geschwindigkeiten sind nach GIBSON (1986) auf den stärker wirkenden optischen Fluss zurückzuführen. Die höhere Frequenz der Striche bewirkt eine bessere Wahrnehmung der eigenen Geschwindigkeit beim Fahrer, da mehr Hinweisreize in der Umgebung vorhanden sind. Beim Vergleich beider AS mit einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 ergibt sich über die gesamte Strecke ein niedrigeres Geschwindig-

AS	0,75_1:2	0,75_1:1	1,00_1:2	1,00_1:1
0,75_1:2	-	< .001	< .001	< .001
0,75_1:1		-	.030	< .001
1,00_1:2			-	< .001
V_{85} [km/h]	105,11	102,28	103,44	99

Tab. 4.3: Ergebnisse der Bonferroni-Tests beim variierten Strich-Lücke-Verhältnis (N = 59)

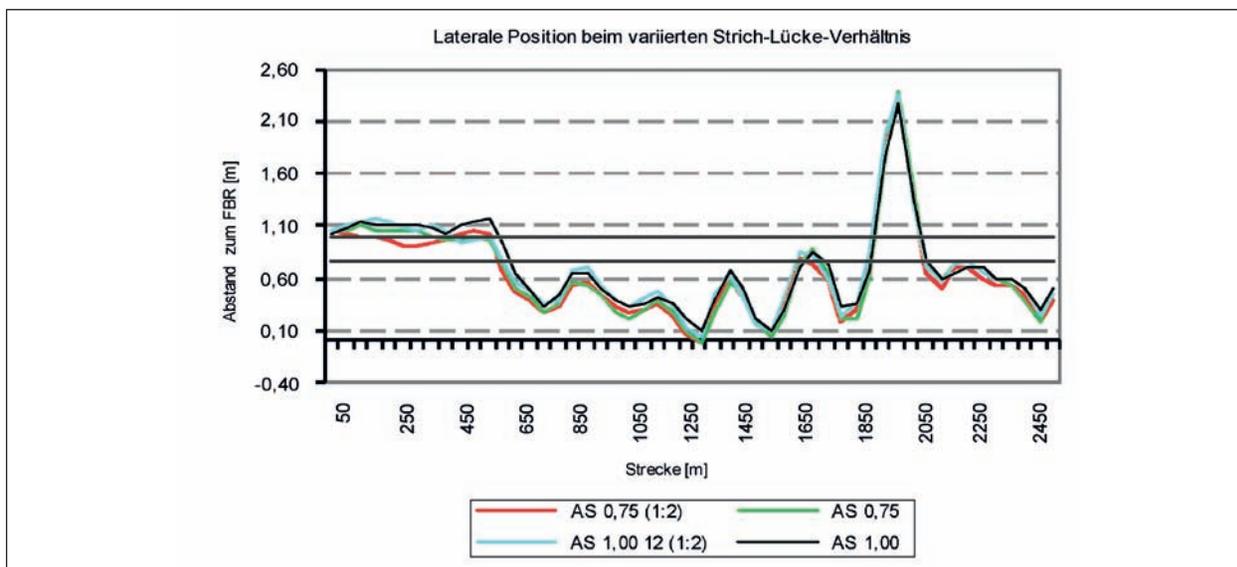


Bild 4.8: Abstand zum Fahrbahnrand beim variierten Strich-Lücke-Verhältnis (N = 59)

keitsniveau beim breiten AS. Hier scheint zusätzlich die visuelle Verengung der Fahrbahn zu wirken, so dass bei der vermeintlich schmalen Fahrbahn langsamer gefahren wird. Gleiche Tendenzen sind auch bei dem Vergleich der AS mit einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:2 vorhanden. Der Einfluss des Strich-Lücke-Verhältnisses hat allerdings im Vergleich zur visuellen Verengung den größeren Effekt, da beim breiten AS mit einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:2 dennoch schneller gefahren wird als beim schmalen AS mit einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1. Anzumerken ist weiterhin, dass bei vorhandener LL durchschnittlich höhere Geschwindigkeiten gefahren werden als bei den AS, unabhängig vom Strich-Lücke-Verhältnis. Der eindeutig abgetragene Fahrstreifen führt aufgrund der optischen Führung zu einem höheren Sicherheitsempfinden (vgl. Kapitel 7.1), das wiederum höhere Geschwindigkeiten zur Folge hat.

4.3 Zusammenfassung

Es treten nachweislich Änderungen im Fahrverhalten durch die unterschiedlichen Markierungsvarianten auf. Dabei haben sowohl die Breite des AS als auch das Strich-Lücke-Verhältnis maßgeblich Einfluss auf das Fahrverhalten. Das Strich-Lücke-Verhältnis hat den stärksten Effekt auf die gefahrenen Geschwindigkeiten. So wird beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 signifikant langsamer gefahren im Vergleich zum Strich-Lücke-Verhältnis 1:2, vor allem in Kombination mit einem breiten Ausweichstreifen. Die Ergebnisse zur Breite der Ausweichstreifen zeigen unterschiedliche Geschwindigkeitsveränderungen. Deutliche Reduktionen zeigen sich bei gestreckter Linienführung ($B = 5,50$ m) auf Geraden ohne Gegenverkehr. Bei bewegter Linienführung treten kaum praktisch bedeutsame Unterschiede auf. Beim schmalen Querschnitt finden ebenfalls leichte Reduktionen statt, beim 6,00 m breiten Querschnitt und schmalen Ausweichstreifen treten tendenziell höhere Geschwindigkeiten auf. Zusammenfassend zeigt sich, dass Kernfahrbahnen ab einer Breite von 4,50 m eher geschwindigkeitserhöhend wirken und Breiten $< 4,50$ m eher einen reduzierenden Effekt haben. Diese Reduktionen treten stärker bei breiten Ausweichstreifen auf.

Den stärkeren Effekt hat die neue Markierung auf das Spurverhalten. Die Personen fahren bei unbeeinflusster Fahrt vor allem auf Geraden und in Linkskurven mit größerem Abstand zum Fahrbahnrand, dabei wird beim breiten Ausweichstreifen ten-

denziell weiter links gefahren als beim schmalen. Von der Kernfahrbahn wird bei unbeeinflusster Fahrt desto häufiger abgewichen, je geringer ihre Breite ist. Im Begegnungsfall finden die gewünschten Veränderungen im Spurverhalten statt. Die Fahrer orientieren sich zum Fahrbahnrand, wobei die gesamte Fläche der Ausweichstreifen benutzt wird. Diese Anpassungen erfolgen dabei kontinuierlich. Die Unterschiede zwischen den Varianten reduzieren sich allerdings mit abnehmender Fahrbahnbreite, da den Fahrern insgesamt weniger Fläche zur Verfügung steht. Für den Einsatz von breiten Ausweichstreifen spricht, dass bei breiten Querschnitten und unbeeinflusster Fahrt ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird als beim schmalen. Des Weiteren trat auch in Begegnungsfällen bei schmalen Querschnitten keine Bankettnutzung auf. Probleme beim Überholvorgang von Radfahrern waren bei beiden Ausweichstreifen nicht zu beobachten.

Aus den Resultaten wird für die Umsetzung auf den Messstrecken ein breiter Ausweichstreifen (1,00 m) mit einem Strich-Lücke-Verhältnis von 1:1 empfohlen.

5 Ergebnisse der Untersuchung im Fahrsimulator – Streckenabschnitte

5.1 Einfluss der Ausweichstreifenbreite

Nach Betrachtung der gesamten Strecke werden ausgewählte Abschnitte betrachtet, um den Einfluss der Markierung getrennt bei unbeeinflusster Fahrt und im Begegnungsfall zu prüfen. Der Ort der Begegnung ist dabei geschwindigkeitsabhängig. Es werden erneut die herkömmlichen Markierungen (LL, RL) mit den Varianten der AS (0,75 m, 1,00 m) verglichen, die in einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 abgetragen sind. Auf das exemplarisch variierte Strich-Lücke-Verhältnis 1:2 wird in Kapitel 5.2 eingegangen.

Bei der Gegenüberstellung von unbeeinflusster Fahrt und Begegnungsfall wird darauf geachtet, Abschnitte mit ähnlicher Charakteristik zu vergleichen, um die „Ceteris paribus“-Bedingung einzuhalten. Durch die Nachbildung der Messstrecken konnte dies nicht immer umgesetzt werden, sodass geringe Abweichungen in Radien bzw. Abschnittslängen

vorhanden sind. Die Auswertung der Daten erfolgt an ausgewählten Messzeitpunkten (vgl. Kapitel 3.2.5).

Eine Darstellung der gesamten Fahrverhaltensmaße für die betrachteten Abschnitte und Verkehrssituationen befindet sich in Anhang D.

5.1.1 Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m

Fahrverhalten bei unbeeinflusster Fahrt

Geschwindigkeiten

Die Gerade ist 500 m lang und liegt am Anfang der Strecke. Hier werden im Vergleich zur Rechts- und Linkskurve höhere Geschwindigkeiten berechnet. Obwohl sich die mittleren Geschwindigkeiten (90-94 km/h) in den Varianzanalysen mit Messwiederholung statistisch nicht unterscheiden, sind in den V_{85} deutliche Differenzen zwischen den Markierungsvarianten erkennbar (vgl. Bild 5.1). Beim schmalen AS treten in der Geraden bis 8 km/h höhere V_{85} auf.

Die untersuchte Linkskurve besteht aus Übergangsbogen und Kreisbogen, hat einen Radius von $R = 265$ m und eine Länge von 80 m. Sowohl die mittleren Geschwindigkeiten zwischen 82 und 84 km/h als auch die V_{85} mit 94-97 km/h unterscheiden sich kaum zwischen den einzelnen Varianten (vgl. Bild 5.1).

Die Rechtskurve, gekennzeichnet durch Übergangsbogen – Kreisbogen – Übergangsbogen, hat einen Radius von $R = 278$ m und ist 161 m lang. Die mittleren Geschwindigkeiten von 84-86 km/h und die V_{85} liegen auf einem ähnlichen Niveau (vgl. Bild 5.1). Am Klothoidenende stellen sich tendenziell bei vorhandener LL höhere Geschwindigkeiten ein.

Interpretation

Die höchsten V_{85} -Geschwindigkeiten treten auf der Geraden auf. Dies ist vor allem auf die Streckengeometrie (500 m Länge, Lage am Streckenanfang) zurückzuführen, da die Fahrer ihre Geschwindigkeit durch die unbeeinflusste Fahrt frei wählen. Die hohen Sichtweiten führen zusätzlich dazu, dass die Fahrer im Vorfeld erkennen, dass mit keinen entgegenkommenden Fahrzeugen zu rechnen ist und somit keine Geschwindigkeitsanpassungen erfolgen müssen. Letzteres gilt unter anderem auch in den Kurven, in denen keine Verzögerungen zu Kurvenbeginn auftreten. Durch den

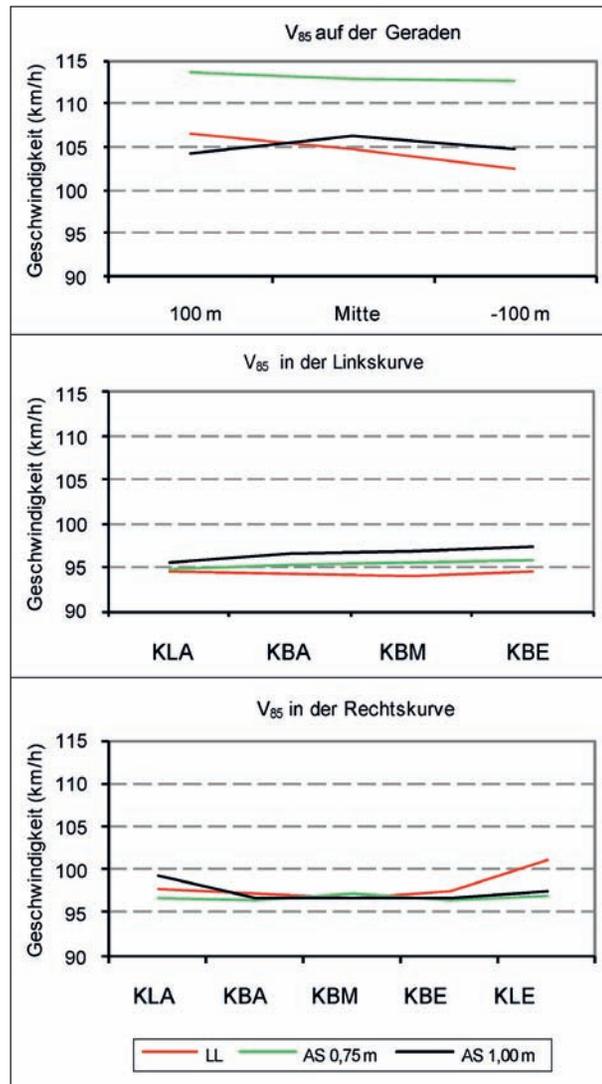


Bild 5.1: V_{85} auf der Geraden, in der Linkskurve ($R = 265$ m) und in der Rechtskurve ($R = 278$ m) bei 6,00 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt ($N = 59$)

Einfluss der Streckengeometrie werden etwa 10 km/h geringere V_{85} als in der Geraden ermittelt. Die fehlenden Unterschiede zwischen den Varianten zeigen, dass seitliche Leitlinien in diesen Abschnitten keine Geschwindigkeitsreduktionen bewirken. Bei langer Fahrt in der Geraden hat der schmale AS sogar eine geschwindigkeitserhöhende Wirkung. Die 4,50 m breite Kernfahrbahn suggeriert dem Fahrer, einen sehr breiten Fahrstreifen zur Verfügung zu haben, sodass bedingt durch das hohe Sicherheitsempfinden höhere Geschwindigkeiten gefahren werden (WILDE, 1982). Folglich wird der Effekt der visuellen Fahrbahnverengung erst ab geringeren Kernfahrbahnbreiten wirksam. So werden beim breiten Ausweichstreifen (Kernfahrbahn 4,00 m) trotz breiteren „Fahrstreifens“ vergleichbare Geschwindigkeiten in den Geraden gefahren wie bei der mittleren Leitlinie (Fahrstreifen-

breite 3,00 m). Die Ergebnisse bestätigen Befunde von van der KOOI (2000-2001) und HERRSTEDT (2007), die ebenfalls keine Veränderungen in den Geschwindigkeiten beobachteten.

Spurverhalten

Das Spurverhalten nimmt auf den drei Streckenabschnitten zwischen den jeweiligen Varianten einen ähnlichen Verlauf.

Auf der Geraden bleibt die Spurführung innerhalb einer Variante relativ konstant (Bild 5.2). Es treten signifikante Unterschiede im mittleren Abstandsverhalten zwischen den AS und der LL auf ($p < .001$). So wird bei der LL im Mittel 0,60 m näher zum Fahrbahnrand gefahren. Die AS unterscheiden sich nicht bedeutsam, auch wenn beim breiten AS tendenziell mehr in Fahrbahnmitte gefahren wird. Dabei wird die Kernfahrbahn beim schmalen AS von 64 % und beim breiten von 41 % der Probanden eingehalten. Bei diesen beiden Varianten tritt allerdings auch eine höhere SDLP mit 0,55 m auf, d. h. die Fahrer variieren in ihrer Spurführung stärker. Bei der LL fällt die SDLP dagegen mit 0,35 m geringer aus.

In der Linkskurve ($R = 265$ m) wird mit zunehmender Kurvendurchfahrt mit größerem Abstand zum Fahrbahnrand gefahren (vgl. Bild 5.3). Zu Klothoidenbeginn orientieren sich die Personen eher zum Fahrbahnrand (LL: 0,20 m, AS 0,75 m: 0,38 m, AS 1,00 m: 0,42 m) und erhöhen den Abstand bis zur Kreisbogenmitte auf 0,60 m, 0,92 m bzw. 1,03 m. Dieser Abstand wird dann beibehalten. Analog zu den Ergebnissen auf der Geraden wird bei der LL während der gesamten Kurvendurchfahrt signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren ($p < .001$). Die AS unterscheiden sich lediglich am Kreisbogenende bedeutsam ($p = .036$). Demnach wird beim breiten AS 0,21 m mehr zur Fahrbahnmitte gefahren. Zu Kurvenbeginn werden die seitlichen Leitlinien von fast allen Personen überfahren (AS 0,75 m: 84 %, AS 1,00 m: 97 %). Ab Kreisbogenmitte halten dagegen etwa 75 % der Fahrer beim schmalen und 70 % beim breiten AS die Kernfahrbahn ein. Hinsichtlich der Spurvariabilität kommt es ab Kreisbogenmitte zu Unterschieden, sodass die homogenere Spurhaltung bei der LL erfolgt (LL: 0,37 m vs. AS: 0,52 bis 0,59 m).

In der Rechtskurve ($R = 278$ m) verläuft das Abstandsverhalten konträr zu dem in der Linkskurve (Bild 5.4). Zum Klothoidenanfang wird der größte Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten (LL:

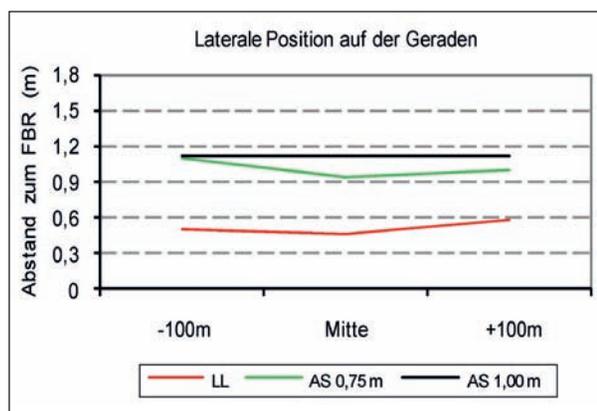


Bild 5.2: Spurverhalten auf der Geraden bei 6,00 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt (N = 59)

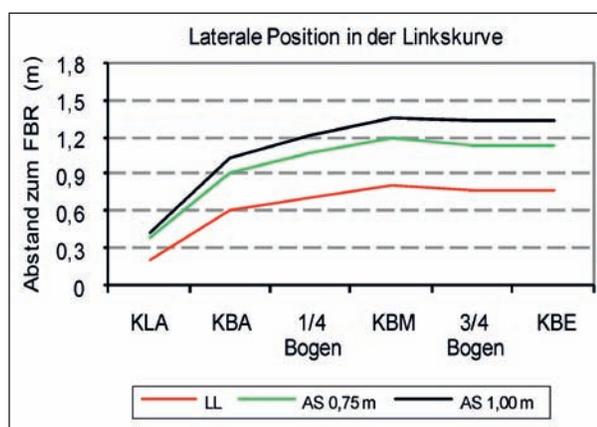


Bild 5.3: Spurverhalten in der Linkskurve ($R = 265$ m) bei 6,00 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt (N = 59)

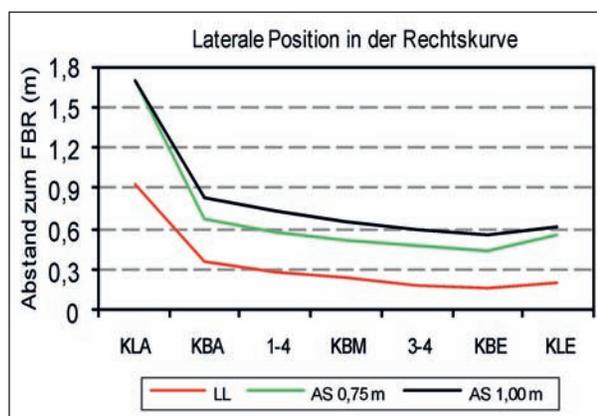


Bild 5.4: Spurverhalten in der Rechtskurve ($R = 278$ m) bei 6,00 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt (N = 59)

0,92 m, AS: 1,70 m). Dieser Abstand verringert sich zum Kreisbogenanfang erheblich und nimmt bis zum Klothoidenende geringfügig ab. Dabei wird bei der LL zu allen Messzeitpunkten signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren ($p < .001$). Signifikante Unterschiede zwischen den AS sind nicht

vorhanden. Während zum ersten Messzeitpunkt nur 5-15 % der Fahrer die seitlichen Leitlinien überfahren, nutzt ab Kreisbogenmitte die Mehrheit den AS (AS 0,75 m: 70-80 %, AS 1,00 m: 80-85 %). Die Spurvariabilität ist auf der Strecke mit LL (34 bis 0,43 m) geringer als bei den AS (AS 0,75 m: 0,38-0,65 m, AS 1,00 m: 0,44-0,64 m).

Interpretation

Auf der Geraden wird innerhalb der Varianten ein relativ konstanter Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten, da die unbeeinflusste Fahrt keine Anpassungen erfordert. Diese erfolgen in den Kurven. In der Linkskurve erhöht sich der Abstand zum Fahrbahnrand zunehmend mit der Kurvendurchfahrt. Dabei wird die Kurve mit AS leicht geschnitten, während sich die Fahrer bei mittlerer Leitlinie dieser annähern. In der Rechtskurve reduzieren die Fahrer ihren Abstand und fahren im Kreisbogen weiter rechts im Vergleich zur Geraden. Diese Veränderungen im Spurverhalten decken sich mit den Befunden von LEUTZBACH (1981). Die stärksten Anpassungsreaktionen erfolgen während der Klothoidendurchfahrt, da die Fahrer zu dieser Zeit den weiteren Kurvenverlauf gut einschätzen können. Entgegen den Ergebnissen zum Geschwindigkeitsverhalten zeigen sich im Spurverhalten deutliche Unterschiede zwischen den Varianten. So wird bei mittlerer Leitlinie stets näher zum Fahrbahnrand (Fahrstreifenmitte) gefahren, wobei die Leitlinie nicht überfahren wird. Bei den Strecken mit AS orientiert sich die Mehrheit der Fahrer auf der Geraden und in der Linkskurve an der rechten seitlichen Leitlinie. Während dieses Fahrverhalten auf der Geraden erwünscht ist, um ein mögliches Abkommen von der Straße zu reduzieren, sollen die Fahrer in Kurven die Ausweichstreifen wegen möglicher Begegnungsfälle mitbenutzen (Entwurf RAL, 2008). Dies wird in der Linkskurve durch die hohen Sichtweiten nicht umgesetzt. Folglich wird die Kurve geschnitten, um den Radius zu vergrößern (vgl. KÄMPFE et al., 2005). Gleiches erfolgt in der Rechtskurve, indem der Abstand zum Fahrbahnrand stark verringert wird. Bezüglich des Einhaltens von Kernfahrbahnen zeigt sich eine hohe Akzeptanz auf der Geraden und in der Linkskurve. Bei ähnlicher Kernfahrbahnbreite überfahren bei FROSSARD (2006) 4 von 5 Personen die seitlichen Leitlinien. Dies stimmt in der vorliegenden Untersuchung lediglich mit den Befunden zu der Rechtskurve überein. Die Ergebnisse zur Spurvariabilität decken sich

dagegen vollständig mit denen von FROSSARD (2006).

Fahrverhalten im Begegnungsfall

Die Begegnungsfälle der Probanden fanden auf allen untersuchten Streckenabschnitten statt, der Ort der Begegnung innerhalb dieses Abschnittes ist geschwindigkeitsabhängig und somit für jeden Probanden unterschiedlich (vgl. Kapitel 3.2.5). Im Folgenden wird das Geschwindigkeits- und Spurverhalten im Begegnungsfall erläutert.

Geschwindigkeiten

Die Gerade befindet sich zwischen einer Rechtskurve ($R = 185$ m) und einer Linkskurve ($R = 294$ m) und ist 125 m lang, sodass erste Messungen noch in der Rechtskurve erfolgen. Weder die mittleren Geschwindigkeiten von 80-83 km/h unterscheiden sich zwischen den Varianten statistisch bedeutsam, noch sind Unterschiede in den V_{85} erkennbar. Es werden mit 93-96 km/h ähnliche V_{85} festgestellt. Es kommt auch zu keiner Reduzierung während des Begegnungsprozesses (vgl. Bild 5.5).

Die Linkskurve ist 248 m lang und durch einen Übergangsbogen und einen Kreisbogen mit einem Radius von $R = 164$ m gekennzeichnet. In den mittleren Geschwindigkeiten (84-90 km/h) sind keine Unterschiede zwischen den Varianten nachzuweisen. In den V_{85} wird bis 100 m vor der Begegnung erkennbar, dass beim breiten AS bis 5 km/h langsamer gefahren wird (vgl. Bild 5.5). Die Fahrer reduzieren ihre Geschwindigkeit wegen des entgegenkommenden Fahrzeugs. Bei den AS ist diese bei 100 m vor der Begegnung abgeschlossen, bei der LL erfolgt sie bis 50 m davor.

Die Rechtskurve besteht aus einem Kreisbogen mit einem Radius $R = 303$ m und einer Länge von 134 m. Vor dieser Rechtskurve befindet sich eine 500 m lange Gerade. Die signifikanten Unterschiede zwischen den beiden AS 200 m und 100 m vor der Begegnung (200 m: $p = .032$, 100 m: $p = .033$) werden in den V_{85} deutlich sichtbar: Hier werden beim schmalen AS zwischen 7 und 12 km/h höhere V_{85} ermittelt. Weitere Unterschiede zwischen den Varianten konnten nicht nachgewiesen werden. Tendenziell werden auch während und nach der Begegnung beim schmalen AS bis 5 km/h höhere V_{85} festgestellt (vgl. Bild 5.5). Eine deutliche Geschwindigkeitsreduktion erfolgt lediglich beim schmalen AS bis 50 m vor der Begegnung.

Interpretation

Die hohen V_{85} -Geschwindigkeiten im Begegnungsfall resultieren wie bei unbeeinflusster Fahrt aus dem Sicherheitsempfinden (vgl. Kapitel 7.1) und der Streckencharakteristik. Die 6,00 m breite Fahrbahn bietet ausreichend Fläche für zwei Pkw, um sicher aneinander vorbeizufahren. Die fehlende Seitenraumgestaltung verleitet die Fahrer dazu, auch mit hoher Geschwindigkeit zum Fahrbahnrand ausweichen, sodass Geschwindigkeitsanpassungen während des Begegnungsprozesses selten erfolgen. Die geringen Unterschiede zwischen den Varianten zeigen, dass seitliche Leitlinien zu keiner Geschwindigkeitsreduktion führen, da die Fahrer ihr Spurverhalten rechtzeitig an die neue Verkehrsbedingung anpassen (vgl. Kapitel 6.2).

Der Vergleich zwischen unbeeinflusster Fahrt und Begegnungsfall zeigt, dass im Begegnungsfall auf

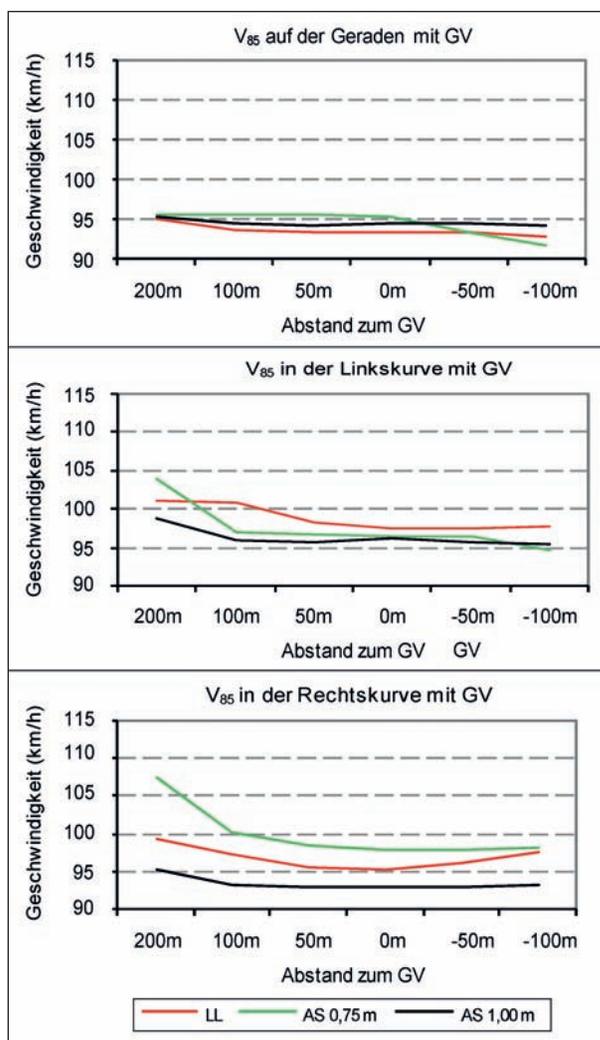


Bild 5.5: V_{85} auf der Geraden, in der Linkskurve ($R = 164$ m) in der Rechtskurve ($R = 303$) bei 6,00 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr ($N = 59$)

der Geraden langsamer und in den Kurven ähnlich schnell gefahren wird. Die Unterschiede auf der Geraden lassen sich auf die Streckencharakteristik zurückführen. So sind die Geraden im Begegnungsfall kürzer als bei unbeeinflusster Fahrt und die Geschwindigkeit wird durch den vorherigen Streckenverlauf (Rechtskurve) beeinflusst.

Spurverhalten

Das Spurverhalten auf der Geraden zeigt innerhalb des untersuchten Streckenabschnitts einen ähnlichen Verlauf zwischen den Varianten bei Gegenverkehr (vgl. Bild 5.6).

Auf der Geraden wird bereits vor der Begegnung relativ nah zum Fahrbahnrand gefahren. Dies resultiert aus der Streckengeometrie, da die Gerade nur 125 m lang ist. So liegen die ersten Messzeitpunkte noch in der Rechtskurve ($R = 185$ m), in der die Fahrer die AS mitbenutzen. Die Fahrer reduzieren ihren Abstand bis 100 m vor der Begegnung, erhöhen ihn anschließend um 0,1-0,15 m bis zur Begegnung. Nach der Begegnung nimmt der Abstand zum Fahrbahnrand weiter zu.

Ein konstanter Unterschied im Spurverhalten befindet sich zwischen der LL und dem breiten AS. So wird bei der LL stets signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren (vgl. Tabelle 5.1). Die Spurva-

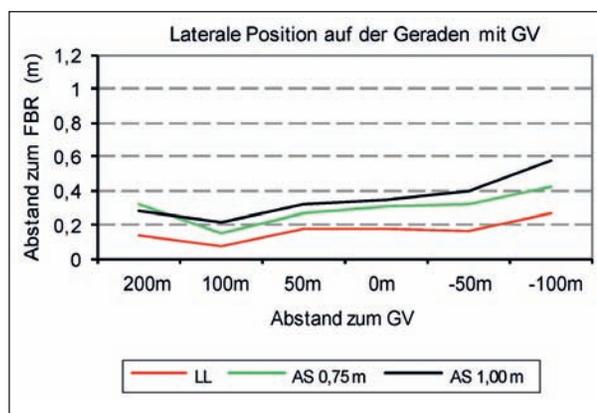


Bild 5.6: Spurverhalten auf der Geraden bei 6,00 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr ($N = 59$)

	200 m	100 m	0 m	-50 m	-100 m
LL & AS 0,75	.033	-	-	-	.018
LL & AS 1,00	.023	.011	.005	.049	< .001
AS 0,75 & AS 1,00	-	-	-	.048	.013

Tab. 5.1: Abstandsverhalten bei Gegenverkehr: signifikante Ergebnisse (Irrtums-p) der Bonferroni-Vergleichstests auf der 6,00 m breiten Geraden ($N = 59$)

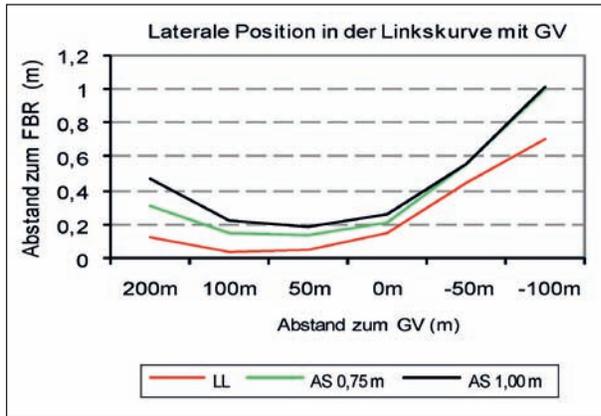


Bild 5.7: Spurverhalten in der Linkskurve (R = 164 m) bei 6,00 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr (N = 59)

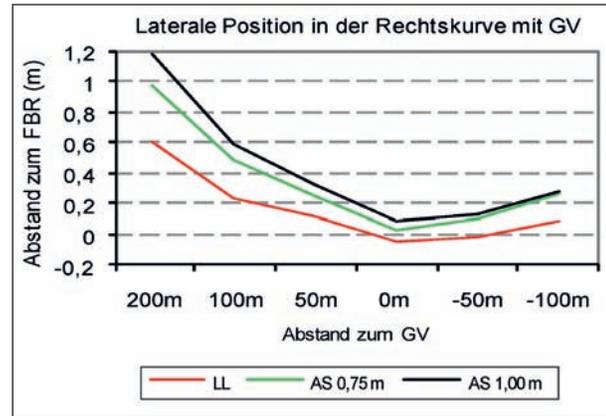


Bild 5.8: Spurverhalten in der Rechtskurve (R = 303 m) bei 6,00 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr (N = 59)

	200 m	100 m	0 m	-50 m	-100 m
LL & AS 0,75	.002	-	-	-	< .001
LL & AS 1,00	< .001	.035	.016	.033	< .001
AS 0,75 & AS 1,00	.022	-	-	-	-

Tab. 5.2: Abstandsverhalten bei Gegenverkehr: signifikante Ergebnisse (Irrtums-p) der Bonferroni-Vergleichstests in der 6,00 m breiten Linkskurve (N = 59)

	200 m	100 m	0 m	-50 m	-100 m
LL & AS 0,75	< .001	< .001	.017	.009	< .001
LL & AS 1,00	< .001	< .001	.001	.003	< .001
AS 0,75 & AS 1,00	.018	-	-	-	-

Tab. 5.3: Abstandsverhalten bei Gegenverkehr: signifikante Ergebnisse (Irrtums-p) der Bonferroni-Vergleichstests in der 6,00 m breiten Rechtskurve (N = 59)

riabilität fällt mit 0,30-0,40 m zwischen den drei Varianten ähnlich hoch aus.

In der Linkskurve (R = 164 m) nimmt der Abstand zum Fahrbahnrand bis 50 m vor der Begegnung ab, sodass die Fahrer unmittelbar am Fahrbahnrand fahren. Bis zur Begegnung erhöht er sich um 0,10 m und steigt nach der Begegnung um weitere 0,55 m bei der LL und 0,75 m bei den AS an.

In der Linkskurve ergeben sich ähnliche Ergebnisse wie auf der Geraden. Die Fahrer fahren bei der LL stets signifikant näher zum Fahrbahnrand als beim breiten AS (vgl. Tabelle 5.2). Die Abweichungen in der Spurführung liegen zwischen 0,30 und 0,42 m und unterscheiden sich kaum zu den einzelnen Messzeitpunkten.

In der Rechtskurve verringern die Fahrer ihren Abstand zum Fahrbahnrand kontinuierlich bis zur Begegnung. Bei der LL beträgt diese Verringerung 0,65 m, beim schmalen AS 0,95 m und beim breiten AS 1,09 m. Nach der Begegnung erhöhen sie ihren Abstand zum Fahrbahnrand wieder; bei der LL um 0,13 m und bei den AS um 0,19-0,24 m.

Auch in der Rechtskurve wird bei der LL signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren als beim breiten und schmalen AS (vgl. Tabelle 5.3). Während die Spurführung vor der Begegnung bei der Leitlinie

mit 0,28-0,34 m wesentlich homogener verläuft (AS: 0,31-0,70 m), sind während und nach der Begegnung kaum Unterschiede zwischen diesen (0,26-0,32 m) vorhanden.

Interpretation

Übereinstimmend mit den Ergebnissen bei unbeeinflusster Fahrt verläuft auch das Spurverhalten im Begegnungsfall innerhalb eines Abschnittes ähnlich. Dabei konnten keine kritischen Fahrweisen beobachtet werden. Die Fahrer reduzieren ihren Abstand bis zur unmittelbaren Begegnung und benutzen die Ausweichstreifen in der gesamten Breite, um mögliche Kollisionen zu vermeiden (vgl. van der KOOI, 2000/2001; HERRSTEDT, 2007). Die intendierten Anpassungen im Fahrverhalten nach RAL (Entwurf, 2008) an die neue Verkehrssituation werden demnach vorgenommen. Nach der Begegnung verlagern die Fahrer ihre Position wieder hin zur Fahrbahnmitte. Dabei nehmen die Unterschiede zwischen den Varianten im Vergleich zur unbeeinflussten Fahrt ab. Die Orientierung an den seitlichen Leitlinien wird somit durch die Verkehrssituation „Begegnungsfall“ und die damit verbundenen Spuranpassungen verringert, sodass sich der Einfluss der Markierung reduziert. Es wird allerdings auch in dieser Situation bei der mittleren Leitlinie vor allem im Vergleich zum breiten AS näher zum

Rand gefahren. Die Spurvariabilitäten liegen bei den Varianten in einem vergleichbaren Bereich, da ähnliche Anpassungen erfolgen.

5.1.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Fahrverhalten bei unbeeinflusster Fahrt

Geschwindigkeiten

Die Gerade ist 500 m lang und liegt am Streckenanfang. In den mittleren Geschwindigkeiten zeigen sich bereits signifikante Unterschiede ($p < .05$) zwischen der LL (96 km/h) und den AS (90-91 km/h), die in den V_{85} deutlich erkennbar sind (vgl. Bild 5.9). So werden bei der LL bis zu 15 km/h höhere Geschwindigkeiten ermittelt.

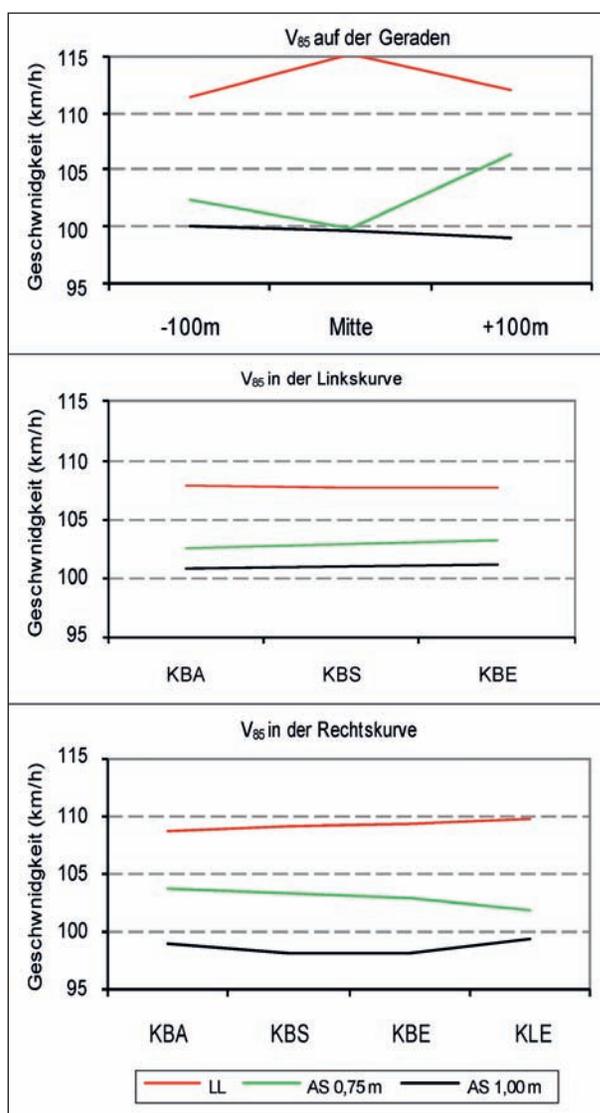


Bild 5.9: V_{85} auf der Geraden, in der Linkskurve ($R = 714$ m) und in der Rechtskurve ($R = 476$ m) bei 5,50 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt ($N = 59$)

Sowohl in der Links- als auch in der Rechtskurve reduzieren die Fahrer ihre Geschwindigkeit während der Kurvendurchfahrt nicht.

Die Linkskurve besteht aus einem Kreisbogen mit einem Radius von $R = 714$ m und einer Länge von 47 m. Die statistischen Unterschiede in den mittleren Geschwindigkeiten (LL: 95 km/h, AS: 92 km/h) werden in den V_{85} klar erkennbar. Bei der LL treten 5 km/h bzw. 7 km/h höhere V_{85} als beim schmalen bzw. breiten AS (vgl. Bild 5.9) auf.

Die Rechtskurve, gekennzeichnet durch Kreisbogen und Übergangsbogen, hat einen Radius von $R = 476$ m mit einer Länge von 123 m. Bereits in den mittleren Geschwindigkeiten wird bei der LL (94-95 km/h) signifikant schneller gefahren (AS 0,75 m: 91 km/h, AS 1,00 m: 89-90 km/h). Diese Unterschiede werden in den V_{85} größer (vgl. Bild 5.9) Hier fahren die Personen in der Kurvenmitte bis zu 12 km/h schneller.

Interpretation

Bei den drei Abschnitten werden innerhalb einer Variante relativ hohe und konstante Geschwindigkeiten festgestellt. Diese sind auf die unbeeinflusste Fahrt und die Streckencharakteristik (Gerade, Kurven mit großen Radien) zurückzuführen, die wegen der hohen Sichtweiten im weiteren Streckenverlauf gut erkennbar ist. Durch die gute Erkennbarkeit sind innerhalb der Kurvenbereiche keine Geschwindigkeitsreduktionen notwendig, da das Spurverhalten entsprechend angepasst wird.

Bei diesem Querschnitt wirkt sich die visuelle Fahrbahnverengung positiv aus, wobei Unterschiede zwischen den Varianten vor allem im oberen Geschwindigkeitsniveau auftreten. Die höheren Geschwindigkeiten bei der mittleren Leitlinie sind auf die Kennzeichnung des eigenen Fahrstreifens und das damit verbundene Sicherheitsgefühl zurückzuführen. Dagegen wirkt sich die visuelle Fahrbahnverengung ab einer Kernfahrbahnbreite von 4,00 m geschwindigkeitsreduzierend aus, da die seitlichen Leitlinien einen höheren optischen Fluss im Blickfeld erzeugen (vgl. GIBSON, 1986). Dafür spricht auch, dass die geringsten Geschwindigkeiten zumindest tendenziell bei der stärkeren Verengung (breiter AS) auftreten. Die seitlichen Leitlinien haben demnach bei gestreckter Linienführung einen geschwindigkeitsreduzierenden Effekt. Solche Geschwindigkeitsreduktionen finden bei ähnlicher Kernfahrbahnbreite auch van der KOOI (2000)

und FROSSARD (2006), allerdings fallen diese geringer aus.

Spurverhalten

Das Spurverhalten nimmt innerhalb der Varianten in den betreffenden Abschnitten (Gerade, Kurve) einen ähnlichen Verlauf, der relativ konstant bleibt.

Es treten signifikante Unterschiede zwischen der LL und den AS auf ($p < .001$). So wird auf der Geraden bei der LL mit 0,40-0,45 m Abstand deutlich näher zum Fahrbahnrand gefahren als bei den AS (0,98-1,11 m). Hier orientieren sich die Fahrer eher in Fahrbahnmitte (vgl. Bild 5.10). Dabei halten 68 % der Fahrer die Kernfahrbahn beim schmalen AS und 49 % die beim breiten AS ein. Die Spurvariabilitäten zeigen, dass bei der LL (0,34-0,38 m) eine homogenere Spurführung erfolgt (AS: 0,51-0,58 m). Dies ist auf die fehlende Fahrstreifenbegrenzung zurückzuführen.

In der Linkskurve ($R = 714$ m) erhöhen die Fahrer ihren Abstand zum Fahrbahnrand mit zunehmender Kurvendurchfahrt (vgl. Bild 5.11). Am Kreisbogenanfang halten die Fahrer 0,40 m Abstand bei der LL und ca. 0,60 m bei den AS ein, am Kreisbogenende sind es dagegen 0,52 m und ca. 0,85 m. Übereinstimmend mit den Ergebnissen der Geraden wird auch in der Linkskurve bei vorhandener LL näher zum Fahrbahnrand gefahren ($p < .002$). Die Ergebnisse der Varianten der AS unterscheiden sich nicht. Zu Kurvenbeginn werden die seitlichen Leitlinien häufiger überfahren (AS 0,75 m: 66 %, AS 1,00 m: 78 %) als zum Kurvenende (AS 0,75 m: 39 %, AS 1,00 m: 56 %). Die Spurvariabilitäten zeigen eine homogenere Spurführung bei der Strecke mit LL (LL: 0,40-0,46 m, AS 0,40-0,60 m).

In der Rechtskurve ($R = 474$ m) verläuft das Spurverhalten konträr zu dem in der Linkskurve. Im Kreisbogen reduzieren die Personen allmählich ihren Abstand zum Fahrbahnrand, bevor dieser am Klothoidenende deutlich abnimmt. Dabei wird bei der LL signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren ($p < .001$). Des Weiteren halten die Personen im Kreisbogen einen größeren Abstand beim breiten AS ein ($p < .011$). Am Klothoidenende ist dieser Unterschied nicht mehr nachweisbar. Die Kernfahrbahn wird am Kreisbogenanfang von knapp zwei Dritteln der Fahrer eingehalten. Am Klothoidenende sind es dagegen nur noch 17 % beim schmalen und 3 % beim breiten AS. Die ho-

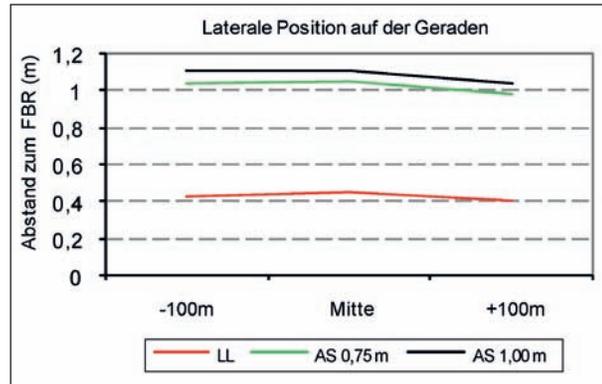


Bild 5.10: Spurverhalten auf der Geraden bei 5,50 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt (N = 59)

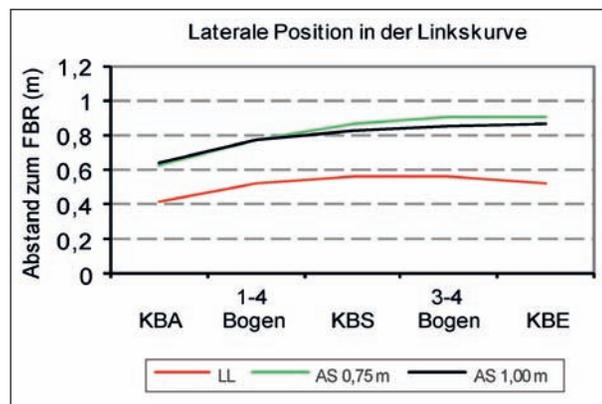


Bild 5.11: Spurverhalten in der Linkskurve ($R = 714$ m) bei 5,50 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt (N = 59)

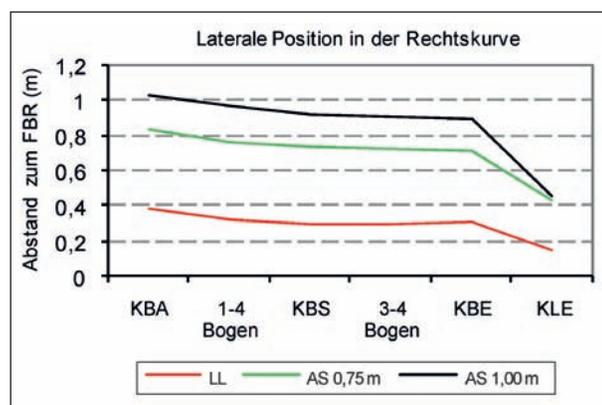


Bild 5.12: Spurverhalten in der Rechtskurve ($R = 474$ m) bei 5,50 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt (N = 59)

mogenere Spurführung erfolgt bei der LL (0,34-0,43 m), während die Spurvariabilitäten bei den AS zu den einzelnen Messzeitpunkten ähnlich hoch ausfallen (0,33-0,57 m).

Interpretation

Die Ergebnisse des Spurverhaltens bei 5,50 m breiter Fahrbahn ähneln denen der 6,00 m breiten. Auf der Geraden halten die Fahrer bei unbeeinflusster Fahrt einen relativ konstanten Abstand zum Fahrbahnrand ein, während in den Kurven Anpassungen im Spurverhalten stattfinden. In der Linkskurve vergrößern die Fahrer ihren Abstand zum Fahrbahnrand, während sie ihn in der Rechtskurve verringern (vgl. LEUTZBACH, 1981). In Letzteren sind die starken Veränderungen im Abstand am Kreisbogenende darauf zurückzuführen, dass Gegenverkehr in Sichtweite ist.

Die Unterschiede zwischen den Varianten zeigen, dass bei der Strecke mit mittlerer Leitlinie näher zum Fahrbahnrand gefahren wird. Die Fahrer bewegen sich innerhalb des eigenen Fahrstreifens, während sie sich bei Strecken mit Ausweichstreifen eher an den seitlichen Leitlinien orientieren. Mehr als die Hälfte der Personen zeigt das nach RAL (Entwurf, 2008) intendierte Fahrverhalten, indem sie die Kernfahrbahnen auf Geraden einhalten. In Kurven benutzen die Fahrer dagegen den rechten Ausweichstreifen, in der Rechtskurve häufiger als in der Linkskurve. Die Ergebnisse zeigen, dass die Kernfahrbahnen häufiger nicht eingehalten werden, je schmaler sie sind (vgl. FROSSARD, 2006). Diese Akzeptanzwerte sind mit denen aus anderen Studien vergleichbar (van der KOOI, 2000). Übereinstimmend mit den Ergebnissen der 6,00 m breiten Fahrbahn fallen die Spurvariabilitäten bei der mittleren Leitlinie durch die Fahrstreifenbegrenzungslinien geringerer aus (vgl. FROSSARD, 2006).

Fahrverhalten im Begegnungsfall

Geschwindigkeiten

Die Gerade ist 400 m lang und liegt zwischen zwei Rechtskurven ($R = 476$ m, $R = 588$ m). In den mittleren Geschwindigkeiten treten signifikante Unterschiede zwischen der LL (97-98 km/h) und den AS (AS 0,75 m: 93-94 km/h, AS 1,00 m: 91-92 km/h) auf, wobei sich Letztere nicht unterscheiden. Diese Unterschiede fallen in den V_{85} größer aus (vgl. Bild 5.13). So treten bei der LL bis 13 km/h höhere V_{85} auf als beim schmalen AS und im Vergleich zum breiten AS sogar bis 17 km/h.

Die Linkskurve besteht aus einem Kreisbogen mit einem Radius von $R = 714$ m und einer Länge von 48 m. Im Begegnungsfall fahren die Personen im Durchschnitt 86-90 km/h. Es gibt keine Unterschie-

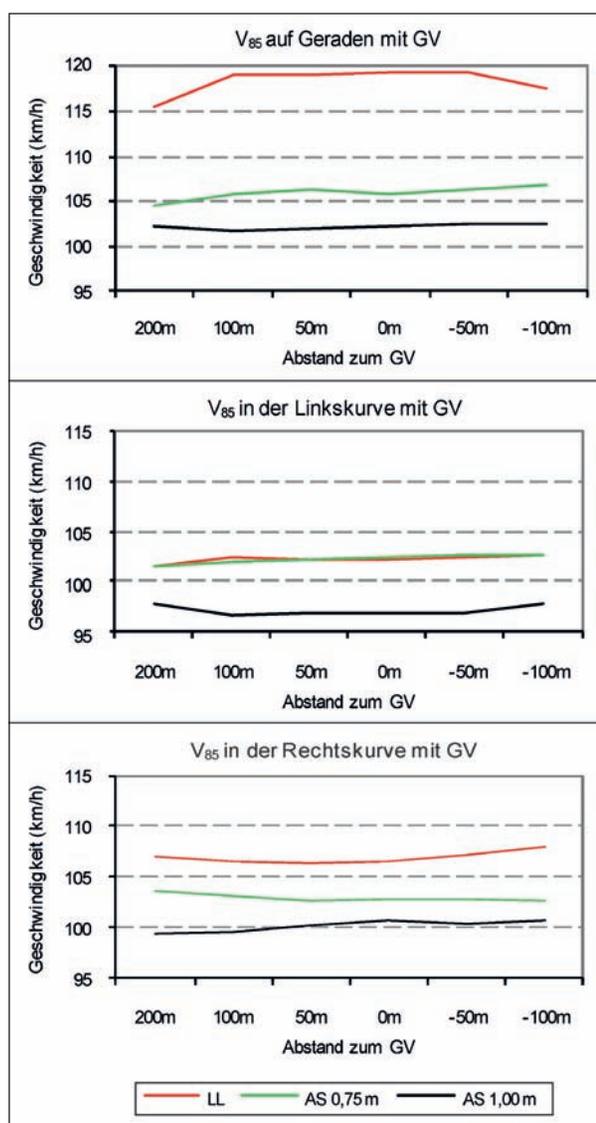


Bild 5.13: V_{85} auf der Geraden, in der Linkskurve ($R = 714$ m) und in der Rechtskurve ($R = 588$ m) bei 5,50 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr ($N = 59$)

de zwischen den Varianten. Die V_{85} liegen zwischen 97 und 103 km/h, wobei beim breiten AS tendenziell langsamer gefahren wird.

Die Rechtskurve ist 257 m lang, bestehen aus Übergangsbogen – Kreisbogen – Übergangsbogen mit einem Radius von $R = 588$ m. Analog zu den mittleren Geschwindigkeiten auf der Geraden wird bei der LL mit 95 km/h signifikant schneller gefahren als bei den AS (90-91 km/h). Dies bestätigt sich auch in den V_{85} . Hier werden im Vergleich zum breiten AS bis 9 km/h höhere V_{85} ermittelt.

Interpretation

Ähnlich wie bei unbeeinflusster Fahrt treten im Begegnungsfall sehr hohe Geschwindigkeiten auf.

In Kurven führen die großen Radien dazu, dass die Fahrer diese trotz Gegenverkehr nicht als schwierig erleben, da sie ihr Spurverhalten rechtzeitig anpassen. Die Fahrbahnbreite bietet ausreichend Fläche für eine verkehrssichere Begegnung, sodass auch während der Begegnung keine Geschwindigkeitsreduktionen erfolgen (vgl. BUCK et al., 1990).

Wie bei unbeeinflusster Fahrt wirkt sich die visuelle Fahrbahnverengung bei dieser Fahrbahnbreite positiv auf die gefahrenen Geschwindigkeiten aus, auch wenn die Unterschiede in Kurven abnehmen. Die höheren Geschwindigkeiten bei der mittleren Leitlinie sind mit der Fahrstreifenkennzeichnung und dem höheren Sicherheitsempfinden erklärbar. Bei den Ausweichstreifen haben die Fahrer durch die visuelle Fahrbahnverengung mehr Hinweise zur eigenen Geschwindigkeitswahrnehmung im direkten Blickfeld (vgl. GIBSON, 1986). Beim breiten Ausweichstreifen ist dieser Effekt (teils) stärker beobachtbar. Hier ist mehr Abstimmung mit entgegenkommenden Fahrzeugen notwendig, da die Markierungen (1,00 m vom Fahrbahnrand entfernt) definitiv überfahren werden müssen.

Der Vergleich zwischen unbeeinflusster Fahrt und Begegnungsfall zeigt ähnlich hohe Geschwindigkeiten aufgrund der Streckencharakteristiken.

Spurverhalten

Das Spurverhalten zeigt bei Gegenverkehr innerhalb der Streckenabschnitte einen ähnlichen Verlauf zwischen den Varianten.

Auf der Geraden fahren die Personen bereits vor der Begegnung relativ nah am Fahrbahnrand (vgl. Bild 5.14), da die ersten Messungen noch in einer Rechtskurve (R = 476 m) erfolgen. Bis zur Begegnung verringert sich der Abstand bei der LL um 0,10 m und bei den AS um 0,20 m. Nach der Begegnung bleibt dieser bei der LL relativ konstant, während die Personen ihre Spur bei den AS leicht zur Fahrbahnmitte verlagern. Die AS werden dabei stets mit benutzt.

Ein konstanter Unterschied im Spurverhalten liegt zwischen der LL und dem breiten AS (vgl. Tabelle 5.4). Bei der LL wird stets näher zum Fahrbahnrand gefahren. Im Vergleich zum schmalen AS treten diese Unterschiede nur vor und nach der Begegnung auf. Die Spurvariabilitäten (0,23-0,31 m) fallen zu den Messzeitpunkten ähnlich hoch aus.

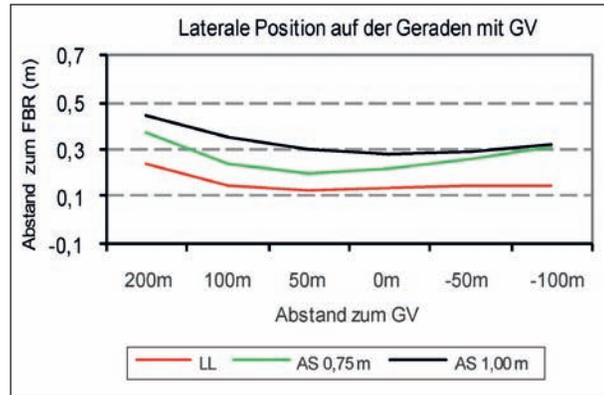


Bild 5.14: Spurverhalten auf der Geraden bei 5,50 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr (N = 59)

	200 m	100 m	0 m	-50 m	-100 m
LL & AS 0,75	.001	.030	-	.015	.001
LL & AS 1,00	< .001	< .001	.004	.008	.001
AS 0,75 & AS 1,00	-	.004	-	-	-

Tab. 5.4: Abstandsverhalten bei Gegenverkehr: signifikante Ergebnisse (Irrtums-p) der Bonferroni-Vergleichstests auf der 5,50 m breiten Geraden (N = 59)

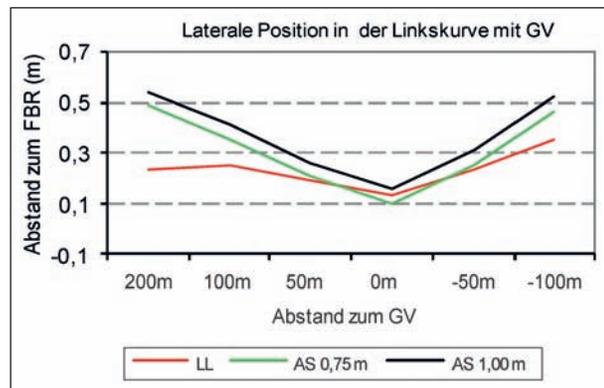


Bild 5.15: Spurverhalten in der Linkskurve (R = 714 m) bei 5,50 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr (N = 59)

	200 m	100 m	0 m	-50 m	-100 m
LL & AS 0,75	< .001	-	-	-	-
LL & AS 1,00	< .001	.001	-	-	.001

Tab. 5.5: Abstandsverhalten bei Gegenverkehr: signifikante Ergebnisse (Irrtums-p) der Bonferroni-Vergleichstests in der 5,50 m breiten Linkskurve (N = 59)

In der Linkskurve (R = 714 m) reduziert sich der Abstand zum Fahrbahnrand bis zur Begegnung (vgl. Bild 5.15). Dabei nimmt dieser bei der LL um 0,10 m und bei den AS 0,40 m ab. Nach dem Passieren verlagert sich die Spur erneut zur Fahrbahnmitte, wobei diese Verlagerung bei den AS größer ausfällt. Die AS werden während der Begegnung mitbenutzt.

Die Varianzanalysen zeigen, dass bei vorhandener LL vor allem vor der Begegnung signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren (vgl. Tabelle 5.5). Die homogenere Spurhaltung erfolgt bei der LL (0,28-0,33 m). Die der AS unterscheiden sich dagegen kaum (0,51 m vs. 0,44 m).

In der Rechtskurve ($R = 588$ m) verläuft das Spurverhalten ähnlich wie in der Linkskurve. Die Fahrer reduzieren bis zur unmittelbaren Begegnung ihren Abstand zum Fahrbahnrand, sodass der geringste Abstand zur Zeit der Begegnung eingehalten wird (vgl. Bild 5.16). Dabei wird der Fahrbahnrand bei der LL sogar geringfügig überfahren. Anschließend verlagern die Personen ihre Spur wieder hin zur Fahrbahnmitte, sodass bei der LL und dem schmalen AS wieder der ursprüngliche Abstand hergestellt wird.

Die Varianzanalysen zeigen einen konstanten Unterschied im Spurverhalten zwischen der LL und dem breiten AS. So wird bei Ersterer stets näher zum Fahrbahnrand gefahren (vgl. Tabelle 5.6). Im Vergleich LL und schmaler AS wird dieser Unterschied nur 100 m vor und 100 m nach der Begegnung statistisch bestätigt, auch wenn generell der Trend besteht, beim schmalen AS einen größeren Abstand zum Fahrbahnrand einzuhalten. Unterschiede zwischen den beiden AS-Varianten bestehen nur vor der Spuranpassung. Die Spurvariabilitäten fallen mit 0,20-0,39 m zu den einzelnen Messzeitpunkten ähnlich hoch aus.

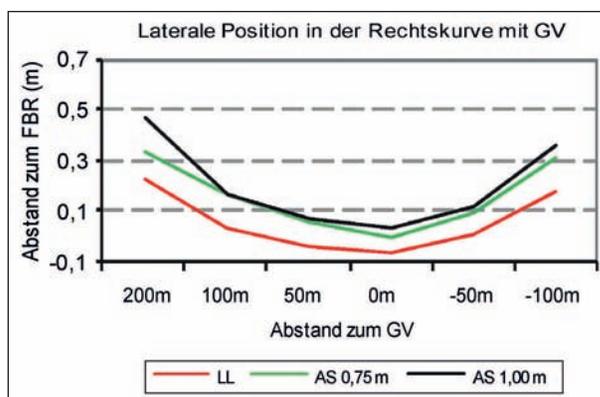


Bild 5.16: Spurverhalten in der Rechtskurve ($R = 588$ m) bei 5,50 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr ($N = 59$)

	200 m	100 m	0 m	-50 m	-100 m
LL & AS 0,75	-	.002	-	-	.012
LL & AS 1,00	< .001	.003	.021	.018	.019
AS 0,75 & AS 1,00	.004	-	-	-	-

Tab. 5.6: Abstandsverhalten bei Gegenverkehr: signifikante Ergebnisse (Irrtums-p) der Bonferroni-Vergleichstests in der 5,50 m breiten Rechtskurve ($N = 59$)

Interpretation

Übereinstimmend mit den Ergebnissen zur unbeeinflussten Fahrt zeigen sich ähnliche Spurverläufe zwischen den Varianten. So reduzieren die Fahrer ihren Abstand zum Fahrbahnrand bis zur Begegnung, um mögliche Kollisionen zu vermeiden. Dabei werden die seitlichen Leitlinien stets überfahren und die Ausweichstreifen in ihrer gesamten Breite mitbenutzt (vgl. van der KOOI, 2000/2001, HERRSTEDT, 2007). Nach der Begegnung fahren die Personen zumindest in den Kurven wieder mehr in Fahrbahnmitte und stellen einen ähnlichen Abstand wie vor der Begegnung her. Auf der Geraden fallen diese Anpassungen insgesamt geringer aus, da Rechtskurven im Streckenverlauf das Spurverhalten beeinflussen. Die intendierten Anpassungen nach RAL (Entwurf, 2008) finden demnach im Begegnungsfall statt. Im Vergleich fallen diese wie erwartet bei der Strecke mit mittlerer Leitlinie geringer aus, da Anpassungen nur innerhalb des eigenen Fahrstreifens stattfinden, wodurch sich die geringeren Spurvariabilitäten erklären. Die Unterschiede zwischen den Varianten nehmen im Vergleich zur unbeeinflussten Fahrt ab, da die Fahrer aufgrund der vorhandenen Fahrbahnbreite nah am Fahrbahnrand fahren müssen, um Kollisionen zu vermeiden. Unterschiede vor und nach der Begegnung sind auf die gestreckte Linienführung und die hohen Sichtweiten zurückzuführen. Fahrer orientieren sich an den seitlichen Leitlinien, da sie das weitere Verkehrsgeschehen gut einschätzen können.

5.1.3 Fahrbahnbreite $B = 5,00$ m

Fahrverhalten bei unbeeinflusster Fahrt

Geschwindigkeiten

Das Geschwindigkeitsniveau nimmt bei allen Streckenabschnitten einen ähnlichen Verlauf zwischen den Varianten (vgl. Bild 5.17).

Die Gerade am Streckenanfang ist 500 m lang und weist im Vergleich zu den Kurven die höchsten Geschwindigkeiten auf. Die mittleren Geschwindigkeiten (89-94 km/h) unterscheiden sich in den Varianzanalysen nicht signifikant voneinander. In den V_{85} treten ähnliche Tendenzen auf.

Die Linkskurve hat einen Radius von $R = 213$ m und eine Länge von 182 m. Hier wird sowohl in den mittleren Geschwindigkeiten (79-81 km/h) als auch in den V_{85} (93-100 km/h) gleich schnell gefahren.

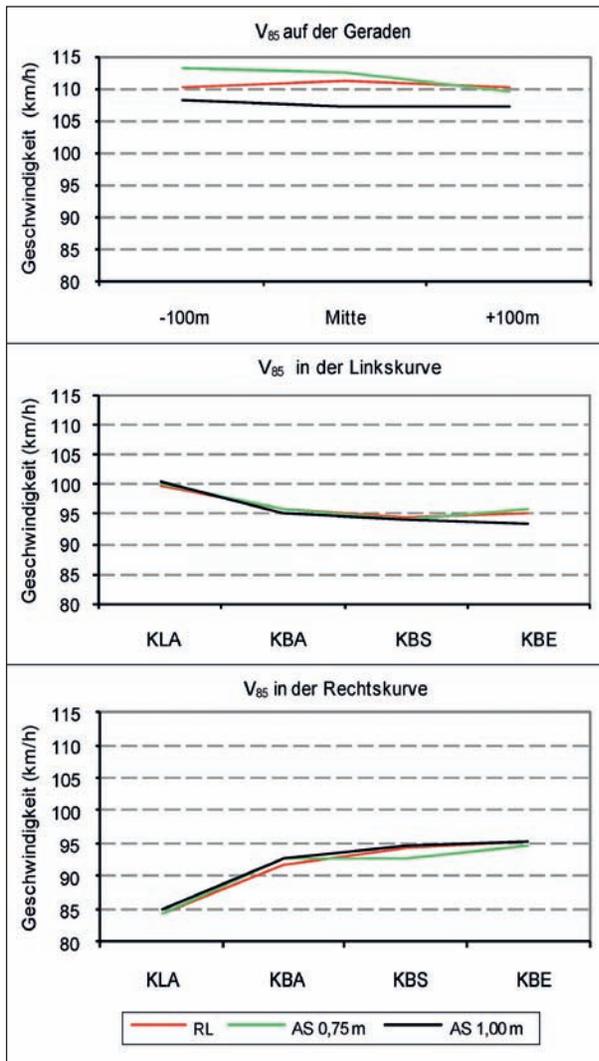


Bild 5.17: V_{85} auf der Geraden, in der Linkskurve ($R = 213$ m) und in Rechtskurve ($R = 250$ m) bei 5,00 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt ($N = 59$)

Dabei reduzieren die Fahrer ihre Geschwindigkeit 5-7 km/h während der Kurvendurchfahrt.

In der Rechtskurve ($R = 250$ m, Länge = 365 m) verhält es sich diesbezüglich umgekehrt (vgl. Bild 5.16). Die V_{85} (85-95 km/h) nimmt während der Kurvendurchfahrt 10 km/h zu. Zwischen den Varianten zeigen sich allerdings auch bei diesem Abschnitt keine Unterschiede.

Interpretation

Die Personen fahren auch beim schmalen Querschnitt hohe Geschwindigkeiten. Am schnellsten wird dabei auf den Geraden gefahren. In der Linkskurve reduzieren die Fahrer ihre Geschwindigkeit geringfügig und schneiden dabei die Kurve. In der Rechtskurve wird dagegen zunehmend schneller gefahren, was auf die hohen Sichtweiten und die

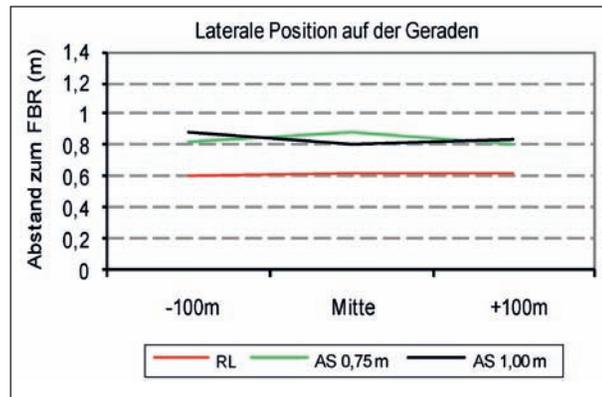


Bild 5.18: Spurverhalten auf der Geraden bei 5,00 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt ($N = 59$)

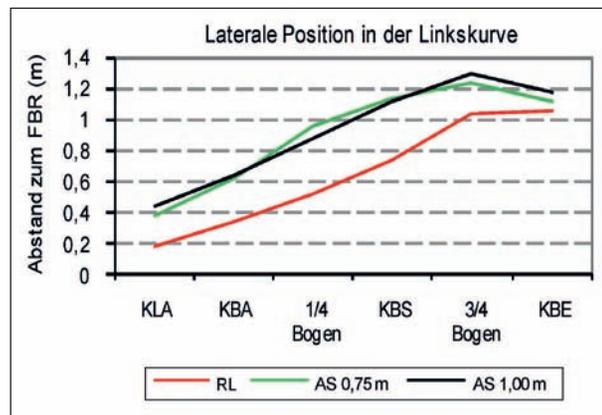


Bild 5.19: Spurverhalten in der Linkskurve ($R = 213$ m) bei 5,00 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt ($N = 59$)

Verlagerung der Fahrspur zum Fahrbahnrand und der damit verbundenen Radienvergrößerung zurückzuführen ist. Bei diesem Querschnitt hat die visuelle Fahrbahnverengung kaum einen Effekt auf die frei wählbaren Geschwindigkeiten. Der visuelle Eindruck der herkömmlichen Markierung ohne Leitlinie und der neuen Markierung mit Kernfahrbahn vermittelt den Fahrern jeweils einen einbahnigen Querschnitt ohne Trennung beider Fahrtrichtungen. Die optische Führung ist bei unbeeinflusster Fahrt für den Fahrer bei beiden Markierungsformen ausreichend vorhanden.

Spurverhalten

Das Spurverhalten nimmt auf allen drei Streckenabschnitten zwischen den jeweiligen Varianten einen ähnlichen Verlauf.

Auf der Geraden bleibt der mittlere Abstand zum Fahrbahnrand innerhalb einer Varianten relativ konstant (Bild 5.18). Dabei wird bei der RL im Durchschnitt 0,20-0,30 m signifikant näher zum Fahr-

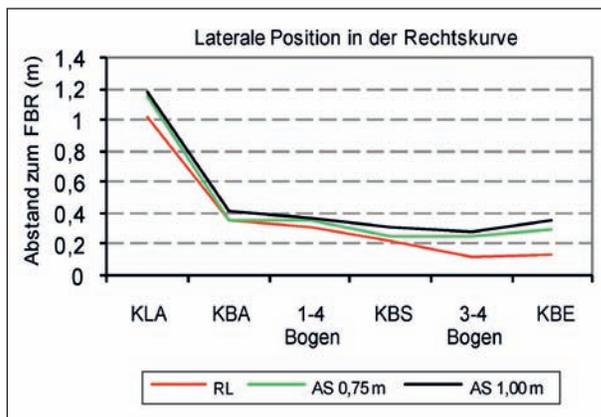


Bild 5.20: Spurverhalten in der Rechtskurve ($R = 250$ m) bei 5,00 m breiter Fahrbahn und unbeeinflusster Fahrt ($N = 59$)

bahnrand gefahren ($p < .05$). Die Ergebnisse der Varianten der AS unterscheiden sich nicht. Beim schmalen AS wird die Kernfahrbahn trotz unbeeinflusster Fahrt nur von 52 % der Fahrer eingehalten, beim breiten AS sind es sogar nur 36 %. Die SDLP liegen zwischen 0,40-0,52 m, allerdings fallen die Spurvariabilitäten ab Mitte der Geraden beim breiten AS 0,07-0,10 m geringer aus als bei den anderen beiden Varianten.

In der Linkskurve ($R = 213$ m) wird sich mit zunehmender Kurvendurchfahrt zur Fahrbahnmitte orientiert (vgl. Bild 5.19). Zum Klothoidenanfang werden die geringsten Abstände zum Fahrbahnrand eingehalten. Diese erhöhen sich kontinuierlich bis zum $\frac{3}{4}$ -Bogen auf 1,05 m, 1,25 m und 1,30 m. Am Kreisbogenende nähern sich die Graphen an. Zu diesem Messzeitpunkt unterscheiden sich die Abstände nicht mehr bedeutsam voneinander, ansonsten wird analog zu den Ergebnissen auf der Geraden bei der RL stets signifikant näher zum Fahrbahnrand gefahren ($p < .05$). Die Veränderungen im Spurverhalten führen dazu, dass die Mehrheit der Fahrer die seitlichen Leitlinien zum Kurvenbeginn überfährt (AS 0,75 m: 79 %, AS 1,00 m: 88 %). Am Kreisbogenende sind es dagegen nur noch 22 % beim schmalen und 41 % beim breiten AS. Die SDLP fällt bis zur Kreisbogenmitte mit 0,40-0,57 m zu den Messzeitpunkten ähnlich aus. Ab Kreisbogenmitte erfolgt eine homogenere Spurführung beim breiten AS.

In der Rechtskurve ($R = 250$ m) verhält es sich mit dem Abstandsverhalten konträr zu den Ergebnissen in der Linkskurve. Die Fahrer verringern ihren Abstand zum Fahrbahnrand bis zum Kreisbogenanfang um 0,70 m bei der RL und 0,80 m bei den AS. Bis zum Kreisbogenende bleibt der Abstand bei

den AS dann relativ konstant (AS 0,75 m: 0,29 m, AS 1,00 m: 0,36 m). Bei der RL verringert er sich auf 0,13 m. Zu diesem Messzeitpunkt tritt der einzige signifikante Unterschied zwischen den Varianten auf, so wird bei der RL näher zum Fahrbahnrand gefahren (RL & AS 0,75 m: $p = .006$, RL & AS 1,00 m: $p = .015$). Ab Kreisbogenanfang nutzen 81-90 % der Fahrer den schmalen und 93 % den breiten AS mit. Die Spurvariabilitäten der Varianten fallen ab Kreisbogenmitte ähnlich hoch aus (0,31-0,49 m). Zuvor sind die höheren Variabilitäten bei der RL zu verzeichnen (vgl. Bild 5.20).

Interpretation

Die Ergebnisse entsprechen denen der anderen beiden Fahrbahnbreiten, allerdings nehmen die Unterschiede zwischen den Varianten aufgrund des schmalen Querschnittes ab.

Auf der Geraden findet bei unbeeinflusster Fahrt die intendierte Orientierung in Fahrbahnmitte statt. In Kurven werden Anpassungen zur Radienvergrößerungen vorgenommen (vgl. LEUTZBACH, 1981). Dabei überfahren 90 % der Fahrer die rechte seitliche Leitlinie in der Rechtskurve, wobei dieses Spurverhalten wegen möglichen Gegenverkehrs erwünscht ist. Kritisch verhält es sich in der Linkskurve, die geschnitten wird. Allerdings können entgegenkommende Fahrzeuge aufgrund der hohen Sichtweite vor Kurvenbeginn ausgeschlossen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die seitlichen Leitlinien mit abnehmender Kern- und Fahrbahnbreite häufiger überfahren werden (vgl. FROSSARD, 2006), da weniger Fahrbahnfläche zur Verfügung steht. Der Vergleich der Varianten zeigt, dass bei Ausweichstreifen mehr Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird. Auf der Geraden und in der Linkskurve orientieren sich die Fahrer an den seitlichen Leitlinien. In der Rechtskurve steht die Radienvergrößerung im Vordergrund, sodass am Fahrbahnrand gefahren wird. Entgegen bisherigen Ergebnissen zeigt sich eine homogenere Spurführung beim breiten Ausweichstreifen. Die Fahrer nutzen die rechten und linken seitlichen Leitlinien zur Spurführung, sodass durch die schmalere visuelle Fahrbahn weniger Variation auftritt.

Fahrverhalten im Begegnungsfall

- Geschwindigkeiten

Die Geschwindigkeiten nehmen bei den Varianten auf allen Streckenabschnitten einen ähnlichen

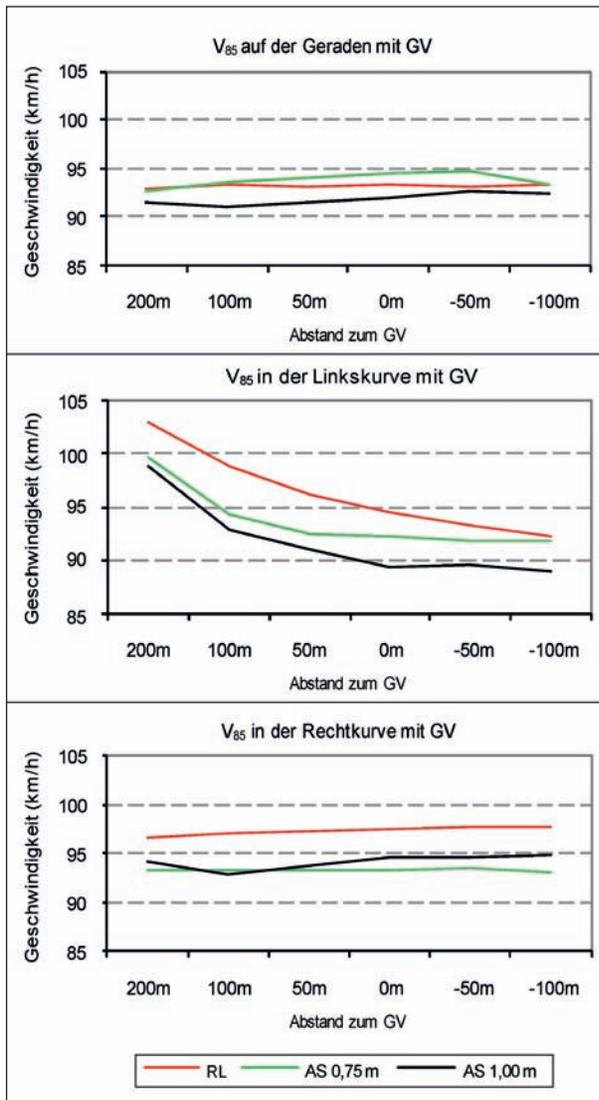


Bild 5.21: V_{85} auf der Geraden, in der Linkskurve ($R = 243$ m) und in der Rechtskurve ($R = 294$ m) bei 5,00 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr ($N = 59$)

Verlauf (vgl. Bild 5.21). Dabei reduzieren die Fahrer nur in der Linkskurve ihre Geschwindigkeit um 7-10 km/h während des Begegnungsprozesses.

Die Gerade (170 m Länge) befindet sich zwischen einer Rechts- ($R = 161$ m) und Linkskurve ($R = 130$ m), sodass erste Messungen noch in der Rechtskurve erfolgen. Es treten weder Unterschiede in den mittleren Geschwindigkeiten (77-81 km/h) noch in den V_{85} (91-94 km/h) auf. Tendenziell wird beim breiten AS 1-3 km/h langsamer gefahren.

Die Linkskurve besteht aus Übergangsbogen und Kreisbogen mit einer Länge von 243 m und einem Radius von $R = 185$ m. In den mittleren Geschwindigkeiten (76-89 km/h) sind innerhalb der einzelnen Messzeitpunkte keine bedeutsamen Unterschiede nachweisbar, auch wenn sich die Ge-

schwindigkeit während der Kurvendurchfahrt generell verringert. Es zeigt sich allerdings bereits der Trend, der in den V_{85} bestätigt wird: Bei der RL treten bis zur Begegnung die höchsten Geschwindigkeiten auf. Es wird 4-5 km/h schneller gefahren als beim breiten AS.

Die Rechtskurve besteht ebenfalls aus Übergangsbögen und Kreisbogen mit einem Radius von $R = 294$ m und sind 292 m lang. Die mittleren Geschwindigkeiten zwischen den Varianten (79-82 km/h) unterscheiden sich nicht. In den V_{85} zeigt sich der Trend, dass bei der RL 4-5 km/h schneller gefahren wird als bei den AS.

Interpretation

Im Begegnungsfall werden beim schmalen Querschnitt erneut hohe Geschwindigkeiten aufgrund des hohen Sicherheitsempfinden und der rechtzeitigen Anpassung im Spurverhalten gefahren. Im Vergleich zur unbeeinflussten Fahrt wird zumindest auf der Geraden langsamer gefahren. In den Kurven liegen die Geschwindigkeiten im selben Bereich. Trotz geringer Fahrbahnbreite und fehlender Fahrstreifenbegrenzung kommt es kaum zu Geschwindigkeitsreduktionen (vgl. WEISER, 1996), da eine rechtzeitige Anpassung im Spurverhalten erfolgt. Ähnlich wie bei unbeeinflusster Fahrt sind auch im Begegnungsfall kaum Unterschiede zwischen den Varianten feststellbar. Die visuelle Fahrbahnverengung hat demnach keinen geschwindigkeitsreduzierenden Effekt. Bei allen drei Varianten war durch den einbahnigen Querschnitt eine wechselseitige Abstimmung der Fahrer notwendig. Die fehlende Fahrbahnbegrenzung führt demnach zu keiner zusätzlichen Beanspruchung, die durch langsames Fahren kompensiert werden muss.

Spurverhalten

Bei Gegenverkehr zeigt das Spurverhalten innerhalb eines untersuchten Streckenabschnitts einen ähnlichen Verlauf zwischen den Varianten (vgl. Bild 5.22 bis Bild 5.24). Die Personen fahren unmittelbar vor und während der Begegnung am Fahrbahnrand und orientieren sich nach der Begegnung in Richtung Fahrbahnmitte.

Auf der Geraden wird bereits vor der Begegnung unmittelbar am Fahrbahnrand gefahren. Dies liegt vermutlich daran, dass die ersten Messungen in einer Rechtskurve ($R = 130$ m) erfolgen, in der auch

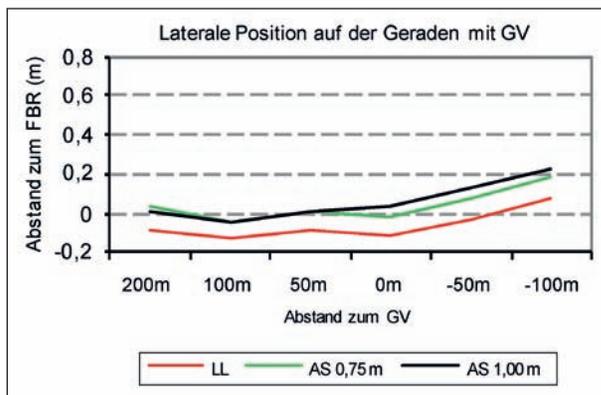


Bild 5.22: Spurverhalten auf der Geraden bei 5,00 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr (N = 59)

	0 m	-50 m	-100 m
RL & AS 0,75	-	.029	.036
RL & AS 1,00	.002	.003	.029

Tab. 5.7: Abstandsverhalten bei Gegenverkehr: signifikante Ergebnisse (Irrtums-p) der Bonferroni-Vergleichstests auf der 5,00 m breiten Gerade (N = 59)

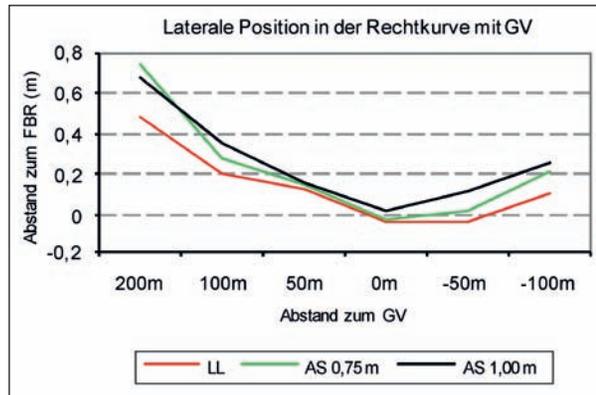


Bild 5.24: Spurverhalten in der Rechtskurve (R = 294 m) bei 5,00 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr (N = 59)

	200 m	100 m	-50 m	-100 m
RL & AS 0,75	.002	-	-	.011
RL & AS 1,00	.015	.004	.001	.013

Tab. 5.8: Abstandsverhalten bei Gegenverkehr: signifikante Ergebnisse (Irrtums-p) der Rechtskurve (N = 59)

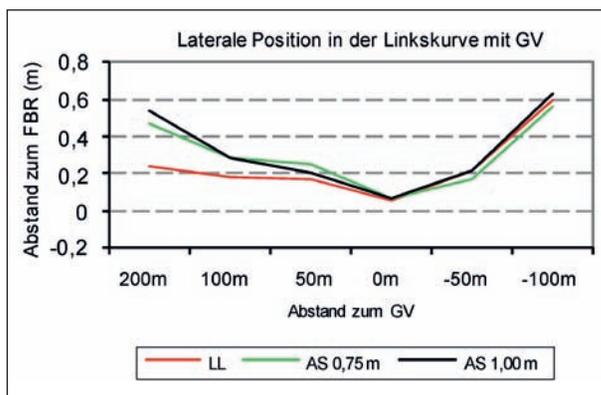


Bild 5.23: Spurverhalten in der Linkskurve (R = 243 m) bei 5,00 m breiter Fahrbahn mit Gegenverkehr (N = 59)

bei unbeeinflusster Fahrt sehr nah am Fahrbahnrand gefahren wird (vgl. Bild 5.20). 100 m nach der Begegnung fahren die Personen bei allen Varianten 0,20 m weiter links.

Die Abstände zum Fahrbahnrand sind bei der RL zwar stets geringer als bei den Strecken mit AS, signifikante Unterschiede gibt es allerdings erst während bzw. nach der Begegnung (vgl. Tabelle 5.7). So halten die Fahrer bei den AS nach der Begegnung 0,10 bis 0,16 m mehr Abstand zum Fahrbahnrand ein. Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten mit AS liegen nicht vor. Die Spurvariabilitäten fallen bis zur Begegnung homogener bei den AS aus (AS: 0,21-0,31 m, RL: 0,30-0,39 m). Nach der Begegnung ist die SDLP mit 0,23-0,30 m bei allen Varianten ähnlich hoch.

In der Linkskurve (R = 243 m) nimmt der Abstand bis zur Begegnung ab, der Abstand verringert sich bei den AS um 0,40-0,47 m, bei den RL lediglich um 0,20 m. Nach der Begegnung orientieren sich die Fahrer bei allen Varianten gleichermaßen zur Fahrbahnmitte. Die Unterschiede im Abstandsverhalten sind nur 200 m vor der Begegnung signifikant verschieden (RL & AS 0,75 m: $p = .002$, RL & AS 1,00 m: $p < .001$). Hier wird bei den RL ein geringerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten. Unterschiede zwischen den Varianten der AS sind nicht vorhanden. Die homogenere Spurhaltung erfolgt bei der Strecke mit breitem AS (0,27-0,56 m), bei schmalen liegt diese zwischen 0,37 und 0,74 m und bei der RL zwischen 0,37 und 0,74 m.

In der Rechtskurve (R = 294 m) zeigen sich ähnliche Ergebnisse wie in der Linkskurve. Der Abstand zum Fahrbahnrand nimmt mit zunehmender Annäherung an den Gegenverkehr ab und fällt mit 0,12-0,15 m unmittelbar vor und mit -0,03 bis 0,01 m während der Begegnung bei allen drei Varianten ähnlich niedrig aus. Nach der Begegnung wird wieder 0,20 m weiter links gefahren.

Signifikante Unterschiede zwischen den Varianten treten nur bis 100 m vor und nach der Begegnung auf, dabei fahren die Personen bei der RL vor allem im Vergleich zum breiten AS näher zum Fahrbahnrand (vgl. Tabelle 5.8). Unterschiede zwischen den Varianten mit AS sind nicht vorhanden. Die Spurvariabilitäten zeigen zu den einzelnen Messzeitpunkten mit 0,23-0,48 m ähnlich hohe Abweichungen.

Interpretation

Die Ergebnisse stimmen mit denen der anderen beiden Querschnitte überein. Auf der Geraden wird relativ konstant am Fahrbandrand gefahren, da diese zwischen Rechtskurven liegen, in denen die Position zur Radienvergrößerung eingenommen wird. In Kurven finden die typischen Veränderungen im Spurverhalten statt, bis zur Begegnung reduzieren die Fahrer den Abstand, wobei teilweise das Bankett aufgrund der geringen Fahrbahnbreite mitbenutzt wird. Die Ergebnisse zeigen, dass vor allem breite Ausweichstreifen diesem Fahrverhalten entgegenwirken. Nach der Begegnung wird der Abstand wieder vergrößert. Der gewünschte Anpassungsprozess findet demnach statt, da alle Fahrer die seitlichen Leitlinien überfahren. Die Unterschiede zwischen den Varianten fallen geringer aus im Vergleich zur unbeeinflussten Fahrt. Der Einfluss von Gegenverkehr reduziert die Wirkung der Markierung aufgrund der geringeren Fahrbahnbreite.

5.1.4 Ergebnisse zum Begegnungsfall Bus

Bus-Begegnungen wurden simuliert, um das Fahrverhalten bei Begegnungen mit dem Schwerverkehr zu untersuchen und mögliche verkehrskritische Situationen zu erfassen.

Die Begegnungen bei den Fahrbahnbreiten 6,00 m und 5,00 m fanden in einer Linkskurve ($R = 265$ m, $R = 213$ m) und bei der 5,50 m breiten Fahrbahn in einer Rechtskurve ($R = 588$ m) statt. Die Ergebnisse werden mit denen der Pkw-Begegnungen verglichen.

Bezüglich des Geschwindigkeitsverhaltens zeigen sich ähnliche Ergebnisse wie bei den Pkw-Begegnungen. Beim 6,00 m und 5,00 m breiten Querschnitt treten zwischen den Varianten kaum Unterschiede auf, beim 5,50 m breitem wird dagegen bei der mittleren Leitlinie schneller gefahren (vgl. Anhang D).

Beim Spurverhalten zeigt sich eine vergleichbare Anpassung auf den drei Fahrbahnbreiten. Die Fahrer reduzieren ihren Abstand zum Fahrbandrand bis zur unmittelbaren Begegnung und verlassen beim 5,50 m und 5,00 m breitem Querschnitt sogar teilweise die befestigte Fahrbahn (vgl. Bild 5.25). Dieses Verhalten tritt bei den breiten Ausweichstreifen nicht auf. Nach der Begegnung orientieren sich die Fahrer erneut Richtung Fahrbahnmitte und nehmen

einen vergleichbaren Abstand zum Fahrbandrand wie vor der Begegnung ein.

Beim 6,00 m breiten Querschnitt treten vor und nach der Begegnung (200 m, 100 m, -100 m) Unterschiede zwischen LL und beiden AS auf. Beim 5,50 m breiten Querschnitt sind lediglich vor der Begegnung Unterschiede zwischen LL und breitem AS vorhanden; bei der LL wird dabei näher zum Fahrbandrand

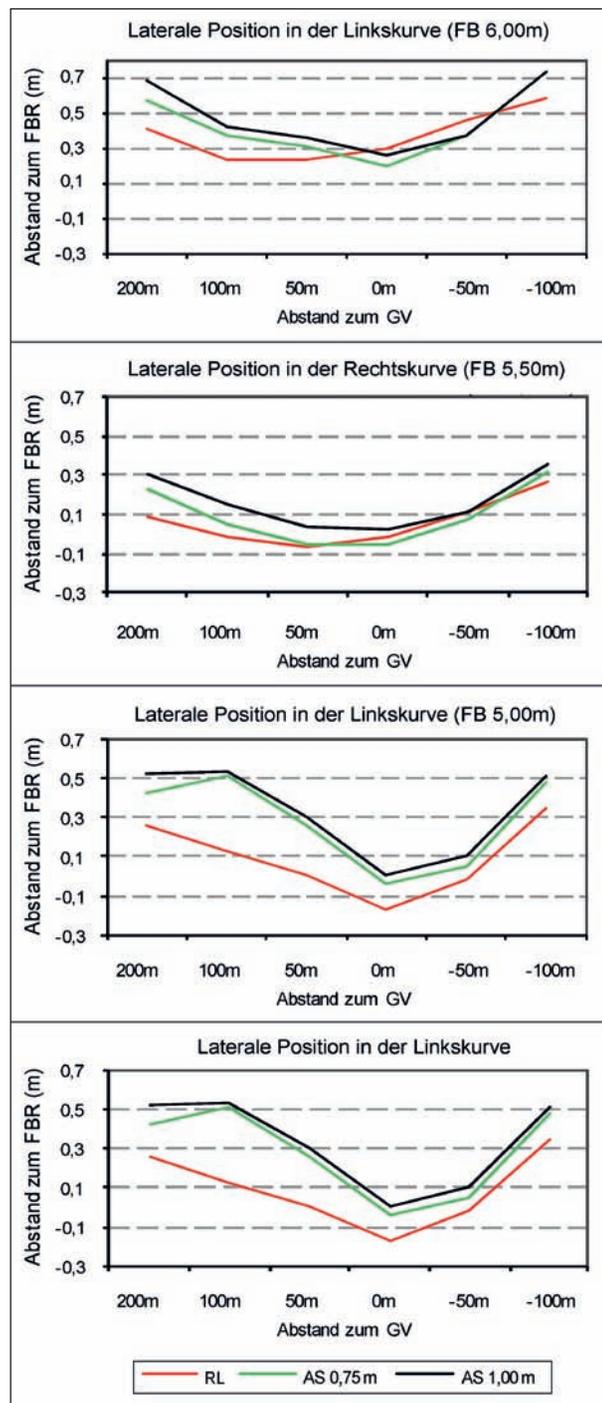


Bild 5.25: Spurverhalten in der Linkskurve ($R = 265$ m bei FB 6,00 m, $R = 213$ m bei FB 5,00 m) und in der Rechtskurve ($R = 588$ m) mit Bus-Begegnung ($N = 59$)

gefahren. Beim schmalen Querschnitt von 5,00 m Breite halten die Fahrer bei den Randlinien stets einen geringen Abstand zum Fahrbahnrand ein.

Zusammenfassung

Übereinstimmend mit den Ergebnissen zur Pkw-Begegnung hat die Markierung wenig Einfluss auf die Geschwindigkeiten, sondern vor allem auf das Spurverhalten. Die Fahrer passen sich an die neue Verkehrssituation an und nutzen den Ausweichstreifen, um Kollisionen zu vermeiden. Diese Anpassungen finden auch bei herkömmlicher Markierung statt, allerdings in geringerem Umfang. Verkehrskritisch sind dabei das Verlassen der Fahrbahn (5,50 m, 5,00 m) und die Nutzung des Banketts. Dieses Verhalten tritt bei den herkömmlichen Markierungen am stärksten auf und wird bei breiten AS völlig vermieden. Bei diesem Ergebnis muss allerdings berücksichtigt werden, dass das Befahren des Banketts für die Personen im Simulator keine negativen Konsequenzen hat. Es bleibt abzuwarten, inwieweit sich dieses Verhalten auch auf den Messstrecken zeigt (vgl. Kapitel 9.9.3).

5.1.5 Zusammenfassung zur Ausweichstreifenbreite

Die Ergebnisse aus der Untersuchung im Fahr Simulator zeigen, dass die Fahrer generell sehr schnell fahren und ihre Geschwindigkeit in Kurven und im Begegnungsfall nicht oder nur geringfügig reduzieren (vgl. GODLEY, 1999). Aus den Ergebnissen zur Breite der Ausweichstreifen geht hervor, dass seitliche Leitlinien den stärkeren Effekt auf das Spurverhalten ausüben als auf die Geschwindigkeiten. Bei diesen besteht der Trend, dass Kernfahrbreiten ab 4,00 m (schmalere Ausweichstreifen) eher geschwindigkeitserhöhend wirken. Kernfahrbreiten $< 4,00$ m bewirken tendenziell geringere Geschwindigkeiten. Dabei besteht zusätzlich die Tendenz, dass die geringsten Geschwindigkeiten beim breiten Ausweichstreifen gefahren werden. Notwendige Geschwindigkeitsanpassungen durch geänderte Verkehrsbedingungen (Kurve, Gegenverkehr) werden mit Veränderungen im Spurverhalten kompensiert. Bei unbeeinflusster Fahrt versuchen die Fahrer die Kurven zu schneiden. Dabei wird die Kernfahrbahn umso häufiger nicht eingehalten, je schmaler der Querschnitt ist. Dennoch zeigt sich, dass bei seitlichen Leitlinien ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird, da sich die Fahrer an den jeweiligen Leit-

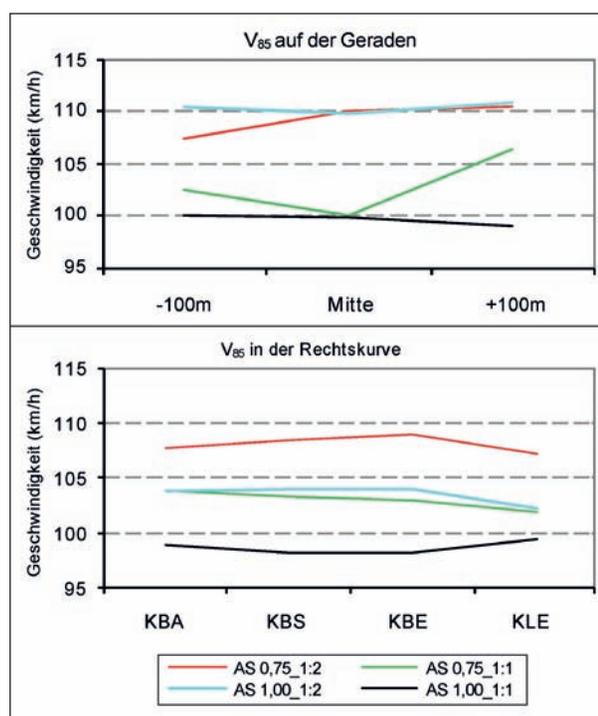


Bild 5.26: V_{85} auf der Geraden und in der 5,50 m breiten Rechtskurve bei unbeeinflusster Fahrt mit unterschiedlichem Strich-Lücke-Verhältnis bei unbeeinflusster Fahrt (N = 59)

linien orientieren. Dabei nehmen die Unterschiede zwischen den Varianten mit abnehmender Fahrbahnbreite ab. Im Begegnungsfall finden rechtzeitige Anpassungen an das entgegenkommende Fahrzeug statt, indem die Ausweichstreifen benutzt werden. Aufgrund dieser Ergebnisse wird für die Messstrecken eine Umsetzung des breiten Ausweichstreifens empfohlen.

5.2 Einfluss des Strich-Lücke-Verhältnisses

5.2.1 Geschwindigkeitsverhalten

Unbeeinflusste Fahrt

Bei den Varianten zeigen sich zum Teil deutliche Unterschiede in den V_{85} zwischen den variierten Strich-Lücke-Verhältnissen. Eine detaillierte Übersicht der Ergebnisse befindet sich in Anhang D.

Auf der Geraden werden beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 bis zu 10 km/h geringere V_{85} -Geschwindigkeiten ermittelt (vgl. Bild 5.26). Ähnliche Ergebnisse treten in der Linkskurve auf, wobei sich die Unterschiede auf eine 3-6-km/h-Differenz reduzieren. Beim Vergleich der beiden Varianten mit einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 werden beim breiten AS

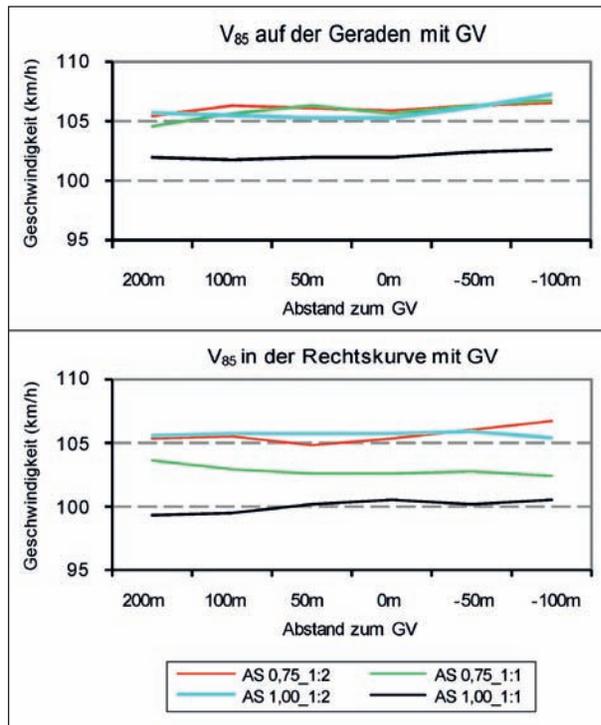


Bild 5.27: V_{85} auf der Geraden und in der 5,50 m breiten Rechtskurve mit unterschiedlichem Strich-Lücke-Verhältnis im Begegnungsfall (N = 59)

tendenziell niedrigere V_{85} festgestellt. In der Rechtskurve fällt dieser Trend mit einer Differenz der V_{85} von 5 km/h am deutlichsten aus (vgl. Bild 5.26). Der Vergleich der Strich-Lücke-Verhältnisse 1:1 und 1:2 innerhalb einer AS-Breite zeigt, dass in diesen Kurven bei einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 bis zu 5 km/h geringere Geschwindigkeiten auftreten als im entsprechenden Strich-Lücke-Verhältnis 1:2.

Begegnungsfall

In Begegnungsfällen zeigen sich ebenfalls Unterschiede zwischen den vier Varianten, allerdings ist der Einfluss des Strich-Lücke-Verhältnisses 1:1 geringer. Auf der Geraden und in der Linkskurve wird beim breiten AS im Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 nur 3-5 km/h langsamer gefahren als in den anderen Varianten. In der Rechtskurve treten dagegen bei beiden AS-Breiten im Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 Verhältnisse geringere V_{85} auf, wobei der Effekt beim breiten AS größer ausfällt (vgl. Bild 5.27).

5.2.2 Spurverhalten

Beim Spurverhalten treten kaum Unterschiede zwischen den variierten Strich-Lücke-Verhältnissen auf.

Bei unbeeinflusster Fahrt ist auf der Geraden und in der Linkskurve kein systematischer Unterschied zwischen den Varianten des Strich-Lücke-Verhältnisses zu erkennen. Lediglich in der Rechtskurve wird beim breiten AS im Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 ein 0,20 m größerer Abstand als in den anderen Varianten eingehalten. Bei allen drei Streckenabschnitten zeigen sich in der SDLP keine systematischen Veränderungen, die auf das variierte Strich-Lücke-Verhältnis zurückzuführen sind (vgl. Anhang D).

Im Begegnungsfall passen die Fahrer ihr Spurverhalten an den Gegenverkehr an, indem sie näher zum Fahrbahnrand fahren. Dabei treten keine konsistenten und systematischen Unterschiede zwischen den Varianten des Strich-Lücke-Verhältnisses auf. Die Ergebnisse der SDLP zeigen, dass die Abweichungen in der lateralen Position beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 auf der Geraden und in der Rechtskurve geringer ausfallen (bis 0,13 m). In der Linkskurve verhält es sich umgekehrt, auch wenn die Unterschiede ($\leq 0,06$ m) nicht so deutlich ausfallen. Unabhängig vom Strich-Lücke-Verhältnis werden die seitlichen Leitlinien in Begegnungsfällen überfahren. Vor allem unmittelbar vor und während der Begegnung nutzen fast alle Personen (95-100 %) die AS.

5.2.3 Interpretation

In der detaillierten Betrachtung einzelner Streckenabschnitte bestätigen sich die Ergebnisse von der Gesamtstrecke. Das Strich-Lücke-Verhältnis beeinflusst primär das Geschwindigkeitsverhalten. So wurden beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 geringere Geschwindigkeiten festgestellt. Die höhere Frequenz der Striche bei diesem Verhältnis verbessert die eigene Geschwindigkeitswahrnehmung, da für den Fahrer mehr Hinweisreize im Blickfeld vorhanden sind (WILDE, 2002). Bei hohen Geschwindigkeiten entsteht durch den kurzen Wechsel von Strich und Lücke ein stärkeres „Flackern“ als beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:2, welches vom Fahrer als unangenehm empfunden werden kann. Die Geschwindigkeitsanpassung, die diesen Effekt reduziert, erfolgt dabei eher unbewusst, da Fahrer die Unterschiede zwischen den beiden Verhältnissen selten bewusst wahrgenommen haben (vgl. Kapitel 7.1). Obwohl das Strich-Lücke-Verhältnis den größeren Effekt auf die gefahrenen Geschwindigkeiten hat, zeigt sich zusätzlich in Zusammenhang mit der Breite der AS ein Effekt. So bewirkt das Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 in Kombination mit dem brei-

ten AS eine stärkere Geschwindigkeitsreduktion. Diese ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Striche durch die stärkere visuelle Fahrbahnverengung näher ins Blickfeld rücken. Die Auswirkungen auf das Geschwindigkeitsverhalten sind in der Spurführung nicht nachweisbar. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass das Spurverhalten eher von der Breite der AS beeinflusst wird, da keine systematischen Unterschiede zwischen den Varianten auftreten.

5.2.4 Empfehlung zum Strich-Lücke-Verhältnis auf Messstrecken

Aus den Ergebnissen wird für die Messstrecken eine Umsetzung des Strich-Lücke-Verhältnisses 1:1 empfohlen, da bei diesem konsistent eine geschwindigkeitsreduzierende Wirkung nachgewiesen wurde.

5.3 Zusammenfassung

Aus den Ergebnissen zur Breite der Ausweichstreifen und zum Strich-Lücke-Verhältnis geht Folgendes hervor: Die stärksten und einheitlichsten Veränderungen bewirken die seitlichen Leitlinien im Spurverhalten im Vergleich zur herkömmlichen Markierung. So wird vor allem bei unbeeinflusster Fahrt ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten, wobei die Unterschiede bei schmalen Querschnitten abnehmen. Im Begegnungsfall reduziert sich der Einfluss der optischen Führung und die Fahrer benutzen unabhängig von dessen Breite den Ausweichstreifen. Die unterschiedliche Ausweichstreifenbreite zeigt, dass bei breiten Ausweichstreifen zumindest tendenziell ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird. In Kombination mit dem variierten Strich-Lücke-Verhältnis treten bei diesem ebenfalls die geringsten Geschwindigkeiten auf, wenn ein Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 vorliegt. Dieses zeigt generell einen stärkeren geschwindigkeitsreduzierenden Effekt als das Strich-Lücke-Verhältnis 1:2.

6 Ergebnisse der Untersuchung im Fahr Simulator – Blickverhalten

In die Auswertung der Blickbewegung gehen aufgrund des hohen Auswertungsaufwandes nur die Daten mit höchster Genauigkeit ein, sodass ein Datensatz von 30 Probanden vorliegt.

Aussagen zur Intensität der Informationsaufnahme werden aus dem Zeitanteil der Fixationen abgeleitet; die Anzahl der Fixationen sowie das arithmetische Mittel der Fixationsdauer werden ergänzend betrachtet. Die Auswertung der Blickmaße erfolgt zunächst für die gesamte Strecke. Die Ergebnisse der einzelnen Streckenabschnitte werden zusammenfassend dargestellt, da keine systematischen Unterschiede zu den Ergebnissen der gesamten Strecke auftreten.

6.1 Fixationen auf der gesamten Strecke

- Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Die Strecken mit 6,00 m breiter Fahrbahn erstrecken sich über eine Länge von 4,0 km. Der prozentuale Anteil der Fixationen liegt bei diesen Strecken zwischen 80,57 % und 82,95 % ($p = .328$). Unter Einbeziehung der durchschnittlichen Anzahl und Dauer der Fixationen wird deutlich, dass bei der Strecke mit mittlerer Leitlinie weniger Fixationen auftreten (LL: $N = 397$ vs. AS: $N = 411-413$), aber mit 0,38 s signifikant länger fixiert wird im Vergleich zum schmalen AS ($p = .006$) und breiten AS ($p = .020$). Bei Letzteren dauern die Fixationen durchschnittlich 0,34 s.

Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Bei der 5,50 m breiten Fahrbahn mit einer Länge von 3,1 km sind durch die Variation des Strich-Lücke-Verhältnisses 5 Strecken untersucht worden. Der Fixationszeitanteil liegt mit 80,79 % bis 82,80 % stets auf einem ähnlich hohen Niveau ($p = .674$). Dabei treten ebenfalls weniger Fixationen bei der mittleren Leitlinie auf ($N = 267$). Bei den AS liegen diese zwischen 295 und 304 Fixationen. Unterschiede zur mittleren Leitlinie lassen sich nur zu den AS im Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 (AS 0,75 m: $p = .032$, AS 1,00 m: $p = .002$) nachweisen. Die Fixationsdauern liegen auf einem ähnlichen Niveau (0,36-0,40 s). Das Strich-Lücke-Verhältnis hat demnach kaum Einfluss auf das Blickverhalten und die daraus ableitbare Beanspruchung für den Fahrer.

Fahrbahnbreite B = 5,00 m

Die 5,00 m breiten Strecken sind mit 7,3 km die längsten Simulatorstrecken. Der Zeitanteil der Fixationen (79,57 %-81,15 %) fällt bei allen drei Stre-

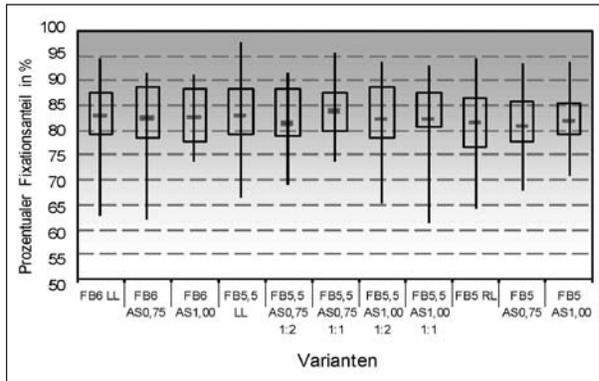


Bild 6.1: Zeitlicher Anteil der Fixationen (N = 30)

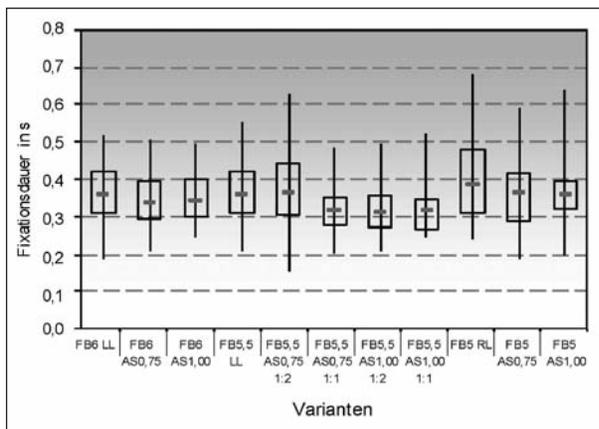


Bild 6.2: Dauer der Fixationen (N = 30)

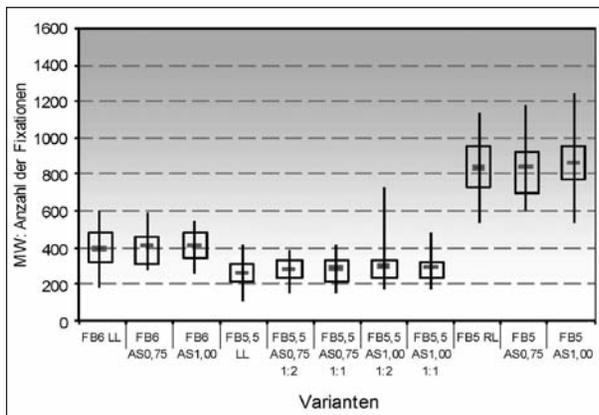


Bild 6.3: Anzahl der Fixationen (N = 30)

cken ähnlich hoch aus ($p = .456$). Bezüglich der Anzahl und Dauer der Fixationen tritt ein ähnliches Muster wie bei Strecken mit mittlerer Leitlinie auf: Es wird bei ähnlicher Dauer (RL: 0,33 s, AS: 0,31 s) tendenziell weniger fixiert.

Interpretation

Die Ergebnisse zeigen, dass der zeitliche Anteil der Fixationen zwischen den Varianten stets ähnlich hoch ausfällt. Der Zeitanteil der Fixationen ist dabei

weniger von dem Problem betroffen, dass einige Fahrsituationen (z. B. Begegnungsfall) häufige Fixationswechsel provozieren und somit den Zusammenhang zwischen Fixationsdauer und Aufgabenschwierigkeit zerstören (LIPPOLD et al., 2007). In den vorliegenden Ergebnissen heißt das, dass die Fahrer bei den einzelnen Varianten ähnlich hoch beansprucht sind. Folglich hat die Markierung keinen Einfluss auf die Beanspruchung bzw. Intensität der Informationsaufnahme. Die seitlichen Leitlinien sind für die Fahrer bzgl. der optischen Führung ausreichend.

Bei genauerer Betrachtung der Ergebnisse zur Anzahl und Dauer der Fixationen fällt auf, dass auf Strecken mit herkömmlicher Markierung (LL, RL) tendenziell weniger fixiert wird. Dies ist bei Strecken mit mittlerer Leitlinie auf den eigenen Fahrstreifen zurückzuführen, der die Spurtreue erleichtert. Die häufigeren Fixationswechsel bei Strecken mit AS lassen sich mit fehlenden Fahrstreifenbegrenzungslinien erklären. Im Begegnungsfall verlagern die Fahrer ihre Spur von der Fahrbahnmittle zum Fahrbahnrand, der visuell nicht hervorgehoben ist, sodass mehr Orientierung zur Spurtreue benötigt wird. Das wird auch bei der schmalen Fahrbahn von 5,00 m bestätigt. Des Weiteren wird angemerkt, dass die Ergebnisse zur Fixationsdauer vergleichbar sind mit den ermittelten Werten bei unfallunauffälligen Kurven (SHINAR et al., 1977), sodass generell von keiner höheren Beanspruchung ausgegangen werden kann.

6.2 Zeitanteil und Dauer von Fixationen auf einzelnen Streckenabschnitten

Die Auswertung der Blickmaße für einzelne Streckenabschnitte zeigt keine systematischen Unterschiede im Vergleich zur gesamten Strecke. Der Zeitanteil der Fixationen fällt ähnlich hoch aus und hinsichtlich der Dauer wird bei der herkömmlichen Markierung eher länger fixiert. Eine detaillierte Darstellung der Blickmaße befindet sich im Anhang E.

Werden die Streckenabschnitte (Gerade, Links- und Rechtskurve) unabhängig von den Varianten innerhalb einer Fahrbahnbreite deskriptiv miteinander verglichen, zeigen sich für die Fahrbahnbreiten $B = 6,00$ m und $B = 5,00$ m ähnliche Ergebnisse in den Geraden und Rechtskurven, während es ten-

denzielle Unterschiede zu den Linkskurven gibt. So wird in den Linkskurven bei unbeeinflusster Fahrt prozentual häufiger fixiert, bei der 5,00 m breiten Fahrbahn auch mit einer geringeren Dauer. Dagegen fixieren die Fahrer bei der 5,50 m breiten Fahrbahn prozentual häufiger in der Rechtskurve mit annähernd gleicher Dauer. Im Begegnungsfall zeigen sich ähnliche Trends in den Daten. Bei 5,50 m fixieren die Fahrer in den Linkskurven prozentual weniger, bei der 5,00 m breiten Fahrbahn dagegen häufiger im Vergleich zu Geraden und Rechtskurven.

Eine Gegenüberstellung der Abschnitte unbeeinflusste Fahrt und Gegenverkehr zeigt, dass der prozentuale Fixationsanteil ähnlich hoch ausfällt. Daraus kann abgeleitet werden, dass die Fahrer während der Begegnung nicht zusätzlich beansprucht sind.

Interpretation

Die wenigen Unterschiede zwischen den Varianten bei der Betrachtung einzelner Streckenabschnitte bestätigen die Ergebnisse des gesamten Streckenverlaufs. Der relativ hohe Zeitanteil der Fixationen zeigt eine Fokussierung auf die Fahraufgabe, wobei sich diese zwischen unbeeinflusster Fahrt und Gegenverkehr nicht unterscheidet. Somit tritt trotz fehlender Fahrstreifenbegrenzungslinien keine höhere Beanspruchung auf, da Fahrer diese vermutlich durch die rechtzeitige Ausnutzung des Ausweichstreifens kompensieren. Des Weiteren werden keine wesentlichen Unterschiede zwischen mittlerer Leitlinie und Ausweichstreifen deutlich. Dies kann zum einen an der Laborsituation und der daraus resultierenden Fokussierung auf die Fahraufgabe liegen, zum anderen weisen die zumindest tendenziell geringeren Fixationsdauern bei seitlichen Leitlinien darauf hin, dass Fahrer die Orientierung zur Spurtreue durch häufigere Blickwechsel kompensieren.

6.3 Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse zum Blickverhalten, dass Fahrer in der Fahrsimulation aufgrund der Fokussierung generell eher höher beansprucht werden. Eine zusätzliche Beanspruchung durch die neue Markierung in Form von seitlichen Leitlinien kann allerdings ausgeschlossen

werden. Bei unbeeinflusster Fahrt sind die seitlichen Leitlinien zur optischen Führung für die Spurtreue ausreichend. Im Begegnungsfall wird das Fahrverhalten durch die Ausnutzung des Ausweichstreifens rechtzeitig angepasst.

7 Ergebnisse der Untersuchung im Fahrsimulator – Befragungen

7.1 Ergebnisse der Zwischenbefragung

Die Ergebnisse Zwischenbefragungen werden nach den jeweils identischen Fragen zur Sicherheit, zu kritischen Situationen und zu wahrgenommenen Unterschieden zwischen den Varianten (vgl. Anhang B) vorgestellt.

Sicherheit

Das Sicherheitsgefühl liegt bei unbeeinflusster Fahrt, in Begegnungsfällen und in Alleen im positiven, also eher sicherem Bereich (MW: 3,10-4,83, Skala: 1 = unsicher bis 5 = sicher). Erwartungskonform fühlen sich Personen bei unbeeinflusster Fahrt signifikant sicherer als bei Gegenverkehr. Das Sicherheitsempfinden in Alleen unterscheidet sich dagegen nicht im Vergleich zu den Streckenabschnitten ohne Seitenraumbepflanzung. Aus Bild 7.1 geht hervor, dass das Sicherheitsempfinden bei unbeeinflusster Fahrt und bei Gegenverkehr mit Reduzierung der Fahrbahnbreite bei den herkömmlichen Markierungen abnimmt. Bei Kernfahrbahnen fällt sie bei den 6,00 m und 5,50 m breiten Strecken

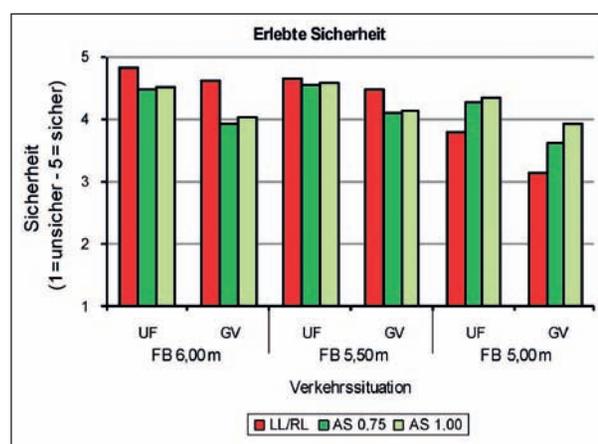


Bild 7.1: Sicherheitsempfinden bei unbeeinflusster Fahrt (UF) und Gegenverkehr (GV) auf den Strecken (N = 59)

ähnlich hoch aus und verringert sich nur im Vergleich zum schmalen Querschnitt.

Innerhalb der einzelnen Fahrbahnbreiten sind folgende Unterschiede zwischen den Varianten aufgetreten: Mit mittlerer Leitlinie fühlen sich die Probanden bei unbeeinflusster Fahrt auf den 6,00 m breiten Strecken signifikant sicherer als bei Strecken mit Ausweichstreifen (LL vs. AS 0,75 m: $p = .001$, LL & AS 1,00 m: $p < .001$). Bei Gegenverkehr verringert sich zwar das generelle Sicherheitsempfinden, es treten dennoch die gleichen Unterschiede auf (LL & AS 0,75 m: $p < .001$, LL & AS 1,00 m: $p < .001$). Die Kernfahrbahnen unterscheiden sich in beiden Situationen nicht.

Für das variierte Strich-Lücke-Verhältnis finden sich bei den 5,50 m breiten Strecken keine signifikanten Unterschiede im Sicherheitsempfinden, sodass auf eine separate Darstellung verzichtet wird.

Die mittlere Leitlinie und Ausweichstreifen unterscheiden sich bei unbeeinflusster Fahrt nicht ($p = .358$), dagegen fühlen sich Personen bei Gegenverkehr auch hier mit mittlerer Leitlinie sicherer (LL & AS 0,75 m: $p = .001$, LL & AS 1,00 m: $p = .007$). Das Sicherheitsempfinden zwischen den Varianten der AS unterscheidet sich nicht.

Bei den 5,00 m breiten Strecken tritt der umgekehrte Effekt auf. Bei Randlinien fühlen sich die Probanden in beiden Verkehrssituationen unsicherer als bei Strecken mit Ausweichstreifen. Bei unbeeinflusster Fahrt sind die Unterschiede nur zwischen Randlinie und Ausweichstreifen bedeutsam (RL & AS 0,75 m: $p = .001$, RL & AS 1,00 m: $p < .001$). Gleiche Unterschiede treten beim Gegenverkehr

auf (RL & AS 0,75 m: $p = .002$, RL & AS 1,00 m: $p < .001$). Zusätzlich fühlen sich die Fahrer beim breiten Ausweichstreifen sicherer als beim schmalen ($p = .022$).

Kritische Situationen

In Tabelle 7.1 sind die kritisch erlebten Situationen in Abhängigkeit von der Fahrbahnbreite dargestellt, dabei konnte jede Person mehrere Situationen angeben. Bei den 6,00 m breiten Strecken ($N = 61$) werden nur halb so viele Situationen genannt wie bei 5,00 m breiten ($N = 134$). Vor allem Begegnungsfälle in Kurven werden als kritisch empfunden. Generell empfinden die Probanden bei der mittleren Leitlinie durch die Kennzeichnung des eigenen Fahrstreifens Begegnungsfälle mit Bussen als weniger gefährlich. Das Überholen des Radfahrers bei mittlerer Leitlinie wird dagegen vergleichsweise häufig als kritisch eingestuft. Bei Ausweichstreifen hilft dagegen die rechte seitliche Leitlinie bei der Orientierung zur klaren Trennung zwischen Pkw und Rad, sodass Ausweichstreifen in diesem Moment als „Radstreifen“ wahrgenommen werden.

Randlinien weisen die häufigsten Nennungen an kritischen Situationen auf ($N = 50$), allerdings werden Busse im Gegenverkehr weniger kritisch gesehen als bei Ausweichstreifen. Dagegen werden Überholvorgänge mit Radfahrern und das Durchfahren von Kurven im Vergleich zu Ausweichstreifen gefährlicher empfunden. Hier scheinen die seitlichen Leitlinien mehr Orientierungshilfe zu leisten.

Eine Gegenüberstellung der Varianten des Ausweichstreifens zeigt, dass bei breiten Ausweich-

Varianten	6,00 m			5,50 m			5,00 m		
	LL	AS	AS	LL	AS	AS	RL	AS	AS
		0,75 m	1,00 m		0,75 m	1,00 m		0,75 m	1,00 m
Radfahrer	7	2	6	11	5	5	6	3	2
GV bei Rad	2	-	-	2	1	2	-	-	-
GV – Pkw	1	3	5	3	1	-	5	4	1
GV – Pkw in Kurve	1	-	10	1	2	1	10	6	8
GV – Bus bei freier Sicht	1	8	5	1	1	1	5	9	10
GV – Bus in Allee	-	7	11	1	6	4	11	22	13
Kurven	2	2	6	-	-	-	6	2	2
Andere	1	4	7	1	3	-	7	2	-
	N = 15	N = 26	N = 50	N = 20	N = 19	N = 13	N = 50	N = 48	N = 36
	N = 61			N = 52			N = 134		

Tab. 7.1: Kritisch erlebte Situationen bei den Simulatorstrecken (N = Anzahl der Nennungen der 59 Personen)

streifen weniger kritische Situationen erlebt werden, da die Fahrer das Gefühl haben, bei Gegenverkehr mehr Platz zum Ausweichen zu haben. Hinsichtlich der Variation des Strich-Lücke-Verhältnisses treten keine Unterschiede auf.

Wahrgenommene Unterschiede zwischen den Varianten

Unterschiede zwischen den herkömmlichen Markierungen und den Ausweichstreifen werden stets wahrgenommen. Dagegen registriert die variierte Breite des Ausweichstreifens nur jeder vierte Fahrer und das variierte Strich-Lücke-Verhältnis nimmt nur jeder achte Fahrer wahr. Diese Ergebnisse belegen die implizite Wirkung von diesen Markierungen, da Unterschiede im Fahrverhalten registriert werden.

Präferenz der Varianten

Die Mehrheit der Probanden (70 %, 64 %) bevorzugt bei den 6,00 m und 5,50 m breiten Straßen die mittlere Leitlinie als Markierung, vor allem aufgrund von Vertrautheit und der separaten Fahrstreifen bei Gegenverkehr. Dagegen werden Randlinien nur von 22 % präferiert, davon geben 54 % der Probanden Vertrautheit und je 15 % eine bessere Orientierung und ein angenehmeres Befahren dieser Strecke an. Zwischen den Varianten des Ausweichstreifens zeigt sich einheitlich, dass breite Ausweichstreifen gegenüber schmalen bevorzugt werden. Besonders deutlich fallen diese Unterschiede beim 5,00 m breiten Querschnitt aus (AS 1,00 m: 46 %, AS 0,75 m: 27 %). Während die zunehmende Vertrautheit mit der neuen Markierung und ein angenehmeres Empfinden beim Befahren zwei wesentliche Gründe für die generelle Bevorzugung von Ausweichstreifen sind, werden schmale eher wegen ihrer breiteren Kernfahrbahn bevorzugt. Bei breiten Ausweichstreifen werden der größere Abstand zum Fahrbahnrand und ein besseres Ausweichen bei Gegenverkehr als Vorteil gesehen. Keinen Unterschied in der Bevorzugung gibt es hinsichtlich eines bestimmten Strich-Lücke-Verhältnisses.

Zusammenfassung

Die Versuchspersonen fühlen sich sicher in der Fahrsimulation, bei unbeeinflusster Fahrt mehr als im Begegnungsfall, wobei dieses Sicherheitsgefühl mit abnehmender Fahrbahnbreite und vor allem bei Bus-Begegnungen in Alleen sinkt. Bei der mittleren Leitlinie werden aufgrund des eigenen Fahrstreifens Begegnungsfälle seltener kritisch erlebt, so-

dass diese Markierung bei den 6,00 m und 5,50 m breiten Fahrbahnen bevorzugt wird. Dagegen werden seitliche Leitlinien gegenüber Randlinien aufgrund von Vertrautheit und einer besseren Orientierung präferiert. Diese Vertrautheit im Sinne von Gewöhnung ist vor allem durch die wiederholte Konfrontation mit dieser Markierung während der Untersuchungsfahrt entstanden. Zwischen den Varianten des Ausweichstreifens zeigt sich, dass breite gegenüber schmalen Ausweichstreifen bevorzugt werden, da Fahrer auf ersteren weniger Situationen als kritisch eingestuft haben.

7.2 Ergebnisse der Nachbefragung

In der Nachbefragung findet eine abschließende Bewertung der Kernfahrbahn statt (vgl. Anhang B). Neben der Beanspruchung durch die Untersuchung sollten die Probanden das Fahrverhalten in ausgewählten Verkehrssituationen bewerten, ihre erlebten Emotionen beim Befahren solcher Straßen angeben und eine generelle Bewertung von Kernfahrbahnen vornehmen, um Rückschlüsse auf die Akzeptanz ziehen zu können (vgl. Kapitel 3.2.8).

Beanspruchung

Die Beanspruchung der Personen wurde über die Beanspruchungsratings unmittelbar vor und nach der Simulatorfahrt erhoben, um Konfundierungen aufgrund der langen Untersuchungsdauer zu kontrollieren. Die Ergebnisse zeigen, dass die Personen insgesamt wenig beansprucht sind. So zeigen sich keine Unterschiede im Vorher-/Nachher-Vergleich bezüglich des Monotonieerlebens, der Sättigung und des psychischen Engagements (vgl. Kapitel 3.2.8). Die beiden erstgenannten Faktoren weisen eine geringe Ausprägung (MW: 2,60/2,01, 1 = überhaupt nicht bis 6 = sehr) auf, Letzterer eher eine höhere (MW: 4,10). Dagegen steigt die psychische Ermüdung in der Nachher-Messung signifikant an ($p = .006$), die Ausprägung liegt aber dennoch im unteren Skalenbereich (MW: 2,14 vs. 2,52). Eine hohe Beanspruchung infolge der langen Untersuchungsdauer wird somit ausgeschlossen, sodass diesbezüglich Auswirkung auf das Fahrverhalten ausgeschlossen werden können.

Fahrverhalten

Zusätzlich zum objektiven Fahrverhalten wird das subjektiv wahrgenommene Fahrverhalten über offene Fragen und in Form eines semantischen Diffe-

renzials erhoben (vgl. Kapitel 3.2.8). Die Einschätzung des Fahrverhaltens erfolgt bei Strecken mit Ausweichstreifen im Vergleich zu Strecken mit beidseitigen Randlinien separat für die Verkehrssituationen „unbeeinflusste Fahrt“, „Gegenverkehr“ und „Kurve mit unzureichender Sicht“ (vgl. Bild 7.2). Je nach Situation geben die Personen an, ein anderes Fahrverhalten (Geschwindigkeit, Spurverhalten) zeigen zu wollen, wobei die Einschätzungen zur Kognition (Konzentration, Risikobereitschaft) und zur Sicherheit einen ähnlichen Verlauf nehmen. Die Personen meinen, generell eher achtsamer, sicherer und vorsichtiger bei Ausweichstreifen zu fahren. Hinsichtlich des Fahrverhaltens würden sie bei unbeeinflusster Fahrt eher schneller und in Fahrbahnmitte, bei Gegenverkehr dagegen langsamer und näher zum Straßenrand fahren. In Kurven mit geringer Sichtweite würden sie die gleiche Geschwindigkeit wie bei Gegenverkehr fahren und dabei das Spurverhalten kaum verändern.

Die Ergebnisse der offenen Fragen zu generellen Veränderungen im Fahrverhalten unterstützen die Antworten des semantischen Differenzials. Zum Geschwindigkeitsverhalten (N = 23) geben 48 % der Probanden an, bei Ausweichstreifen langsamer gefahren zu sein, 30 % schneller und 22 % hätten ihre Geschwindigkeit nicht geändert.

Beim Spurverhalten (N = 31) meinen 77 % der Fahrer, bei unbeeinflusster Fahrt die Kernfahrbahn eingehalten zu haben. Lediglich 7 % geben an, die rechte Markierung zu überfahren, und 16 % behalten ihr Spurverhalten bei. Das subjektive Erleben verändert sich bei 44 Probanden bei Ausweichstreifen wie folgt: Sie fühlen sich entweder sicherer (29,5 %), entspannter (9 %) und fahren risikobereiter (5 %) oder sie fühlen sich unsicherer (16 %), fahren aufmerksam (9 %) und vorsichtiger (25 %).

Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ergebnisse zum eben dargestellten Fahrverhalten (vgl. Bild 7.2) äußern 76 % der Probanden, das angegebene Fahrverhalten bei Straßen mit dieser Markierung zeigen zu wollen, 22 % sind sich diesbezüglich nicht sicher und 2 % verneinen es.

Emotionales Erleben

Das emotionale Erleben wird erhoben, um einen Eindruck zu erhalten, wie Fahrer das Befahren der Straße mit seitlichen Leitlinien und mit Randlinien empfinden. Ein Vergleich zwischen mittlerer Leitlinie und Ausweichstreifen erfolgt nicht, da Erstere

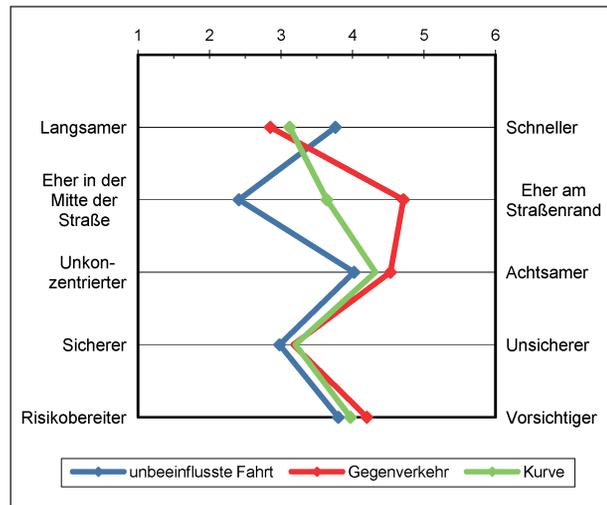


Bild 7.2: Durchschnittliche Bewertung des Fahrverhaltens in den Verkehrssituationen „Unbeeinflusste Fahrt“, „Gegenverkehr“ und „Kurve mit unzureichender Sicht“ (N = 59)

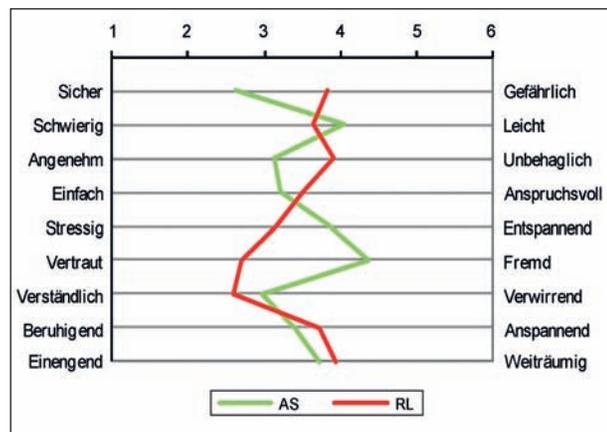


Bild 7.3: Emotionales Erleben auf Straßen mit Kernfahrbahnen und Randlinien (N = 59)

im Vergleich als sicherer eingeschätzt werden (vgl. Kapitel 3.2.8).

Bild 7.3 verdeutlicht, dass Ausweichstreifen und Randlinien unterschiedlich starke Emotionen hervorrufen. Das Fahren auf Straßen mit Ausweichstreifen wird überwiegend positiv erlebt. So wird es im Vergleich zu Randlinien sicherer, angenehmer und entspannter erlebt, obwohl die Markierungen eher fremd wirken. Hinsichtlich erlebter Schwierigkeit, Beanspruchung, Verständlichkeit, Anspannung und wahrgenommener Enge gibt es keine bedeutsamen Unterschiede.

Akzeptanz

Die Akzeptanz wird über indirekte Fragen zur Verkehrssicherheit und zu vorteilhaften bzw. nachteiligen Situationen erfasst sowie über direkte Fragen

zur allgemeinen Bewertung der Kernfahrbahn. Aspekte der Verkehrssicherheit wurden mittels des semantischen Differenzials erhoben (vgl. Bild 7.4), wobei es keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Markierungen (seitliche Leitlinien versus Randlinien) gibt. Sie werden als „eher gut“, „eher praktisch“, „eher unproblematisch“, „eher sinnvoll“ und „eher effektiv“ bewertet. Tendenziell werden seitliche Leitlinien in der globalen Einschätzung (gut – schlecht) etwas positiver eingeschätzt. Diese eher positive Einstellung gegenüber beiden Markierungen überrascht, vergleichen die Probanden eine bereits vertraute mit einer neuen Markierung.

Mittels offener Fragen wurde nach Situationen gefragt, in denen Ausweichstreifen vorteilhaft bzw. nachteilig sind (vgl. Tabelle 7.2). Das Ergebnis zeigt, dass identische Situationen sowohl positiv als auch negativ wahrgenommen werden.

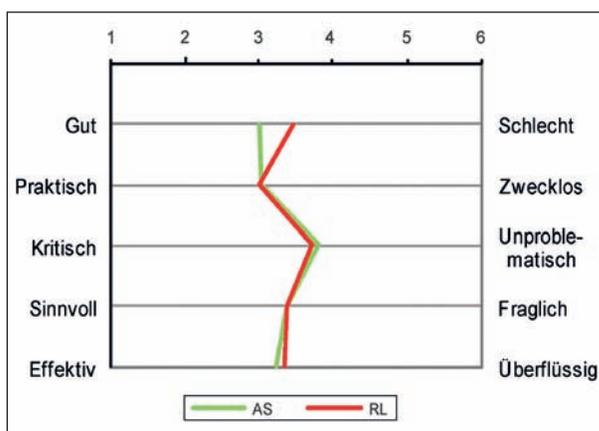


Bild 7.4: Durchschnittliche Bewertung der Kernfahrbahnen und Randlinien bezüglich der Verkehrssicherheit (N = 59)

Situationen	Vorteil	Nachteil
	(N = 86)	(N = 64)
Immer	2	6
Gegenverkehr	14	48
Kurven	13	14
Überholen	5	3
unbeeinflusste Fahrt	25	6
Gerade Strecke	5	5
Allee	5	6
Radfahrer	20	-
Gute Sicht	4	-
Schlechte Sicht	-	5

Tab. 7.2: Vor- und nachteilige Situationen von Ausweichstreifen in Prozent (N = Anzahl der Nennungen der 59 Personen)

Ausweichstreifen werden vor allem bei unbeeinflusster Fahrt und bei Radverkehr positiv bewertet. Umgekehrt verhält es sich mit „Gegenverkehr“. In dieser Situation empfinden 49 % der Fahrer Ausweichstreifen nachteilig und nur 14 % von Vorteil.

Die allgemeine Bewertung von Ausweichstreifen fällt überwiegend positiv aus. Die Mehrheit der Probanden kommt eher sehr gut (58 %) bis gut (29 %) mit dieser Markierung zurecht. 13 % kommen eher schlecht damit zurecht. Insgesamt bewerten 61 % der Probanden Ausweichstreifen positiv (eher positiv: 51 %, positiv: 10 %), nur ein Drittel steht ihnen negativ gegenüber (eher negativ: 25 %, negativ: 5 %), 9 % sind diesbezüglich noch unentschieden. Personen, die Ausweichstreifen positiv bewerteten, befürworteten auch überwiegend deren Einführung und umgekehrt. Für eine Einführung sprechen sich insgesamt 46 % der Probanden aus, 34 % lehnen sie ab und 20 % können sich diesbezüglich nicht entscheiden.

Zusammenfassung

Die Nachbefragung zeigt, dass Ausweichstreifen überwiegend positiv bewertet werden. Begegnungsfälle werden zwar kritisch gesehen, allerdings kommt die Mehrheit der Probanden gut mit dieser Markierung zurecht und spricht sich für eine Einführung aus. Die Personen geben an, ihr Spurverhalten in Abhängigkeit von den vorliegenden Verkehrsbedingungen entsprechend anzupassen, während sie ihre Geschwindigkeit nur teilweise reduzieren würden. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass sich die Personen sicherer und entspannter bei Ausweichstreifen fühlen als bei Randlinien.

8 Zusammenführung objektiver und subjektiver Daten

In der Untersuchung im Fahrsimulator wurden unterschiedliche Varianten von Markierungsformen zur Querschnittsaufteilung untersucht, um eine geeignete Variante für die Umsetzung auf den Messstrecken abzuleiten. Unter Berücksichtigung verschiedener Fahrbahnbreiten wurden streckengeometrisch identische Kreisstraßen mit herkömmlicher Markierung (Leit- und Randlinien; nur Randlinien) oder mit seitlichen Leitlinien (Entwurf RAL, 2008) gestaltet. Letztere wurden in ihrer Breite (AS: 0,75 m, AS: 1,00 m) variiert. Zusätzlich wurde auf der 5,50 m breiten Fahrbahn neben dem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1

das Verhältnis 1:2 untersucht. Der Untersuchungsschwerpunkt lag auf dem Fahrverhalten, also wie Personen in unterschiedlichen Verkehrssituationen mit der neuen Fahrbahngestaltung ihr Verhalten ändern und ob bzw. welche Unterschiede in den Varianten auftreten. Zusätzlich wurden subjektive Daten zum Erleben und zur Akzeptanz erhoben.

Aus den Ergebnissen zum Fahrverhalten geht zusammenfassend Folgendes hervor:

Es werden auf allen Simulatorstrecken hohe Geschwindigkeiten gefahren. Dies liegt einerseits vermutlich an der statischen Simulatorsituation, die die Geschwindigkeitswahrnehmung aufgrund fehlender Bewegung erschwert. Andererseits geht aus den Blickdaten hervor, dass die Fahrer trotz neuer Markierung keine zusätzliche Beanspruchung erleben. Sie fühlen sich beim Befahren der Strecken sicher, wobei das Sicherheitsempfinden mit abnehmender Fahrbahnbreite sinkt. So fühlen sich die Personen bei der 5,00 m breiten Fahrbahn vergleichsweise unsicherer und fahren vermutlich deshalb auch kompensatorisch geringere Geschwindigkeiten (vgl. GSTALTER/ FASTENMEIER, 1997). Des Weiteren fühlen sich die Personen generell bei unbeeinflusster Fahrt sicherer als bei Gegenverkehr, was sich allerdings selten in den Geschwindigkeitsreduktionen widerspiegelt. Dies liegt zum einen daran, dass diese Situationen dennoch mit „eher sicher“ eingeschätzt werden und die Personen angeben, achtsam zu fahren. Zum anderen finden rechtzeitige Anpassungen im Spurverhalten statt, wobei bei zu hoher Geschwindigkeit auch das Bankett zum Ausweichen mitbenutzt wird. In Hinblick auf die Unterschiede zwischen den Varianten wird deutlich, dass die mittlere Leitlinie nicht nur aus Vertrautheit bevorzugt wird, sondern vor allem wegen der höheren Sicherheit aufgrund des eigenen Fahrstreifens. Dies führt allerdings kompensatorisch zu höheren Geschwindigkeiten im Vergleich zu Kernfahrbahnen < 4,00 m Breite. Bei Letzteren scheint vor allem beim breiten Ausweichstreifen die visuelle Fahrbahnverengung zu wirken, da die seitlichen Leitlinien mehr ins Blickfeld rücken und somit die eigene Geschwindigkeitswahrnehmung verbessern. Kernfahrbahnen mit einer Breite von 4,50 m verleiten dagegen eher zum schnelleren Fahren. Die visuelle Verengung ist unzureichend, sodass eine breite Fahrbahn suggeriert wird. Im Vergleich zur Randlinie wird bei den Ausweichstreifen ebenfalls tendenziell schneller gefahren, was wahrscheinlich auf den vertrauten Umgang mit der Markierung zurückzuführen ist. Hinsichtlich der Geschwindigkeiten

gibt die Mehrheit der Personen an, bei Ausweichstreifen langsamer gefahren zu sein. Diese Angaben treffen nur bei den breiten Ausweichstreifen zu, bei denen (signifikant oder tendenziell) die geringsten Geschwindigkeiten gefahren werden. Diese Unterschiede treten mit abnehmender Fahrbahnbreite seltener auf, sodass die Breite der befestigten Fahrbahn bzw. die Anforderungen an die Streckencharakteristik beim schmalen Querschnitt maßgeblich für die gefahrenen Geschwindigkeiten sind. Den stärksten Effekt auf die Geschwindigkeit hat das Strich-Lücke-Verhältnis, da beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 geringere Geschwindigkeiten ermittelt werden als bei der mittleren Leitlinie und beim Strich-Lücke-Verhältnis 1:2, vor allem in Kombination mit dem breiten Ausweichstreifen. Die höhere Frequenz der Striche verbessert die eigene Geschwindigkeitswahrnehmung und führt zu geringeren Geschwindigkeiten (GIBSON, 1986). Diese Verhaltensanpassungen erfolgen eher unbewusst, da Fahrer die Unterschiede zwischen den Verhältnissen selten wahrgenommen haben, sodass von einer impliziten Wirkung der Markierung ausgegangen werden kann.

Im Spurverhalten zeigen sich sowohl in den objektiven als auch in den subjektiven Daten Unterschiede zwischen den Verkehrssituationen „unbeeinflusste Fahrt“ und „Begegnungsfall“.

Bei unbeeinflusster Fahrt wird bei den Ausweichstreifen (signifikant oder tendenziell) ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten als bei der herkömmlichen Markierung. Dies stimmt mit den Angaben der Fahrer überein, mehr in der Fahrbahnmitte gefahren zu sein. Auf Geraden wird dabei die Kernfahrbahn von der Mehrheit der Fahrer eingehalten, dabei fällt auf, dass die seitlichen Leitlinien desto häufiger überfahren werden, je schmaler der Querschnitt ist. In Kurven wird nach Angaben der Fahrer nicht mehr in der Fahrbahnmitte gefahren. Die Fahrdaten zeigen allerdings, dass sich der Abstand in Linkskurven erhöht, in Rechtskurven entsprechend verringert. Beim Vergleich der Varianten zeigt sich, dass bei mittlerer Leitlinie näher zum Fahrbahnrand gefahren wird, wobei die Spurtreue bei diesen Strecken häufig homogener ausfällt. Die Fahrstreifenbegrenzungslinien helfen dem Fahrer, seinen eigenen Fahrstreifen einzuhalten (vgl. LOBANOV, 1980). Bei den Randlinien verhält es sich umgekehrt. Die Fahrer orientieren sich an den Markierungen, sodass durch die visuelle Fahrbahnverengung weniger Spielraum für Abweichungen in der Spurführung gegeben ist. Dabei sehen die Fahrer bei Ausweichstreifen vor allem das „mittige“ Fahren von Vorteil.

Im Begegnungsfall stimmen die subjektiven Daten, eher am Fahrbahnrand zu fahren, mit dem gezeigten Fahrverhalten überein. Die Fahrer verringern ihren Abstand bis zur Begegnung und fahren unmittelbar am Fahrbahnrand. Nach der Begegnung vergrößern sie den Abstand wieder. Dabei werden die Ausweichstreifen in ihrer gesamten Breite problemlos mit benutzt. Dennoch wird in diesen Begegnungssituationen die mittlere Leitlinie als Markierung bevorzugt, da hier eine visuelle Abgrenzung zum entgegenkommenden Fahrzeug erfolgt. Die Fahrer haben eine räumliche Trennung, sodass sie sich sicherer fühlen. Kernfahrbahnen werden im Begegnungsfall dagegen eher kritisch bewertet, obwohl keine Konflikte mit entgegenkommenden Fahrzeugen zu beobachten waren. Die Fahrer verringern ihren Abstand zum Fahrbahnrand rechtzeitig und passen ihr Fahrverhalten an die Verkehrsbedingungen an. Dabei wird bei breiten Querschnitten mit Ausweichstreifen ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten als bei der mittleren Leitlinie. Die Personen fühlen sich zwar in diesen Begegnungssituationen unsicherer, fahren dadurch allerdings auch achtsamer, um Kollisionen zu vermeiden. Diese höhere Aufmerksamkeit spiegelt sich allerdings nicht in den Ergebnissen der Blickdaten wider, die auf keine zusätzliche Beanspruchung schließen lassen. Zum einen verdeutlichen diese Daten bereits eine starke Fokussierung auf die Fahraufgabe, zum anderen kann die Situation in der Nachbefragung subjektiv anstrengender eingeschätzt worden sein, als die Fahrer es tatsächlich während der Fahrt empfanden, da sie rechtzeitige Spuranpassungen vornahmen.

Mit abnehmender Fahrbahnbreite reduziert sich der Einfluss der Markierung, da beim schmalen Querschnitt ähnlich wie bei unbeeinflusster Fahrt kaum Unterschiede zwischen den Varianten vorhanden sind. Dabei fühlen sich die Fahrer bei Kernfahrbahnen sicherer als bei Randlinien, da sie ein besseres Ausweichen bei dieser Markierung wahrnehmen. Das Befahren wird angenehmer empfunden, sodass Ausweichstreifen bei diesem Querschnitt als Markierung bevorzugt werden.

Die allgemein positive Bewertung der Kernfahrbahnen sowie das gute Zurechtkommen mit dieser Markierung sprechen für eine Umsetzung auf den Messstrecken, zumal die Markierung das intendierende Fahrverhalten vermittelt. Ein Vergleich zwischen den Varianten der Ausweichstreifen zeigt, dass bei breiten Ausweichstreifen geringere Ge-

schwindigkeiten auftreten und zumindest tendenziell bei breiteren Querschnitten ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird. Darüber hinaus werden breite Ausweichstreifen gegenüber schmalen aufgrund des größeren Abstandes zum Fahrbahnrand und des besseren Ausweichens im Begegnungsfall bevorzugt, sodass auf diesem auch weniger kritische Situationen erlebt werden.

Aus den Ergebnissen im Fahrsimulator können Ausweichstreifen für die Messstrecken empfohlen werden. Bei der Querschnittsaufteilung gibt es zwar im Spurverhalten nur wenige bedeutende Unterschiede zwischen den schmalen und breiten Ausweichstreifen, die generelle Präferenz der Fahrer von breiten Ausweichstreifen sowie die geschwindigkeitsreduzierende Wirkung dieser Breite in Kombination mit einem Strich-Lücke-Verhältnis 1:1 sprechen für die Realisierung von breiten Ausweichstreifen im Strich-Lücke-Verhältnis 1:1.

9 Ergebnisse der Untersuchung auf Messstrecken

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung auf Messstrecken getrennt nach Messinstrumentarium und Fahrbahnbreite vorgestellt. Tabelle 9.1 gibt eine Gesamtübersicht, welches Messsystem für die Untersuchung auf verschiedenen den Messstrecken zur Anwendung kam.

9.1 Verfolgungsfahrten

$$V_{zul} = 100 \text{ km/h}$$

Die Verfolgungsfahrten wurden mit dem Messfahrzeug der TU Dresden (vgl. Kapitel 3.3.1) bei trockenen Witterungsverhältnissen vom selben Fahrer durchgeführt. Um ein ausreichendes Datenkollektiv zu erhalten, wurden insgesamt je Messstrecke rund 70 Fahrten (jeweils 35 Fahrten je Richtung (vgl. Kapitel 3.3.1)) aufgezeichnet. In Sachsen wurden zusätzlich zu den Fahrten im Vorher- und Nachher-Zeitraum, Nachfolgefahrten während der Eingewöhnungszeit ($V_{zul} = 70 \text{ km/h}$) vorgenommen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der V_{85}/V_{50} der auswertbaren Verfolgungsfahrten in Abhängigkeit von der Fahrbahnbreite und getrennt nach Bundesland vorgestellt. Die Diagramme der Einzelfahrten befinden sich im Anhang H.

Messstrecke	Nordrhein-Westfalen			Sachsen	
	K 50 B67 (alt) – KP L 896	L 573 KP K 59 – Nienborg	K 3 Barlo – Vardinghold	K 7730/2 Oberbobritzsch – (LG) Pretzschendorf	K 7730/1 (KP S 184) – Oberbobritzsch
Fahrbahnbreite	6,00 m	5,50 m	5,00 m	6,00 m	5,50 m
Breite Kernfahrbahn	4,00 m	3,50 m	3,00 m	4,00 m	4,00 m
Breite Ausweichstreifen	2 x 1,00 m	2 x 1,00 m	2 x 1,00 m	2 x 1,00 m	2 x 0,75 m
Messungen auf den Untersuchungsstrecken					
Verfolgungsfahrten Vorher-/Nachher-Zustand $V_{zul} = 100$ km/h	x	x	x	x	x
Verfolgungsfahrten Vorher-/Nachher-Zustand $V_{zul} = 70$ km/h	-	-	-	x	x
Querschnittsmessungen Vorher-/Nachher-Zustand Laserscanner	-	-	-	x	x
Querschnittsmessungen Nachher-Zustand Seitenradar	-	x	x	x	x

Tab. 9.1: Gesamtübersicht der Messinstrumente je Messstrecke

9.1.1 Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m

Verfolgungsfahrten auf den 6,00 m breiten Messstrecken ohne eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit erfolgen auf der K 50 (NRW) und der K 7730 (2) (SN).

Ein Vorher-/Nachher-Vergleich konnte auf der Messstrecke in Sachsen durchgeführt werden. Sie weist eine Kernfahrbahn von 4,00 m und zwei Ausweichstreifen mit einer Breite von 1,00 m auf.

Auf der Messstrecke in Nordrhein-Westfalen (NRW) ist ein Vorher-/Nachher-Vergleich wegen der Fahrbahnanierung nicht möglich. Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, erfolgten Verfolgungsfahrten auf einem Referenzquerschnitt (Mit-/Ohne-Vergleich), der von der Messstrecke durch einen Knotenpunkt getrennt ist.

Freistaat Sachsen

Auf der Kreisstraße K 7730 (2) wurden insgesamt 140 Verfolgungsfahrten aufgezeichnet, wovon 111 (vorher: 57/nachher: 54) nach Isolierung statistischer Extremwerte ausgewertet werden konnten. Weiterhin erfolgten 54 Messungen in der Eingewöhnungszeit (vgl. Kapitel 9.2). Die zeitliche Abfolge der verschiedenen Untersuchungen zeigt Bild 9.1.

Die Ergebnisse sind für beide Fahrtrichtungen (Fahrtrichtung 1: Richtung Landkreisgrenze; Fahrt-

richtung 2: Richtung Ortschaft Oberbobritzsch) in Bild 9.2 bis Bild 9.5 dargestellt.

Im Vorher-/Nachher-Vergleich der Geschwindigkeitsprofile dieser Messstrecke kann bei beiden Fahrtrichtungen von einem ähnlichen Geschwindigkeitsniveau gesprochen werden.

Die verfolgten Kraftfahrer fahren aus der Ortschaft Oberbobritzsch (Fahrtrichtung 1) kommend in den Versuchsabschnitt ein. Die Geschwindigkeit V_{85} beträgt dabei im Vorher- als auch im Nachher-Zustand rund 97 km/h. Zu Beginn dieses Abschnitts befindet sich bei Station 1 + 000 eine Kuppe mit sehr geringer Sichtweite, die zu einem leichten Rückgang (vorher um 2 km/h, nachher um 3,5 km/h) der Geschwindigkeiten führt. Dies ist ein Hinweis darauf, dass, wie in der Fahrsimulation ermittelt, das Sicherheitsempfinden bei vorhandener mittlerer Leitlinie ein höher ist.

Im folgenden Verlauf (1 + 250 bis 1 + 600) sind die Geschwindigkeiten V_{85} mit rund 103 km/h auf einem Niveau. An Station 1 + 850 befindet sich eine Kurve ($R = 104$ m). Hier gehen die 85%-Geschwindigkeiten um rund 25 km/h auf rund 80 km/h zurück. Dabei wird in der Nachher-Messung erst kurz vor der Kurve gebremst. Die Geschwindigkeiten im Kurvenbereich betragen im Vorher-Zustand rund 84 km/h und im Nachher-Zeitraum ca. 80 km/h. Im nachfolgenden Streckenabschnitt beschleunigen die Kraftfahrer, dabei werden 85%-Geschwindigkeiten von (vorher) 110 km/h und (nachher) 107 km/h

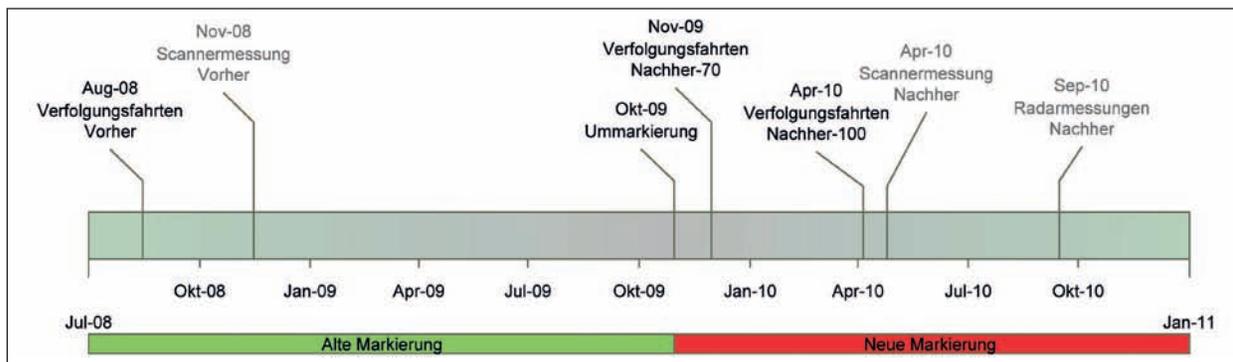


Bild 9.1: Zeitliche Abfolge der Geschwindigkeitserhebungen bei Messstrecke K 7730 (2) (BÖHME, 2010)

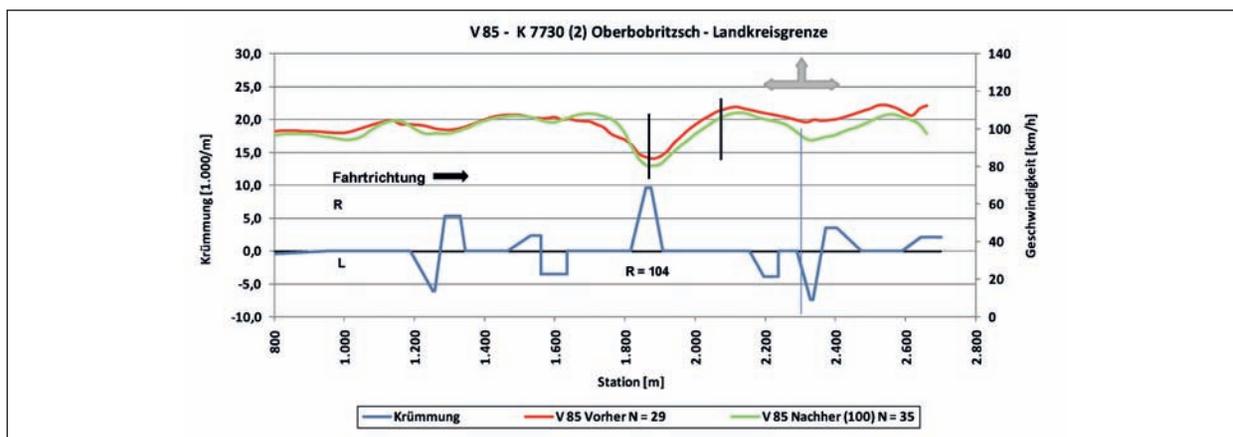


Bild 9.2: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (SN, FB-Breite 6,00 m, Richtung 1)

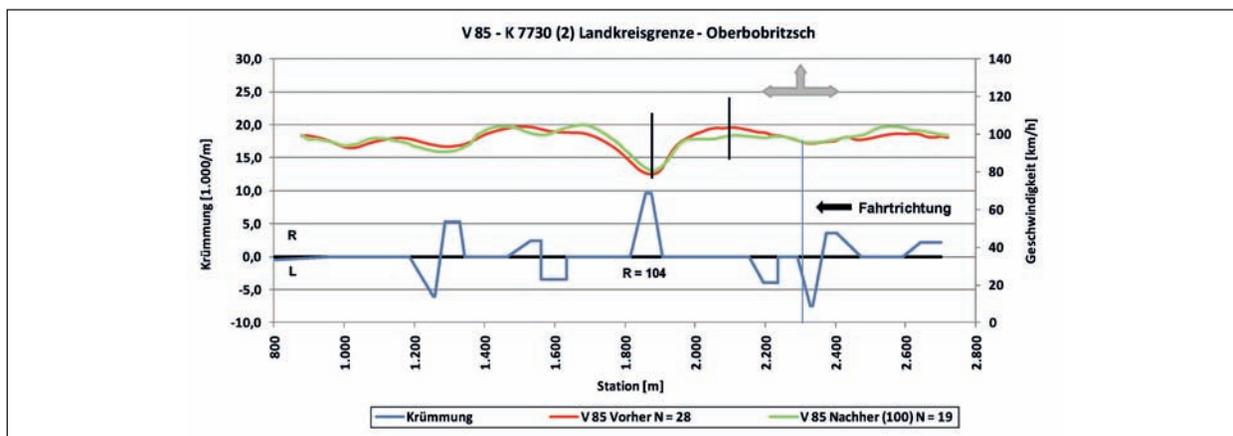


Bild 9.3: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (SN, FB-Breite 6,00 m, Richtung 2)

ermittelt. Im Bereich des Knotenpunktes (Einmündung Station 2 + 360) treten stärkere Geschwindigkeitsreduzierungen auf. Die V_{85} der Vorher- und Nachher-Messung unterscheiden sich dabei um bis zu 10 km/h (vorher 104 km/h, nachher 94 km/h).

In Fahrtrichtung 2 beträgt die Geschwindigkeit V_{85} zu Beginn des Untersuchungsabschnitts (Station 2 + 740), der sich wegen der vorhandenen Landkreisgrenze auf der freien Strecke befindet, rund 100 km/h. In folgendem kurzen Abschnitt ergeben

sich im Nachher-Zustand bis zu 4 km/h höhere V_{85} . An der Einmündung mit der K 7733 (Station 2 + 360) werden im Vorher- und Nachher-Zustand geringfügig Änderungen um 4 km/h auf 96 km/h festgestellt. Im Folgenden beschleunigen die Kraftfahrer bis zum Kurvenbereich bei Station 1 + 850 ($R = 104$ m). Auf diesem Abschnitt treten im Vorher-Zustand höhere Geschwindigkeiten (vorher rund 103 km/h, nachher ca. 98 km/h) auf. Im Kurvenbereich reduzieren sich die V_{85} folgendermaßen: im Vorher-Zustand um 25 km/h auf rund

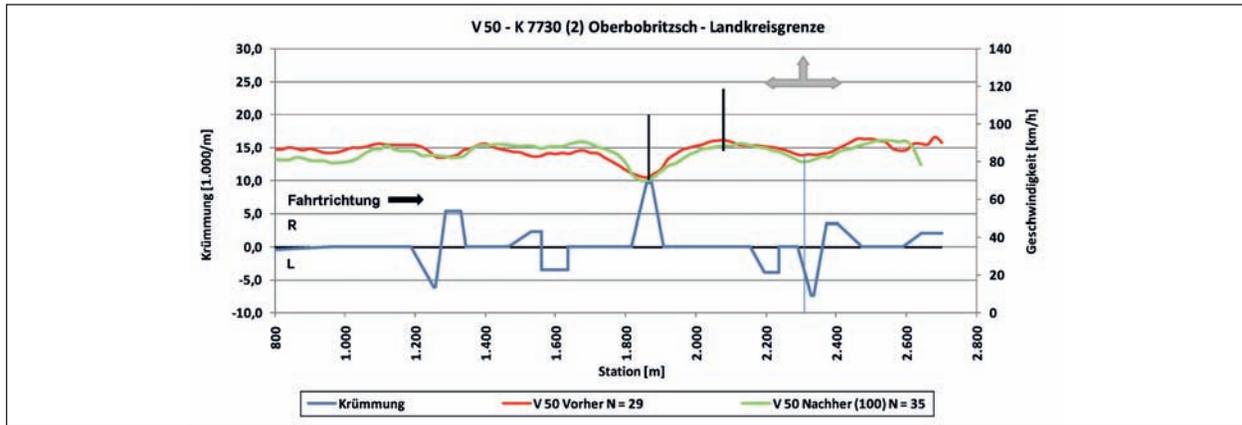


Bild 9.4: Vorher-/Nachher-Vergleich der V₅₀ (SN, FB-Breite 6,00 m, Richtung 1)

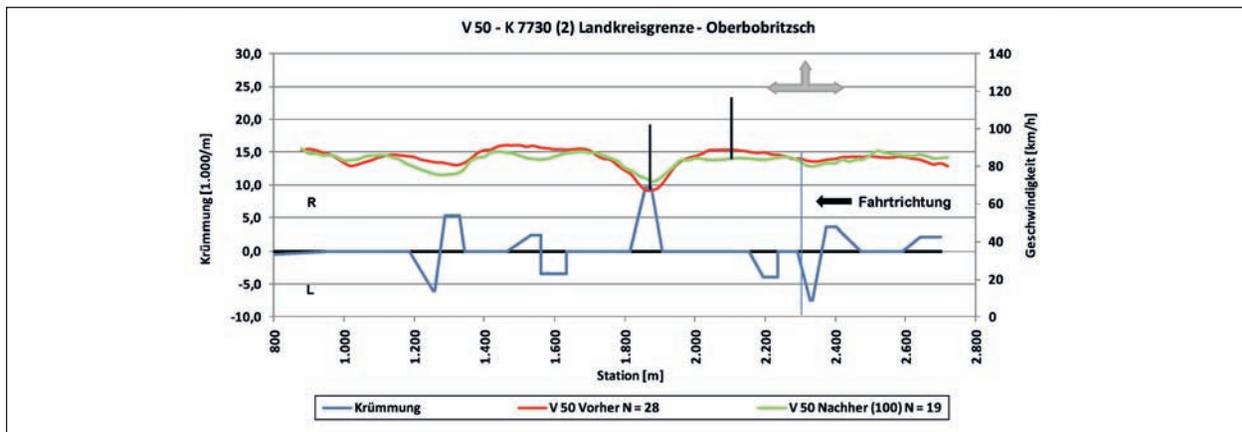


Bild 9.5: Vorher-/Nachher-Vergleich der V₅₀ (SN, FB-Breite 6,00 m, Richtung 2)

78 km/h, im Nachher-Zustand um 18 km/h auf 98 km/h. Nach Durchfahrt der Kurve wird erneut eine Geschwindigkeit $V_{85} = 100$ km/h festgestellt. Dabei unterscheiden sich die Vorher-/Nachher-Messungen um bis zu 5 km/h. Im Bereich der Kuppe, die die Sicht auf den folgenden Streckenabschnitt stark einschränkt, werden sowohl im Vorher- als auch im Nachher-Zustand mit rund 90 km/h geringere 85%-Geschwindigkeiten ermittelt, wobei eine höhere Reduktion bei ummarkierter Strecke im Nachher-Zustand festzustellen ist.

Ein ähnliches Verhalten stellt sich bei der Betrachtung der 50%-Geschwindigkeiten, die zur Validierung der Ergebnisse der 85%-Geschwindigkeiten ebenfalls herangezogen werden, ein. Die Geschwindigkeitsverläufe liegen dicht nebeneinander, wodurch das Geschwindigkeitsverhalten im Vorher-Zustand ungefähr dem im Nachher-Zustand entspricht (vgl. Bild 9.4 und Bild 9.5). In beiden Fahrtrichtungen werden 50%-Geschwindigkeiten zwischen 80 und 90 km/h im Kurvenbereich ($R = 104$ m) bis 70 km/h ermittelt. Ein unterschiedliches Geschwindigkeitsverhalten der

Krafffahrer ist an Station 1 + 600 zu beobachten. In Fahrtrichtung 1 (vgl. Bild 9.4) werden im Abschnitt vor der Kurve ($R = 104$ m) im Nachher-Zustand geringere V₅₀ ermittelt als vorher, in der Gegenrichtung (vgl. Bild 9.5) stellen sich im Vorher-Zustand nach dem Passieren höhere V₅₀ ein als nach der Ummarkierung.

Der Vergleich der 50%-Geschwindigkeiten bestätigt die Entwicklung der 85%-Geschwindigkeiten. Insgesamt wurde in Fahrtrichtung 1 im Durchschnitt eine leichte Abnahme, in Fahrtrichtung 2 eine leichte Zunahme der V₈₅ ermittelt.

Nordrhein-Westfalen

Auf der 6,00 m breiten Messstrecke K 50 in NRW wurden die aus Bild 9.6 ersichtlichen Untersuchungen durchgeführt.

Die Diagramme mit den Ergebnissen der V₈₅ und der V₅₀ sind für beide Fahrtrichtungen (Fahrtrichtung 1: Raesfeld, Fahrtrichtung 2: KP K 50/B 67) in Bild 9.7 bis Bild 9.10 dargestellt.

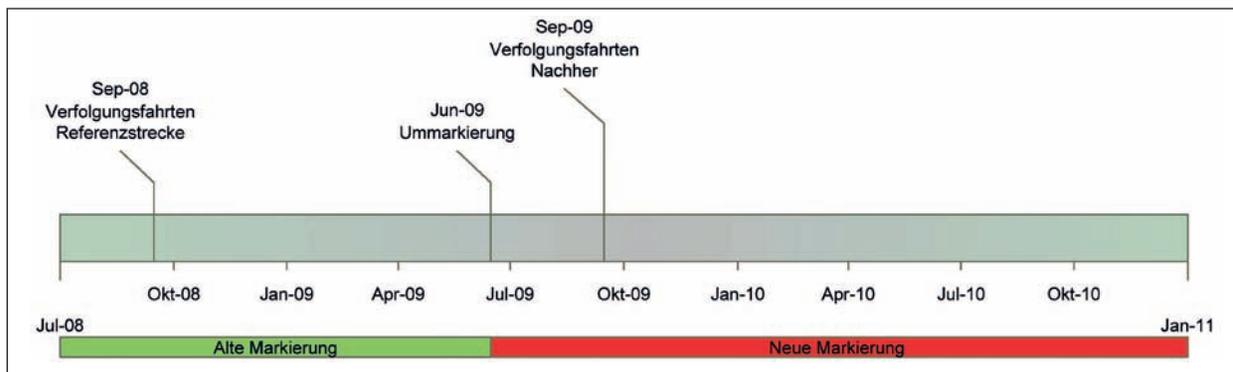


Bild 9.6: Zeitliche Abfolge der Geschwindigkeitserhebungen bei Messstrecke K 50 (BÖHME, 2010)

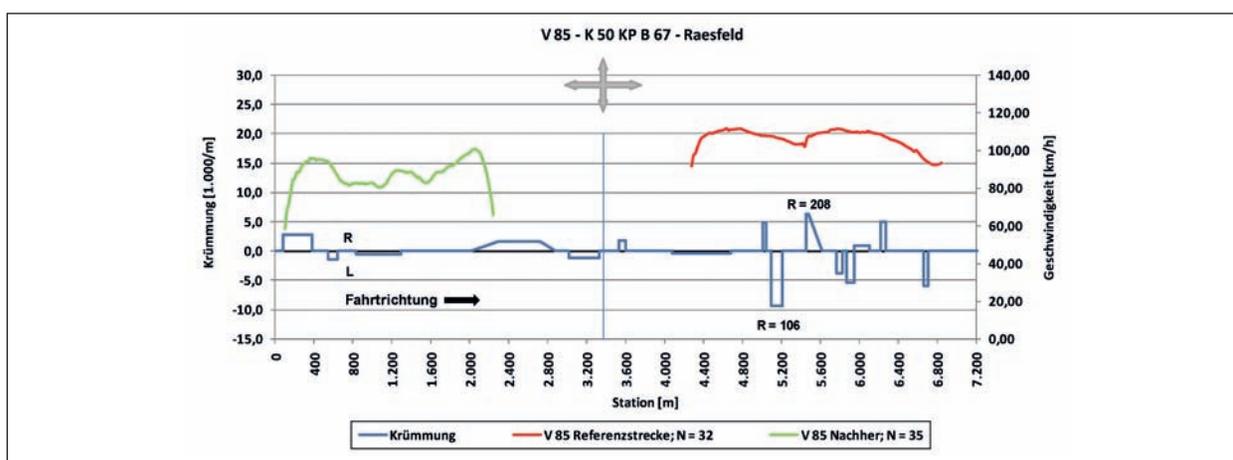


Bild 9.7: Vorher-/Nachher-Vergleich der V₈₅ (NRW, FB-Breite 6,00 m, Richtung 1)

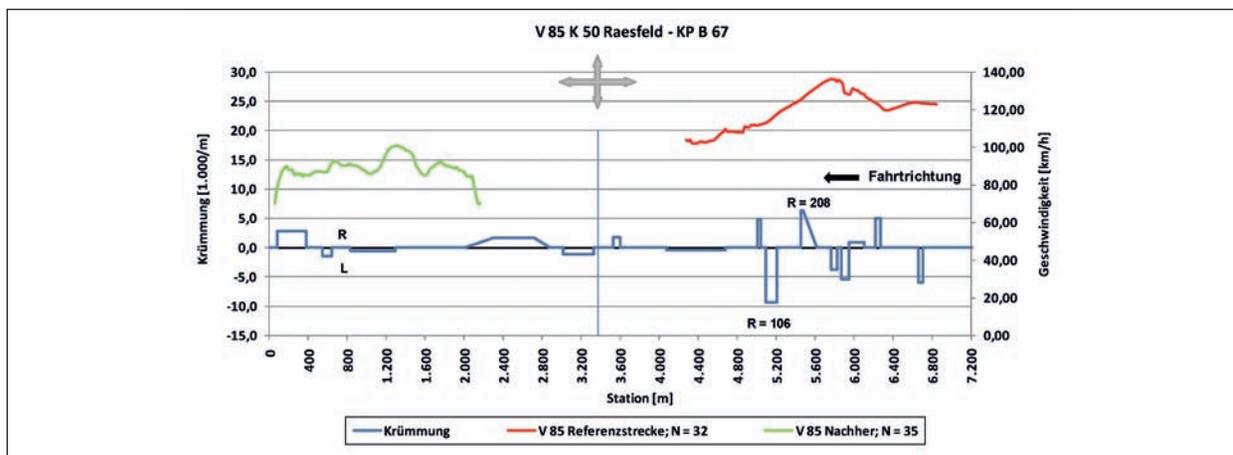


Bild 9.8: Vorher-/Nachher-Vergleich der V₈₅ (NRW, FB-Breite 6,00 m, Richtung 2)

Auf der Referenzstrecke besteht keine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Ursprünglich war dies auch so für den Untersuchungsabschnitt geplant. Aus Sicherheitsgründen entschied sich die zuständige Verkehrsbehörde für eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf $V_{zul} = 80$ km/h.

Obwohl sich die Messstrecke aufgrund dieser Entscheidung für einen Mit-/Ohne-Vergleich nicht mehr

eignet, soll auf die Darstellung der Ergebnisse und die Analyse des Fahrverhaltens nicht verzichtet werden.

Auf dem Referenzquerschnitt zeigt sich in Fahrtrichtung 1 (vgl. Bild 9.7, rote Linie) ein hohes Geschwindigkeitsniveau von bis zu 110 km/h. Vom Knotenpunkt mit der Landstraße L 896 kommend, wird zügig beschleunigt. Dabei werden V₈₅ bis zu 95 km/h festgestellt. Vor Beginn der Kurve mit einem Radius

von $R = 106$ m (Station 5 + 250) wird die Geschwindigkeit leicht reduziert, ab Station 5 + 600, nach Durchfahrt der Kurve mit den Radius $R = 208$ m, wurden bei den verfolgten Verkehrsteilnehmern bis zur Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h (Station 6 + 730) 85%-Geschwindigkeiten von rund 110 km/h festgestellt.

In der Gegenrichtung (Fahrrichtung 2, vgl. Bild 9.8) konnte bei den Verkehrsteilnehmern nach dem Ortsausgang Raesfeld eine V_{85} -Geschwindigkeit von 130 km/h ermittelt werden. Im folgenden Abschnitt der Messstrecke reduzieren die Kraftfahrer ihre Geschwindigkeit, da sie einen Kurvenbereich passieren müssen und sich dem Knotenpunkt mit der L 896 nähern.

In der Nachher-Untersuchung auf dem ummarkierten Teilstück der K 50 (vgl. Bild 9.7 und Bild 9.8, grüne Linie) werden in beiden Fahrrichtungen geringere Geschwindigkeiten festgestellt. Dies ist aber nicht auf die neue Markierung (Kernfahrbahn 4,00 m, Ausweichstreifen 1,00 m) zurückzuführen, sondern darauf, dass auf dieser Messstrecke nach

der Ummarkierung eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h aus Sicherheitsbedenken angeordnet wurde.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der V_{50} ist ein ähnliches Geschwindigkeitsverhalten zu beobachten wie in der V_{85} . Das Geschwindigkeitsniveau auf dem Referenzabschnitt liegt in Fahrtrichtung 1 (Raesfeld) zwischen 90 und 100 km/h und in der Gegenrichtung zwischen 90 und 110 km/h (vgl. Bild 9.9 und Bild 9.10).

Auf dem Streckenabschnitt mit der neuen Markierungsvariante befinden sich aufgrund der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 80$ km/h die 50%-Geschwindigkeiten beider Fahrrichtungen zwischen 70 und 85 km/h (vgl. Bild 9.9 und Bild 9.10).

Allgemein ist aufgrund der Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf $V_{zul} = 80$ km/h aus den Ergebnissen dieser Messstrecke keine Aussage zur Wirkung der Maßnahme möglich. Es zeigt sich jedoch, dass die zulässige Höchstgeschwindigkeit überwiegend eingehalten wird.

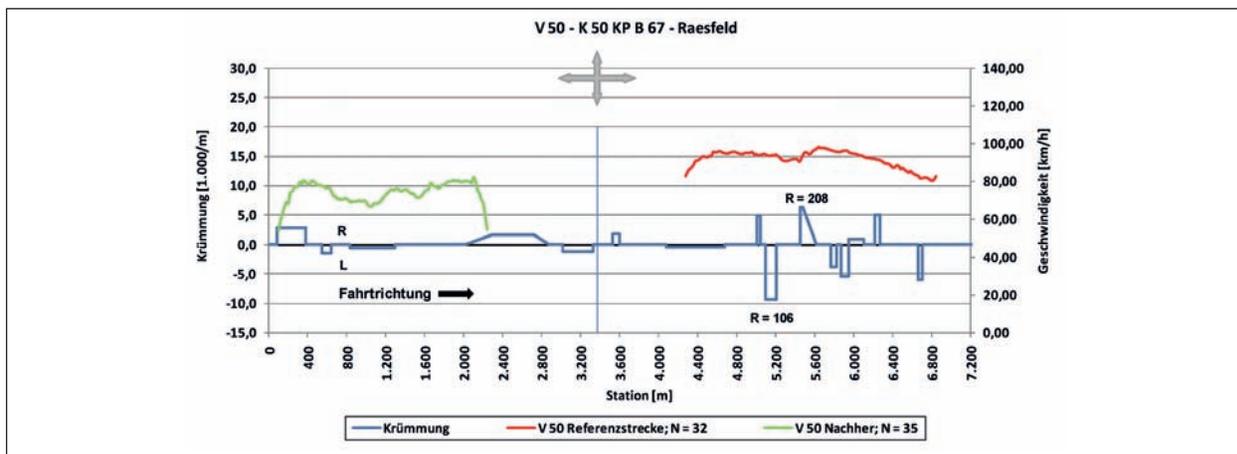


Bild 9.9: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{50} (NRW, FB-Breite 6,00 m, Richtung 1)

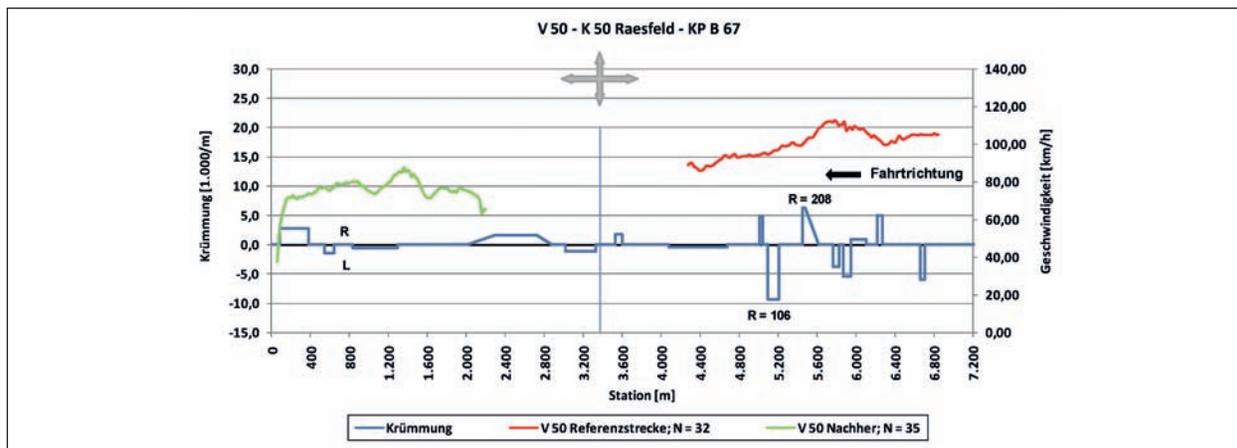


Bild 9.10: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{50} (NRW, FB-Breite 6,00 m, Richtung 2)

9.1.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Auf den 5,50 m breiten Messstrecken erfolgten die Verfolgungsfahrten ohne eine Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf der L 573 (NRW) und der K 7730 (1) (SN).

Ein Vorher-/Nachher-Vergleich war dabei nur auf der Untersuchungstrecke in Sachsen möglich. Auf der Messstrecke in Nordrhein-Westfalen wird wegen der grundhaften Erneuerung ein Mit-/Ohne-Vergleich vorgenommen. Der Referenzquerschnitt dafür schließt direkt an den Knotenpunkt mit der K 59 an die Messstrecke an.

Freistaat Sachsen

Die 5,50 m breite Messstrecke K 7730 (1) ist mit einer Kernfahrbahn mit einer Breite von 4,00 m und einem Ausweichstreifen mit einer Breite von 0,75 m markiert. Die zeitliche Abfolge der Untersuchungen enthält Bild 9.11. Die Diagramme der Geschwindigkeitsprofile der V_{85} und der V_{50} für beide Fahrrichtungen (Fahrtrichtung 1: Oberbobritzsch, Fahrtrichtung 2: Knotenpunkt S 184) sind in Bild 9.12 bis Bild 9.15 enthalten.

Das Geschwindigkeitsniveau dieser Messstrecke ist mit dem der 6,00 m breiten sächsischen Mess-

strecke (vgl. Kapitel 9.1.1) vergleichbar hoch. Dies gilt für beide Fahrrichtungen.

In Fahrtrichtung 1 fahren die Kraftfahrer über den Knotenpunkt mit der Staatsstraße S 184 in den Untersuchungsabschnitt in Richtung Ortslage Oberbobritzsch (vgl. Bild 9.12) ein. Zu Beginn des Abschnitts beschleunigen die Kraftfahrer, wobei eine V_{85} im Vorher- und Nachher-Zustand von ca. 100 km/h ermittelt wurde. Im folgenden Abschnitt treten in der Nachher-Messung zwischen Station 0 + 400 und 0 + 700 bis zu 5 km/h höhere V_{85} auf als im Vorher-Zeitraum. Ab Station 0 + 700 bis 0 + 900 weisen die Profile der Vorher- und Nachher-Messungen einen ähnlichen Verlauf bei Geschwindigkeiten von rund 103 km/h auf. Gründe für diese Ähnlichkeit können die Radien und die Sichtweiten an dieser Stelle sein, die kein anderes Geschwindigkeitsverhalten erlauben. Im weiteren Verlauf stellen sich im Nachher-Zeitraum bis zu 7 km/h, durchschnittlich bis zu 5 km/h höhere V_{85} ein als im Vorher-Zustand.

In der Gegenrichtung (Fahrtrichtung 2) kommen die Kraftfahrer aus der Ortschaft Oberbobritzsch und fahren in Richtung des Knotenpunkts mit der Staatsstraße S 184. Zu Beginn der Messstrecke liegen die Geschwindigkeiten im Vorher-Zustand bei

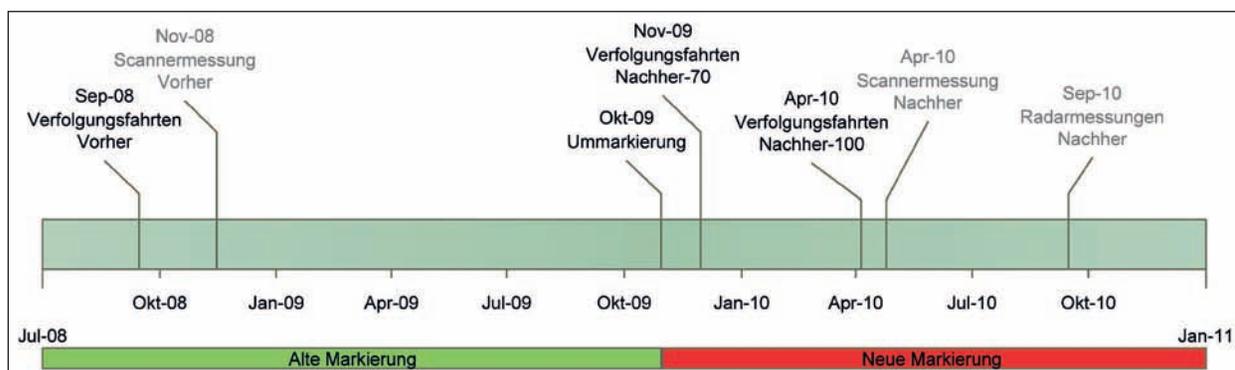


Bild 9.11: Zeitliche Abfolge der Geschwindigkeitserhebungen bei Messstrecke K 7730 (1) (BÖHME, 2010)

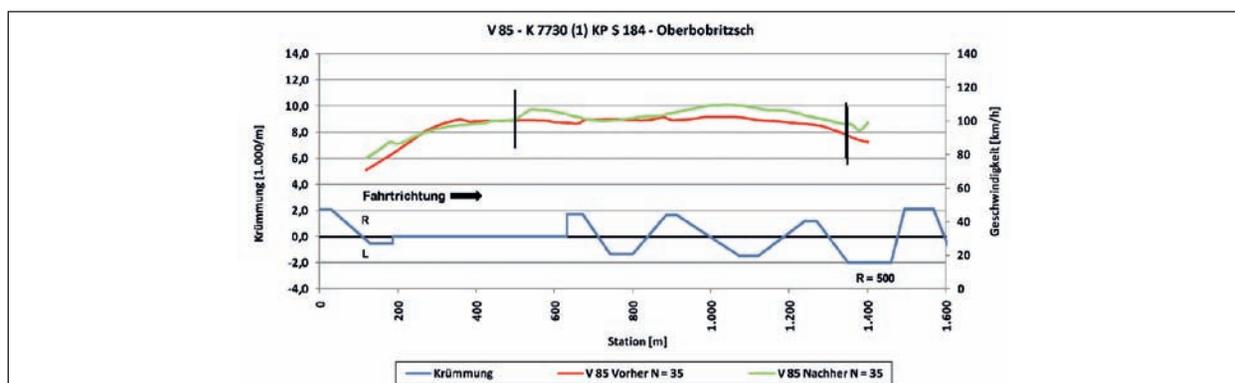


Bild 9.12: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (SN, FB-Breite 5,50 m, Richtung 1)

90 km/h und im Nachher-Zustand bei 95 km/h (vgl. Bild 9.13). Bis Station 1 + 000 unterscheiden sich die V_{85} um 5-7 km/h, wobei in der Nachher-Messung höherer Geschwindigkeiten ermittelt wurden. Ab Station 1 + 000 liegen die 85%-Geschwindigkeiten der Nachher-Messung bis zu 7 km/h unter denen der Vorher-Messung.

Die Auswertung der V_{50} zeigt in Fahrtrichtung 1 im Gegensatz zur V_{85} einen annähernd gleichen Geschwindigkeitsverlauf der Vorher- und Nachher-Messungen. Hier ergab die Berechnung der V_{50} in der Nachher-Messung zwischen den Stationen

0 + 800 bis 1 + 000 mit rund 5 km/h höhere Geschwindigkeiten als in der Vorher-Messung.

In der Gegenrichtung konnte ebenfalls ein ähnliches Geschwindigkeitsniveau der V_{50} zwischen der Vorher- und Nachher-Messung festgestellt werden. Die Geschwindigkeiten beider Fahrrichtungen liegen zwischen 80 und 90 km/h (vgl. Bild 9.14 und Bild 9.15).

Bei der Betrachtung der V_{85} ergibt sich durchschnittlich insgesamt in beiden Fahrrichtungen eine leichte Zunahme der Geschwindigkeiten. Die

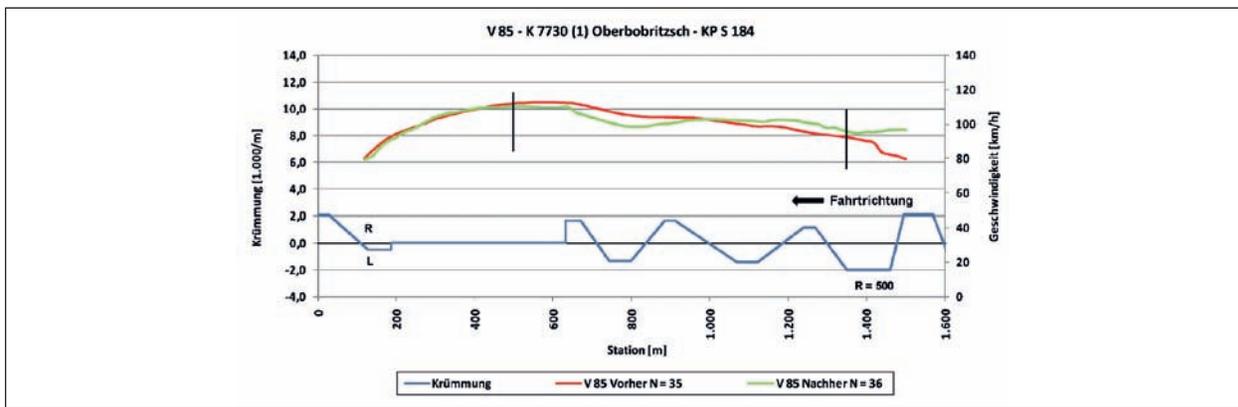


Bild 9.13: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (SN, FB-Breite 5,50 m, Richtung 2)

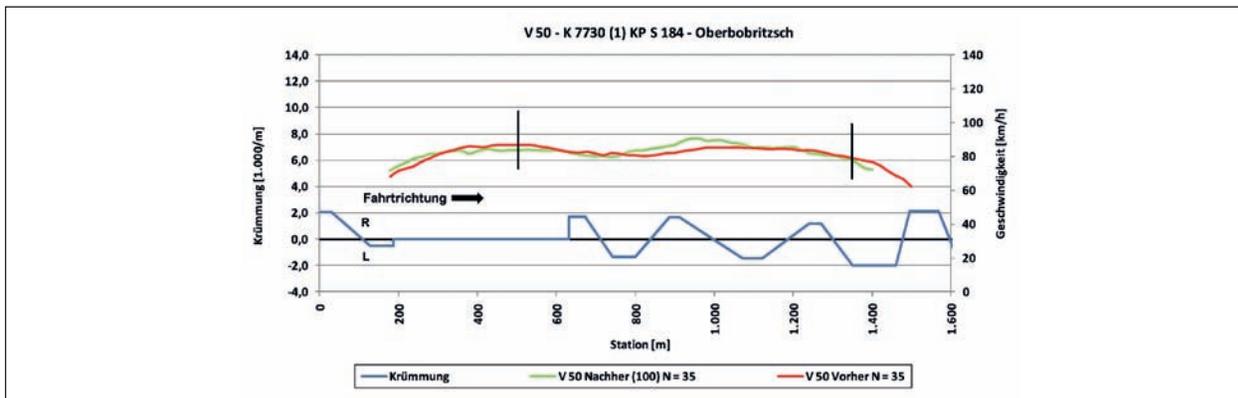


Bild 9.14: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{50} (SN, FB-Breite 5,50 m, Richtung 1)

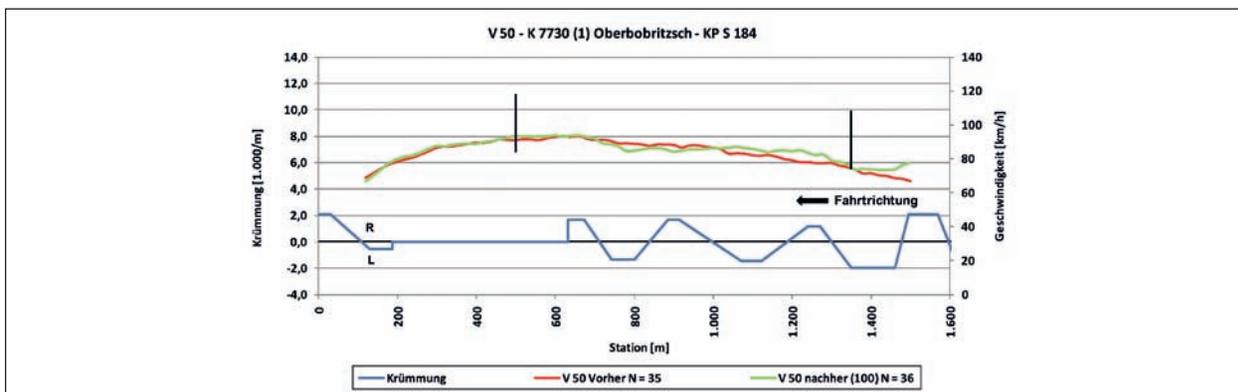


Bild 9.15: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{50} (SN, FB-Breite 5,50 m, Richtung 2)

Ermittlung der V_{50} zeigt, dass der Unterschied im Geschwindigkeitsniveau zwischen der Vorher- und Nachher-Messung geringer wird, sodass von einem annähernd ähnlichen Geschwindigkeitsniveau zwischen Vorher- und Nachher-Messung gesprochen werden kann.

Nordrhein-Westfalen

Die Messstrecke L 573 in NRW unterteilt sich auch bei der Fahrbahnbreite von 5,50 m in einen Referenzquerschnitt und einen Querschnitt für die Untersuchung im ummarkierten Zustand. Der Referenzquerschnitt schließt an den neu markierten Untersuchungsabschnitt an. Die Trennung der Abschnitte erfolgt durch den Knotenpunkt mit der Kreisstraße K 59. In Bild 9.16 ist die zeitliche Abfolge der einzelnen Messungen zusammengefasst dargestellt.

Die Verfolgungsfahrten erfolgten über beide Streckenabschnitte, sodass jeweils ein und dasselbe Fahrzeug auf dem Referenzquerschnitt und auf dem Abschnitt mit der neuen Fahrbahnmarkierung aufgezeichnet wurde.

Fahrzeuge, die in Fahrtrichtung 1 (Richtung Ochtrup) verfolgt wurden, durchfuhren dabei den Bereich zuerst, der mit einer Kernfahrbahn von 3,00 m

und einem Ausweichstreifen von 1,00 m markiert wurde. Fahrzeuge aus der Fahrtrichtung 2 (Richtung Nienborg) befuhren zuerst den Referenzquerschnitt.

Die Ergebnisse der Fahrtrichtung 1 sind in Bild 9.17 dargestellt. Auf den ersten 300 m der Messstrecke war aufgrund der Kurve (2 + 200, $R = 185$ m) und der eingeschränkten Sichtweite bereits vor der Deckenerneuerung eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 70$ km/h angeordnet. Die 85%-Geschwindigkeiten der verfolgten Kraftfahrer liegen in diesem Bereich mit ca. 90 km/h deutlich über der angeordneten Höchstgeschwindigkeit. Der Einfluss dieser Linkskurve ist im Geschwindigkeitsprofil der V_{85} mit der Reduktion von ca. 100 auf 90 km/h erkennbar. Nach der Kurve erhöhen die Kraftfahrer ihre Geschwindigkeit zunächst mit einer stärkeren Beschleunigung als am Beginn der Messstrecke. Die V_{85} beträgt dabei ca. 110 km/h. An Station 2 + 500 erfolgt eine leichte Reduzierung um ca. 4 km/h der V_{85} an einer Rechtskurve ($R = 735$ m). Dieses Verhalten ist für beide Fahrtrichtungen erkennbar (vgl. Bild 9.17 und Bild 9.18).

Im weiteren Streckenverlauf schließt eine Gerade mit einer Länge von 1,5 km und sehr guten Sichtverhältnissen an. Die Fahrer beschleunigen nach Durchfahren der Rechtskurve. Dabei wurde eine

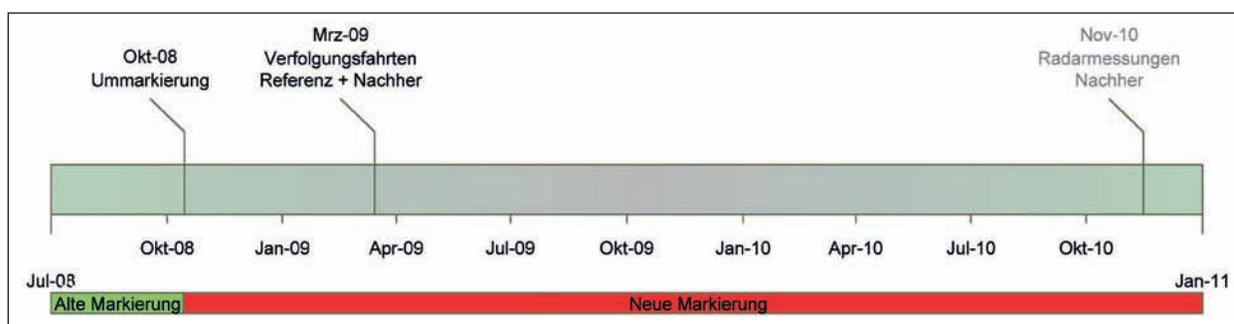


Bild 9.16: Zeitliche Abfolge der Geschwindigkeitserhebungen bei Messstrecke K L 573 (BÖHME, 2010)

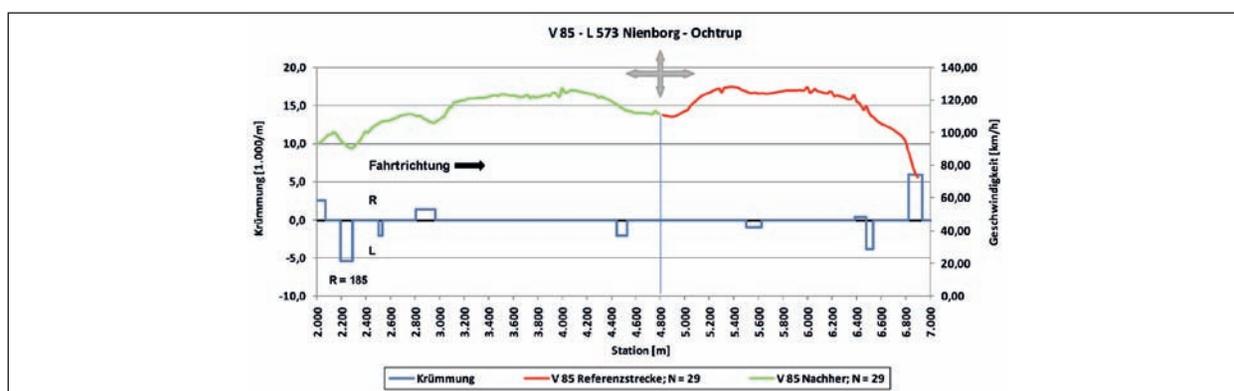


Bild 9.17: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (NRW, FB-Breite 5,50 m, Richtung 1)

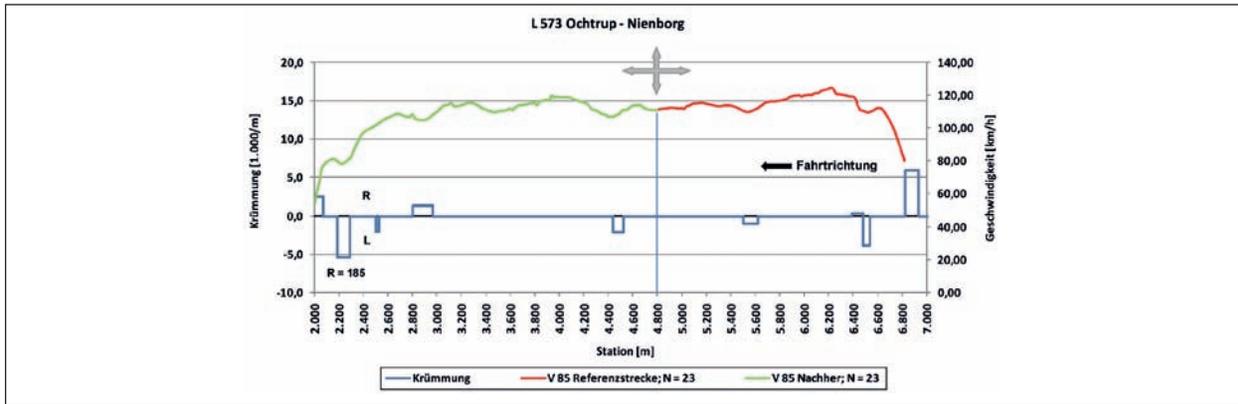


Bild 9.18: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (NRW, FB-Breite 5,50 m, Richtung 2)

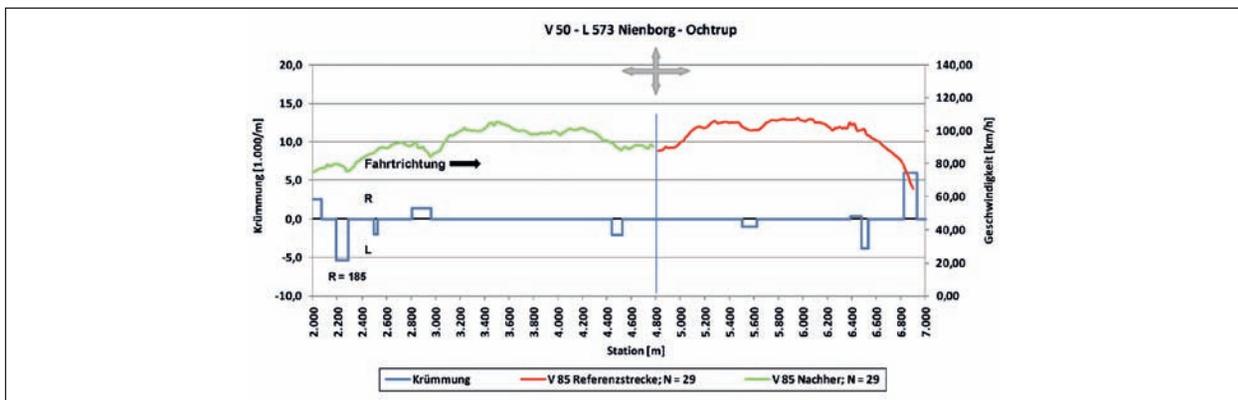


Bild 9.19: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{50} (NRW, FB-Breite 5,50 m, Richtung 1)

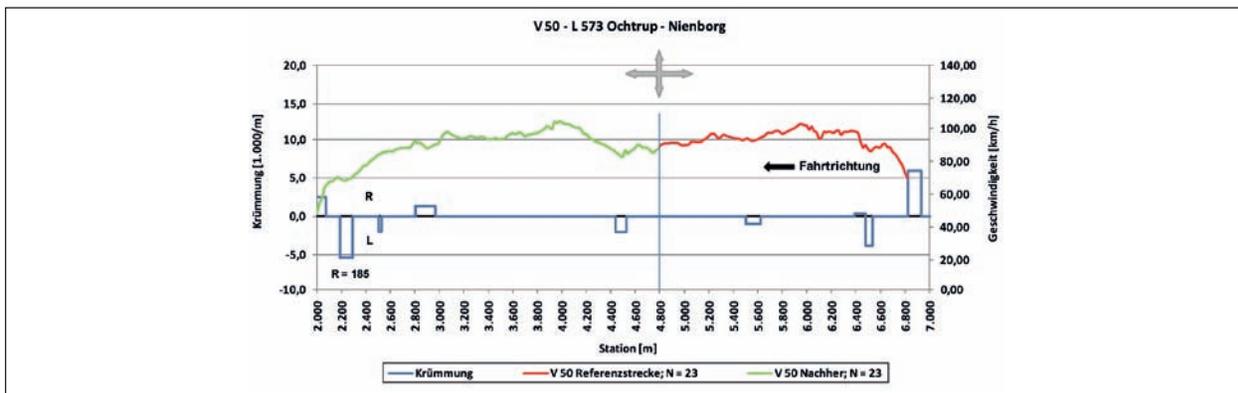


Bild 9.20: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{50} (NRW, FB-Breite 5,50 m, Richtung 2)

V_{85} von ca. 120 km/h festgestellt. In der Gegenrichtung (vgl. Bild 9.18) ist ebenfalls ein Geschwindigkeitsniveau von rund 120 km/h zu erkennen. An dem Knotenpunkt, der sich in der Mitte der Messstrecke befindet, wurde ebenfalls eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 70$ km/h angeordnet. In diesem Bereich mit einer Länge von ca. 600 m (zwischen den Stationen 4 + 500 und 5 + 100) reduzieren die Kraftfahrer in Fahrtrichtung 1 von ca. 120 km/h auf ca. 110 km/h und in Fahrtrichtung 2 stellen sich gleichbleibende Geschwindigkeiten V_{85} von rund 115 km/h ein (vgl. Bild 9.21).

Die 85%-Geschwindigkeiten des herkömmlich markierten Streckenabschnitts sind in beiden Fahrtrichtungen mit denen des neu markierten Abschnittes vergleichbar hoch. Es wurden 85%-Geschwindigkeiten bis ca. 120 km/h ermittelt.

Dies bestätigen auch die Diagramme für die Ergebnisse der 50%-Geschwindigkeiten. Das Geschwindigkeitsniveau der V_{50} liegt in beiden Fahrtrichtungen bei rund 100 km/h (vgl. Bild 9.19 und Bild 9.20).

Auf der L 753 konnte im Mit-/Ohne-Vergleich ein ähnliches Geschwindigkeitsverhalten ermittelt wer-

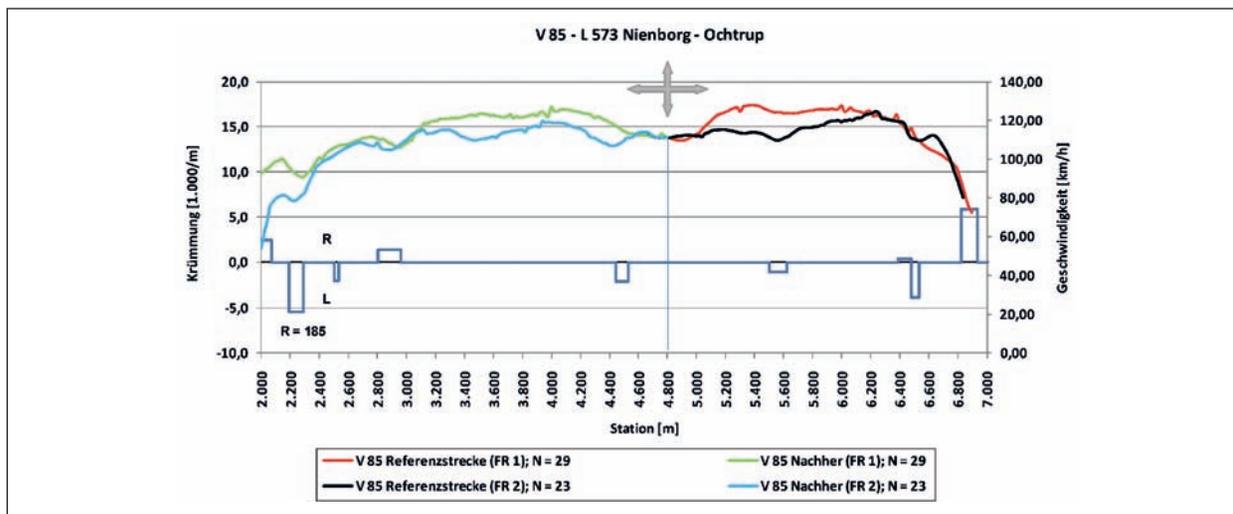


Bild 9.21: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (NRW, FB-Breite 5,50 m, Richtung 1 und 2)

den. Werden beide Verläufe der V_{85} in einem Diagramm dargestellt, zeigt sich, dass das Geschwindigkeitsniveau der gesamten Strecke dann höher liegt, wenn zuerst der neu markierte Bereich und dann der Referenzquerschnitt befahren werden.

9.1.3 Fahrbahnbreite $B = 5,00$ m

Nordrhein-Westfalen

Die einzige Messstrecke mit einer Breite von 5,00 m befindet sich in NRW und ist die Kreisstraße K 3. Im Vorher-Zustand war eine Randmarkierung markiert, im Nachher-Zustand weist sie eine Kernfahrbahn von 3,00 m und einem Ausweichstreifen von 1,00 m auf. Aus Bild 9.22 ist die zeitliche Abfolge der Untersuchungen erkennbar.

Beide Fahrtrichtungen (Fahrtrichtung 1: Vardingholt; Fahrtrichtung 2: Barlo) weisen, wie auch die anderen Messstrecken, insgesamt ein hohes Geschwindigkeitsniveau auf.

In Bild 9.23 ist Fahrtrichtung 1 dargestellt. Das Geschwindigkeitsprofil der Nachher-Untersuchung liegt über dem der Vorher-Messung. Die verfolgten Verkehrsteilnehmer fahren in die Messstrecke vom Knotenpunkt K3/K4 ein und beschleunigen auf einer Geraden, die vor dem eigentlichen Messabschnitt liegt. Im Vorher-Zustand wurde eine V_{85} von ca. 100 km/h ermittelt. Dabei liegen die 85%-Geschwindigkeiten der Nachher-Messung mit rund 2 km/h leicht über denen der Vorher-Messung. Zu Beginn des Messabschnitts befindet sich eine lange Linkskurve ($R = 350$ m), die zu einer leichten Reduzierung der V_{85} führt (vorher: 104 auf 91 km/h ,

nachher 105 auf 92 km/h). Bereits in der Kurve erhöhen die Kraftfahrer ihre Geschwindigkeit wieder, was zu einer Erhöhung der V_{85} auf mehr als 100 km/h führt. Dabei werden mit rund 4 km/h bei der neuen Markierung höhere Geschwindigkeiten festgestellt als in der Vorher-Messung. Im folgenden Abschnitt beschleunigen die Kraftfahrer erneut. Die V_{85} beträgt im Vorher-Zeitraum bis zu 105 km/h , im Nachher-Zeitraum bis zu 120 km/h . Im Einflussbereich des an Station 3 + 300 befindlichen Knotenpunktes wird im Nachher-Zustand eine Geschwindigkeitsreduktion von ca. 16 km/h auf 90 km/h ermittelt. In der Vorher-Messung bleiben die Geschwindigkeiten mit rund 100 km/h gleich. Das entspricht einer Differenz zwischen Vorher-/Nachher-Messung von durchschnittlich 10 km/h . Bis zur nächsten Kurvenfolge ($R = 422$ m und $R = 70$ m) bleiben dann die 85%-Geschwindigkeiten nahezu unverändert.

Innerhalb der Kurvenfolge gehen die 85%-Geschwindigkeiten in der Vorher-Messung bis auf 75 km/h und in der Nachher-Messung bis auf 85 km/h zurück.

Nach einem kurzen Beschleunigungsbereich fahren die verfolgten Kraftfahrer im Bereich der Wendelinie ($R_1 = 145$ m, $R_2 = 168$ m) wieder langsamer. Dabei befinden sich die 85%-Geschwindigkeiten der Vorher- und Nachher-Messung mit rund 95 km/h auf dem gleichen Niveau. Im Folgenden wird bis zum Einflussbereich der Einmündung am Ende der Messstrecke in der Nachher-Messung mehr beschleunigt (bis zu 100 km/h) als in der Vorher-Messung (95 km/h).

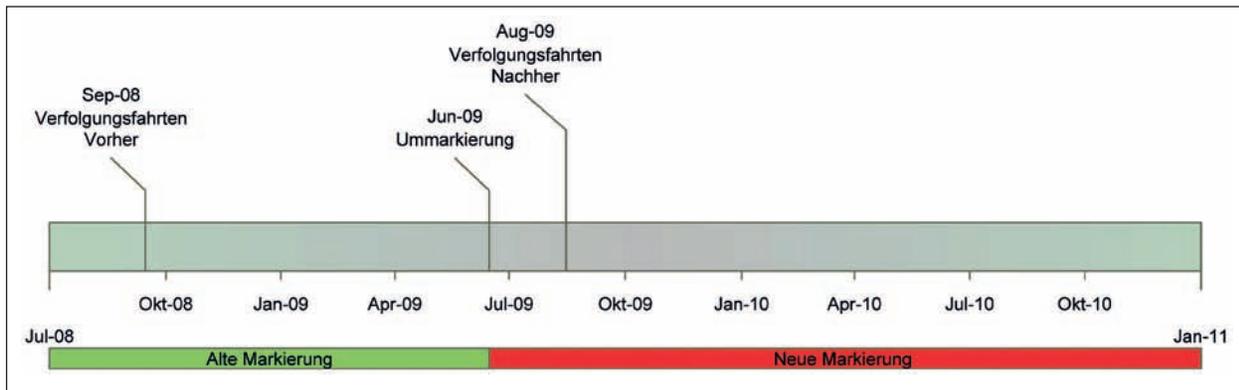


Bild 9.22: Zeitliche Abfolge der Geschwindigkeitserhebungen bei Messstrecke K 3 (BÖHME, 2010)

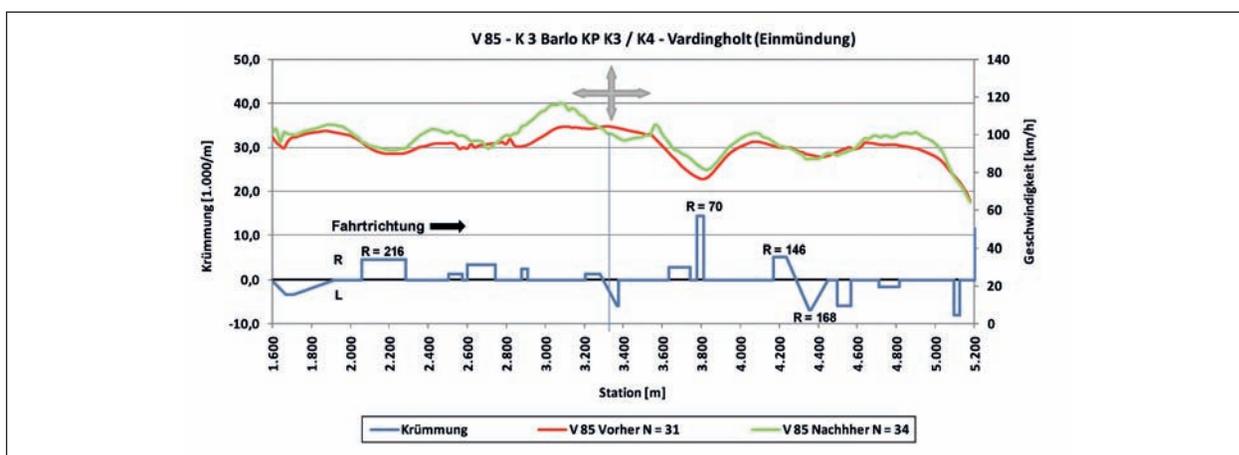


Bild 9.23: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (NRW, FB-Breite 5,00 m, Richtung 1)

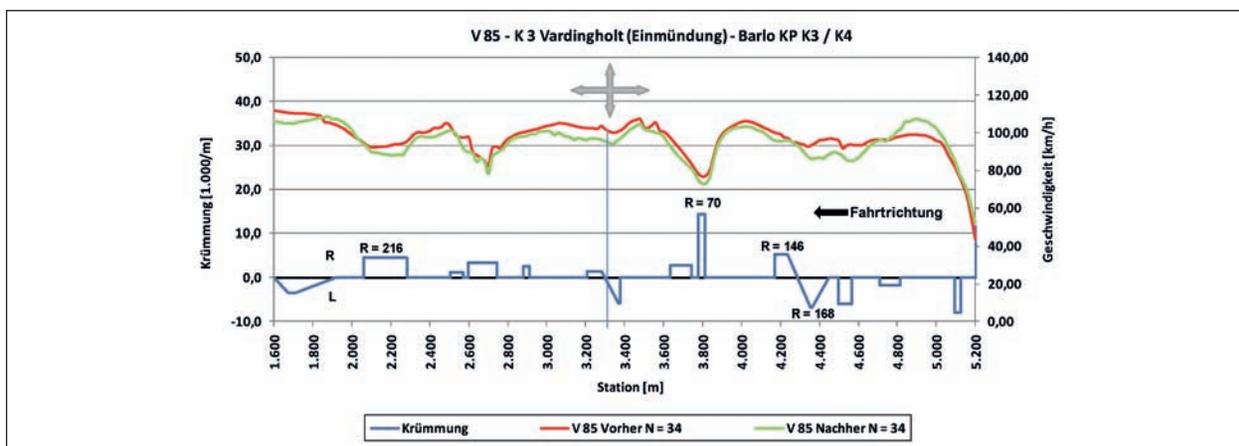


Bild 9.24: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} (NRW, FB-Breite 5,00 m, Richtung 2)

Zusammenfassend konnten in Fahrtrichtung 1 durchschnittlich höhere 85%-Geschwindigkeiten in der Nachher-Messung festgestellt werden.

In Fahrtrichtung 2 wird – anderes als in Fahrtrichtung 1 – über den gesamten Streckenverlauf während der Vorher-Untersuchung schneller gefahren (vgl. Bild 9.24). Zu Streckenbeginn wird im Nachher-Zustand eine V_{85} von 105 km/h festge-

stellt, im Vorher-Zustand dagegen beträgt die 85%-Geschwindigkeit rund 95 km/h. Im folgenden Kurvenabschnitt erfolgt mit V_{85} von rund 85 km/h eine stärkere Reduktion der V_{85} im Nachher-Zustand. Für den restlichen Streckenverlauf ist zwischen den Messungen ein ähnlicher Geschwindigkeitsverlauf zu erkennen, wobei jedoch während der Nachher-Messung langsamer gefahren wird.

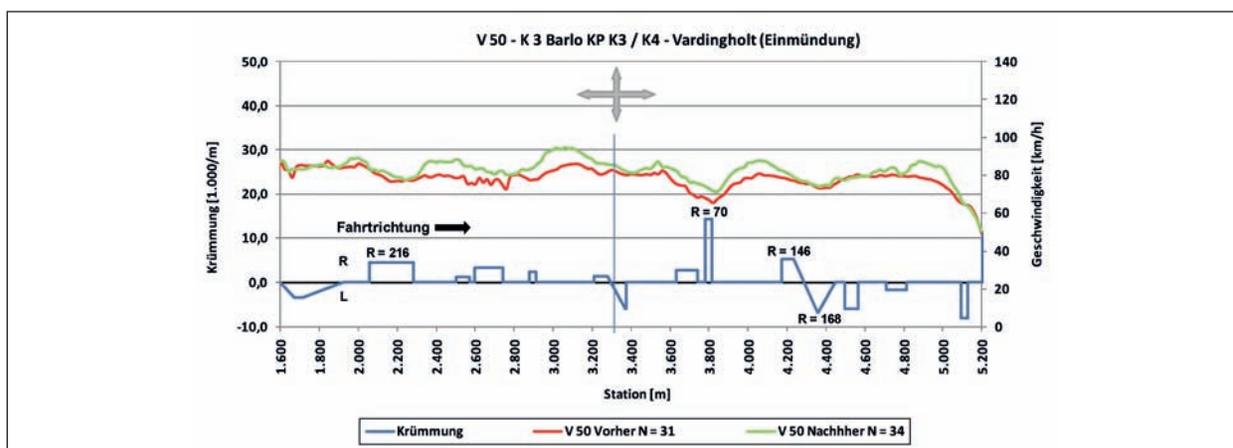


Bild 9.25: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{50} (NRW, FB-Breite 5,00 m, Richtung 1)

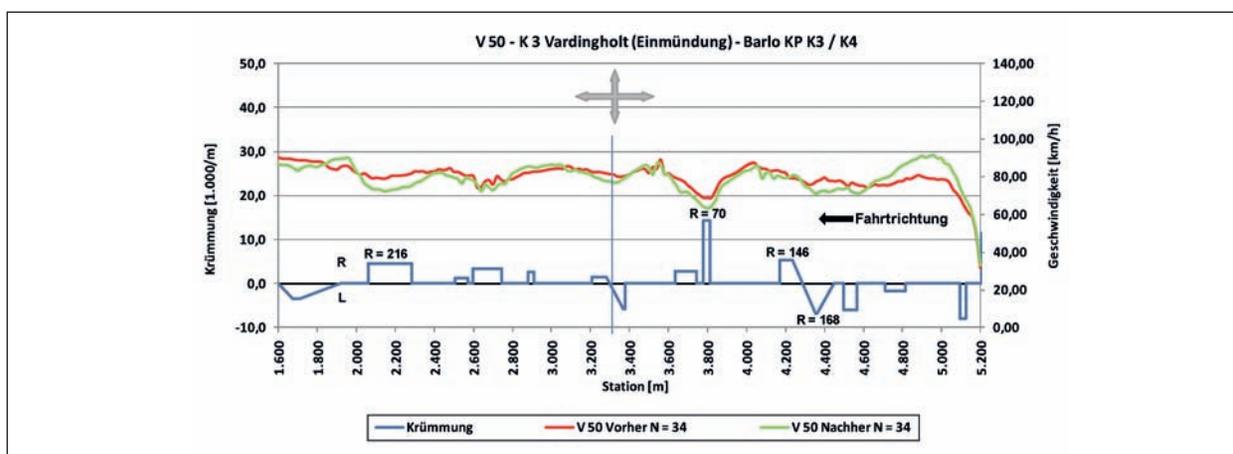


Bild 9.26: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{50} (NRW, FB-Breite 5,00 m, Richtung 2)

Die Übersichten der Verläufe der V_{50} in Bild 9.25 und Bild 9.26 liegen etwa 20 km/h niedriger als die der V_{85} und bestätigen deren Ergebnisse.

Insgesamt konnte auf der 5,00 m breiten Messstrecke durchschnittlich in Fahrtrichtung 1 eine leichte Zunahme und in Fahrtrichtung 2 eine leichte Abnahme der Geschwindigkeiten ermittelt werden.

9.1.4 Zusammenfassung

Insgesamt wird auf allen vorgestellten Messstrecken ein sehr hohes Geschwindigkeitsniveau, das über der zulässigen Höchstgeschwindigkeit liegt, festgestellt. Offensichtlich werden diese Straßen, mit einer nahräumigen Verbindungsfunktion, überwiegend von Ortskundigen genutzt, die mit der Strecke vertraut sind.

Auf den Messstrecken, bei denen ein Vorher-/Nachher-Vergleich möglich war, wurde Folgendes ermittelt:

Auf der 6,00 m breiten Messstrecke in Sachsen (Kernfahrbahn: 4,00 m) als auch auf der 5,00 m breiten Fahrbahn in Nordrhein-Westfalen (Kernfahrbahn: 3,00 m) wurden infolge der neuen Markierung eine leichte Zunahme der V_{85} in der einen Fahrtrichtung und eine leichte Abnahme der V_{85} in der anderen Fahrtrichtung festgestellt.

Auf der 5,50 m breiten Messstrecke in Sachsen (Kernfahrbahn: 4,00 m) nahm die V_{85} in beiden Richtungen leicht zu, in der einen um 0,3 km/h und in der anderen um 4,7 km/h.

Auf der 5,50 m breiten Messstrecke konnte im Mit-/Ohne-Vergleich ein ähnliches Geschwindigkeitsniveau festgestellt werden.

Auf der 6,00-m-Messstrecke, auf der ein Mit-/Ohne-Vergleich stattfand, wurde als Folge von Sicherheitsbedenken eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h von der zuständigen Behörde angeordnet. Diese Geschwindigkeit wird von den Verkehrsteilnehmern weitgehend eingehalten. Ein Bezug zu den Ergeb-

nissen der Referenzstrecke kann nicht hergestellt werden.

Für diese Ergebnisse sind verschiedene Gründe zu vermuten:

- Es fahren auf allen Strecken regelmäßig Ortskundige.
- Die Markierung hat keinen erkennbaren Effekt auf das Geschwindigkeitsverhalten.
- Es ist trotz der Eliminierung der „Ausreißer“ eine hohe Streuung durch einzelne Schnellfahrer vorhanden.

9.2 Verfolgungsfahrten $V_{zul} = 70 \text{ km/h}$

In Sachsen wurden zusätzlich zu den Fahrten im Vorher-/Nachher-Zustand Nachfolgefahrten während der Eingewöhnungszeit bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 70 \text{ km/h}$ durchgeführt. Im Folgenden werden die Ergebnisse der

V_{85} dieser Nachfolgefahrten im Vergleich mit der V_{85} der Nachfolgefahrten bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 100 \text{ km/h}$ in Abhängigkeit von der Fahrbahnbreite vorgestellt.

9.2.1 Fahrbahnbreite $B = 6,00 \text{ m}$

Auf der Messstrecke mit einer Fahrbahnbreite von 6,00 m wurden für beide Fahrtrichtungen unterschiedliche Ergebnisse erzielt (Bild 9.28). In Fahrtrichtung 1 (Landkreisgrenze) wurde trotz der Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit eine V_{85} bis zu 105 km/h festgestellt. Im weiteren Verlauf zeigt sich, dass die V_{85} im Vergleich mit der später erfolgten Nachher-Messung bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 100 \text{ km/h}$ kaum abweicht (vgl. Bild 9.27). Begründet werden kann dies nur durch die Missachtung der angeordneten zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

In der Gegenrichtung (Fahrtrichtung 2) fahren die Verkehrsteilnehmer bereits rund 2,0 km auf einem außerorts gelegenen Querschnitt, bevor sie in den

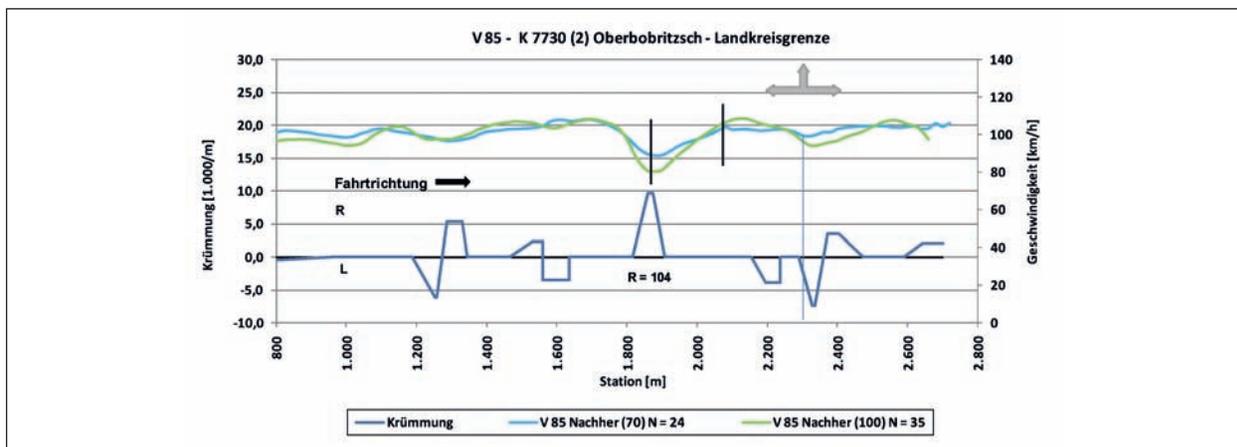


Bild 9.27: Vergleich der V_{85} bei $V_{zul} 100$ und 70 km/h (SN, FB-Breite 6,00 m, Richtung 1)

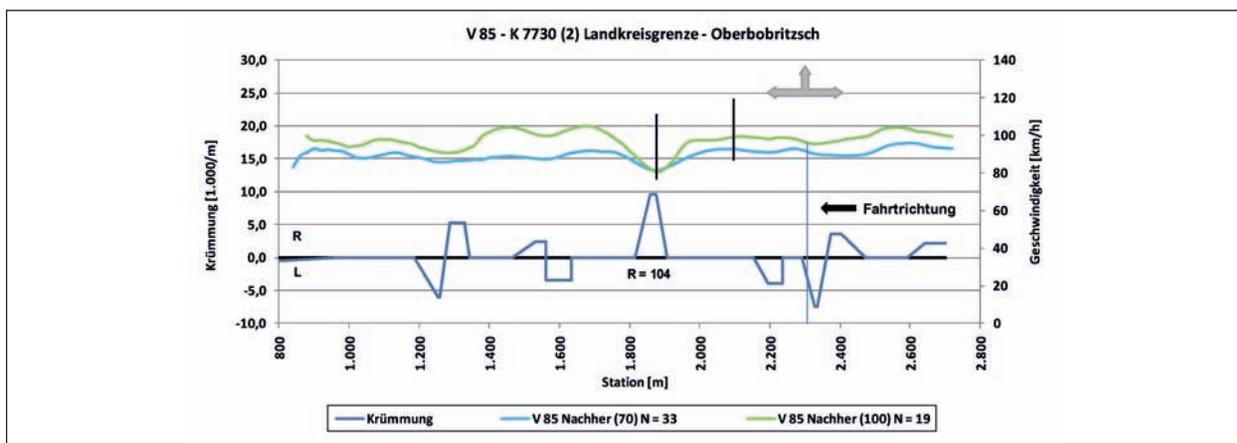


Bild 9.28: Vergleich der V_{85} bei $V_{zul} 100$ und 70 km/h (SN, FB-Breite 6,00 m, Richtung 2)

Untersuchungsabschnitt einfahren. Mit Erreichen der Landekreisgrenze beginnt die Messstrecke mit dem entsprechenden Hinweisschild „Achtung Versuchsstrecke“ und somit der Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf $V_{zul} = 70$ km/h. Entgegen den Ergebnissen der Fahrtrichtung 1 konnten hier bis zu 20 km/h geringere Geschwindigkeiten festgestellt werden. Die 85%-Geschwindigkeiten befinden sich auf einem Niveau zwischen 80 und 85 km/h. Somit findet auch hier die zulässige Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 70$ km/h mit Überschreitungen bis zu 15 km/h wenig Beachtung.

9.2.2 Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m

Auch auf der Messstrecke mit einer Fahrbahnbreite von 5,50 m wird die zulässige Höchstgeschwindigkeit von $V_{zul} = 70$ km/h in beiden Fahrtrichtungen mit Werten bis zu 30 km/h überschritten.

In Richtung (Fahrtrichtung 1) befinden sich die Verläufe der verschiedenen 85%-Geschwindigkeiten im Beschleunigungsbereich nach Einfahrt in den Untersuchungsabschnitt mit rund 2 km/h Unterschied auf gleichem Niveau. Danach sind zwischen den zeitlich versetzten Nachher-Messungen Geschwindigkeitsunterschiede von bis zu 10 km/h ersichtlich (Bild 9.29).

In der Gegenrichtung (Fahrtrichtung 2) sind diese Geschwindigkeitsunterschiede von bis zu 10 km/h zwischen den beiden zeitlich versetzten Nachher-Messungen über den gesamten Streckenverlauf zu beobachten (Bild 9.30).

Insgesamt zeigt sich, dass die Kraftfahrer trotz der Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit höhere Geschwindigkeiten wählen. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Strecke größtenteils von Ortskundigen befahren wird, die diese Strecke bisher ohne eine Geschwindigkeitsbegrenzung befahren konnten und diese nicht akzeptieren.

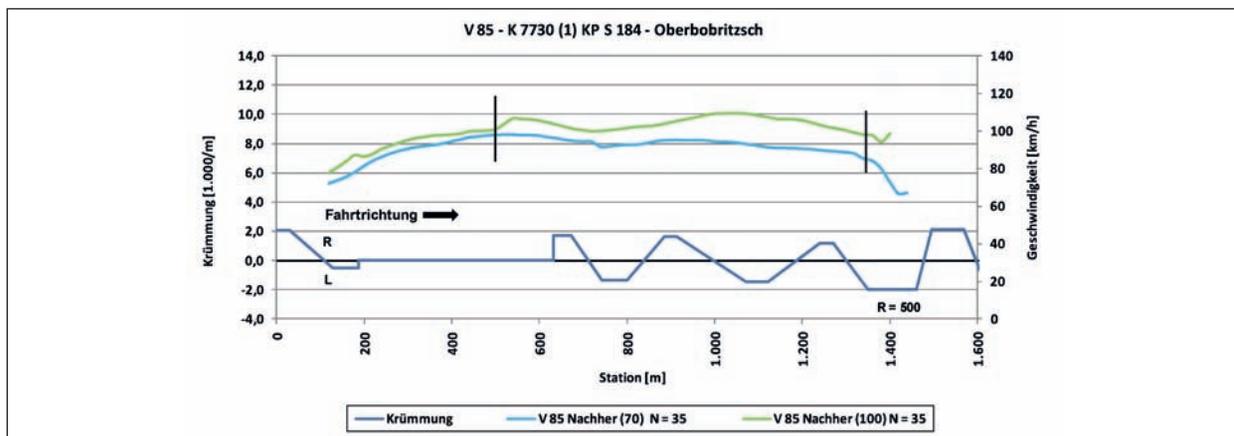


Bild 9.29: Vergleich der V_{85} bei V_{zul} 100 und 70 km/h (SN, FB-Breite 5,50 m, Richtung 1)

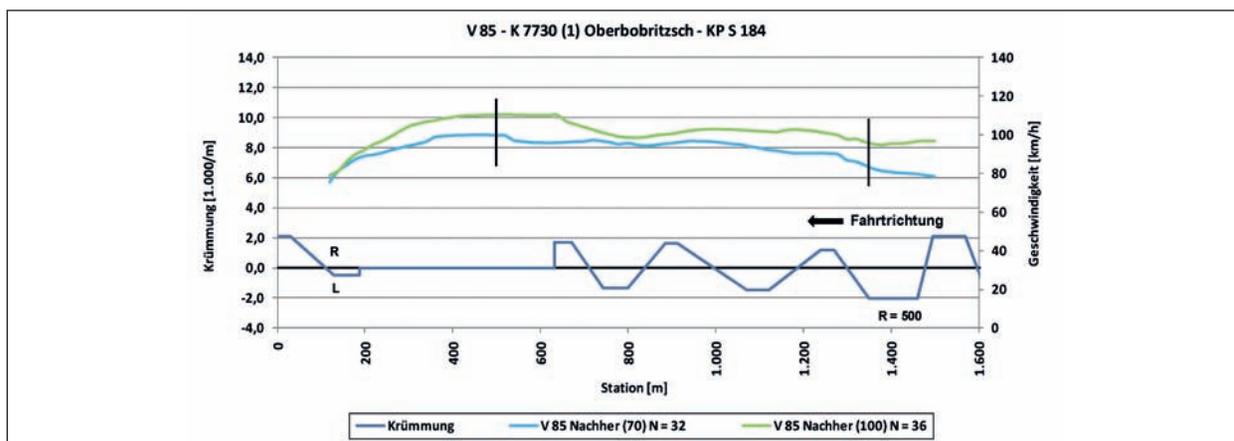


Bild 9.30: Vergleich der V_{85} bei V_{zul} 100 und 70 km/h (SN, FB-Breite 5,50 m, Richtung 2)

9.3 Querschnittsmessungen – Laser

Die Querschnittsmessungen erfolgten aufgrund der örtlichen Lage der Messstrecken sowie aus Zeit- und Kostengründen nur auf den Messstrecken in Sachsen. Die Erfassung und Auswertung der Querschnittsmessungen wurden in Kapitel 3.3.4 beschrieben. Insgesamt wurden je Messquerschnitt 120 Fahrzeuge aufgezeichnet. Aufgrund der festgelegten Auswertungsmethodik konnten nicht immer alle Fahrzeuge in die Analyse einbezogen werden. Grund dafür ist z. B. eine schlechte Erkennung (Scannung) der Fahrzeuge aufgrund der Farbe oder der Erkennung des Fahrzeuges an drei statt vier Positionen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse getrennt nach Fahrbahnbreite und Messquerschnitt vorgestellt. Die Abbildungen der Messquerschnitte für den Vorher- und Nachher-Zeitraum sind u. a. für jede Strecke in Anhang G enthalten.

Für den Vorher-/Nachher-Vergleich des Spurverhaltens in Geraden wird für die Spurposition 0,00 m (am Standort des Scanners) der Mittelwert des Abstandes der rechten Fahrzeugkante zum rechten Fahrbahnrand (a, vgl. Bild 3.23, Kapitel 3.3.4) herangezogen. Für den Vergleich des Spurverhaltens in Kurven wird der Mittelwert des Abstandes der rechten Fahrzeugkante zum rechten Fahrbahnrand an fünf verschiedenen Messzeitpunkten (-10 m, -5 m, Kreisbogenmitte, 5 m, 10 m) erhoben, um den Verlauf im mittleren Kurvenbereich darzustellen.

Der Vorher-/Nachher-Vergleich des Geschwindigkeitsverhaltens wird richtungsgetreunt für Geraden und Kurven an der Spurposition 0,00 m (am Standort des Scanners) durchgeführt.

9.3.1 Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Die 6,00 m breite Messstrecke (Kernfahrbahn 4,00 m), auf der die Geschwindigkeit und das Spurverhalten im Querschnitt erhoben wurden, ist die K 7730 (2) (Oberbobritzsch – Landkreisgrenze).

Geschwindigkeit

Die ermittelten 85%-Geschwindigkeiten in der Geraden zeigt Bild 9.31. Im Vergleich zur Vorher-Untersuchung wird eine Verringerung der V_{85} um rund 2 km/h festgestellt. Die Geschwindigkeit im Vorher-Zustand liegt bei rund 91 km/h und sinkt nur geringfügig in der Nachher-Untersuchung auf ca. 89 km/h.

Der statistische Nachweis, ob sich die Ergebnisse beider Stichproben signifikant unterscheiden, erfolgte mit dem t-Test für unabhängige Stichproben und den Mittelwerten der Querschnittsmessungen. Der Test ergab, dass sich die Mittelwerte der Geschwindigkeiten (rund 77 vs. 75 km/h) nicht signifikant ($p = .095$) unterscheiden. Die Mittelwerte und die V_{85} zeigen nur, dass bei den seitlichen Leitlinien in der Nachher-Messung tendenziell langsamer gefahren wird.

Ein deutlicher und signifikanter Unterschied der Geschwindigkeit wird hingegen in der Gegenrichtung des Messquerschnitts ermittelt (vgl. Bild 9.32). Die Auswertung der Vorher-Messung ergibt eine V_{85}

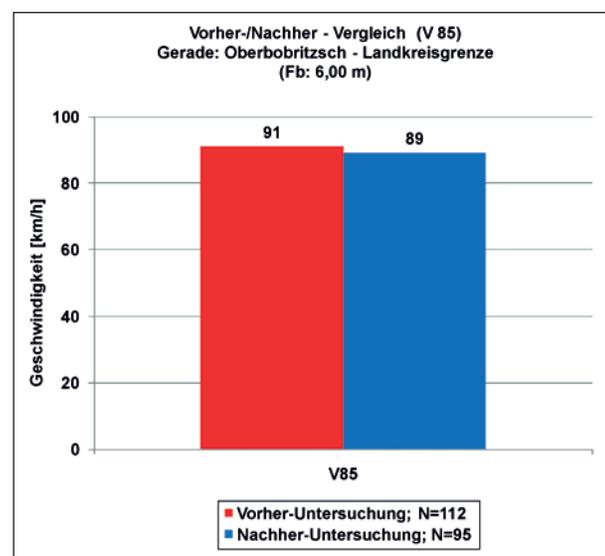


Bild 9.31: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} in Geraden (Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 1)

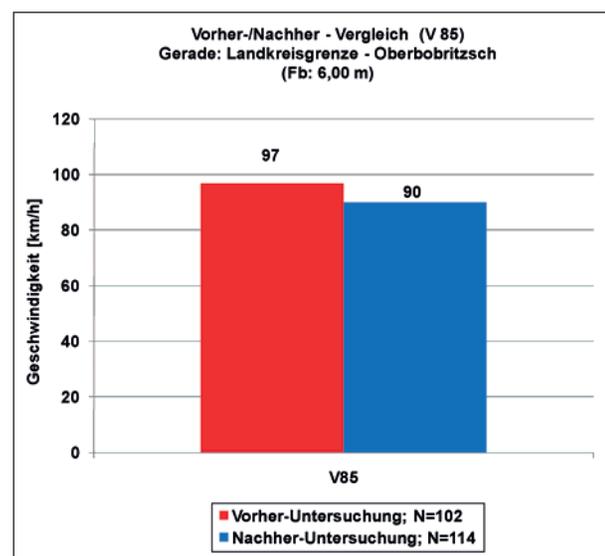


Bild 9.32: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} in Geraden (Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 2)

von ca. 97 km/h, die der Nachher-Messung eine V_{85} von rund 90 km/h. Somit verringert sich die V_{85} um ca. 7 km/h. Diese stellt die größte Veränderung der Geschwindigkeit aller untersuchten Messquerschnitte dar.

Der statistische Nachweis mithilfe der mittleren Geschwindigkeiten zeigt, dass ein signifikanter Unterschied ($p = .004$) zwischen beiden Varianten (81 vs. 76 km/h) besteht und somit nach der Ummarkierung geringere V_{85} vorhanden sind.

Die Veränderung der V_{85} in der untersuchten Rechtskurve ($R = 104$ m) zeigt Bild 9.33. Aus Richtung Oberbobritzsch kommend, wird eine Reduzierung von ca. 1 km/h und somit im Prinzip ein gleichbleibendes Geschwindigkeitsverhalten ermittelt.

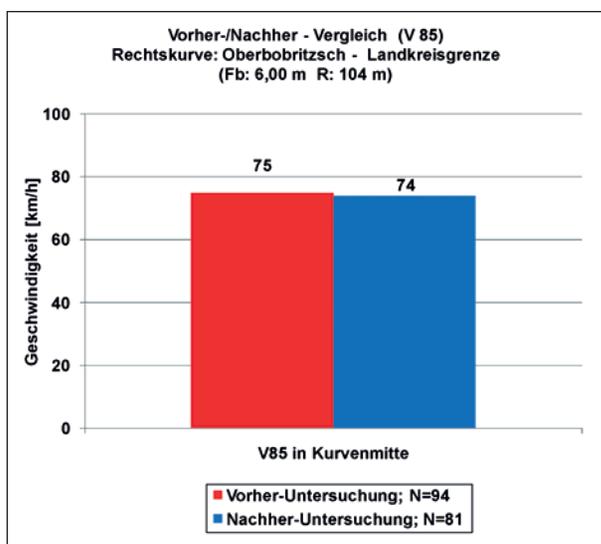


Bild 9.33: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} -Rechtskurve (Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 1)

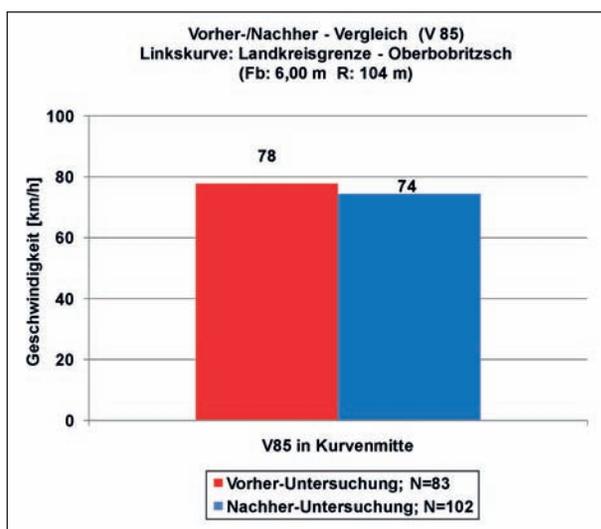


Bild 9.34: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} -Linkskurve (Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 2)

In der Gegenrichtung (Fahrtrichtung 2, vgl. Bild 9.34) durchfahren die Kraftfahrer eine Linkskurve. Es zeigt sich eine größere Abweichung im Geschwindigkeitsverhalten. Hier ist eine V_{85} der Vorher-Messung von rund 78 km/h und in der Nachher-Messung von rund 74 km/h festzustellen. Daraus resultiert eine Differenz von ca. 4 km/h.

Die statistische Prüfung der Mittelwerte bestätigt die Tendenzen der 85%-Geschwindigkeiten. Sowohl die mittleren Geschwindigkeiten (rund 63 vs. 62 km/h) als auch die V_{85} (rund 75 vs. 74 km/h) unterscheiden sich in Fahrtrichtung 1 nicht voneinander ($p = .349$). In der entsprechenden Linkskurve in Fahrtrichtung 2 werden im Vorher-Zustand (gemessen an den mittleren Geschwindigkeiten (rund 66 vs. 61 km/h)), signifikant ($p = .004$) höhere Geschwindigkeiten ermittelt als im Nachher-Zustand.

Spurverhalten

In Bild 9.35 wird zunächst das Spurverhalten am Messquerschnitt in der Geraden in Richtung von Oberbobritzsch zur Landkreisgrenze Mittelsachsen (Fahrtrichtung 1) dargestellt.

Der Abstand zum Fahrbahnrand beträgt bei vorhandener Leitlinie 0,84 m und bei vorhandener Kernfahrbahn und einem Ausweichstreifen mit einer Breite von 1,00 m 0,88 m, Hier zeigt sich eine leichte Vergrößerung des Abstandes Δa von ca. 0,04 m.

Der statistische Nachweis ergab, dass der Abstand zum Fahrbahnrand in dieser Geraden im Vorher-/

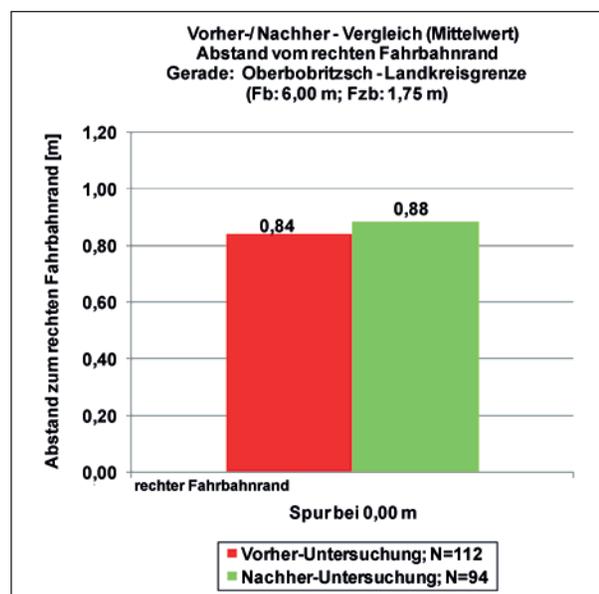


Bild 9.35: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand in Geraden (Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 1)

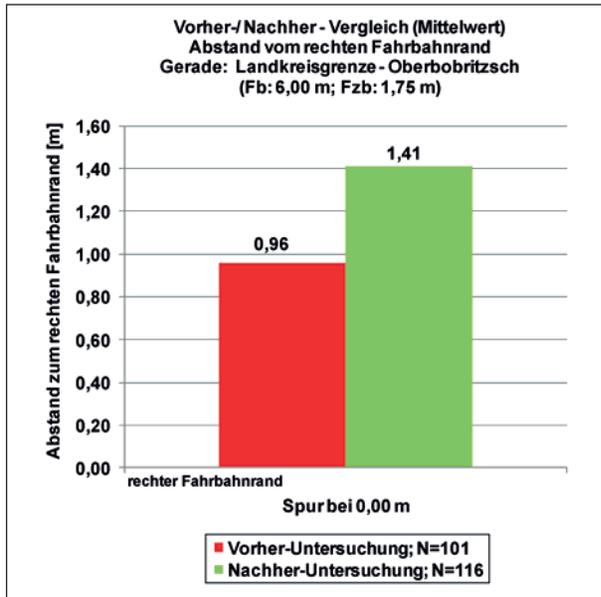


Bild 9.36: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand in Geraden (Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 2)

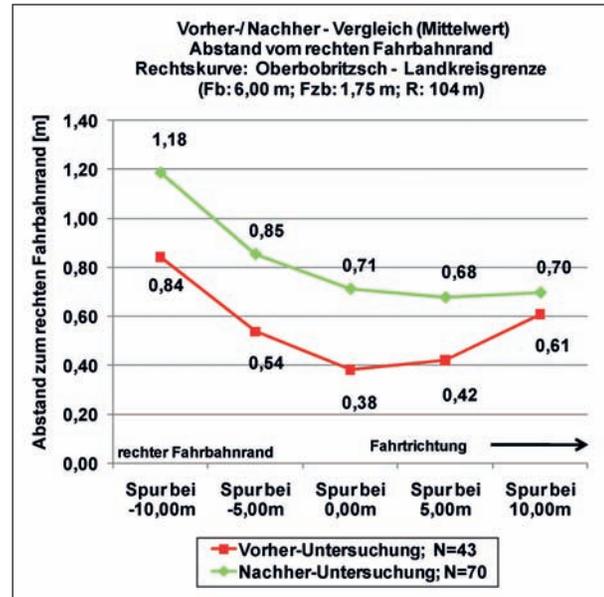
Nachher-Vergleich auf einem ähnlichen, nicht signifikanten Niveau ($p = .240$) liegt.

Die minimale Änderung des Abstands in dieser Geraden ist durch das Orientierungsverhalten beim Durchfahren der zuvor befindlichen Rechtskurve am rechten Fahrbahnrand zu erklären.

In der Gegenrichtung erhöht sich der Abstand hingegen zum rechten Fahrbahnrand von 0,96 m auf 1,41 m um 0,45 m (vgl. Bild 9.36). Grund dafür ist möglicherweise, dass sich an die Gerade eine Linkskurve anschließt und bereits vorab die optimale Fahrlinie von den Kraftfahrern gewählt wird. Der Unterschied zwischen beiden Varianten ist mit ($p < .001$) signifikant.

In der untersuchten Rechtskurve ($R = 104$ m), die eine Länge (ohne Übergangsbögen) von ca. 60 m aufweist und in Fahrtrichtung 1 liegt, zeigt sich im Vorher-/Nachher-Vergleich ein nahezu gleiches Spurverhalten der Fahrzeuge bis zur Kurvenmitte (Spur bei 0,00 m). Bei der Vorher-Untersuchung beträgt der Abstand Fahrzeug – rechter Fahrbahnrand 0,38 m, nach der Umgestaltung sind es 0,71 m (vgl. Bild 9.37).

Ab Kurvenmitte vergrößert sich der Abstand in der Vorher-Untersuchung um 0,23 m, bei der neuen Markierungsvariante bleibt der Abstand dagegen konstant. Die seitliche Leitlinie der neuen Markierungsvariante führt während der Kurvenfahrt zu einer Veränderung des Abstandes, im Verlauf der



Abstand zum Fahrbahnrand [m]	Spur bei					Durchschnitt
	-10,00 m	-5,00 m	0,00 m	5,00 m	10,00 m	
Vorher-Zustand	0,84	0,54	0,38	0,42	0,61	0,56
Nachher-Zustand	1,18	0,85	0,71	0,68	0,7	0,82
Δa	0,34	0,31	0,33	0,26	0,09	0,27

Bild 9.37: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand, Rechtskurve (Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 1)

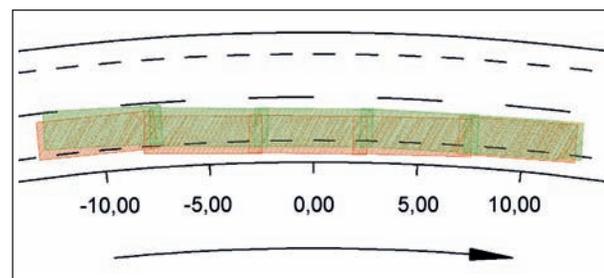


Bild 9.38: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand in der Rechtskurve (Lageplandarstellung, Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 1)

Kurve wird sie überfahren. Im Vorher-/Nachher-Vergleich der beiden Markierungsvarianten zeigt sich in dieser Rechtskurve eine deutliche Vergrößerung des Abstandes zum rechten Fahrbahnrand Δa (durchschnittlich 0,27 m) bei Verwendung der neuen Markierung (vgl. Bild 9.38).

Im letzten Messpunkt (10 m nach Kurvenmitte) fallen die Unterschiede im Abstandsverhalten zum rechten Fahrbahnrand nicht mehr bedeutsam aus ($p = .149$). Zuvor wird bei den seitlichen Leitlinien signifikant mehr Abstand zum Fahrbahnrand gehalten ($p < .001$).

Die Fahrlinie in der Linkskurve dieses Messquerschnitts (vgl. Bild 9.39) zeigt, dass sich das Spurverhalten der Vorher- und Nachher-Untersuchung glei-

chen, aber einen unterschiedlichen Abstand zum Fahrbahnrand aufweisen. Insgesamt ist der Spurverlauf der Nachher-Untersuchung gleichmäßiger.

Im Vorher-/Nachher-Vergleich vergrößert sich im Nachher-Zeitraum deutlich der Abstand zum rechten Fahrbahnrand (vgl. Bild 9.40) über den gesamten Kurvenverlauf ($\Delta b = 0,46$ m). Dieser Abstand ist in der Linkskurve deutlicher zu erkennen als in der Rechtskurve desselben Messquerschnitts ($\Delta a = 0,27$ m). Dies lässt darauf schließen, dass die veränderte Markierung in den Linkskurven einen größeren Einfluss auf das Spurverhalten hat als in den Rechtskurven.

Der statistische Nachweis zeigt ebenfalls, dass bei den seitlichen Leitlinien ein signifikant größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten ($p < .05$) wird.

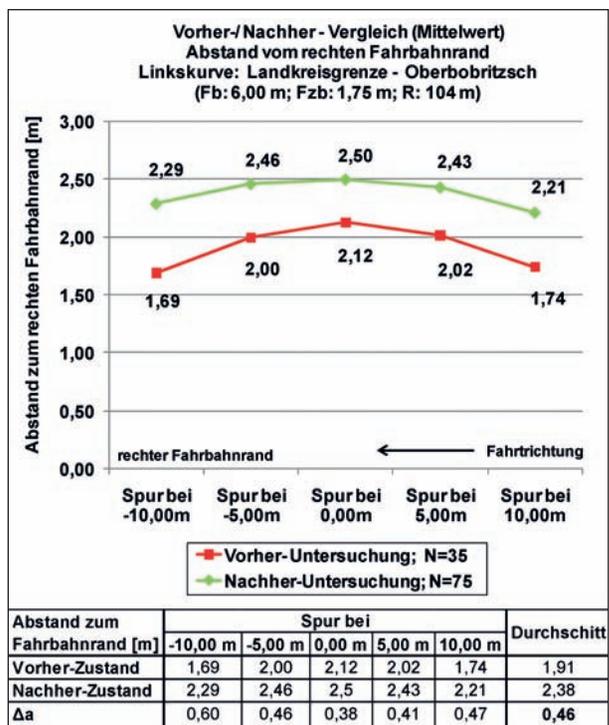


Bild 9.39: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand, Linkskurve (Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 2)

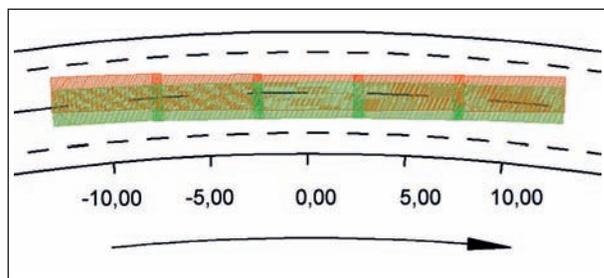


Bild 9.40: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand in der Linkskurve (Lageplandarstellung, Fahrbahnbreite 6,00 m, Fahrtrichtung 1)

9.3.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Die 5,50 m breite Messstrecke (Kernfahrbahn 4,00 m), auf der die Geschwindigkeit und das Spurverhalten im Querschnitt erhoben wurden, ist die K 7730 (1) (Knotenpunkt S 184 – Oberbobritzsch).

Geschwindigkeit

Die Auswertung der V_{85} auf dem Messquerschnitt in der Geraden zeigt im Vorher-/Nachher-Vergleich beider Fahrtrichtungen eine Geschwindigkeitsreduzierung von durchschnittlich 3 km/h.

Die Ergebnisse für die jeweiligen Richtungen zeigen Bild 9.41 und Bild 9.42. In Fahrtrichtung 1

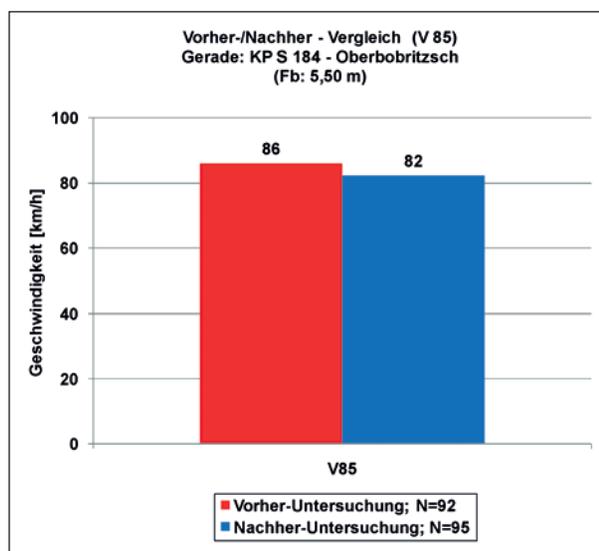


Bild 9.41: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} -Geraden (Fahrbahnbreite 5,50 m, Fahrtrichtung 1)

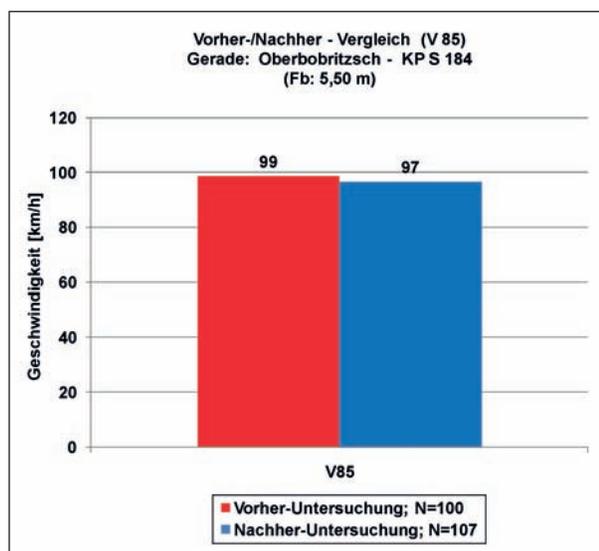


Bild 9.42: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} -Geraden (Fahrbahnbreite 5,50 m, Fahrtrichtung 2)

(Oberbobritzsch) wird eine signifikante Geschwindigkeitsreduzierung von ca. 4 km/h festgestellt. Während die Fahrzeuge bei der Vorher-Messung noch 86 km/h fahren, reduziert sich die V_{85} nach den Ummarkierungsarbeiten auf rund 82 km/h.

Der statistische Vergleich der Mittelwerte mithilfe des t-Tests zeigt, dass sich bei den mittleren Geschwindigkeiten (rund 74 km/h vs. 70 km/h) signifikante Unterschiede zwischen den beiden Varianten ergeben ($p = .002$). Demnach wird bei den seitlichen Leitlinien langsamer gefahren als bei vorhandener mittlerer Leitlinie.

In der Gegenrichtung (Oberbobritzsch – KP S184) des Messquerschnitts reduziert sich die V_{85} von ca.

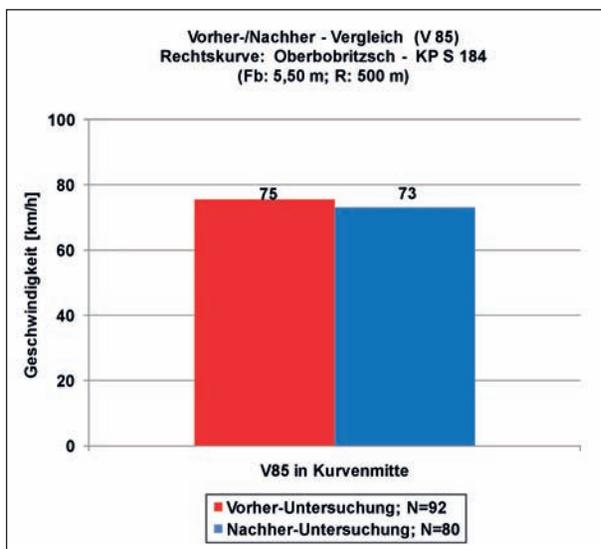


Bild 9.43: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} -Rechtskurve (Fahrbahnweite 5,50 m, Fahrtrichtung 2)

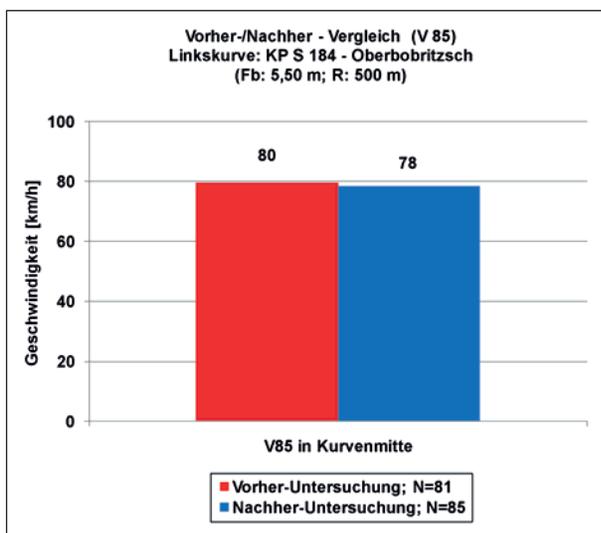


Bild 9.44: Vorher-/Nachher-Vergleich der V_{85} -Linkskurve (Fahrbahnweite 5,50 m, Fahrtrichtung 1)

99 km/h (vorher) auf ca. 97 km/h (nachher) um insgesamt rund 2 km/h.

In den Mittelwerten wurde im Vorher-Zustand mit rund 74 km/h eine höhere Geschwindigkeit ermittelt als im Nachher-Zustand (70 km/h), dieser Unterschied ist ebenfalls bedeutsam ($p = .002$), sodass die seitlichen Leitlinien zu einer geringeren Geschwindigkeit führen.

Sowohl bei der Vorher- als auch bei der Nachher-Messung zeigen sich in Fahrtrichtung 2 deutlich höhere Geschwindigkeiten als bei Fahrtrichtung 1. Der Unterschied in der V_{85} zwischen den Fahrtrichtungen der Vorher-Messung beträgt rund 13 km/h und der in der Nachher-Messung sogar ca. 15 km/h. Der Grund dafür ist, dass in Fahrtrichtung 2 durch die vorhandene Steigung langsamer gefahren wird als in der Gegenrichtung.

Anhand des t-Tests zeigt sich für die mittleren Geschwindigkeiten, dass im Vorher-Zeitraum mit ca. 83 km/h höhere Geschwindigkeiten auftreten als im Nachher-Zustand (80 km/h), dieser Unterschied ist ebenfalls signifikant ($p = .042$), sodass die seitlichen Leitlinien zu einer leicht geringeren Geschwindigkeit führen.

Diese Ergebnisse werden in der Rechtskurve nicht festgestellt. Die Auswertung der Vorher-Messung ergibt in der Kurvenmitte eine V_{85} von ca. 75 km/h. Nach der Ummarkierung wird eine Verringerung der V_{85} um rund 2 km/h festgestellt (vgl. Bild 9.43).

Der t-Test zeigt, dass dieser Unterschied nicht signifikant ist ($p = .419$), und somit treten bei den seitlichen Leitlinien nur tendenziell geringere Geschwindigkeiten auf.

In der Gegenrichtung (Fahrtrichtung 1) zeigt sich für die Linkskurve ein ähnliches Bild (vgl. Bild 9.44). Hier geht die V_{85} von rund 80 km/h (vorher) auf ca. 78 km/h (nachher) ebenfalls um rund 2 km/h zurück.

Der statistische Nachweis der mittleren Geschwindigkeiten (67 vs. 64 km/h) zeigt nicht signifikante Unterschiede ($p = .079$).

Der Geschwindigkeitsunterschied der V_{85} von rund 5 km/h zwischen beiden Fahrtrichtungen ist durch den Streckencharakter begründet. In Fahrtrichtung 2 wird unmittelbar vor dem Messquerschnitt aus der Ortschaft Oberbobritzsch auf die freie Strecke beschleunigt und in Fahrtrichtung 1 wird vor der Ortschaft die Geschwindigkeit reduziert.

Insgesamt zeigt sich bei beiden Richtungen ein Trend zur Geschwindigkeitsreduktion im Zusammenhang mit der neuen Markierungsvariante.

Spurverhalten

Der Messquerschnitt zur Ermittlung des Abstandes zum rechten Fahrbahnrand (a) in der Geraden befindet sich in Fahrtrichtung 1 an der Netzknotenstation 0 + 550. In der Vorher-Messung mit mittlerer Leitlinie beträgt der durchschnittliche Abstand

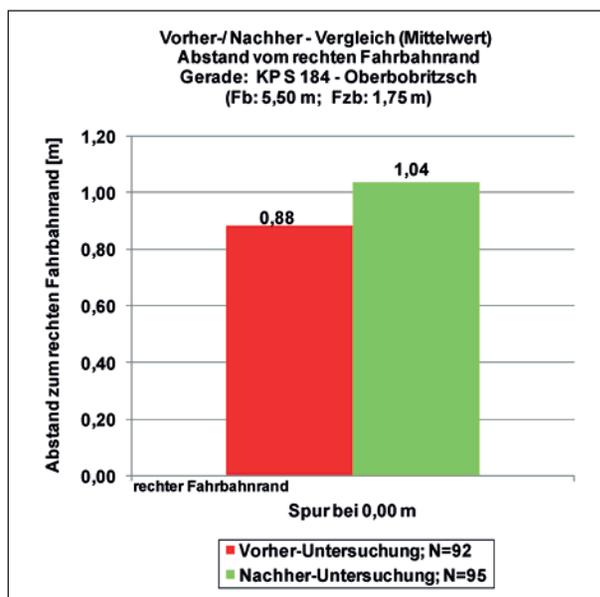


Bild 9.45: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand in Geraden (Fahrbahnbreite 5,50 m, Fahrtrichtung 1)

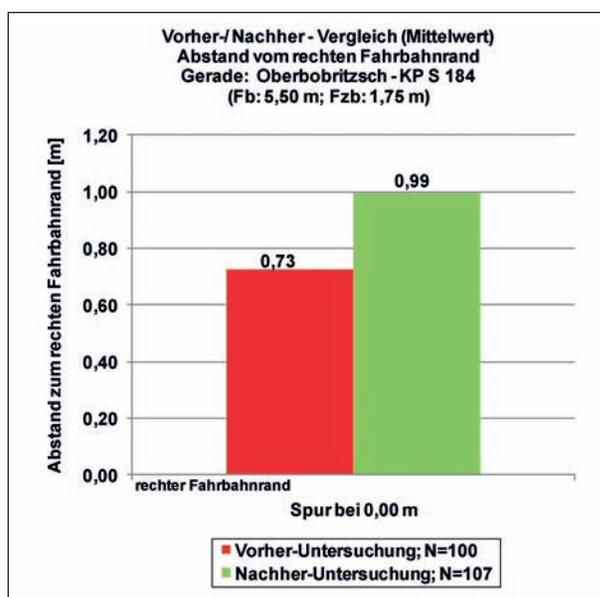


Bild 9.46: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand in Geraden (Fahrbahnbreite 5,50 m, Fahrtrichtung 2)

0,88 m zum Rand der befestigten Fahrbahn (vgl. Bild 9.45). Nach der Ummarkierung (Kernfahrbahn 4,00 m, AS = 0,75 m) vergrößert sich der mittlere Abstand zum rechten Fahrbahnrand auf 1,04 m. Dies entspricht einer Vergrößerung von $\Delta a = 0,16$ m und zeigt, dass die neue Markierung ein verändertes Spurverhalten erkennen lässt.

Diese Verlagerung des Abstands zum Fahrbahnrand in Fahrtrichtung 1 ist mit ($p < .001$) signifikant.

Die Ergebnisse in der Gegenrichtung des Messquerschnitts zeigt Bild 9.46. Auch hier wird eine Vergrößerung des mittleren Abstandes (b) festgestellt. In der Vorher-Messung beträgt dieser 0,73 m, in der Nachher-Messung vergrößert sich der Abstand auf 0,99 m an. Der Vorher-/Nachher-Vergleich verdeutlicht somit einen Anstieg von $\Delta b = 0,26$ m.

Dieser Unterschied ist ebenfalls mit ($p < .001$) signifikant.

Ein Vergleich beider Fahrtrichtungen zeigt, dass in Fahrtrichtung 1 ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird. Vermutlich führt die Kuppe in Fahrtrichtung 2 zur Verringerung des Abstandes zum rechten Fahrbahnrand, um die eingeschränkte Sicht auszugleichen. In beiden Fahrtrichtungen gleicht sich jedoch der Abstand in der Nachher-Messung an, da sich der Fahrer an der seitlichen Leitlinie (AS: 0,75 m) orientiert.

In der untersuchten Rechtskurve liegt sowohl in der Vorher- als auch in der Nachher-Messung ein gleichmäßiges Spurverhalten vor. Die Fahrer halten während der gesamten Kurvendurchfahrt aufgrund des großen Radius ($R = 500$ m) einen weitgehend konstanten Abstand zum Fahrbahnrand ein. Dabei orientieren sich offensichtlich die Fahrer im Nachher-Zustand an der seitlichen Leitlinie und befahren diese sogar (vgl. Bild 9.47).

Der Abstand zum Fahrbahnrand unterscheidet sich zu keinem Messzeitpunkt zwischen beiden Varianten signifikant ($p > .005$).

Auch die Ergebnisse der Linkskurve im Messquerschnitt der Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m zeigen, wie schon bei der Rechtskurve eine geringfügige Vergrößerung des Abstands zum rechten Fahrbahnrand. In der Vorher-Messung orientieren sich die Kraftfahrer an der mittleren Leitlinie. Dabei wird ein Abstand von 0,81-0,94 m zum Rand der Fahrbahn gehalten, wobei sich der Abstand mit zunehmender Durchfahrt verringert (vgl. Bild 9.48).

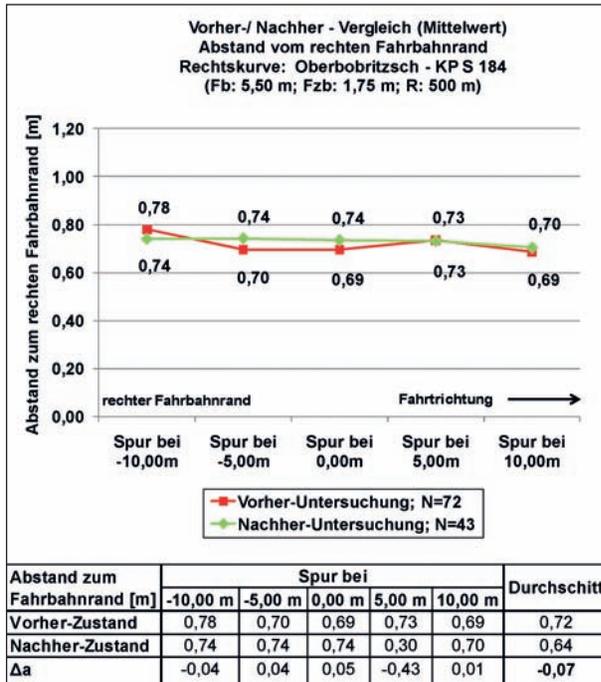


Bild 9.47: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand, Rechtskurve (Fahrbahnbreite 5,50 m, Fahrtrichtung 2)

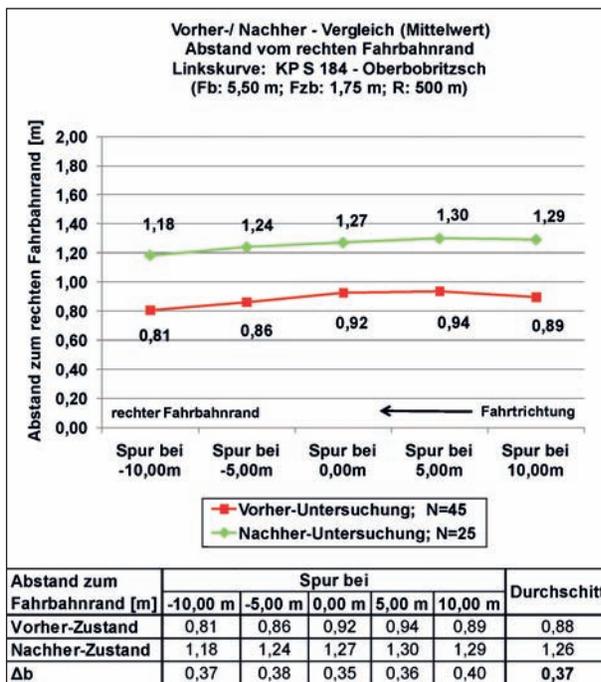


Bild 9.48: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand, Linkskurve (Fahrbahnbreite 5,50 m, Fahrtrichtung 1)

Bei den seitlichen Leitlinien fahren die Kraftfahrer signifikant weiter links ($p < .001$). Während die seitliche Leitlinie der Nachher-Untersuchung in Rechtskurven befahren wird, ist dies in Linkskurven nicht zu beobachten. Hier wird die Kernfahrbahn so von den Kraftfahrern ausgenutzt, dass es zu einem

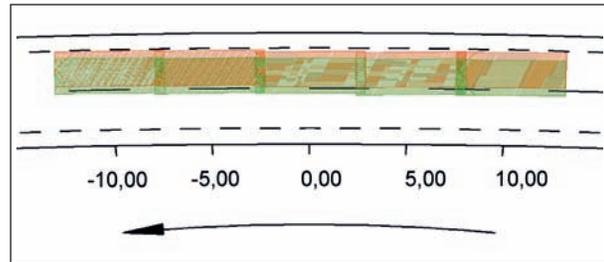


Bild 9.49: Vorher-/Nachher-Vergleich des Abstands vom rechten Fahrbahnrand in der Linkskurve (Lageplandarstellung, Fahrbahnbreite 5,50 m, Fahrtrichtung 1)

Schneiden der Kurve kommt. Der Radius von $R = 500$ m und die gute Sichtweite in der Kurve tragen zu einer Fahrt im Bereich der Kurvenmitte mit annähernd gleichbleibenden Abständen bei (vgl. Bild 9.49).

9.3.3 Zusammenfassung

Die Auswertung des Spurverhaltens erfolgte für Rechtskurven, Linkskurven und Geraden.

Allgemein wird, wie in Tabelle 9.2 zusammengefasst, eine Vergrößerung des Abstandes zum rechten Fahrbahnrand festgestellt. Diese Vergrößerung ist in Geraden am höchsten. In Rechtskurven zeigt sich am Radius $R = 500$ m mit der neuen Markierung ein angepasstes Spurverhalten entlang der seitlichen Leitlinie. In Linkskurven besteht der Trend, dass unabhängig von der Markierung bei kleinem Kurvenradius ($R = 104$ m) der Abstand zum Fahrbahnrand größer ist (Kurve wird stärker geschnitten). Gründe hierfür sind gute Sichtweiten und eine unbeeinflusste Fahrt, die ein Schneiden der Kurve ermöglicht.

Die statistische Prüfung der Daten zeigt, dass die Ergebnisse des Vorher-/Nachher-Vergleichs größtenteils signifikant sind. Auch an den Querschnitten ohne signifikante Änderung zeigt sich tendenziell dennoch eine Erhöhung bzw. in Rechtskurven ein gleichbleibender Abstand zum Fahrbahnrand.

Darüber hinaus wurde entgegen den Befunden aus den Untersuchungen im Fahrsimulator (vgl. z. B. Kapitel 4.1.3) keine Benutzung des Banketts festgestellt oder beobachtet.

Die Auswertung der Geschwindigkeiten lässt an allen untersuchten Querschnitten im Vorher-/Nachher-Vergleich nur eine geringe Reduzierung der V_{85} sowie der V_{50} erkennen. In Geraden werden signifikante Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen

Strecke	befestigte Breite [m]	Breite KFB/Ausweich- streifen [m]	Messquerschnitt	Abstand a Vorher-	Abstand a Nach-	Δa
				Untersuchung [m]	her-Untersuchung [m]	
SN1	5,50	4,00/0,75	Gerade FR 1	0,88	1,04	0,16
			Gerade FR 2	0,73	0,99	0,26
SN1	5,50	4,00/0,75	Rechtskurve R = 500 m	0,69	0,74	0,05
			Linkskurve R = 500 m	0,92	1,27	0,35
SN2	6,00	4,00/1,00	Gerade FR 1	0,84	0,88	0,04
			Gerade FR 2	0,96	1,41	0,45
SN2	6,00	4,00/1,00	Rechtskurve R = 104 m	0,38	0,71	0,33
			Linkskurve R = 104 m	2,12	2,50	0,38

Tab. 9.2: Zusammenfassung Abstand zum rechten Fahrbahnrand (Spur 0,00 m)

Strecke	befestigte Breite [m]	Breite KFB/Ausweich- streifen [m]	Fahrtrichtung	$\emptyset V_{85}$ -Vorher-	$\emptyset V_{85}$ -Nachher-	ΔV
				Untersuchung [km/h]	Untersuchung [km/h]	
SN1	5,50	4,00/0,75	Gerade FR 1	86	82	-4,0
			Gerade FR 2	99	97	-2,0
SN1	5,50	4,00/0,75	Rechtskurve R = 500 m	75	73	-2,0
			Linkskurve R = 500 m	80	78	-2,0
SN2	6,00	4,00/1,00	Gerade FR 1	91	89	-2,0
			Gerade FR 2	97	90	-7,0
SN2	6,00	4,00/1,00	Rechtskurve R = 104 m	75	74	-1,0
			Linkskurve R = 104 m	78	74	-4,0

Tab. 9.3: Zusammenfassung der V_{85} im Querschnitt

Strecke	befestigte Breite [m]	Breite KFB/Ausweich- streifen [m]	Fahrtrichtung	$\emptyset V_{50}$ -Vorher-	$\emptyset V_{50}$ -Nachher-	ΔV
				Untersuchung [km/h]	Untersuchung [km/h]	
SN1	5,50	4,00/0,75	Gerade FR 1	74	68	-5,5
			Gerade FR 2	83	80	-3,5
SN1	5,50	4,00/0,75	Rechtskurve R = 500 m	64	63	-1,4
			Linkskurve R = 500 m	66	62	-4,4
SN2	6,00	4,00/1,00	Gerade FR 1	76	73	-3,2
			Gerade FR 2	79	76	-3,3
SN2	6,00	4,00/1,00	Rechtskurve R = 104 m	64	62	-2,1
			Linkskurve R = 104 m	66	61	-5,3

Tab. 9.4: Zusammenfassung der V_{50} im Querschnitt

4-7 km/h festgestellt. Die Geschwindigkeitsänderungen in Kurvenbereichen liegen hier z. B. nur zwischen 1-5 km/h (vgl. Tabelle 9.3 und Tabelle 9.4).

Da diese Änderungen in den wenigsten Fällen signifikant sind, kann hier nur von einem Trend gesprochen werden.

9.3.4 Querschnittsmessungen – Radar

Mithilfe des Laserscanners wurde das Geschwindigkeits- und Spurverhalten im Querschnitt erhoben. Die Ergebnisse der gemessenen Geschwindigkeiten weichen jedoch deutlich von den im Rahmen der Verfolgungsfahrten gemessenen Geschwindigkeiten ab. Daher kann eine Beeinflussung der Kraftfahrer durch den Laserscanner nicht ausgeschlossen werden.

Mithilfe des Seitenradars vom Typ SR4 Traffic-Counter der Firma Siezega (vgl. Kapitel 3.3.4) wurden daher ergänzende Querschnittsmessungen durchgeführt, um einen Vergleich zwischen den Erhebungsmethoden vornehmen zu können. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Querschnittsmessungen vorgestellt und mit den Laser-Querschnittsmessungen und den Verfolgungsfahrten verglichen. Diese Gegenüberstellung erfolgt für alle Messstrecken in Sachsen und für die Landesstraße L 573 in Nordrhein-Westfalen. Die Kreisstraße K 50 wurde aufgrund der Begrenzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ausgenommen.

Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Die Querschnittsmessungen mit dem Seitenradar wurden im September 2010 ca. fünf Monate nach den Querschnittsmessungen mit dem Laserscanner und den Verfolgungsfahrten durchgeführt. In Bild 9.50 sind die Ergebnisse der V_{85} für die Stationen 2 + 050 (Gerade) und 1 + 890 (Kurve, R = 104 m) dargestellt. Die mit dem Laserscanner ermittelten 85%-Geschwindigkeiten liegen an den genannten Stationen deutlich unter den Werten der V_{85} der Verfolgungsfahrten.

Die durchgeführten Radar-Messungen zeigen, dass an den genannten Messquerschnitten höhere Geschwindigkeiten gefahren werden als mit dem Laserscanner ermittelt wurden. Die Gegenüberstellung der Radar-Werte mit den Werten der Verfolgungsfahrten im Nachher-Zustand zeigt, dass besonders auf der Geraden ein vergleichbares Geschwindigkeitsniveau vorhanden ist (vgl. Tabelle 9.5). Hier unterscheiden sich die Ergebnisse der verschiedenen Erhebungsmethoden Verfolgung/

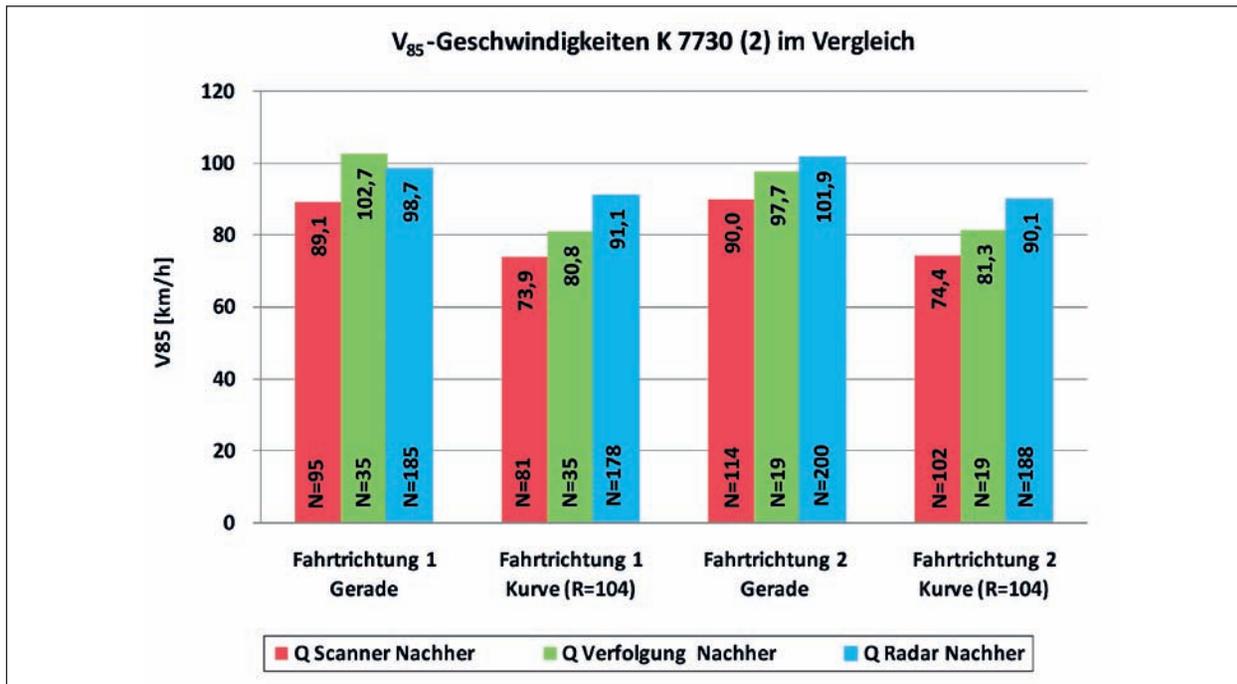


Bild 9.50: Vergleich der V_{85} K 7730 (2) von Querschnittsmessung (Scanner/Radar) und Verfolgungsfahrt

Strecke	Breite	Querschnitt	V_{85} -Verfolgung Nachher [km/h]	V_{85} -Scanner Nachher [km/h]	V_{85} -Radar Nachher [km/h]	ΔV -Nachher (Verfolgung/Scanner)	ΔV -Nachher (Verfolgung/Radar)
befestigte Breite [m]	KFB/Ausweichstreifen [m]						
SN2 K 7730/2 6,00	4,00/1,00	FR 1: Gerade	102,7	89,1	98,7	13,6	4,0
		FR 1: Kurve RL = 104	80,8	73,9	91,1	6,9	-10,3
		FR 2: Gerade	97,7	90,0	101,9	7,7	-4,2
		FR 2: Kurve RR = 104	81,3	74,4	90,1	6,9	-8,8

Tab. 9.5: Vergleich der V_{85} K 7730 (2) Querschnittsmessung (Scanner/Radar)/Verfolgungsfahrt

Radar im Gegensatz zu Verfolgung/Scanner nur um ca. 4 km/h.

Im Kurvenbereich wurden durch die Messungen mit dem Seitenradar höhere V_{85} festgestellt als bei den Querschnittsmessungen mit dem Laserscanner. Im Vergleich zwischen Verfolgungsfahrten und Radarmessungen liegen die Unterschiede bei ca. 8 bis 10 km/h, zwischen Laserscanner und Verfolgungsfahrten bei rund 7 km/h. Gründe hierfür könnten sein, dass im Bereich der Kurve der Fahrer des Verfolgungsfahrzeugs stärker abbremst als das verfolgte Fahrzeug.

Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Der Vergleich der V_{85} auf der zweiten sächsischen Messstrecke zeigt ähnliche Unterschiede zwischen den Erhebungsmethoden. Auch hier liegen die ermittelten 85%-Geschwindigkeiten der Scanner-Messung unter der V_{85} der anderen Erhebungsmethoden (Verfolgung/Radar). Dabei weicht die V_{85}

der Verfolgungsfahrten von denen der Scannermessung um bis zu 20 km/h ab.

Der Vergleich zwischen den Verfolgungsfahrten und den Radarmessungen zeigt Unterschiede zwischen 1-6 km/h in der Geraden und 5 -10 km/h in der Kurve. Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der Verfolgungsfahrten und den ermittelten Ergebnissen mithilfe des Laserscanners weist Unterschiede zwischen 13 und 23 km/h auf.

Diese großen Differenzen sind vermutlich auf das trotz Tarnung sichtbaren Messgeräts zurückzuführen. Obwohl in vergangenen Studien (z. B. LIPPOLD et al., 2007) der Einsatz der Scanner-technik offensichtlich für die Erhebung und Gegenüberstellung von Geschwindigkeiten geeignet war, zeigt sich in dieser Untersuchung, dass aufgrund der Erkennbarkeit und der schwierigen Tarnung des Gerätes die Krafffahrer beeinflusst wurden.

Da dieser Einfluss sowohl in der Vorher- als auch in der Nachher-Messung vorhanden ist, können die

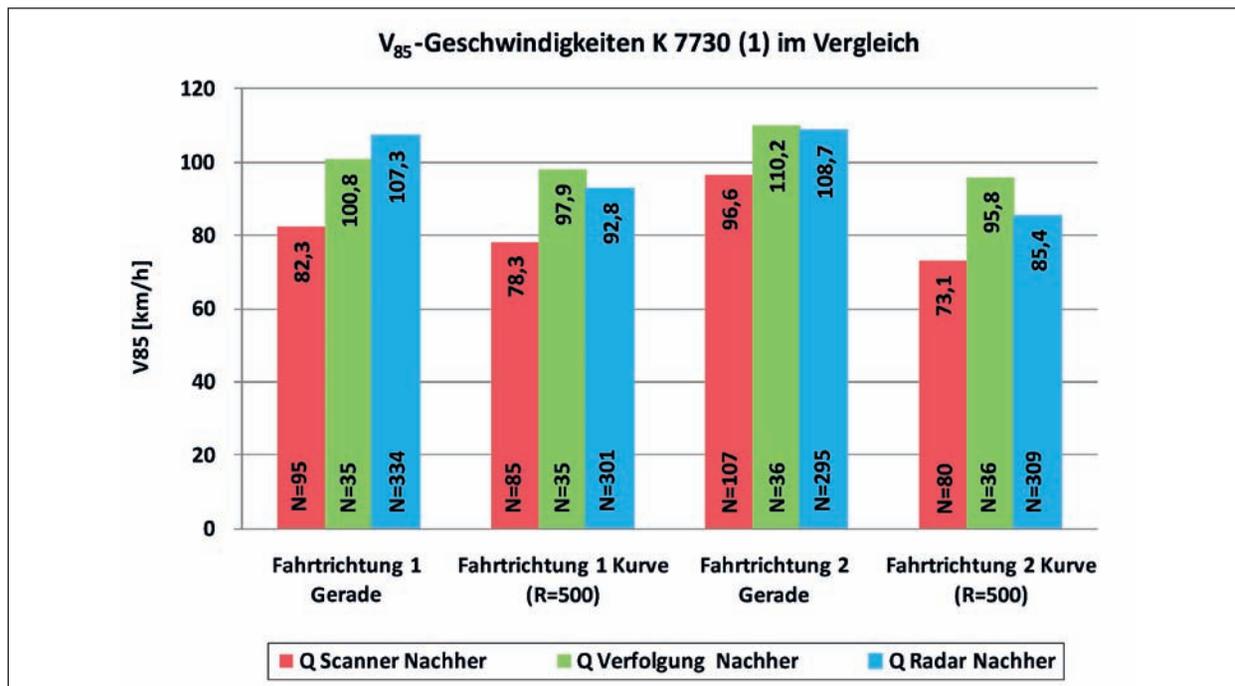


Bild 9.51: Vergleich der V_{85} K 7730 (1) von Querschnittsmessung (Scanner/Radar) und Verfolgungsfahrt

Strecke	Breite	Querschnitt	V_{85} -Verfolgung Nachher [km/h]	V_{85} -Scanner Nachher [km/h]	V_{85} -Radar Nachher [km/h]	ΔV -Nachher (Verfolgung/Scanner)	ΔV -Nachher (Verfolgung/Radar)
	befestigte Breite [m]						
SN1 K 7730/1 5,50	4,00/1,00	FR 1: Gerade	100,8	82,3	107,3	18,5	-6,5
		FR 1: Kurve RL = 104	97,9	78,3	92,8	19,6	5,1
		FR 2: Gerade	110,2	96,6	108,7	13,6	1,5
		FR 2: Kurve RR = 104	95,8	73,1	85,4	22,7	10,4

Tab. 9.6: Vergleich der V_{85} K 7730 (1) Querschnittsmessung (Scanner/Radar)/Verfolgungsfahrt

relativen Differenzen der Ergebnisse zwischen den beiden Messungen dennoch zur Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens herangezogen werden.

Auf der zweiten Messstrecke (L 573), die auch eine Breite von 5,50 m aufweist, wurden wie in der Untersuchungsmethodik beschrieben keine Scannermessungen durchgeführt. Die Auswertung der Radarmessungen für die Fahrtrichtung 1 an drei verschiedenen Messquerschnitten bestätigen überwiegend die Ergebnisse der Verfolgungsfahrten (vgl. Tabelle 9.7).

Dies trifft auch für den Messquerschnitt MQ 1 der Fahrtrichtung 2 zu. Am Messquerschnitt MQ 2 und MQ 3 der Fahrtrichtung 2 wurden bei der Radarmessung bis zu 9 km/h höhere Geschwindigkeiten festgestellt.

Bild 9.52 zeigt diese Abweichungen in Form eines Balkendiagramms. Mit 3.000 Kfz liegt die Anzahl der gemessenen Fahrzeuge deutlich über der Anzahl der verfolgten Kraftfahrer (N = 23). Diese Abweichung ist jedoch auf keine bestimmte Ursache zurückzuführen. Daher bestätigen die Geschwindigkeiten der Radarmessungen trotz der Abweichungen die Geschwindigkeiten der Verfolgungsfahrten.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sich der Laserscanner nur für die Aufnahme des Spurverhaltens und für Geschwindigkeitsmessungen nur bei entsprechender Tarnung eignet. Die Querschnittsmessungen, die mit dem Seitenradar durchgeführt wurden, bestätigen überwiegend (zu 60 %) die ermittelten 85%-Geschwindigkeiten der Verfolgungsfahrten. Der Vergleich der übrigen rund 30 % ergab Abweichungen bis zu 10 km/h. Gründe

Strecke	Breite		Querschnitt	V ₈₅ -Verfolgung Nachher [km/h]	V ₈₅ -Radar Nachher [km/h]	ΔV-Nachher (Verfolgung/Radar)
	befestigte Breite [m]	KFB/Ausweichstreifen [m]				
NRW L 573	5,50	3,00/1,00	FR 1: MQ 1	123,1	123,0	0,1
			FR 1: MQ 2	94,1	96,8	-2,7
			FR 1: MQ 3 Referenz	124,5	127,6	-3,1
			FR 2: MQ 1	117,0	117,6	-0,5
			FR 2: MQ 2	89,6	97,5	-8,0
			FR 2: MQ 3 Referenz	115,0	124,5	-9,6

Tab. 9.7: Vergleich der V₈₅ L 573 Querschnittsmessung Radar/Verfolgungsfahrt

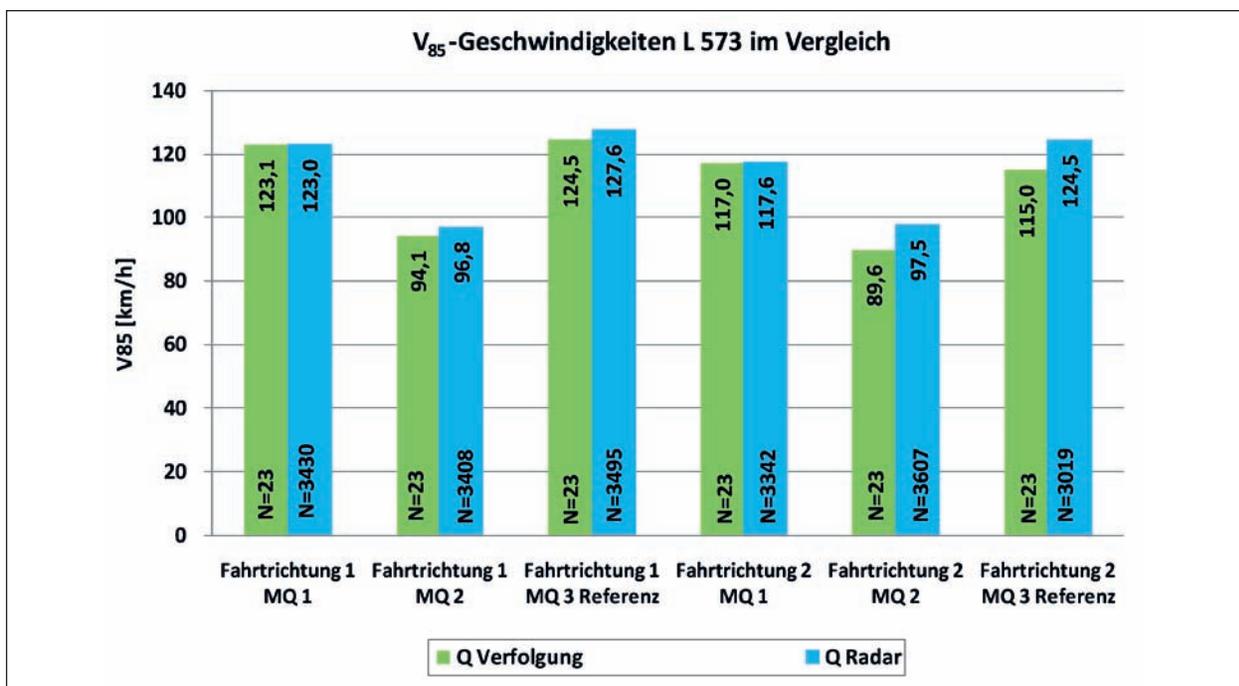


Bild 9.52: Vergleich der V₈₅ L 573 Querschnittsmessung Radar/Verfolgungsfahrt

dafür sind z. B., dass zwischen den Geschwindigkeitswerten der Verfolgungsfahrten (N = 30) Streuungen von bis zu 50 km/h an den ausgewählten Messquerschnitten auftreten. Die Unterschiede zwischen den Erhebungsmethoden sind unsystematisch und nicht auf bestimmte Ursachen zurückzuführen. Es ist jedoch anzunehmen, dass das Seitenradar den Verkehrsteilnehmer bei der Wahl seiner Geschwindigkeit nicht beeinflusst. Anhand des Stichprobenumfangs ist erkennbar, dass die Aussagekraft der Verfolgungsfahrten gegeben ist, ein geringerer Stichprobenumfang jedoch zu Abweichungen führen kann.

9.4 Blickverhalten

Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen seitlichen Leitlinien und der Belastung bzw. Beanspruchung sind aus der Literatur nicht bekannt. Die Ergebnisse der Untersuchungen im Fahrsimulator zeigen aber, dass über den Zeitanteil der Fixationen Rückschlüsse auf die Beanspruchung in Zusammenhang mit der seitlichen Fahrbahnmarkierung gezogen werden können. Deshalb wurden für die Vergleichbarkeit der beiden Untersuchungsmethoden dieselben Parameter durch Probandenfahrten auf den Messstrecken erhoben.

Die Ergebnisse über den Zeitanteil und die Anzahl der Fixationen zeigten frühzeitig bei der Messung auf den Messstrecken, dass im Gegensatz zu den Ergebnissen der Messung im Fahrsimulator sehr hohe Streuungen auftreten. Dies gilt, wie Tabelle 9.8 zeigt, sowohl bei einem Probanden im Vorher-/Nachher-Vergleich als auch zwischen den verschiedenen Versuchspersonen.

Diese unsystematischen Unterschiede sind mit den verschiedenen Randbedingungen zu den einzelnen Messzeitpunkten erklärbar. So wird das Blickverhalten im Vorher-/Nachher-Vergleich eher durch

Veränderungen in der Witterung, im Verkehrsaufkommen und in der eigenen Befindlichkeit der Probanden beeinflusst. Dies wird zum Beispiel an den Versuchspersonen 1 und 2 deutlich: Die Vorher-Messung fand bei bewölktem Himmel und trockener Fahrbahn statt und es trat kein Gegenverkehr während der Fahrt auf. Nach der Auswertung der Daten werden bei Proband 1 15 % und bei Proband 2 62 % Fixationsanteil festgestellt. Die Nachher-Messung, die bei etwas sonnigerem Wetter und trockener Fahrbahn durchgeführt wurde und ebenfalls keinen Gegenverkehr aufwies, ergab einen Fixationsanteil bei Proband 1 von rund 30 % und bei Proband 2 von rund 35 %.

Eine eindeutige Aussage zur Wirkung der Markierung ist aufgrund der Auswertung der Fixationen bei den Versuchspersonen nicht möglich. Liegen während der Vorher- und Nachher-Messung ähnliche Randbedingungen vor, können Aussagen zur Wirkung der Markierung abgeleitet werden. Dies zeigt sich am Beispiel von Versuchsperson 17. Der Zeitanteil der Fixationen befindet sich auf einem vergleichbaren Niveau von rund 45 %. Diese Werte entsprechen den Ergebnissen in LIPPOLD et al., (2007), deren Untersuchung keinen Vorher-/Nachher-Vergleich darstellte. Sie erhoben die Blickbewegungsdaten auf verschiedenen Strecken nacheinander.

Aufgrund der hohen Streuung der Fixationsanteile wird auf die Bildung von Mittelwerten verzichtet und im weiteren Vorgehen Einzelbetrachtungen mithilfe einer manuellen Videoanalyse vorgenommen.

Dafür wurden für die sächsischen Messstrecken verschiedene Querschnitte in der Geraden, in der Kurve und, um die Änderungen im Blickverhalten bei eingeschränkter Sicht beurteilen zu können, vor einer Kuppe ausgewählt. Die Querschnitte befinden sich an den in Tabelle 9.9 angegebenen Stationen.

Messstrecke K 7730 (2)	Fahrtrichtung 2			
	1		2	
Proband				
Messung	vorher	nachher	vorher	nachher
Anzahl Fixationen	77	31	167	60
mittl. Fixationsdauer [s]	0,246	0,257	0,386	0,662
Fixationszeit [s]	18,91	7,96	64,43	39,73
Fahrzeit [s]	123,57	25,40	102,60	110,80
Zeitanteil Fixationen [%]	15,30	31,34	62,80	35,86
mittl. Geschwindigkeit [km/h]	71,63	75,52	74,44	74,79

Tab. 9.8: Anzahl und mittl. Dauer von Fixationen, Fixationsanteil K7730 (SCHARFENORTH, 2011)

Messstrecke/Querschnitt	Station
K 7730 (1) B = 5,50 m	
MQ 1 G – Gerade	550
MQ 1 K – Kurve (R = 500)	1.360
K 7730 (2) B = 6,00 m	
MQ 2 GK – Gerade vor Kuppe	900
MQ 2 G – Gerade	2.050
MQ 2 K – Kurve (R = 254 m)	2.200

Tab. 9.9: Querschnitte für den manuellen Vorher-/Nachher-Vergleich des Blickverhalten

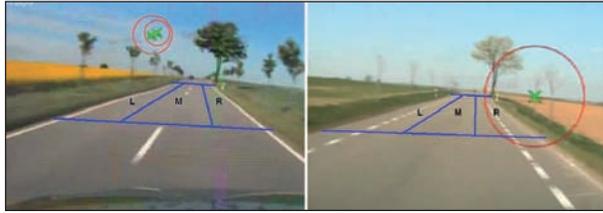


Bild 9.53: Vorher-/Nachher-Vergleich manuelle Auswertung Blickbewegung K 7730 (2) (SCHARFENORTH, 2011)

Da aufgrund der Messtechnik nicht für jedes Bild eine Fixation vorhanden ist und für die Beschreibung des Blickverhaltens es nicht ausreicht, die Bilddaten an einer bestimmten Station zu bewerten, wurde ein Bereich von 25 m vor und nach der angegebenen Station für die Analyse betrachtet.

Für die Bilder mit Fixationen wurde, wie beispielhaft in Bild 9.53 dargestellt, die Fahrbahn in drei verschiedene Orientierungsbereiche gleicher Größe gegliedert.

Um eine Aussage darüber zu erhalten, ob und wie sich die Orientierung der Probanden im Vorher-/Nachher-Vergleich verändert, wurde das Videomaterial von insgesamt 15 Probanden analysiert. Dabei wurde für die Orientierungsbereiche der Einzelbilder, die für jeden Querschnitt vorhanden sind, jede Fixation registriert. Orientierte sich ein Proband an einem Querschnitt vorwiegend im rechten Bereich der Fahrbahn, so wurde diesem eine Fixation zugeordnet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der beschriebenen Analyse vorgestellt.

9.4.1 Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Blickverhalten in der Geraden

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der Fixationen auf den ausgewählten Querschnitt MQ 2 G der Messstrecke K 7730 (2) wurden im Vorher-/Nachher-Vergleich erkennbare Unterschiede festgestellt. Während der Vorher-Untersuchung orientiert sich in Fahrtrichtung 1 (Landkreisgrenze), mit ca. 79 % die Mehrzahl der 15 Probanden in Fahrbahnmitte an der mittleren Leitlinie. Dies ist in der Gegenrichtung (Fahrtrichtung 2, Landkreisgrenze) mit einem Anteil von 60 % ebenfalls stark ausgeprägt (Bild 9.54). Der linke Bereich der Fahrbahn wird in beiden Richtungen von etwa gleich vielen Probanden (rund 14 %) für die Orientierung genutzt. In Fahrtrichtung 2 (Richtung Oberbobritzsch) blicken mit ca. 27 % fast

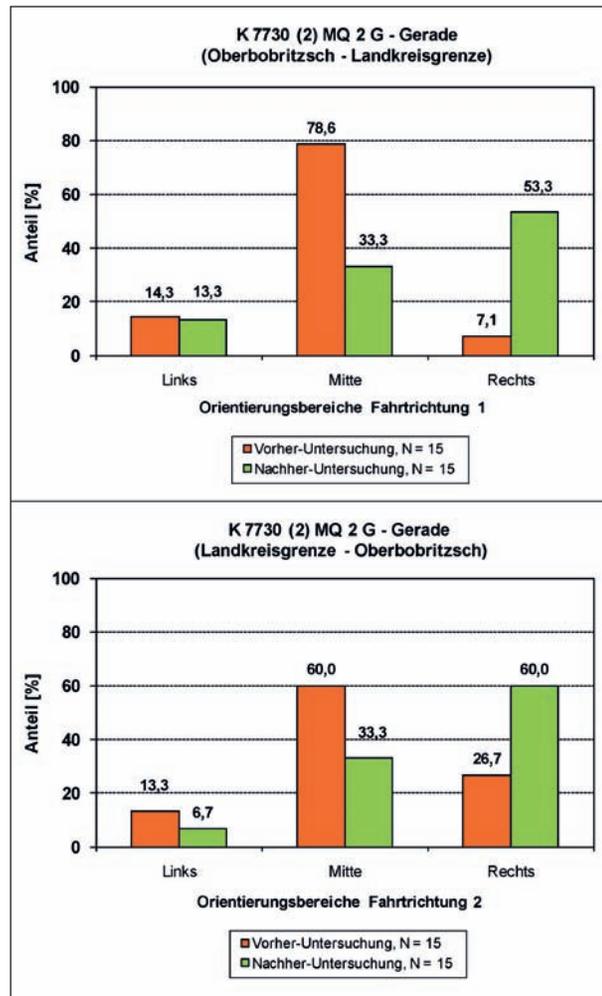


Bild 9.54: Orientierungsbereiche in der Geraden, K 7730 (2) Fahrtrichtung 1 und 2 (SCHARFENORTH, 2011)

viermal mehr Versuchspersonen als in der Gegenrichtung (ca. 7 %) hauptsächlich zum rechten Fahrbahnrand. In der Nachher-Untersuchung zeigt sich für beide Fahrrichtungen, dass nur noch ein Drittel der Probanden (ca. 33 %) den mittleren Fahrbahnbereich zur Orientierung nutzt. Die Mehrheit der Personen fixiert mit ca. 53 % (Fahrtrichtung 1) bzw. 60 % (Fahrtrichtung 2) den rechten Fahrbahnbereich.

Blickverhalten in der Kurve

In Fahrtrichtung 1 (Landkreisgrenze) wird die Kurve mit dem Radius von $R = 254$ m als Linkskurve durchfahren. Dabei orientieren sich in der Vorher-Untersuchung rund 86 % der Probanden im linken Bereich der Fahrbahn. Circa 14 % der Versuchspersonen fixieren die Leitlinie im Bereich der Fahrbahnmitte (vgl. Bild 9.55).

Die Ergebnisse der Nachher-Untersuchung zeigen, dass die Probanden sowohl den rechten als auch

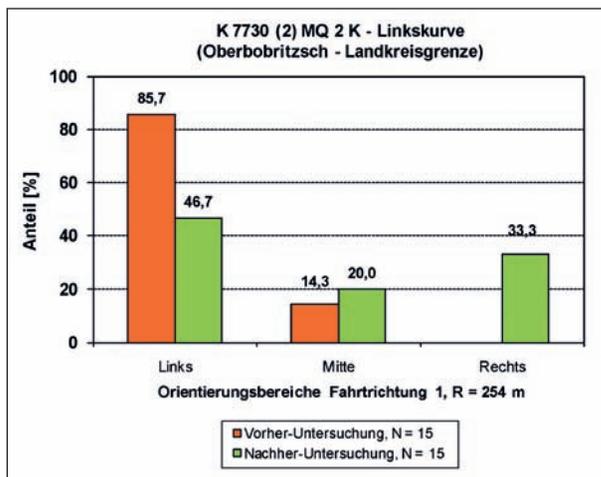


Bild 9.55: Orientierungsbereiche Linkskurve, K 7730 (2) Fahrtrichtung 1 (SCHARFENORTH, 2011)

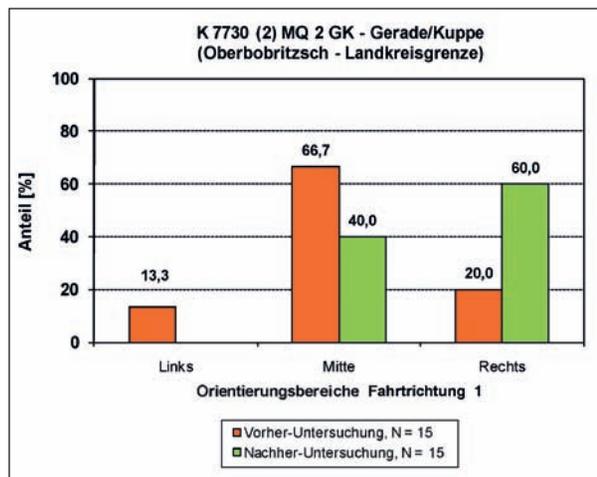


Bild 9.57: Orientierungsbereiche vor der Kuppe, K 7730 (2) Fahrtrichtung 1 (SCHARFENORTH, 2011)

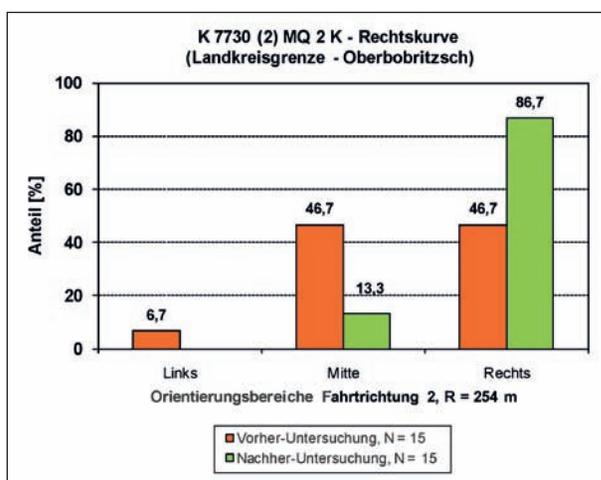


Bild 9.56: Orientierungsbereiche Rechtskurve, K 7730 (2) Fahrtrichtung 2 (SCHARFENORTH, 2011)

den linken Bereich der Fahrbahn und somit beide seitlichen Leitlinien zur Orientierung im Straßenraum nutzen. Fast die Hälfte der Probanden (rund 47 %) blickt während der Durchfahrt der Linkskurve am häufigsten zum linken Bereich der Fahrbahn, rund 33 % fixieren den rechten Fahrbahnrand.

In Fahrtrichtung 2 (Oberbobritzsch) durchfahren die Probanden den Messquerschnitt in einer Rechtskurve.

In der Vorher-Untersuchung ist der Anteil der Personen, die zur Orientierung innerhalb der Rechtskurve den rechten Fahrbahnrand oder den mittleren Bereich der Fahrbahn (Leitlinie) nutzen, gleich groß (47 %). Gerade ca. 7 % der Versuchspersonen fixieren innerhalb der Rechtskurve den linken Bereich der Fahrbahn (Bild 9.56).

In der Nachher-Untersuchung steigt der Anteil der Probanden, die sich im rechten Fahrbahnbereich

bei der Durchfahrt der Rechtskurve orientieren, um 40 % auf rund 87 % an. In den Bereich der Fahrbahnmitte blickt mit ca. 13 % die Minderheit der Probanden. Der linke Bereich wird von den Personen nicht für die Orientierung genutzt.

Blickverhalten vor der Kuppe

Um Unterschiede im Blickverhalten zwischen einer Geraden mit freier Sicht und einer Geraden mit eingeschränkter Sicht zu ermitteln, wurde im Rahmen des Vorher-/Nachher-Vergleichs ein Messquerschnitt mit geringer Sichtweite an einer Kuppe mit in die Untersuchung aufgenommen. Bild 9.57 zeigt die Ergebnisse dieses Querschnitts (MQ 2 GK) vor und nach der Ummarkierung.

In der Vorher-Untersuchung orientieren sich ca. 67 % der Probanden in der Mitte der Fahrbahn. Rund 13 % bzw. 20 % nutzen den linken bzw. rechten Bereich der Fahrbahn als Orientierungshilfe.

Mit der Markierung der seitlichen Leitlinien fixieren die Personen mit ca. 60 % den rechten Bereich der Fahrbahn. Rund 40 % der Versuchspersonen blicken zum mittleren Bereich der Fahrbahn.

9.4.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Blickverhalten in der Geraden

Die zweite sächsische Messstrecke weist in Fahrtrichtung 1 ein Gefälle auf. In diesem Bereich liegt der Messquerschnitt (MQ 1 G) für die Analyse des Blickverhaltens in der Geraden. In der Vorher-Untersuchung zeigen die Ergebnisse, dass sich die Probanden mit rund 67 % an der Leitlinie in Fahr-

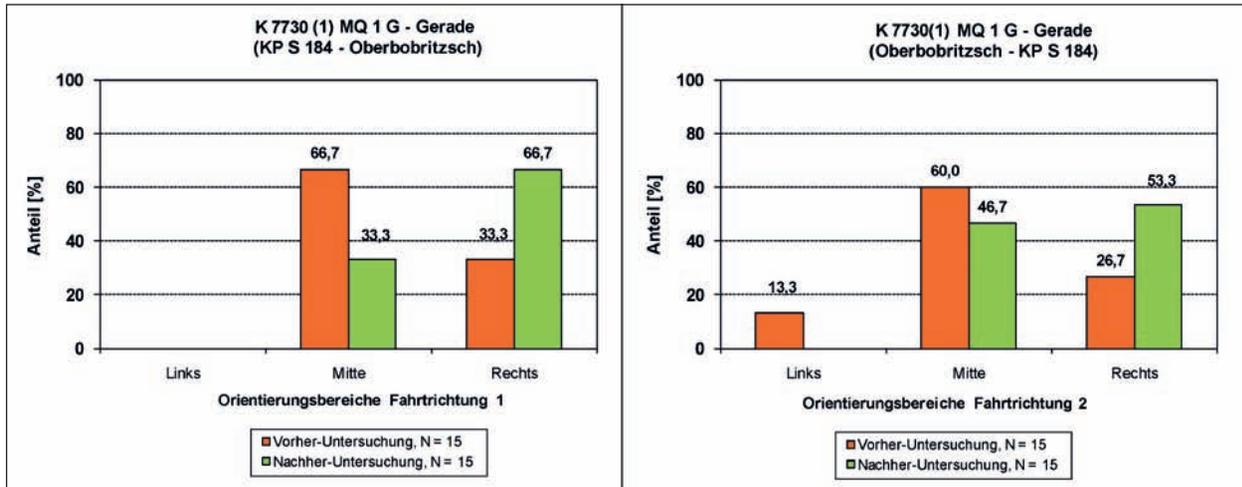


Bild 9.58: Orientierungsbereiche in der Geraden, K 7730 (1) Fahrtrichtung 1 und 2 (SCHARFENORTH, 2011)

bahnmitte orientieren. Die übrigen ca. 33 % der Personen fixieren hauptsächlich den rechten Bereich der Fahrbahn.

In den Nachher-Messungen kehrt sich die Verteilung der Nutzung der Orientierungsbereiche um. Den mittleren Bereich der Fahrbahn nutzen nur noch ca. 33 % der Versuchspersonen, den rechten Bereich der Fahrbahn hingegen rund 67 % zur Orientierung. Damit wird von doppelt so vielen Personen die vom Rand abgesetzte unterbrochene Leitlinie als Orientierungshilfe genutzt (vgl. Bild 9.58)

In der Gegenrichtung befindet sich der Messquerschnitt MQ 1 G in einem Steigungsabschnitt. Während der Fahrt zum Knotenpunkt der K 7730 mit der S 184 liegt bei der Vorher-Untersuchung die Hauptorientierung, mit rund 60 % der Probanden in der Mitte der Fahrbahn. Mit ca. 27 % fixieren etwa doppelt so viele Probanden den rechten statt den linken Bereich der Fahrbahn (ca. 13 %).

In der Nachher-Untersuchung werden die Fahrbahnmitte und der rechte Bereich der Fahrbahn zu fast gleichen Teilen (ca. 47 % bzw. 53 %) als Orientierungshilfe genutzt (Bild 7.58).

Blickverhalten in der Kurve

In Richtung Oberbobritzsch (Fahrtrichtung 1) befindet sich am Ende der Messstrecke eine Linkskurve mit einem Radius von $R = 500$ m. In der Vorher-Untersuchung fixieren bei vorhandener Mittelmarkierung jeweils rund 47 % den mittleren und linken Bereich der Fahrbahn. Rund 7 % nutzen zur Orientierung den rechten Fahrbahnbereich.

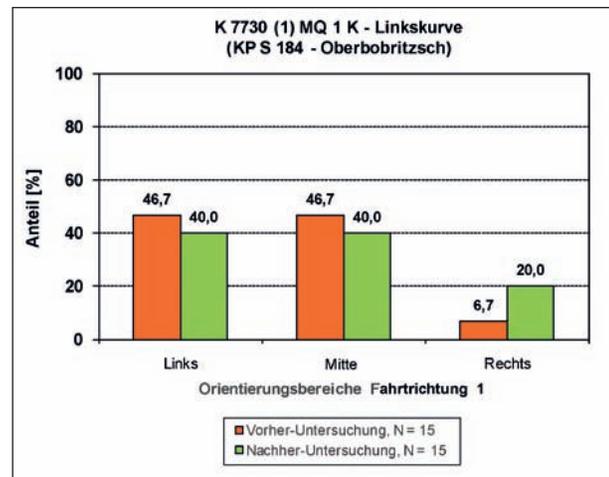


Bild 9.59: Orientierungsbereiche Linkskurve, K 7730 (1) Fahrtrichtung 1 (SCHARFENORTH, 2011)

Nachdem die Messstrecke mit seitlichen Leitlinien ausgestattet wurde, geht der Anteil der Probanden, die sich in Fahrbahnmitte und im linken Bereich der Fahrbahn orientieren, auf jeweils 40 % zurück. Der Anteil der Probanden, deren Blicke hauptsächlich im rechten Bereich der Fahrbahn fixieren, steigt mit neuer Markierung auf 20 %. Damit erfolgt eine Orientierung anhand der seitlichen Leitlinien wie auch in der Kurve der Messstrecke mit einer Breite von 6,00 m (vgl. Bild 9.55 und Bild 9.59).

Die untersuchte Rechtskurve in Gegenrichtung weist ähnliche Ergebnisse auf wie die Rechtskurve der Messstrecke K 7730 (2). Bei Betrachtung des Blickverhaltens der Probanden während der Durchfahrt zeigt sich, dass in der Vorher-Untersuchung rund 60 % der Probanden den Bereich um die Mittelmarkierung herum zur Orientierung im Fahrraum benutzen. Weiterhin fixieren rund 40 % der Personen den rechten Bereich der Fahrbahn.

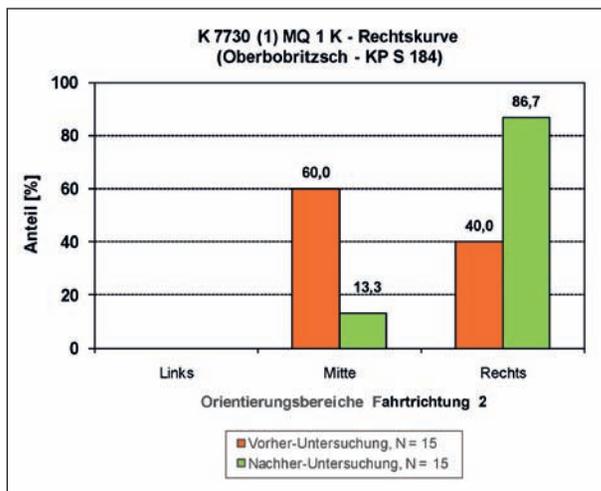


Bild 9.60: Orientierungsbereiche Rechtskurve, K 7730 (1) Fahrtrichtung 2 (SCHARFENORTH, 2011)

Indessen orientieren sich in der Nachher-Untersuchung am mittleren Bereich der Fahrbahn nur noch rund 13 %, im rechten Bereich der Fahrbahn hingegen fast 90 % der Probanden (Bild 9.60). Der rechte Orientierungsbereich wird innerhalb dieser Rechtskurve weder im Vorher-Zustand noch im Nachher-Zustand fixiert.

9.4.3 Zusammenfassung

Für die Analyse des Blickverhaltens auf den Messstrecken stellte sich heraus, dass die Ermittlung von Fixationsparametern, wie sie in der Messung im Fahrsimulator vorgenommen wurde, aufgrund der unterschiedlichen Randbedingungen zu den Erhebungszeitpunkten (Vorher-/Nachher-Untersuchung) nicht sinnvoll ist. Die festgestellten Streuungen sind dabei z. B. auf unterschiedlich starke Sonneneinstrahlung zurückzuführen. Als Indikator für die Orientierung bei unterschiedlichen Messzeitpunkten wurde daher eine qualitative Einzelbetrachtung der einzelnen Probanden an bestimmten Querschnitten manuell durchgeführt.

Die Auswertung und der Vergleich der Fixationsdaten von 15 Probanden erfolgten auf den Messstrecken in Sachsen in der Geraden, in Kurven und im Bereich einer Kuppe. Beide Messstrecken wiesen im Vorher-Zustand eine mittlere Leitlinie auf. Im Nachher-Zustand wurde auf beiden Strecken eine Kernfahrbahn mit einer Breite von 4,00 m durch seitliche Leitlinien markiert.

Während der Vorher-Untersuchung zeigte sich in der Geraden, unabhängig von den Sichtverhältnissen und der Längsneigung, dass sich die Mehrheit

der Probanden im Bereich um die mittlere Leitlinie herum orientiert und ein geringerer Anteil am rechten Fahrbahnrand. Dies bestätigt die in Kapitel 2.3 beschriebenen Befunde von OLSEN/BATTLE/AOKI (1989). In der Nachher-Untersuchung verlagert sich der Blick der Mehrheit der Probanden in den rechten Fahrbahnbereich und damit zur rechten seitlichen Leitlinie. Der linke Fahrbahnbereich wird nur selten anvisiert.

In Rechtskurven fixiert während der Vorher-Messung etwa die Hälfte der Probanden jeweils den mittleren Bereich der Fahrbahn sowie die Kurveninnenseite. In der Nachher-Untersuchung wird die Fahrbahnmitte kaum noch fixiert. Fast 90 % der Versuchspersonen nutzen nun den rechten Bereich der Fahrbahn zur Orientierung in Rechtskurven. Eine Abhängigkeit von der Größe des Kurvenradius wurde im Nachher-Zeitraum nicht festgestellt.

Bei den Linkskurven zeigen sich Veränderungen im Blickverhalten in Abhängigkeit vom Kurvenradius. Bei mittleren Kurvenradien ($R = 254 \text{ m}$) und vorhandener mittlerer Leitlinie fixieren die Probanden mit rund 90 % vornehmlich den linken Bereich der Fahrbahn, bei größerem Radius werden der linke und der mittlere Bereich zu gleichen Teilen (ca. 47 %), der rechte weniger (ca. 7 %) zur Orientierung genutzt. Ähnliche Befunde stellte FRIEDINGER (1982) fest (vgl. Kapitel 2.3). In der Nachher-Messung verlagert sich die Orientierung am kleinen Radius über die gesamte Fahrbahn, bis in den rechten Bereich der Fahrbahn, der vorher nicht zur Orientierung genutzt wurde (47 % linker, 20 % mittlerer und 33 % rechter Fahrbahnbereich). Beim großen Radius ($R = 500 \text{ m}$) erfolgt, wie in der Vorher-Messung, eine Fixierung des linken und des mittleren Bereiches der Fahrbahn zu gleichen Teilen, nun aber nur noch zu einem Anteil von jeweils 40 %. In der Nachher-Messung erfolgt hier eine stärkere Orientierung im rechten Fahrbahnbereich.

Zusammenfassend zeigt sich an allen untersuchten Querschnitten eine Verlagerung der Orientierung bei den Verkehrsteilnehmern. Sowohl im Vorher-Zustand als auch nach der Ummarkierung wird die vorhandene Markierung als Orientierungshilfe genutzt. In der Nachher-Messung wird darüber hinaus der rechte Fahrbahnbereich anvisiert.

9.5 Verhalten im Begegnungsfall (Kfz-Verkehr)

Das Begegnungsverhalten von Kraftfahrern wurde manuell aus den Videos der Verfolgungsfahrten analysiert (vgl. Kapitel 3.3.1). Untersucht wurde, wie sich der verfolgte Fahrzeugführer bei Gegenverkehr verhält. Dabei wurden folgende Verhaltensmuster ermittelt:

- **Ausweichen mit Geschwindigkeitsreduzierung**
Fahrzeug fährt in Fahrbahnmitte und weicht unter Benutzung des Ausweichstreifens bei verringerter Geschwindigkeit dem Gegenverkehr aus.
- **Ausweichen ohne Geschwindigkeitsreduzierung**
Fahrzeug fährt in Fahrbahnmitte und weicht unter Benutzung des Ausweichstreifens bei unveränderter Geschwindigkeit dem Gegenverkehr aus.
- **Spurhaltung mit Geschwindigkeitsreduzierung**
Fahrzeug benutzt vor Eintreffen des Gegenverkehrs bereits den Ausweichstreifen und reduziert die Geschwindigkeit im Begegnungsfall.
- **Spurhaltung ohne Geschwindigkeitsreduzierung**
Fahrzeug benutzt vor Eintreffen des Gegenverkehrs bereits den Ausweichstreifen und verändert nicht die Geschwindigkeit im Begegnungsfall.

Die Ergebnisse der analysierten Begegnungsfälle enthält Tabelle 9.10.

Unabhängig von der Messstrecke wird mit rund 57,5 % am häufigsten beobachtet, dass bei einem Begegnungsfall die Fahrspur beibehalten wird und keine Reduzierung der Geschwindigkeit stattfindet. Dabei befahren die Fahrzeugführer die Fahrbahn bereits vor Eintreffen des Gegenverkehrs am rechten Rand und mit den rechten Rädern im Ausweichstreifen. Es ist anzunehmen, dass diese Kraftfahrer dem Gegenverkehr nicht ausweichen, da ein ausreichend großer Abstand zwischen beiden Fahrzeugen vorhanden ist, und dass sie ihre Geschwindigkeit nicht reduzieren, weil sich diese bereits auf einem der Begegnung angemessenen Niveau befindet.

Weiterhin wird mit ca. 37,7 % häufig festgestellt, dass Kraftfahrer dem Gegenverkehr ausweichen, ohne die Geschwindigkeit zu verändern.

Ausweichen in Verbindung mit einer Geschwindigkeitsreduzierung (rund 2,5 %) wird insbesondere dann ermittelt, wenn Gegenverkehr mit breiteren Fahrzeugen, wie landwirtschaftlichen Fahrzeugen oder Lkw, vorkommt.

Das Verhalten „Spurhaltung mit Geschwindigkeitsreduzierung“ wird mit rund 2,3 % nur selten festgestellt.

Das Fahrverhalten des Gegenverkehrs konnte aufgrund der Videoqualität und des Abstandes zu diesem nur teilweise erkannt werden, sodass dazu keine Aussagen abgeleitet werden können.

Strecke	Breite KFB/ Ausweich- streifen [m]	Fahrtrichtung	Anzahl analysierter Begegnungs- fälle	Fahrverhalten verfolgtes Fahrzeug [%]			
				Fahrt ohne Benutzung		Fahrt mit Benutzung	
				Ausweichen mit Geschwindig- keits- reduzierung	Ausweichen ohne Geschwin- digkeits- reduzierung	Spurhaltung mit Geschwindig- keits- reduzierung	Spurhaltung ohne Geschwin- digkeits- reduzierung
SN 1 5,50	4,00/0,75	1: Ri. Oberbobritzsch	9	11,1	22,2	0,0	66,7
		2: Ri. KP S184	25	4,0	20,0	12,0	64,0
SN2 6,00	4,00/1,00	1: Ri. Landkreisgrenze	51	2,0	41,2	2,0	54,9
		2: Ri. Oberbobritzsch	41	2,4	39,0	0,0	58,5
NRW K 3 5,00	4,00/1,00	1: Ri. Vardingholt	73	1,4	32,9	6,8	58,9
		2: Ri. Barlo	69	0,0	23,2	1,4	75,4
NRW K 50 6,00	4,00/1,00	1: Ri. B 67	35	2,9	51,4	0,0	45,7
		2: Ri. L 869	18	11,1	44,4	0,0	44,4
NRW L 573 5,50	4,00/1,00	1: Ri. Ochtrup	63	1,6	46,0	0,0	52,4
		2: Ri. Nienborg	61	3,3	47,5	0,0	49,2

Tab. 9.10: Fahrverhalten bei Gegenverkehr

Weiterhin ist durch die Perspektive des Szenariovideos bei hoher Kurvigkeit die Analyse des Fahrverhaltens bei auftauchendem Gegenverkehr nicht möglich.

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der manuellen Auswertung, dass ein Begegnungsfall keine kritische Situation darstellt: Die Mehrheit der Kraftfahrer weicht im Begegnungsfall bei gleichbleibender Geschwindigkeit auf den Ausweichstreifen aus oder befährt den Ausweichstreifen bereits vor der Begegnung, sodass bei unveränderter Geschwindigkeit ausreichend Platz für die Begegnung vorhanden ist. Geht man aufgrund der Ergebnisse zum Spurverhalten davon aus, dass letztgenannte Kraftfahrer auch dem Verhalten „Ausweichen ohne Geschwindigkeitsreduzierung“ zugeordnet werden können, da dies wegen vorhandener Sichtweiten bereits weit vor der Begegnung geschah, würde mit rund 95,2 % die Mehrheit der Kraftfahrer dieses Verhalten im Begegnungsfall wählen.

Eine Reduzierung der Geschwindigkeit wird vor allem bei Schwerverkehrsfahrzeugen festgestellt.

9.6 Verhalten im Begegnungsfall (Radverkehr)

Für die Beurteilung des Fahrverhaltens bei Begegnungsfällen mit Radverkehr wurden ebenfalls die Videos der Verfolgungsfahrten ausgewertet (vgl. Kapitel 3.3.3).

Dabei wird in die Situationen „Radverkehr in gleicher Fahrtrichtung“ und „Radverkehr aus entgegengesetzter Fahrtrichtung“ unterschieden.

Überholungen von Radfahrern, die in gleicher Richtung fahren, werden zusätzlich in Einfach- oder Mehrfachüberholungen eingeteilt. Bei Radfahrern, die aus Kameraperspektive im Gegenverkehr fahren, wird bewertet, ob es zu Konflikten zwischen dem verfolgten Fahrzeug und den entgegenkommenden Radfahrern kommt. Entscheidend bei einem Radfahrer im Gegenverkehr ist auch das Verhalten des hinter dem entgegenkommenden Radfahrer fahrenden Kraftfahrzeugs.

Für das Verhalten des überholenden Fahrzeugs beim Passieren des in die gleiche Richtung fahrenden Radverkehrs wurden folgende Verhaltensmuster definiert:

- Keine Veränderung

Der Kraftfahrer verändert weder die seitliche Spurposition noch die Geschwindigkeit und überholt den Radfahrer ohne eine deutlich erkennbare Veränderung seines Fahrverhaltens (dieses Verhalten kann nur erfolgen, wenn der Kraftfahrer vor dem Passieren des Radfahrers ohne Gegenverkehr bereits in Fahrbahnmitte fährt).

- Ausweichen

Der Kraftfahrer verändert deutlich sichtbar seine seitliche Spurposition und vergrößert den seitlichen Abstand zum Radfahrer beim Überholen (dieses Verhalten wird beobachtet, wenn der Kraftfahrer vor dem Passieren des Radverkehrs ohne Gegenverkehr bereits nah am Fahrbahnrand fährt).

- Verzögern und Ausweichen

Der Kraftfahrer verringert deutlich erkennbar seine Geschwindigkeit und weicht beim Überholen des Radfahrers aus (dieses Verhalten wird beobachtet, wenn der Kraftfahrer vor dem Passieren des Radverkehrs mit oder ohne Gegenverkehr nah am Fahrbahnrand fährt).

Die Fahrzeugführer, die ihre Geschwindigkeit aufgrund entgegenkommender Pkw hinter dem Radfahrer verzögern, um den Gegenverkehr zunächst passieren zu lassen, werden separat aufgeführt, um festzustellen, wie häufig dieses Verhalten vorkommt und ob es zu Konflikten führt.

Insgesamt wurden 108 Radfahrer auf allen Messstrecken beobachtet (vgl. Tabelle 9.11). Davon befuhren 44 Radfahrer die gleiche Fahrtrichtung wie das verfolgte Fahrzeug. Diese Radfahrer wurden in 25 Überholvorgängen (16 Überholungen einzelner Radfahrer, 9 Überholungen von Radfahrergruppen) überholt.

Insgesamt kamen dem verfolgten Fahrzeug 64 Radfahrer entgegen. Bei den Begegnungen wurde keine kritische Situation beobachtet.

Am stärksten wurde die Messstrecke K 3 durch den Radverkehr genutzt.

In Kapitel 9.6.1 und Kapitel 9.6.2 werden die Begegnungsfälle zwischen Pkw und Radverkehr für alle Messstrecken beschrieben.

Messstrecken	Breite [m]	AWS [m]	KFB [m]	Länge [km]	Anzahl Radfahrer insgesamt	Anzahl Radfahrer in gleicher Richtung	Anzahl Überholungen	Anzahl Radfahrer im Gegenverkehr	Anzahl Vorbeifahrten
K 3	5,00	1,00	3,00	5,00	95	41	22	54	40
Ri. Vardigholt					51	15	10	36	24
Ri. Barlo					44	26	12	18	16
L 573	5,50	1,00	3,50	3,00	9	1	1	8	8
Ri. Ottrup					5	0	0	5	5
Ri. Nienborg					4	1	1	3	3
K 50	6,00	1,00	4,00	2,00	2	1	1	1	1
Ri. Bocholter Str.					1	0	0	1	1
Ri. Weseler Str.					1	1	1	0	0
K 7730 (1)	5,50	0,75	4,00	2,00	-	-	-	-	-
Ri. Oberbobritzsch					-	-	-	-	-
Ri. Lichtenberg					-	-	-	-	-
K 7730 (2)	6,00	1,00	4,00	2,60	2	1	1	1	1
Ri. Pretzschendorf					1	0	0	1	1
Ri. Oberbobritzsch					1	1	1	0	0
Gesamt					108	44	25	64	50

Tab. 9.11: Radverkehr der einzelnen Messstrecken

9.6.1 Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Die Messstrecke K 50 verfügt über einen 1,00 m breiten Ausweichstreifen und führt von der Bocholter Straße (B 67alt/L 581) zur Weseler Straße (L 896). Die Länge der Videoaufzeichnung beträgt durchschnittlich ca. zwei Minuten.

Es konnten ein Radfahrer in gleicher Fahrtrichtung (Weseler Straße/L 896) und ein Radfahrer im Gegenverkehr beobachtet werden.

Dem Radfahrer, der in die gleiche Fahrtrichtung fuhr, wurde deutlich ausgewichen. Beide Radfahrer fuhren innerhalb des Ausweichstreifens. Ein Konflikt wurde nicht festgestellt.

Die sächsische Messstrecke K 7730 (2) ist mit einem 1,00 m breiten Ausweichstreifen markiert. Die Länge der Videoaufzeichnungen beträgt ebenfalls ca. zwei Minuten.

Insgesamt konnten zwei Radfahrer beobachtet werden. Ein Radfahrer fuhr im Gegenverkehr (Ri. Pretzschendorf) und ein Radfahrer fuhr in gleicher Fahrtrichtung (Ri. Oberbobritzsch) wie das verfolgte Fahrzeug.

Messstrecke K 50		Anzahl
Radfahrer im Gegenverkehr		1
Pkw im Gegenverkehr verzögert hinter Rad		
Radfahrer in gleicher Richtung		1
Überholungen	gesamt	1
	Einfachüberholungen	1
	Mehrfachüberholungen	
Fahrverhalten während des Überholvorgangs	keine Veränderung	
	Ausweichen	1
	Verzögerung und Ausweichen	
	davon Verzögerung wegen Gegenverkehr	

Tab. 9.12: Radverkehr ,Fahrbahnbreite 6,00 m, Messstrecke K 50

Die Überholung des Radfahrers, der in gleicher Richtung fuhr, erfolgte mit vorheriger Verzögerung und durch Ausweichen (vgl. Tabelle 9.13). Beide Radfahrer fuhren innerhalb des Ausweichstreifens.

Messstrecke K 7730 (2)		Anzahl
Radfahrer im Gegenverkehr		1
Pkw im Gegenverkehr verzögert hinter Rad		
Radfahrer in gleicher Richtung		1
Überholungen	gesamt	1
	Einfachüberholungen	1
	Mehrfachüberholungen	
Fahrverhalten während des Überholvorgangs	keine Veränderung	1
	Ausweichen	
	Verzögerung und Ausweichen	
	davon Verzögerung wegen Gegenverkehr	

Tab. 9.13: Radverkehr, Fahrbahnbreite 6,00 m, Messstrecke K 7730 (2)

Messstrecke L 573		Anzahl
Radfahrer im Gegenverkehr		8
Pkw im Gegenverkehr verzögert hinter Rad		
Radfahrer in gleicher Richtung		1
Überholungen	gesamt	1
	Einfachüberholungen	1
	Mehrfachüberholungen	
Fahrverhalten während des Überholvorgangs	keine Veränderung	1
	Ausweichen	
	Verzögerung und Ausweichen	
	davon Verzögerung wegen Gegenverkehr	

Tab. 9.14: Radverkehr, Fahrbahnbreite 5,50 m, Messstrecke L 573

Messstrecke K 3		Anzahl
Radfahrer im Gegenverkehr		54
Pkw im Gegenverkehr verzögert hinter Rad		2
Radfahrer in gleicher Richtung		41
Überholungen	gesamt	22
	Einfachüberholungen	13
	Mehrfachüberholungen	9
Fahrverhalten während des Überholvorgangs	keine Veränderung	2
	Ausweichen	6
	Verzögerung und Ausweichen	14
	davon Verzögerung wegen Gegenverkehr	5

Tab. 9.15: Radverkehr, Fahrbahnbreite 5,00 m, Messstrecke K 3

9.6.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Auf der Messstrecke L 573 wurden bei einem Ausweichstreifen von 1,00 m insgesamt neun Radfahrer ermittelt. Die Länge der Videoaufzeichnungen beträgt durchschnittlich zwei Minuten.

Ein Radfahrer fuhr in gleicher Richtung. Bei diesem wich das überholende Fahrzeug erkennbar seitlich aus, ohne dabei seine Geschwindigkeit zu verringern (vgl. Tabelle 9.14).

Es fuhren insgesamt acht Radfahrer im Gegenverkehr. Bei diesen Begegnungsfällen wurden keine Gefahrensituationen beobachtet.

Auf der sächsischen Messstrecke K 7730 (1), die einen 0,75 m breiten Ausweichstreifen aufweist, konnten keine Radfahrer beobachtet werden.

9.6.3 Fahrbahnbreite B = 5,00 m

Auf der Messstrecke K 3 ist ein 1,00 m breiter Ausweichstreifen markiert. Die Länge der Videoaufzeichnung beträgt durchschnittlich ca. drei Minuten.

Insgesamt wurden 95 Radfahrer beobachtet. Damit ist diese die am häufigsten durch den Radverkehr genutzte Messstrecke.

Aus der Perspektive des Verfolgungsfahrzeugs wurden dabei insgesamt 54 Radfahrer im Gegenverkehr beobachtet. Dabei traten zwei Fahrzeuge im Gegenverkehr auf, die langsam hinter den Radfahrern fuhren und ihren Überholvorgang zurückstellten. Es kam zu keiner Konfliktsituation.

In gleicher Fahrtrichtung fuhren insgesamt 41 Radfahrer. Diese wurden in 22 Überholvorgängen (13 Überholungen einzelner Radfahrer, 9 Überholungen von Radfahrerguppen) überholt. Hierbei ist die Überholung einer Trainingsgruppe (12 Radfahrer) als Sonderfall zu nennen, bei dem es zu keinem Konflikt während des Überholvorganges kam (vgl. Tabelle 9.15).

Am häufigsten wurde beobachtet, dass beim Überholen von Radfahrern die Geschwindigkeit verringert wird. Die so verzögerte Überholung wurde dann mit geringer Geschwindigkeit und hohem Abstand zum Radfahrer durchgeführt. In fünf Überholungen verzögerten die Verkehrsteilnehmer, um zunächst den Gegenverkehr vorbeifahren zu lassen und anschließend den Überholvorgang zu beginnen.

Weiterhin wurde zweimal keine deutlich erkennbare Veränderung des Fahrverhaltens festgestellt. Dabei fuhren die Kraftfahrer bereits vor der Überholung in Fahrbahnmitte und überholten mit ausreichendem Abstand. Insgesamt sechsmal wurde mit einem seitlichen Ausweichmanöver an den Radfahrern vorbeigefahren (vgl. Tabelle 9.15).

9.6.4 Zusammenfassung

Konkrete Aussagen zum Verhalten im Begegnungsfall von Pkw und Radfahrern können am besten anhand der Videoanalyse der Messstrecke K 3 gemacht werden. Das Radverkehrsaufkommen bei den Verfolgungsfahrten war hier weitaus höher als bei den anderen Strecken. Die Fahrten auf der K 50 und der L 573 lieferten nur wenige Begegnungen mit Radfahrern; das Verhalten der Kraftfahrer bei vorhandenem Radverkehr kann deshalb nur bedingt beurteilt werden. Grund für den geringen Radverkehr sind die fahrbahnnah verlaufenden Radwege. Außerdem fanden die Verfolgungsfahrten auf der L 573 im Herbst bei kühlen Witterungsbedingungen statt. Die geringe Anzahl der Radfahrer auf den sächsischen Messstrecken (K 7730) ist vermutlich mit den hohen Steigungen auf beiden Messstrecken zu begründen.

Bei allen Videoaufzeichnungen konnten keine Gefahrensituationen zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern beobachtet werden. Sämtliche Überholvorgänge wurden mit ausreichendem Sicherheitsabstand durchgeführt.

Die Radfahrer fuhren bis auf wenige Ausnahmen immer rechts von der seitlich markierten Leitlinie. Eine Gruppe von 12 Radfahrern, die in einer Zweierreihe Rad fuhren und dadurch auch die Kernfahrbahn nutzte, wurde mit deutlicher Geschwindigkeitsminderung und weit ausweichend überholt. Hinzu kommt eine Beobachtung von zwei entgegenkommenden Radfahrern, die nebeneinander fuhren. Es entstand auch in diesem Fall keine Gefahrensituation bei der Begegnung mit dem verfolgten Fahrzeug.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Begegnungsfälle zwischen Kraftfahrzeugen und Radfahrern auf den Messstrecken (ausgenommen K 3) selten waren. Bei auftretendem Radverkehr wird auf diesen immer durch eine Geschwindigkeitsreduzierung und/oder ausreichenden Abstand Rücksicht genommen.

Darüber hinaus stimmt das subjektiv eingeschätzte Fahrverhalten während der Fahrsimulation mit

dem Fahrverhalten auf den Messstrecken überein (vgl. Kapitel 4.1.4). Hinter einem Radfahrer, der immer rechts neben der seitlich markierten Leitlinie fuhr, wurde entweder die Geschwindigkeit reduziert und dann überholt oder eine fliegende Überholung ohne Veränderung der Geschwindigkeit und der seitlichen Spurposition durchgeführt, wenn ohne Gegenverkehr bereits vor der Begegnung abgerückt vom Fahrbahnrand gefahren wurde. Bei Gegenverkehr und vorausfahrendem Radfahrer wurde sowohl in der Simulation als auch auf den Messstrecken die Geschwindigkeit reduziert, die seitliche Spurposition durch Überfahren der seitlichen Leitlinie an den rechten Fahrbahnrand verlagert und so lange dem Radverkehr langsam gefolgt, bis der Gegenverkehr passiert hatte.

9.7 Befragungen

9.7.1 Ergebnisse der Zwischenbefragung

Die Zwischenbefragungen erfolgen nach Durchfahrt der jeweiligen Messstrecke (K7730 (1), K7730 (2)). Jedem Probanden werden identische Fragen zum Sicherheitsempfinden und zu kritisch erlebten Situationen gestellt. Insgesamt wurden $N = 40$ Probanden befragt.

Sicherheit

Das Sicherheitsempfinden wird für die Verkehrssituation „unbeeinflusste Fahrt“ und „Gegenverkehr“ erhoben. Die geringere Fallanzahl bei der Situation „Gegenverkehr“ geht darauf zurück, dass nicht bei allen Probanden während der Fahrt Begegnungsfälle auftreten. Die Mittelwerte liegen bei beiden sächsischen Messstrecken relativ hoch (vgl. Bild 9.61). Die Personen fühlen sich auf der Messstrecke mit einer Fahrbahnbreite von 5,50 m ohne Gegenverkehr sowohl in der Vorher- als auch in der Nachher-Messung signifikant sicherer als bei Gegenverkehr (LL ohne/mit GV: $p = .034$, AS ohne/mit GV: $p = .024$). Bei einer Fahrbahnbreite von 6,00 m unterscheidet sich das Sicherheitsempfinden bei unbeeinflusster Fahrt und Gegenverkehr nicht ($p > .05$). Bei beiden Fahrbahnbreiten zeigt sich der Trend, dass sich die Personen bei unbeeinflusster Fahrt in der Nachher-Messung (seitliche Leitlinien) sicherer fühlen, was vermutlich auf die breite Kernfahrbahn zurückzuführen ist. Dagegen fühlen sie sich bei Gegenverkehr tendenziell unsicherer als bei der mittleren Leitlinie, vermutlich

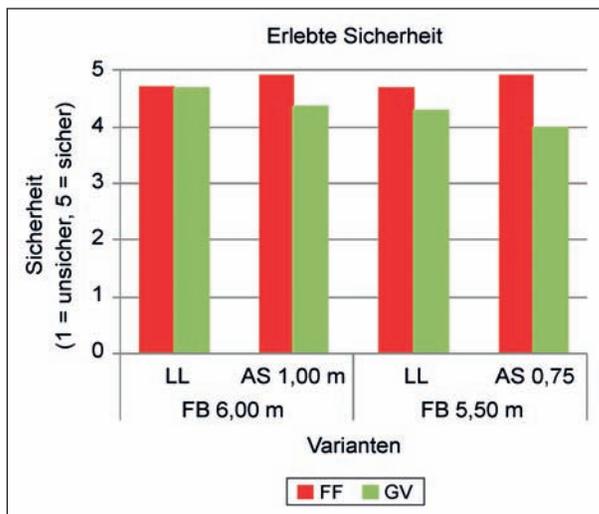


Bild 9.61: Sicherheitsempfinden bei unbeeinflusster Fahrt und Gegenverkehr während der Untersuchung auf Messstrecken

weil der eigene Fahrstreifen fehlt. Dennoch zeigt Bild 9.61 dass das Sicherheitsempfinden mit „eher sicher“ auch bei der neuen Markierung im positiven Bereich liegt.

Im Sicherheitsempfinden gibt es zwischen der Vorher- und Nachher-Messung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten ($p > .05$). Tendenziell fühlen sich die Fahrer bei unbeeinflusster Fahrt etwas sicherer, wenn seitliche Leitlinien abgetragen sind. Im Begegnungsfall tritt der umgekehrte Effekt auf.

Kritische Situationen

Während der Befragung äußerten die Probanden nur sehr wenige als kritisch erlebte Situationen. Insgesamt werden lediglich 7 Situationen als kritisch eingeschätzt, die nur bei der 6,00 m breiten Fahrbahn auftreten. Bei der 5,50 m breiten Fahrbahn habe es für die Personen dagegen keine kritischen Situationen gegeben. Bei diesen Situationen handelt es sich einerseits um die Streckencharakteristik (Kurve ($N = 2$)), Kuppe mit geringer Sichtweite ($N = 1$), andererseits um entgegenkommende Pkw ($N = 2$) sowie um das Schneiden der Kurven ($N = 1$). Anzumerken ist, dass bei den seitlichen Leitlinien lediglich einmal Gegenverkehr kritisch empfunden wird, obwohl 15 Personen Begegnungsfälle während ihrer Fahrt hatten. Ebenfalls kritisch wurde einmal der Gegenverkehr bei vorhandener Mittellinie erlebt. Auch bei der 5,50 m breiten Fahrbahn erlebt keiner der 13 Personen Begegnungsfälle als kritisch trotz geringerer Breite des Ausweichstreifens.

Zusammenfassung

Das Sicherheitsempfinden bei den seitlichen Leitlinien fällt ähnlich hoch aus wie bei der mittleren Leitlinie. Tendenziell fühlen sich die Personen bei unbeeinflusster Fahrt sogar etwas sicherer, bei Gegenverkehr dagegen im Vergleich zur herkömmlichen Markierung etwas unsicherer. Dabei werden nur wenige kritische Situationen erlebt.

9.7.2 Ergebnisse der Nachbefragung

Beanspruchung

Die Beanspruchung wurde mittels der Beanspruchungsratings unmittelbar vor und nach der Probandenfahrt erhoben. In allen vier Faktoren (Sättigung, Monotonie, psychisches Engagement, psychische Ermüdung) gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen der Vorher- und Nachher-Messung. Die Mittelwerte der Faktoren zeigen, dass die Probanden kaum Sättigung, psychische Ermüdung und Monotonie erlebten. Psychisches Engagement zeigt mit einem Mittelwert von 4,7 (1 = überhaupt nicht bis 6 = sehr) dagegen eine hohe Ausprägung.

Fahrverhalten

Die Einschätzung des Fahrverhaltens erfolgt bei Messstrecken mit Ausweichstreifen im Vergleich zu Strecken mit Randlinien. Zur differenzierten Erfassung werden die Verkehrssituationen „unbeeinflusste Fahrt“, „Gegenverkehr“ und „Kurve mit unzureichender Sicht“ unterschieden (vgl. Bild 9.62).

Bei unbeeinflusster Fahrt geben die Personen an, eher schneller und mehr in Fahrbahnmitte zu fahren. Bei Gegenverkehr und in Kurven mit unzureichender Sicht fahren sie dagegen langsamer und eher am Straßenrand. Die Einschätzungen zur Kognition (Konzentration, Risikobereitschaft) und zur Sicherheit nehmen einen ähnlichen Verlauf. Die Personen sind der Meinung, bei Ausweichstreifen vor allem bei vorhandenem Gegenverkehr und unzureichender Sicht eher achtsamer, sicherer und vorsichtiger zu fahren. Bei unbeeinflusster Fahrt ändere sich bezüglich Sicherheit und Risikobereitschaft eher nichts.

Die Ergebnisse der offenen Fragen zu generellen Veränderungen im Fahrverhalten zeigen hinsichtlich der Geschwindigkeit, dass 17 % der Personen ($N = 5$) angeben, schneller zu fahren. Zum Spur-

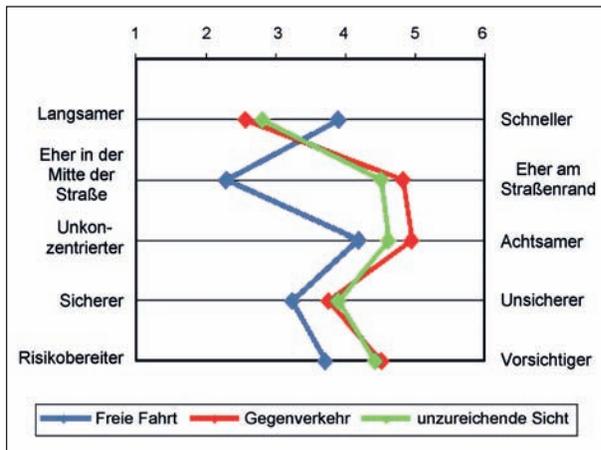


Bild 9.62: Durchschnittliche Bewertung des Fahrverhaltens in den Verkehrssituationen „Unbeeinflusste Fahrt, Gegenverkehr und Kurve mit unzureichender Sicht bei der Untersuchung auf Messstrecken

verhalten geben 34 % (N = 10) der Fahrer an, mehr in der Fahrbahnmitte zu fahren, 14 % nutzen den Ausweichstreifen (N = 4) vor allem bei unzureichender Sichtweite. 10 % der Fahrer (N = 3) verleitet die fehlende mittlere Leitlinie dazu, die Kurven zu schneiden. Zwei Personen sprechen dagegen von einer erhöhten Aufmerksamkeit vor Kurven aufgrund der neuen Markierung. Einzelne Personen geben eine bewusstere Spurwahl, eine unsichere Fahrweise und eine veränderte Orientierung an. Des Weiteren erlebt eine Person den Gegenverkehr als kritisch und einer weiteren Person ist das erwünschte Fahrverhalten, das diese Markierung signalisieren soll, unklar.

Hinsichtlich der Übertragbarkeit der Ergebnisse äußern 95,2 % der Personen, ein ähnliches Fahrverhalten auch auf anderen Landstraßen mit dieser Markierung zeigen zu wollen. Lediglich 38,1 % der Fahrer bemerken, dass sich die Breite der Ausweichstreifen auf den Messstrecken unterschied.

Emotionales Erleben

Bei der Befragung auf den Messstrecken wurde zusätzlich das Erleben auf Strecken mit mittlerer Leitlinie erhoben. Aus Bild 9.63 geht hervor, dass die drei Markierungsvarianten mittlere Leitlinie/Randlinien (LL), Randlinien (RL), Ausweichstreifen (AS) unterschiedlich stark bestimmte Emotionen hervorrufen. Positive Gefühle empfinden die Personen bei der mittleren Leitlinie. Diese wird als sicher, leicht und einfach, angenehm, entspannend und beruhigend, vertraut und verständlich erlebt. Randlinien als bekannte Markierung rufen dagegen eher negative Emotionen hervor.

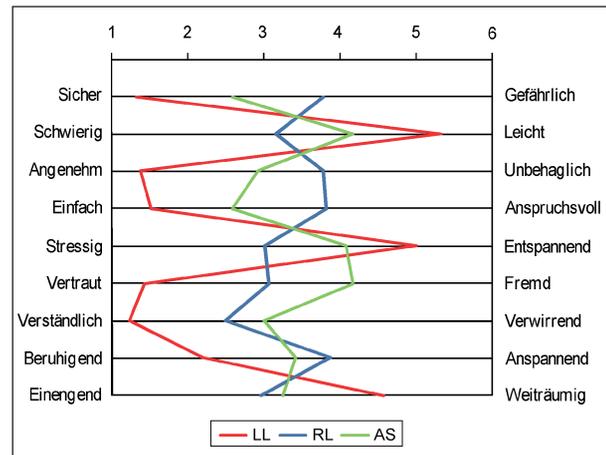


Bild 9.63: Emotionales Erleben auf Straßen mit mittlerer Leitlinie, Randlinien und Ausweichstreifen

Personen erleben das Fahren als eher gefährlich, schwierig, anspruchsvoll und einengend; sie fühlen sich eher unbehaglich, gestresst und angespannt. Die Ausweichstreifen sind den Fahrern zwar weniger vertraut und auch deren Intention ist nicht völlig verständlich; sie werden dennoch überwiegend positiv erlebt. Das Fahren wird als sicher, eher leicht, eher einfach und angenehm empfunden. Sie wirken eher entspannend und beruhigend. Die visuelle Fahrbahnverengung wirkt nicht einengend.

Die mittlere Leitlinie wird generell am positivsten erlebt. Die Emotionen unterscheiden sich stets signifikant im Vergleich zu den Randlinien ($p < .05$). Im Vergleich zu den Ausweichstreifen zeigen sich dagegen keine signifikanten Unterschiede bei der erlebten Schwierigkeit und Enge. Ein Vergleich zwischen Randlinien und Ausweichstreifen verdeutlicht, dass die neue Markierung bis auf die Items Vertrautheit, Verständlichkeit und Enge positiv erlebt wird.

Akzeptanz

Die Akzeptanz wird ebenfalls über Fragen zur Verkehrssicherheit, zu vorteilhaften bzw. nachteiligen Situationen und zur allgemeinen Bewertung der Kernfahrbahn erfasst. Aspekte der Verkehrssicherheit werden mittels eines semantischen Differenzials erhoben (vgl. Bild 9.64, Tabelle 9.16), wobei es zwischen der Einschätzung der Randlinien und der Ausweichstreifen keine signifikanten Unterschiede gibt. Beide Markierungen werden in den einzelnen Aspekten weder gut noch schlecht beurteilt. Die mittlere Leitlinie wird dagegen als verkehrssicher eingeschätzt und fällt bei jedem Aspekt signifikant positiver aus. Personen erleben sie als gut, praktisch, unproblematisch, sinnvoll und effektiv.

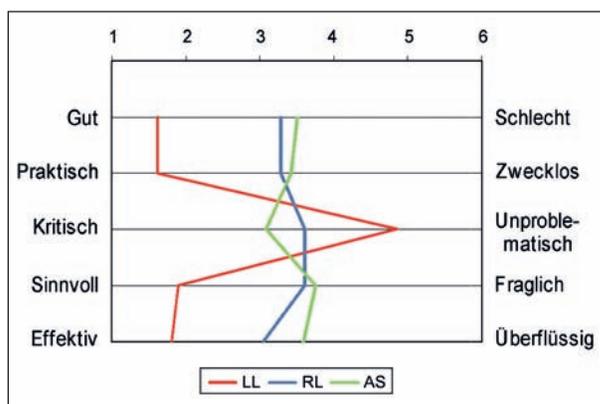


Bild 9.63: Durchschnittliche Bewertung der mittleren Leitlinie, Randlinien und Ausweichstreifen bezüglich der Verkehrssicherheit

Situation	Vorteil (N = 24)	Nachteil (N = 24)
Immer	4,17	8,33
Gegenverkehr	12,50	37,50
Kurven	12,50	12,50
Kuppen	4,17	25,00
Freie Fahrt	37,50	4,17
Gute Sicht	25,00	-
Schlechte Sicht	,	8,33
Abschätzung der eigenen Fahrspur	4,17	-
Schlechter baulicher Zustand	-	4,17

Tab. 9.16: Vor- und nachteilige Situationen von Ausweichstreifen nach der Untersuchungsfahrt auf den Messstrecken in Prozent (N = Anzahl der Nennungen der 20 Personen)

In offenen Fragen konnten Probanden Situationen nennen, in denen Ausweichstreifen vorteilhaft bzw. nachteilig sind (vgl. Tabelle 9.16). Das Ergebnis zeigt, dass identische Situationen sowohl positiv als auch negativ wahrgenommen werden.

Ausweichstreifen werden v. a. bei unbeeinflusster Fahrt und guter Sicht vorteilhaft eingeschätzt. Nur 4,17 % der Fahrer sehen bei unbeeinflusster Fahrt Nachteile. Umgekehrt verhält es sich bei „Gegenverkehr“. In dieser Situation empfinden 37,5 % der Fahrer Ausweichstreifen als nachteilig und nur 12,5 % von Vorteil. Des Weiteren wird die neue Markierung bei Kuppen kritisch gesehen.

Die allgemeine Bewertung von Ausweichstreifen fällt überwiegend positiv aus. Die Mehrheit der Probanden kommt eher sehr gut (33,3 %) bis gut (47,6 %) mit dieser Markierung zurecht. Dagegen kommen 14,3 % eher schlecht damit zurecht. Ins-

gesamt bewerten 52,4 % der Probanden Ausweichstreifen positiv (eher positiv: 38,1 %, positiv: 14,3 %), 28,6 % steht ihnen negativ gegenüber (eher negativ: 23,8 %, negativ: 4,8 %), 19 % sind diesbezüglich noch unentschieden. Personen, die Ausweichstreifen positiv bewerten, befürworten auch überwiegend deren Einführung und umgekehrt. Für eine Einführung sprechen sich insgesamt 47,6 % der Probanden aus, 33,3 % lehnen sie ab und 19,0 % können sich diesbezüglich nicht entscheiden.

Zusammenfassung

Die Nachbefragung zeigt, dass Ausweichstreifen überwiegend positiv bewertet werden. Obwohl Begegnungsfälle und Kuppen kritisch empfunden werden, kommt die Mehrheit der Probanden gut mit dieser Markierung zurecht und spricht sich für eine Einführung aus.

9.8 Unfallgeschehen

Das Unfallgeschehen wurde für einen Zeitraum von drei Jahren jeweils vor und nach der Umgestaltung der Messstrecken betrachtet. Dabei wurden Änderungen durch Bauarbeiten wie z. B. Fahrbahndeckenerneuerungen berücksichtigt. Des Weiteren wurde ein Eingewöhnungszeitraum nach Umsetzung der Maßnahme von mindestens 2 Monaten gewählt. Diese Zeitdauer des Eingewöhnungszeitraums war insbesondere auch für die Messstrecken in Sachsen notwendig, da hier direkt nach Umsetzung der Maßnahme die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h für einen Monat auf 70 km/h herabgesetzt wurde.

Die Unfalldaten aller Messstrecken wurden von den zuständigen Polizeibehörden übergeben. Nach der Aufbereitung der Daten zeigte sich insgesamt eine allgemein niedrige Anzahl von Unfällen auf den Messstrecken. Aufgrund der geringen Unfallzahlen war es nicht sinnvoll, Unfallkenngrößen zu berechnen. Die nachfolgende Unfallanalyse hat daher vor allem nachrichtlichen Charakter. Es wurden zunächst alle Unfalltypen analysiert. Im zweiten Schritt erfolgt eine Betrachtung speziell der Unfälle vom Unfalltyp 1 (Fahrerfall) und 6 (Unfall im Längsverkehr). Damit sollte gezeigt werden, ob die Anzahl der Fahrerfälle aufgrund der mehr in Richtung Fahrbahnmitte orientierten Fahrweise abnimmt und ob das Begegnen weiterhin sicher funktioniert (keine Erhöhung der Anzahl von Unfällen im Längsverkehr).

9.8.1 Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Für die sächsische Messstrecke K 7730 (2) lagen die Unfalldaten für folgende Zeiträume vor:

- Vorher-Zeitraum:
01.10.2006-30.09.2009,
- Nachher-Zeitraum:
01.12.2009-30.11.2012.

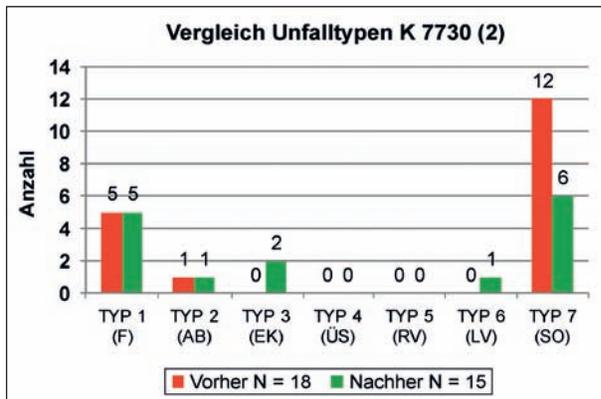


Bild 9.65: Vorher-/Nachher-Vergleich der Unfalltypen, Fahrbahnbreite 6,00 m, Messstrecke K 7730 (2)

Insgesamt ereigneten sich im Vorher-Zeitraum auf diesem Streckenabschnitt 18 Unfälle. Fünf dieser Unfälle sind Fahrurfälle (F). Sie ereigneten sich auf winterglatter (4) oder auf nasser/feuchter Fahrbahn (1) bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Vier dieser fünf Unfälle wurden der Unfallkategorie 5 und einer der Unfallkategorie 4 zugeordnet; als Ursache wurde jeweils „nicht angepasste Geschwindigkeit in anderen Fällen“ (13) angegeben (vgl. Bild 9.65, Tabelle 9.17 und Tabelle 9.18 bzw. Anhang J). Im Vorher-Zeitraum ereignete sich kein Unfall im Längsverkehr.

Die Anzahl der Fahrurfälle ist im Nachher-Zeitraum mit fünf Unfällen im Vergleich zum Vorher-Zeitraum gleich geblieben. Die Unfälle geschahen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen und Straßenzuständen (vgl. Tabelle 9.18).

Die Unfallursache der einzelnen Fahrurfälle ist auch im Nachher-Zustand jeweils die „nicht angepasste Geschwindigkeit in anderen Fällen“. Bei der Betrachtung der Unfallkategorie dieser Fahrurfälle wurden für den Nachher-Zeitraum

Nummer	1	2	3	4	5
Netzknoten 1	5146012	5146012	5146015	5146012	5146012
Netzknoten 2	5146015	5146015	5147024	5146015	5146015
Fahrtrichtung	Oberbobritzsch	Pretzschendorf	unbekannt	Oberbobritzsch	Oberbobritzsch
Fahrtrichtung	02 absteigend	01 aufsteigend	unbekannt	02 absteigend	02 absteigend
Station (km)	1+412	2+034	0+010	unbekannt	0+600
Jahr	2007	2007	2008	2009	2009
Monat	21. Mrz	11. Nov	17. Mrz	23. Jan	18. Feb
Wochentag	Mittwoch	Sonntag	Montag	Freitag	Mittwoch
Uhrzeit	06:40	17:40	00:00	14:45	09:15
Lichtverhältnisse	Dämmerung	Dunkelheit	Dunkelheit	Tageslicht	Tageslicht
Straßenzustand	winterglatt	winterglatt	nass/feucht	winterglatt	winterglatt
Getötete	0	0	0	0	0
Schwerverletzte	0	0	0	0	0
Leichtverletzte	0	0	0	0	0
Anzahl Beteiligte	1	1	1	1	1
Beteiligte 01	Pkw	Pkw	sonstiges	Pkw	Pkw
Beteiligte 02	-	-	-	-	-
Unfallkategorie	5	5	5	4	5
Unfalltyp	1 (F)	1 (F)	1 (F)	1 (F)	1 (F)
Unfallart	8	8	7 (Mast)	8	9
Unfallursache	11 und 13	13	11 und 13	13	13

Tab. 9.17: Unfälle Typ 1 und 6, Vorher-Zeitraum, Fahrbahnbreite 6,00 m, Messstrecke K 7730 (2)

Nummer	1	2	3	4	5	6
Netzknoten 1	5146012	5146012	5146012	5146012	5146012	5146012
Netzknoten 2	5146015	5146015	5146015	5146015	5146015	5146015
Fahrtrichtung	Oberbobritzsch	Oberbobritzsch	Pretzschendorf	Oberbobritzsch	Pretzschendorf	Oberbobritzsch
Fahrtrichtung	02 absteigend	02 absteigend	01 aufsteigend	02 absteigend	01 aufsteigend	02 absteigend
Station (km)	1+212	0+417	1+200	1+212	2+039	2+207
Jahr	2009	2009	2010	2011	2011	2011
Monat	14. Dez	18. Dez	23. Sep	19. Jan	09. Mrz	05. Dez
Wochentag	Montag	Freitag	Donnerstag	Mittwoch	Mittwoch	Montag
Uhrzeit	17:20	06:40	17:00	09:05	20:45	17:30
Lichtverhältnisse	Dunkelheit	Dunkelheit	Tageslicht	Tageslicht	Dunkelheit	Dunkelheit
Straßenzustand	winterglatt	winterglatt	trocken	winterglatt	trocken	winterglatt
Getötete	0	0	0	0	0	0
Schwerverletzte	0	0	1	0	0	0
Leichtverletzte	1	0	0	0	0	0
Anzahl Beteiligte	1	2	1	1	1	2
Beteiligte 01	Pkw	Pkw	Motorrad	Pkw	Pkw	Pkw
Beteiligte 02	-	-	-	-	-	Pkw
Unfallkategorie	3	5	2	4	5	4
Unfalltyp	1 (F)	6 (LV)	1 (F)	1 (F)	1 (F)	1 (F)
Unfallart	9	2	8	8	8	4
Unfallursache	13	14	13	13	11 und 13	13

Tab. 9.18: Unfälle Typ 1 und 6, Nachher-Zeitraum, Fahrbahnbreite 6,00 m, Messstrecke K 7730 (2)

schwerere Unfallfolgen festgestellt. Grund dafür ist der Fahrnfall eines Motorradfahrers, der sich beim Abkommen von der Fahrbahn schwer verletzte.

Weiterhin ereignete sich im Nachher-Zeitraum ein Unfall im Längsverkehr (LV), der der Unfallart 2 (Zusammenstoß mit vorausfahrendem/wartendem Fahrzeug) und der Unfallkategorie 5 zugeordnet wurde.

Für die 6,00 m breite Messstrecke in Nordrhein-Westfalen (K 50) lagen die Unfalldaten für folgende Zeiträume vor:

- Vorher-Zeitraum:
01.03.2005 bis 29.02.2008,
- Nachher-Zeitraum:
01.08.2009 bis 31.07.2012.

Im März 2008 wurde der Streckenabschnitt aufgrund von Bauarbeiten gesperrt. Im Zuge der Verlegung der B 67 wurde die K 50 durch ein Brückenbauwerk überführt. Darüber hinaus wurde eine

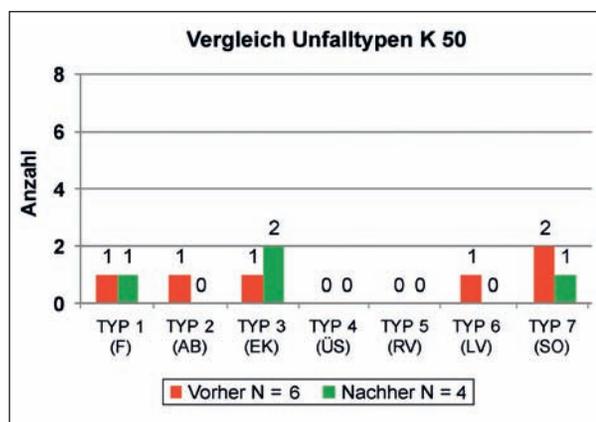


Bild 9.66: Vorher-/Nachher-Vergleich der Unfalltypen, Fahrbahnbreite 6,00 m, Messstrecke K 50

Deckenerneuerung der gesamten Messstrecke vorgenommen.

Im Vorher-Zeitraum wurden auf dieser Strecke ein Fahrnfall und ein Unfall im Längsverkehr erfasst. Letzterer ist ein Unfall der Kategorie 3, an dem ein Mofafahrer und ein Radfahrer beteiligt waren.

Nummer	Vorher-Zeitraum 01.02.2005-29.02.2008		Nachher-Zeitraum 01.07.2009-31.07.2012
	1	2	1
Netzknoten 1	4106010	4106010	4106010
Netzknoten 2	4106011	4106011	4106011
Fahrtrichtung	unbekannt	L 896	unbekannt
Fahrtrichtung	unbekannt	02 absteigend	unbekannt
Station (km)	1+170	1+000	unbekannt
Jahr	2005	2006	2011
Monat	01. Aug	04. Nov	25. Aug
Wochentag	Montag	Mittwoch	Donnerstag
Uhrzeit	12:30	20:25	17:40
Lichtverhältnisse	Tageslicht	Dunkelheit	Tageslicht
Straßenzustand	unbekannt	nass	trocken
Getötete	0	0	0
Schwerverletzte	0	0	0
Leichtverletzte	0	1	0
Anzahl Beteiligte	1	2	1
Beteiligte 01	Pkw	Mofa	Pkw
Beteiligte 02	-	Fahrrad	-
Unfallkategorie	5	3	5
Unfalltyp	1 (F)	6 (LV)	1 (F)
Unfallart	unbekannt	unbekannt	unbekannt
Unfallursache	49	11/46	13

Tab. 9.19: Unfälle Typ 1 und 6, Vorher-/Nachher-Vergleich, Fahrbahnbreite 6,00 m, Messstrecke K 50

Auf dem ummarkierten Streckenabschnitt wurde im Nachher-Zustand lediglich ein Fahrnunfall ermittelt (vgl. Bild 9.66 und Tabelle 9.19).

9.8.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Für die 5,50 m breite Messstrecke K 7730 (1) in Sachsen liegen die Unfalldaten für folgende Zeiträume vor:

- Vorher-Zeitraum:
01.10.2006 bis 30.09.2009,
- Nachher-Zeitraum:
01.12.2009 bis 30.11.2012.

Im Vorher-Zeitraum ereigneten sich neun Unfälle. Zwei davon sind Unfälle vom Typ 6 (LV) und der Kategorie 5. In beiden Fällen kam es zum Zusammenstoß mit einem entgegenkommenden Fahrzeug aufgrund der Nichtbeachtung des Rechtsfahrgebotes.

Ein Fahrnunfall der Kategorie 3 ereignete sich im Vorher-Zeitraum aufgrund nicht angepasster Geschwindigkeit bei Tageslicht und trockenem Fahrbahnzustand.

Im Nachher-Zeitraum ereignete sich bei winterglatter Fahrbahn aufgrund nicht angepasster Geschwindigkeit ein Fahrnunfall mit leichtem Sachschaden (Bild 9.67 und Tabelle 9.20).

In Nordrhein-Westfalen liegen die Unfalldaten der ummarkierten 5,50 m breiten Messstrecke (L 573) für folgende Zeiträume vor:

- Vorher-Zeitraum:
01.09.2005 bis 31.08.2008,
- Nachher-Zeitraum:
01.12.2008 bis 30.11.2011.

Auf dieser Strecke wurde ab September 2008 eine Deckensanierung an der Fahrbahn vorgenommen.

Nummer	Vorher-Zeitraum: 01.09.2006-30.09.2009			Nachher-Zeitraum: 01.11.2009-30.11.2012
	1	2	3	1
Netzknoten 1	5146010	5146010	5146010	5146010
Netzknoten 2	5146012	5146012	5146012	5146012
Fahrtrichtung	Lichtenberg	Lichtenberg	Lichtenberg	Oberbobritzsch
Fahrtrichtung	02 absteigend	02 absteigend	02 absteigend	02 absteigend
Station (km)	1+400	0+700	0+618	0+814
Jahr	2006	2007	2008	2012
Monat	21. Dez	31. Mai	09. Jun	09. Jan
Wochentag	Donnerstag	Donnerstag	Montag	Montag
Uhrzeit	21:30	06:50	16:30	04:45
Lichtverhältnisse	Dunkelheit	Tageslicht	Tageslicht	Dunkelheit
Straßenzustand	trocken	trocken	trocken	winterglatt
Getötete	0	0	0	0
Schwerverletzte	0	0	0	0
Leichtverletzte	0	0	1	0
Beteiligte	2	2	1	1
Beteiligte 01	Pkw	Lkw	Pkw	-
Beteiligte 02	Pkw	Pkw	-	-
Unfallkategorie	5	5	3	5
Unfalltyp	6 (LV)	6 (LV)	1 (F)	1 (F)
Unfallart	4	4	8	9
Unfallursache	11	48	13	13

Tab. 9.20: Unfälle Typ 1 und 6, Vorher-/Nachher-Vergleich, Fahrbahnbreite 5,50 m, Messstrecke K 7730 (1)

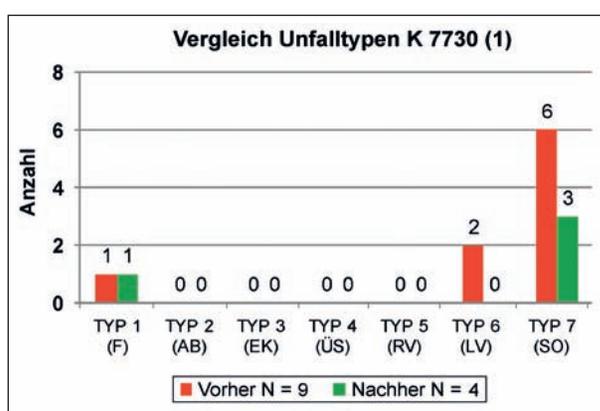


Bild 9.67: Vorher-/Nachher-Vergleich der Unfalltypen, Fahrbahnbreite 5,50 m, Messstrecke K 7730 (1)

Vor der Sanierung hatte die Fahrbahn nach Aussage der Behörde (Straßen.NRW) einen schlechten Zustand. Die Unfalldaten, die für den Vorher-Zustand vorliegen, sind Unfälle der Kategorien 1-4

und 6. Nach Aussage der Polizei konnte eine Lokalisierung der Unfälle der Kategorie 5 (softwaretechnisch durch EUSKA) erst seit dem Jahr 2009 vorgenommen werden. Die bis dahin geführten Excel-Listen liegen der Polizei nicht mehr vor. Aus diesem Grund wurde auf die Darstellung anhand eines Diagrammes verzichtet.

Im Vorher-Zeitraum konnte auf der Messstrecke L 573 ein Fahr Unfall der Kategorie 3 zugeordnet werden.

Im Nachher-Zustand wurden für die maßgebenden Unfalltypen 1 (F) und 6 (LV) keine Unfälle der Kategorien 1-4 und 6 ermittelt.

Unfälle der Unfalltypen 1 und 6 und der Kategorie 5 geschahen insgesamt drei. Zwei davon sind Fahr unfälle, die sich bei Dunkelheit ereigneten (vgl. Tabelle 9.21).

Nummer	Vorher-Zeitraum 01.08.2005-31.08.2008	Nachher-Zeitraum 1.11.2008-30.11.2011		
	1	1	2	3
Netzknoten 1	3808005	3808005	3808005	3808005
Netzknoten 2	3808014	3808014	3808014	3808014
Fahrtrichtung	Nienbog	Heek	unbekannt	Heek
Fahrtrichtung	02 absteigend	02 absteigend	unbekannt	02 absteigend
Station (km)	1+900	4+000	2+300	2+800
Jahr	2006	2009	2011	2011
Monat	25. Jan	17. Aug	11. Apr	19. Nov
Wochentag	Mittwoch	Montag	Montag	Samstag
Uhrzeit	10:30	09:50	00:00	19:30
Lichtverhältnisse	Tageslicht	Tageslicht	Dunkelheit	Dunkelheit
Straßenzustand	winterglatt	trocken	nass/feucht	trocken
Getötete	0	0	0	0
Schwerverletzte	0	0	0	0
Leichtverletzte	1	0	0	0
Anzahl Beteiligte	1	2	1	2
Beteiligte 01	Motorrad	sonstiges	sonstiges	sonstiges
Beteiligte 02	-	Lkw	-	Pkw
Unfallkategorie	3	5	5	5
Unfalltyp	1 (F)	6 (LV)	1 (F)	1 (F)
Unfallart	0	4	0	0
Unfallursache	13/49	49	89	11

Tab. 9.21: Unfälle Typ 1 und 6, Vorher-/Nachher Vergleich, Fahrbahnbreite 5,50 m, Messstrecke L 573

9.8.3 Fahrbahnbreite B = 5,00 m

Die 5,00 m breite Messstrecke (K 3) befindet sich ebenfalls in Nordrhein-Westfalen. Für den Vorher-/Nachher-Vergleich des Unfallgeschehens liegen Daten für folgende Zeiträume vor:

- Vorher-Zeitraum:
01.05.2006 bis 31.05.2009,
- Nachher-Zeitraum:
01.07.2009 bis 31.07.2012.

Im Vorher-Zeitraum wurden insgesamt 15 Unfälle erfasst. Es wurden drei Unfälle im Längsverkehr, die sich in der Dunkelheit bzw. Dämmerung ereig-

neten, registriert. Als Unfallursachen wurden hier „Fehler beim Überholen“ (22), „Überholen trotz unklarer Verkehrslage“ (18) und die „Benutzung der falschen Fahrbahn oder verbotswidrige Benutzung anderer Straßenteile“ (10) bzw. „Verstoß gegen das Rechtsfahrgebot“ (11) angegeben.

Ein Fahrnunfall der Kategorie 2 ereignete sich bei Dunkelheit aufgrund „nicht angepasster Geschwindigkeit“ (vgl. Tabelle 9.22).

Im Nachher-Zeitraum geschahen insgesamt 19 Unfälle. Die Anzahl der Fahrnunfälle hat sich von eins auf sieben und die Anzahl der Unfälle im Längsverkehr hat sich von drei auf vier erhöht (vgl. Bild 9.68).

Nummer	1	2	3	4
Netzknoten 1	4106007	4106007	4106007	4106007
Netzknoten 2	4106009	4106009	4106009	4106009
Fahrtrichtung	Barlo	Barlo	unbekannt	Vardingholt
Fahrtrichtung	02 absteigend	02 absteigend	unbekannt	01 aufsteigend
Station (km)	1+250	4+600	0+500	1+200
Jahr	2007	2007	2008	2008
Monat	14. Feb	08. Mär	12. Nov	14. Dez
Wochentag	Mittwoch	Donnerstag	Mittwoch	Sonntag
Uhrzeit	21:35	18:30	19:15	05:50
Lichtverhältnisse	Dunkelheit	Dämmerung	Dunkelheit	Dunkelheit
Straßenzustand	nass/feucht	trocken	nass/feucht	unbekannt
Getötete	0	0	0	0
Schwerverletzte	0	0	0	1
Leichtverletzte	0	1	0	0
Anzahl Beteiligte	1	2	2	1
Beteiligte 01	Pkw	Pkw	Pkw	Pkw
Beteiligte 02	-	Pkw	Pkw	-
Unfallkategorie	4	3	5	2
Unfalltyp	6 (LV)	6 (LV)	6 (LV)	1 (F)
Unfallart	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt
Unfallursache	22	18	11 und 10	13

Tab. 9.22: Unfälle Typ 1 und 6, Vorher-Zeitraum, Fahrbahnbreite 5,00 m, Messstrecke K 3

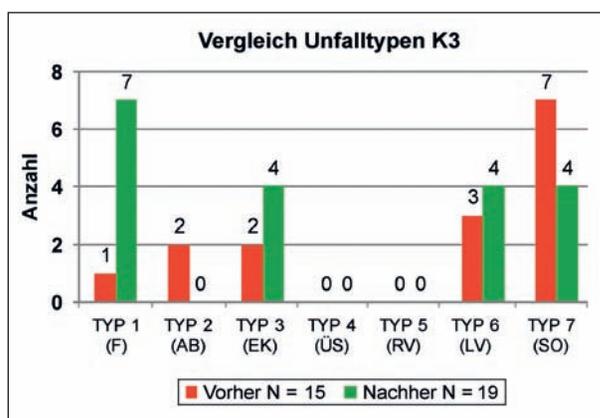


Bild 9.68: Vorher-/Nachher-Vergleich der Unfalltypen, Fahrbahnbreite 5,00 m, Messstrecke K 3

Bei der Betrachtung der näheren Unfallumstände zeigte sich bei den Fahrnunfällen des Nachher-Zeitraumes, dass sechs der sieben Unfälle auf winterglatter Fahrbahn, aufgrund „nicht angepasster Geschwindigkeit“, geschehen sind. Ein Fahrnunfall (Nr. 9, vgl. Tabelle 9.24) ereignete sich auf nasser Fahrbahn unter Alkoholeinfluss. Ein Einfluss der Maßnahme auf die Erhöhung der Anzahl der Fahrnunfälle wird deshalb ausgeschlossen.

Die Anzahl der Unfälle im Längsverkehr erhöhte sich im Vergleich zum Vorher-Zeitraum von drei auf vier. Als Unfallursachen wurden der „Verstoß gegen das Rechtsfahrgebot“ und „Sonstige Fehler beim Überholen“ angegeben. Diese Ursachen sind mit den Ursachen der Unfälle im Längsverkehr aus dem Vorher-Zeitraum vergleichbar.

Nummer	1	2	3	4	5
Netzknoten 1	4106007	4106007	4106007	4106007	4106007
Netzknoten 2	4106009	4106009	4106009	4106009	4106009
Fahrtrichtung	Vardingholt	unbekannt	unbekannt	unbekannt	Vardingholt
Fahrtrichtung	01 aufsteigend	unbekannt	unbekannt	unbekannt	01 aufsteigend
Station (km)	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt
Jahr	2010	2010	2010	2011	2011
Monat	27. Jan	11. Feb	29. Nov	20. Sep	24. Okt
Wochentag	Mittwoch	Donnerstag	Montag	Dienstag	Montag
Uhrzeit	20:30	08:05	16:30	15:10	05:40
Lichtverhältnisse	Dunkelheit	Dämmerung	Dunkelheit	Tageslicht	Dunkelheit
Straßenzustand	winterglatt	winterglatt	winterglatt	trocken	winterglatt
Getötete	0	0	0	0	0
Schwerverletzte	1	0	0	0	0
Leichtverletzte	0	0	0	0	1
Anzahl Beteiligte	1	2	3	2	1
Beteiligte 01	Pkw	Pkw	Pkw	Lkw	Pkw
Beteiligte 02	-	Pkw	Pkw	Lkw	-
Unfallkategorie	2	5	5	5	3
Unfalltyp	1 (F)	6 (LV)	1 (F)	6 (LV)	1 (F)
Unfallart	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt
Unfallursache	13	11	13	11	13

Tab. 9.23: Unfälle Typ 1 und 6, Nachher-Zeitraum, Fahrbahnbreite 5,00 m, Messstrecke K 3 (Nr. 1-5)

Nummer	6	7	8	9	10	11
Netzknoten 1	4106007	4106007	4106007	4106007	4106007	4106007
Netzknoten 2	4106009	4106009	4106009	4106009	4106009	4106009
Fahrtrichtung	unbekannt	unbekannt	unbekannt	Barlo	unbekannt	Barlo
Fahrtrichtung	unbekannt	01 aufsteigend	unbekannt	02 absteigend	unbekannt	absteigend
Station (km)	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt
Jahr	2011	2011	2011	2011	2012	2012
Monat	24. Okt	18. Dez	18. Dez	31. Dez	22. Mai	16. Jun
Wochentag	Montag	Sonntag	Sonntag	Sonnabend	Dienstag	Dienstag
Uhrzeit	07:40	11:00	11:00	03:00	16.32	18:01
Lichtverhältnisse	Tageslicht	Tageslicht	Dunkelheit	Dunkelheit	Tageslicht	Tageslicht
Straßenzustand	winterglatt	winterglatt	winterglatt	nass/feucht	trocken	nass/feucht
Getötete	0	0	0	0	0	0
Schwerverletzte	0	0	0	0	0	0
Leichtverletzte	0	3	0	1	0	0
Anzahl Beteiligte	2	1	1	1	2	2
Beteiligte 01	Lkw	Pkw	Pkw	Pkw	Pkw	Pkw
Beteiligte 02	Sof	-	-	-	Sof	Pkw
Unfallkategorie	5	3	5	3	5	4
Unfalltyp	1 (F)	1 (F)	1 (F)	1 (F)	6 (LV)	6 (LV)
Unfallart	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt	unbekannt
Unfallursache	13	13	13	1	22	11

Tab. 9.24: Unfälle Typ 1 und 6, Nachher-Zeitraum, Fahrbahnbreite 5,00 m, Messstrecke K 3 (Nr. 6-11)

9.8.4 Zusammenfassung

Das Unfallgeschehen wurde für alle fünf Messstrecken über einen Zeitraum von drei Jahren vor und nach Umsetzung der Maßnahme betrachtet.

Für die vorliegende Untersuchung wurden alle Unfalltypen analysiert. Der Unfalltyp 7 (SO) in Verbindung mit der Unfallart 7 (Wild auf der Fahrbahn) und der Unfallkategorie 5 nahm den größten Anteil ein. Mit ein bis vier Unfällen je Messstrecke waren die Unfalltypen 2 (AB) und 3 (EK) vertreten. Deren Anzahl wird nicht mit der Maßnahme in Verbindung gebracht, weil der Unfallort außerhalb der freien Strecke an Knotenpunkten liegt. Unfälle des Typs 4 (ÜS) und 5 (RV) wurden nicht festgestellt.

Die absolute Anzahl der Unfälle war auf den Messstrecken gering. Zudem war der überwiegende Anteil der Unfälle durch Wild verursacht oder erfolgte an Knotenpunkten. Diese Unfälle lassen sich nicht auf die Umgestaltungsmaßnahme zurückführen oder mit ihr in Verbindung bringen. Sie scheiden daher für die Gegenüberstellung der absoluten Unfälle aus.

Für die Ermittlung eines Einflusses der Markierungsvarianten auf die Verkehrssicherheit werden Fahrnfälle (F) und Unfälle im Längsverkehr (LV) als maßgebend angesehen. Diese traten sowohl im Vorher- als auch im Nachher-Zeitraum auf (vgl. Tabelle 9.25).

Die Anzahl der Fahrnfälle und der Unfälle im Längsverkehr ist für die untersuchten Messstrecken im Vorher-/Nachher-Vergleich gleich. Die Erhöhung der Fahrnfälle auf der 5,00 m breiten Messstrecke K 3 ist nicht auf die Ummarkierungs-

maßnahmen, sondern auf die Witterungsbedingungen zurückzuführen. Darüber hinaus konnte bei keinem Unfall die neue Markierung als unfallursächlich ermittelt werden.

Die Anzahl aller Unfälle innerhalb des untersuchten Dreijahres-Zeitraums ist so gering, dass keine Unfallkenngrößen abgeleitet wurden. Die Unfallanalyse zeigt, dass das Unfallgeschehen sich durch die Maßnahme nicht wesentlich (sowohl positiv als auch negativ) verändert hat.

10 Vergleich der Untersuchung im Fahrsimulator und auf Messstrecken

Das Projekt gliederte sich in zwei Untersuchungsphasen, die aufeinander aufbauten. Sowohl in der Untersuchung im Fahrsimulator als auch auf den Messstrecken wurden das Geschwindigkeits-, Spur- und Blickverhalten erhoben und Befragungen durchgeführt. Die Ergebnisse aus beiden Untersuchungsphasen werden im Folgenden miteinander verglichen.

10.1 Verfolgungsfahrten

Für den Vergleich der Verfolgungsfahrten mit dem Geschwindigkeitsprofil aus der Untersuchung im Fahrsimulator werden die sächsischen Messstrecken mit der Fahrbahnbreite von 6,00 m und 5,50 m herangezogen. Dabei werden jeweils der Vorher-Zustand (Mittellinie, Randlinie) und der entsprechende Nachher-Zustand (1,00 m breiter Ausweichstreifen) dargestellt.

10.1.1 Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Im Fahrsimulator und auf den Messstrecken werden der Vorher-Zustand (mittlere Leitlinie) und der Nachher-Zustand (4,00 m Kernfahrbahn, AS: 1,00 m) gegenübergestellt.

Mit beiden Erhebungsmethoden wurde generell ein hohes Geschwindigkeitsniveau festgestellt. Dieses fällt in der Untersuchung auf Messstrecken höher aus als im Fahrsimulator. Lediglich in der Rechtskurve mit dem engsten Radius ($R = 104$ m, Station 1 + 800) sind die 85%-Geschwindigkeiten auf den Messstrecken geringer. In der Fahrsimulation ist der Verlauf der Geschwindigkeit insgesamt ausgegli-

Messstrecke	Fahrbahnbreite [m]	Anzahl Unfalltyp 1 (F)	Anzahl Unfalltyp 6 (LV)
K 7730 (2) Vorher	6,00	5	0
K 7730 (2) Nachher		5	1
K 50 Vorher		1	1
K 50 Nachher		1	0
K 7730 (1) Vorher	5,50	1	2
K 7730 (1) Nachher		1	0
L 573 Vorher		1	0
L 573 Nachher		2	1
K 3 Vorher	5,00	1	3
K 3 Nachher		7	4

Tab. 9.25: Unfälle Typ 1 und 6, Vorher-/Nachher-Vergleich, alle Messstrecken

chener. Die geringeren Geschwindigkeiten in den kurvenreichen Abschnitten (Station 1 + 200 bis 1 + 800) resultieren in der Untersuchung im Fahr- simulator vermutlich aus den zusätzlichen Begegnungsfällen, die auf diesen Strecken zusätzlich im- plementiert wurden. Begegnungen auf den Mess- strecken traten dagegen selten auf. Unterschiede zwischen den Vorher-/Nachher Varianten der Fahr- simulation (KFB = 4,00 m, AS = 1,00 m) und den Vorher-/Nachher-Varianten auf den Messstrecken treten selten und nur im geringen Umfang auf. Dies- bezüglich unterscheiden sich die Ergebnisse beider Untersuchungsmethoden nicht (vgl. Bild 10.1).

10.1.2 Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Bei der Fahrbahnbreite 5,50 m wurden ebenfalls der Vorher-Zustand (mittlere Leitlinie) und der Nachher-Zustand (4,00 m Kernfahrbahn, AS: 0,75 m) gegenübergestellt.

In beiden Untersuchungsmethoden wird ein hohes Geschwindigkeitsniveau festgestellt, wobei ähn- liche Geschwindigkeiten ab Messstation 0 + 400 auftreten (vgl. Bild 10.2). Unterschiede zwischen beiden Methoden befinden sich zu Beginn der Strecke. Hier treten in der Fahrsimulation deutlich höhere Geschwindigkeiten auf. Das liegt vor allem

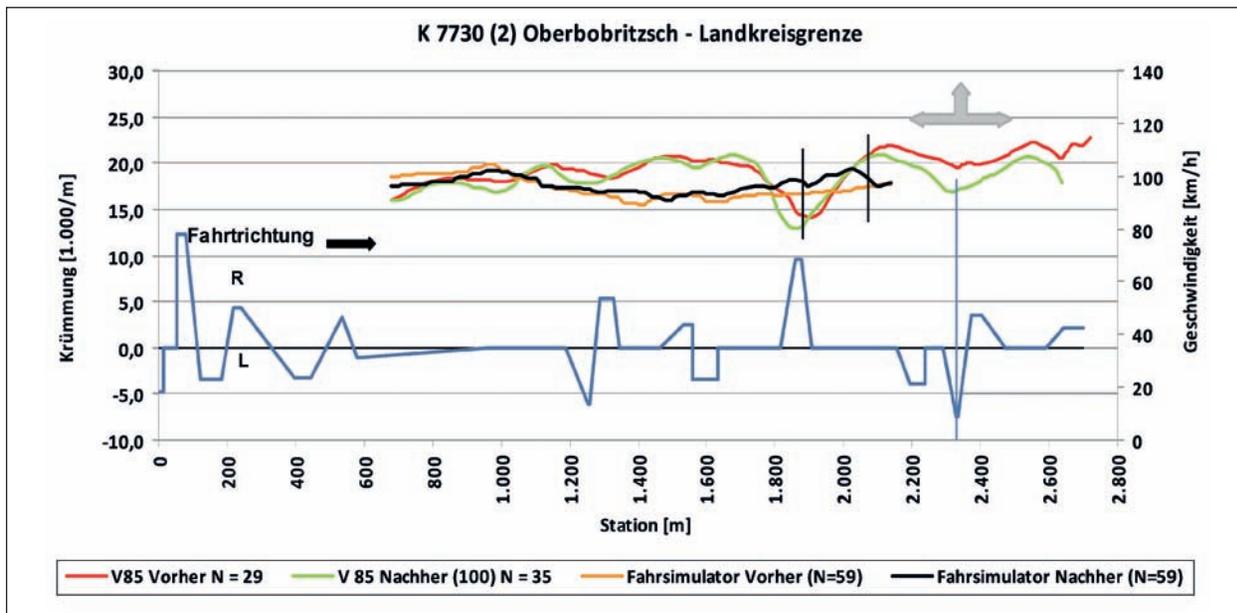


Bild 10.1: Vergleich der Ergebnisse der V_{85} aus Fahrsimulation und von Messstrecken, Fahrbahnbreite 6,00 m

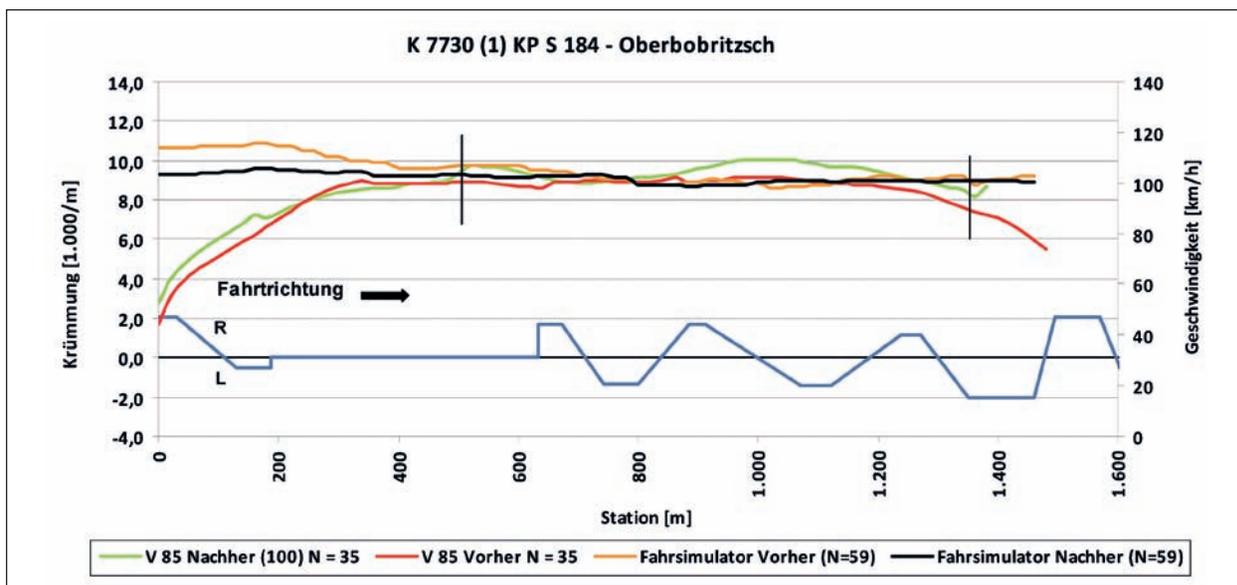


Bild 10.2: Vergleich der Ergebnisse der V_{85} aus Fahrsimulation und von Messstrecken, Fahrbahnbreite 5,50 m

daran, dass in der Simulation zusätzlich eine lange Gerade vor der Rechtskurve eingefügt wurde, sodass die Fahrer nicht wie in der Untersuchung auf Messstrecken erst am Knotenpunkt in den Messabschnitt einfahren.

Die Ergebnisse aus der Fahrsimulation ergeben, dass bei der mittleren Leitlinie überwiegend in Geraden und Kurven ohne Gegenverkehr schneller gefahren wird, als bei vorhandener Kernfahrbahn (bis Station 0 + 400). Die Analyse der Verfolgungsfahrten kann die Ergebnisse aus der Fahrsimulation nicht bestätigen. Hier treten bei vorhandener Kernfahrbahn durchschnittlich 5 km/h höhere Geschwindigkeiten auf als mit mittlerer Leitlinie.

10.1.3 Zusammenfassung

Die Geschwindigkeitsprofile aus der Fahrsimulation über die gesamte Strecke und die der Verfolgungsfahrten sind in ihrem Verlauf vergleichbar. Dies trifft jedoch nicht auf die relativen Unterschiede zwischen der Vorher- und Nachher-Untersuchung innerhalb der Untersuchungsmethoden zu.

10.2 Querschnittsmessungen

10.2.1 Spurverhalten

Zum Vergleich des Spurverhaltens zwischen der Untersuchung im Fahrsimulator und auf Messstrecken wird der mittlere Abstand zum Fahrbahnrand in Abhängigkeit von der Fahrbahnbreite herangezogen. Für die Geraden der Messstrecken werden dabei zwei fahrtrichtungsbezogene Werte angegeben. Kurven werden je Richtung in Rechts- und Linkskurven unterschieden.

Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Die Tabelle 10.1 fasst die Ergebnisse zum Spurverhalten bei der 6,00 m breiten Fahrbahn zusammen. Die absoluten Werte unterschieden sich zwischen beiden Untersuchungen, die relativen Unterschiede zeigen jedoch für jeden Abschnitt, dass in der Nachher-Messung beider Untersuchungsmethoden ein signifikant größerer Abstand zum Fahrbahnrand (0,33-0,66 m) eingehalten wird.

Die relativen Unterschiede zwischen den Varianten mittlere Leitlinien und 1,00 m breiter Ausweichstreifen fallen auf den untersuchten Abschnitten im Fahrsimulator jeweils höher aus als auf den Mess-

Spurverhalten Fahrbahnbreite 6,00 m		Fahr- simu- lation	Mess- strecke
			FR 1/FR 2
Gerade	Vorher-Messung (Leitlinie)	0,45	0,84/0,96
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	1,11	0,88/1,41
Δa [m]		0,66	0,04/0,45
Linkskurve (Kurven- mitte)	Vorher-Messung (Leitlinie)	0,80	2,12
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	1,36	2,50
Δa [m]		0,56	0,38
Rechtskurve (Kurven- mitte)	Vorher-Messung (Leitlinie)	0,24	0,38
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	0,66	0,71
Δa [m]		0,42	0,33

Tab. 10.1: Vergleich Spurverhalten [m] zwischen Fahrsimulation und Messstrecken bei unbeeinflusster Fahrt (Fahrbahnbreite 6,00 m)

strecken. Das heißt, auf den Geraden erhöht sich der Abstand auf 0,66 m, in den Linkskurven auf 0,42 m und in Rechtskurven auf 0,42 m. Auf den Messstrecken wird entsprechend 0,45 m, 0,38 m und 0,33 m weiter links gefahren.

Generell zeigen die Ergebnisse, dass auf den Messstrecken ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird als im Fahrsimulator. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Sichtweiten im Simulator geringer ausfielen als bei der Untersuchung auf Messstrecken, sodass Anpassungen bei freier Fahrt später erfolgen konnten.

Fahrbahnbreite B = 5,50 m

In Tabelle 10.2 sind die Ergebnisse im Spurverhalten für die Fahrbahnbreite B = 5,50 m zusammengefasst. Wie bei den Ergebnissen der Fahrbahnbreite B = 6,00 m (Tabelle 10.1) zeigen die relativen Unterschiede zwischen den Vorher- und Nachher-Messungen, dass sich die Abstände zum Fahrbahnrand im Nachher-Zustand bei beiden Untersuchungsmethoden erhöhen (0,05 bis 0,66 m). In Geraden und Rechtskurven fallen diese Unterschiede im Fahrsimulator mit 0,66 m und 0,63 m größer aus als auf den Messstrecken (Geraden: 0,16/0,26 m, Rechtskurven: 0,05 m). In Linkskurven ist es umgekehrt. Hier wird in der Nachher-Messung auf den Messstrecken 0,35 m weiter links gefahren, im Simulator dagegen 0,27 m.

Spurverhalten Fahrbahnbreite 5,50 m		Fahr- simu- lation	Mess- strecke
			FR 1/FR 2
Gerade	Vorher-Messung (Leitlinie)	0,45	0,88/0,73
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	1,11	1,04/0,99
Δa [m]		0,66	0,16/0,26
Linkskurve (Kurven- mitte)	Vorher-Messung (Leitlinie)	0,55	0,92
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	0,82	1,27
Δa [m]		0,27	0,35
Rechtskurve (Kurven- mitte)	Vorher-Messung (Leitlinie)	0,29	0,69
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	0,92	0,74
Δa [m]		0,63	0,05

Tab. 10.2: Vergleich Spurverhalten [m] zwischen Fahrsimulation und Messstrecken (Fahrbahnbreite 5,50 m)

Ein Vergleich der absoluten Werte zeigt, dass auf den Messstrecken im Vorher-Zustand ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten wird. In der Nachher-Messung trifft das lediglich für die Linkskurve zu.

10.2.2 Geschwindigkeiten

Für die Gegenüberstellung der Geschwindigkeiten wird die ermittelte V_{85} genutzt. Auch hier werden wie beim Spurverhalten für die Messwerte auf Geraden fahrtrichtungsbezogen zwei Werte aufgeführt. Des Weiteren konzentriert sich der Vergleich auf die relativen Unterschiede, da die absoluten Werte bei der Untersuchung auf Messstrecken durch äußere Faktoren beeinflusst wurden (vgl. Kapitel 9.3.3). Die Aufnahme der Ergebnisse aus den Kontrollfahrten kann aufgrund der fehlenden Vorher-Messung nicht erfolgen.

Fahrbahnbreite B = 6,00 m

Nach Tabelle 10.3 unterscheiden sich die relativen Unterschiede zwischen den Vorher-/Nachher-Varianten bei beiden Untersuchungsmethoden. Im Fahr Simulator werden nicht nur generell höhere Geschwindigkeiten gefahren, in Geraden und Linkskurven kommt es tendenziell zu leichten Geschwindigkeitserhöhungen zwischen 1,4 bis 3,1 km/h. In Rechtskurven wird keine Veränderung

V_{85} Fahrbahnbreite 6,00 m		Fahr- simu- lation	Mess- strecke
			FR 1/FR 2
Gerade	Vorher-Messung (Leitlinie)	104,8	90,9/96,7
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 1,00 m AS)	106,2	89,1/89,9
ΔV [km/h]		1,4	-1,8/-6,8
Linkskurve (Kurven- mitte)	Vorher-Messung (Leitlinie)	94,1	77,8
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 1,00 m AS)	97,0	74,4
ΔV [km/h]		2,9	-3,4
Rechtskurve (Kurven- mitte)	Vorher-Messung (Leitlinie)	96,6	74,8
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 1,00 m AS)	96,6	73,9
ΔV [km/h]		0,0	-0,9

Tab. 10.3: Vergleich Geschwindigkeitsverhalten [km/h] zwischen Fahrsimulation und Messstrecken (Fahrbahnbreite 6,00 m)

in der V_{85} festgestellt. Die V_{85} auf den Messstrecken sind dagegen tendenziell in allen Abschnitten (0,9 bis 6,8 km/h) geringer. Der größte Rückgang tritt dabei auf der Geraden in Fahrtrichtung zwei mit 6,8 km/h auf.

Die Unterschiede bezüglich der absoluten Werte zwischen der Untersuchung im Fahr Simulator und auf Messstrecken im Vorher-/Nachher-Vergleich sind auf den Einfluss der Messtechnik, die auf den Messstrecken zum Einsatz kam (vgl. Kapitel 9.3.3), zurückzuführen.

Fahrbahnbreite B = 5,50 m

Die V_{85} -Geschwindigkeiten in der Untersuchung im Fahr Simulator zeigen einen starken Rückgang in der Nachher-Messung sowohl auf der Geraden als auch in den Kurvenbereichen (6,6 bis 15,5 km/h). Dieser deutliche Rückgang ist bei der Untersuchung auf Messstrecken nicht zu verzeichnen, dennoch zeigen sich dieselben Tendenzen in allen betrachteten Querschnitten. So wird auf der 5,50 m breiten Messstrecke in der Nachher-Messung 1,3 bis 4,2 km/h langsamer gefahren. Auch hier zeigt sich der größte Rückgang auf dem geraden Abschnitt (vgl. Tabelle 10.4).

V ₈₅ Fahrbahnbreite 5,50 m		Fahr- simu- lation	Mess- strecke
			FR 1/FR 2
Gerade	Vorher-Messung (Leitlinie)	115,2	86,4/98,6
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	99,7	82,2/96,7
ΔV [km/h]		-15,5	-4,2/-1,9
Linkskurve (Kurven- mitte)	Vorher-Messung (Leitlinie)	107,7	79,6
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	101,1	78,3
ΔV [km/h]		-6,6	-1,3
Rechtskurve (Kurven- mitte)	Vorher-Messung (Leitlinie)	109,1	75,4
	Nachher-Messung (4,00 m KFB, 0,75 m AS)	98,1	73,1
ΔV [km/h]		-11,0	-2,3

Tab. 10.4: Vergleich Geschwindigkeitsverhalten [km/h] zwischen Fahrsimulation und Messstrecken (Fahrbahnbreite 5,50 m)

10.2.3 Zusammenfassung

Der Vergleich des Spur- und Geschwindigkeitsverhaltens zwischen der Untersuchung im Fahrsimulator und auf Messstrecken ergibt zum Teil unterschiedliche Ergebnisse beider Untersuchungsmethoden. Generell werden während der Untersuchung auf Messstrecken größere Abstände zum Fahrbahnrand beobachtet. Jedoch ergeben die relativen Unterschiede der Vorher-/Nachher-Vergleiche der Markierungsvarianten gleiche Ergebnistrends, es wird ein größerer Abstand zum Fahrbahnrand eingehalten.

Die Geschwindigkeiten sind in der Fahrsimulation generell höher als auf den Messstrecken. Die relativen Unterschiede zwischen den Markierungsvarianten stimmen auf Straßen mit einer Breite von 5,50 m tendenziell überein. Auf Fahrbahnen mit einer Breite von 6,00 m zeigen die Ergebnisse beider Messmethoden konträre Tendenzen an. Hierbei wurde festgestellt, dass sich die Geschwindigkeiten im Simulator in Nachher-Zustand erhöht und bei den Messungen auf den Untersuchungsstrecken verringert haben.

10.3 Befragungen

In der Zwischen- und Nachbefragung beider Untersuchungsmethoden (Fahrsimulation, Messstrecken) werden identische Fragen zu den Bereichen

Sicherheit, Emotionen, Fahrverhalten und Akzeptanz verwendet. Im Folgenden werden jeweils die Ergebnisse der 6,00 m und 5,50 m breiten Fahrbahn aus beiden Untersuchungen zusammenfassend verglichen.

Sicherheit

In der Zwischenbefragung zeigt sich hinsichtlich der Sicherheit bei beiden Untersuchungen, dass sich die Fahrer generell sicher fühlen; bei unbeeinflusster Fahrt meist sicherer als bei Gegenverkehr. Im Fahrsimulator fühlen sich die Personen bei 6,00 m breiter Fahrbahn mit mittlerer Leitlinie generell sicherer als bei vorhandenen Ausweichstreifen. Auf der 5,50 m breiten Fahrbahn werden nur noch Begegnungsfälle bei mittlerer Leitlinie sicherer empfunden. In der Untersuchung auf Messstrecken gibt es diesbezüglich keine Unterschiede.

Kritische Situation

Ein Vergleich der kritischen Situationen zeigt deutlich, dass diese häufiger in der Fahrsimulation erlebt wurden. Allerdings wurden in diesem Untersuchungsteil solche Situationen auch bewusst provoziert, indem Begegnungsfälle und Überholmanöver von Radfahrern bewältigt werden mussten. In der Untersuchung auf Messstrecken waren diese Bedingungen nicht kontrollierbar, sodass nicht jede Person Begegnungsfälle erleben konnte. 15 Personen hatten auf den Messstrecken Gegenverkehr und erlebten diese auch bei fehlender mittlerer Leitlinie als nicht kritisch. Im Gegensatz dazu wurden im Fahrsimulator Begegnungsfälle aufgrund der fehlenden visuellen Trennung in Fahrbahnmitte als kritisch eingeschätzt.

Beanspruchung

Es zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede in den 4 Faktoren der Beanspruchungsratings (Monotonie, psychische Ermüdung, psychisches Engagement, Sättigung), die auf eine höhere Beanspruchung durch die Untersuchungsanforderungen und die Dauer hindeuten. In der Fahrsimulation steigt die psychische Ermüdung signifikant an. Sie ist aber dennoch insgesamt gering ausgeprägt.

Fahrverhalten

Die Fahrer wurden gebeten, ihr Fahrverhalten in den drei Situationen unbeeinflusste Fahrt, Gegenverkehr und Kurve mit unzureichender Sicht einzu-

schätzen. Sie sollten ihr Verhalten zwischen Straßen mit Ausweichstreifen und Straßen mit Randlinien vergleichen. Die Veränderungen im Fahrverhalten werden für die drei Fahrsituationen in beiden Untersuchungen ähnlich eingeschätzt. Personen geben an, bei unbeeinflusster Fahrt ihre Geschwindigkeit kaum zu verändern und eher in Fahrbahnmitteln zu fahren, bei Gegenverkehr und in Kurven mit unzureichender Sicht dagegen eher langsamer und eher am Fahrbahnrand. Lediglich bei den Kurven wird angegeben, nach der Fahrsimulation weniger zum Fahrbahnrand zu fahren als nach der Untersuchung auf Messstrecken. Übereinstimmend wird bei seitlichen Leitlinien eher achtsamer und vorsichtiger im Vergleich zu Randlinien gefahren.

Emotionales Erleben

Bei der Erhebung der Emotionen wurde bei der Untersuchung auf Messstrecken zusätzlich die mittlere Leitlinie als zu bewertende Variante eingefügt (vgl. Kapitel 3.3.2). Diese wird wie erwartet von allen drei Markierungsvarianten am meisten bevorzugt. Der Vergleich zwischen Ausweichstreifen und Randlinien bringt übereinstimmende Ergebnisse hervor. Ausweichstreifen werden demnach positiv (angenehmer, entspannter) erlebt und in der Untersuchung auf Messstrecken zusätzlich auch einfacher empfunden, obwohl sie mit dieser Markierung weniger vertraut sind.

Akzeptanz

Bei der Akzeptanz treten ebenfalls konforme Ergebnisse in beiden Untersuchungen auf. Nach Einschätzung der Personen werden Randlinien und Ausweichstreifen bezüglich der Verkehrssicherheit relativ neutral bewertet, also weder besonders positiv noch negativ. Die zusätzlichen Angaben zur mittleren Leitlinie in der Untersuchung auf Messstrecken zeigen, dass diese als verkehrssicher (gut, praktisch, unproblematisch, sinnvoll, effektiv) eingeschätzt wird, was auf die klare Kennzeichnung der Fahrstreifen zurückführbar ist.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zu vorteilhaften bzw. nachteiligen Situationen in beiden Untersuchungen (Fahrsimulation (FM) und Messstrecken (RM)) bei Straßen mit Ausweichstreifen zeigt Tabelle 10.5.

Vorteilhaft werden seitliche Leitlinien in beiden Untersuchungen bei unbeeinflusster Fahrt gesehen, nachteilig in Begegnungsfällen. Im Fahrsimulator

	Vorteil		Nachteil	
	FS	RM	FS	RM
Unbeeinflusst. Fahrt	25	38	6	4
Gegenverkehr	14	13	48	38
Rad	20	-	-	-
Gute Sicht	4	25	-	-
Kuppen	-	4	-	25

Tab. 10.5: Vorteilige- und nachteilige Situationen bei Straßen mit Kernfahrbahnen

wird die Markierung beim Überholen von Radfahrern und in der Untersuchung auf Messstrecken bei guter Sicht positiv gesehen. Die unterschiedliche Einschätzung beruht vermutlich auf den verschiedenen Erfahrungen während der Untersuchungsfahrten, so wurden die Probanden im Fahrsimulator mit Radverkehr konfrontiert, während dieser in der Untersuchung auf Messstrecken nicht vorkam.

Die allgemeine Bewertung der seitlichen Leitlinien fällt in beiden Untersuchungen insgesamt sehr positiv aus, vor allem unter dem Aspekt, dass diese Markierung für Fahrer auf Landstraßen ungewohnt ist. Über 80 % der Fahrer kommen gut damit zu recht und mehr als die Hälfte (Untersuchung auf Messstrecken: 52 %, Fahrsimulation: 61 %) bewerten, diese insgesamt positiv. In Hinblick auf die Einführung der Markierung spricht sich jeweils ca. die Hälfte der Fahrer dafür aus, ein Drittel ist gegen eine Einführung und jeder Fünfte hat sich diesbezüglich noch nicht entschieden.

11 Zusammenfassung und Empfehlungen

11.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Mit der Neufassung des deutschen Regelwerkes für den Entwurf von Landstraßen (RAL, 2012) wird das Ziel verfolgt, für den Kraftfahrer deutlich unterscheidbare und wieder erkennbare Straßentypen zu schaffen. Damit soll der Kraftfahrer in der Lage sein, intuitiv die Bedeutung der Straße im Netz zu erkennen und in Abhängigkeit vom Entwurfsstandard sein Fahr- und Geschwindigkeitsverhalten entsprechend anzupassen.

Dies geschieht vor allem vor dem Hintergrund, dass sich die Europäische Kommission mit ihrem 3. Verkehrssicherheits-Aktionsprogramm 2003 verpflicht-

tet hat, die Zahl der Unfallopfer im Straßenverkehr bis zum Jahr 2010 zu halbieren. Im Jahr 2009 wurde erneut ein Konzept zur Erhöhung der Verkehrssicherheit verabschiedet. Besonderer Schwerpunkt im Bereich der Verkehrsplanung kommt dabei der Beeinflussung des Überholverhaltens zu, da hierin ein sehr großes Sicherheitspotenzial erwartet wird.

In den RAL sind für Landstraßen vier verschiedene Entwurfsklassen (EKL 1 bis 4) definiert. Das Erscheinungsbild der Straßen soll innerhalb einer Entwurfsklasse möglichst einheitlich sein. Straßen unterschiedlicher Entwurfsklassen sollen sich dagegen klar voneinander abgrenzen. Diese Abgrenzung erfolgt über verschiedene Merkmale, insbesondere durch eine unterschiedliche Ausbildung der für den Kraftfahrer kontinuierlich sichtbaren Fahrbahnmarkierung.

Bisher werden Straßen mit einer nahräumigen Verbindungsfunktion (Nahbereichsstraßen) nach den RAS-Q (FGSV, 1996) mit einem Regelquerschnitt RQ 7,5 geplant. Dieser besitzt eine Fahrbahnbreite von 5,50 m, die in der Regel mit zwei Fahrbahnbegrenzungslinien unmittelbar am Rand des Banketts und einer Leitlinie in Fahrbahnmitte markiert wird. Nach den RAL sollen Nahbereichsstraßen (EKL 4) künftig mit einem Regelquerschnitt RQ 9 und einer Fahrbahnbreite von 6,00 m ausgebildet werden, um Begegnungen mit dem Schwerverkehr zu erleichtern und die dabei bisher beobachteten Schäden am Bankett zu vermeiden. Befürchtet wird, dass die größere Fahrbahnbreite zu höheren Geschwindigkeiten führt. Dies wäre sicherheitstechnisch bedenklich, da Nahbereichsstraßen eine geländeangepasste Trassierung aufweisen. Deshalb soll die größere befestigte Breite durch seitlich vom Rand der befestigten Fläche abgerückte Leitlinien optisch eingeengt werden. Außerdem wird auf die Markierung einer Leitlinie in Fahrbahnmitte verzichtet. Die optische Einengung der Fahrbahn soll zu mittigerem Fahren veranlassen und im Begegnungsfall eine erhöhte Aufmerksamkeit bei den Verkehrsteilnehmern bewirken. Letztlich sollen damit auch Abkommensunfälle vermieden werden.

Die RAL verfolgen das Konzept, die seitlichen Markierungen mindestens 0,50 m vom Rand der befestigten Fläche abzusetzen. Damit bleibt zwischen den seitlichen Markierungen eine „Kernfahrbahn“ von maximal 5,00 m, die gemäß den RMS nicht mehr durch eine Leitlinie in Fahrbahnmitte gegliedert werden soll. Um dem Verkehr zu signalisieren,

dass dieser im Begegnungsfall die Kernfahrbahn verlassen kann, sind die seitlichen Markierungen als überfahrbare Leitlinien geplant. Diese Art der Markierung (0,50 m bis 1,50 m vom Rand der Fahrbahn abgesetzt) wird bereits in anderen europäischen Mitgliedstaaten verwendet, ist aber für Deutschland neu.

Ziel dieses Projektes ist es, durch Beobachtungen an Messstrecken, auf denen verschiedene Markierungsvarianten aufgetragen werden, zu überprüfen, ob die Verkehrsteilnehmer den Sinn dieser neuen Art der Markierung und Querschnittsaufteilung verstehen und mit welchem Fahrverhalten sie darauf reagieren. Dabei ist insbesondere zu prüfen, ob die Kraftfahrer aufgrund der neuen Markierung weiter vom Rand der befestigten Fläche abgerückt fahren und wie sie im Begegnungsfall den Querschnitt ausnutzen (z. B. durch Ausweichen auf die seitlichen Streifen). Weiterhin ist dabei zu ermitteln, ob die neue Markierung eine erhöhte Beanspruchung darstellt und ob die Kraftfahrer aufgrund der höheren Konzentration ihre Geschwindigkeit reduzieren.

Aus den Ergebnissen sollen Empfehlungen zur Art der Markierung des neuen Regelquerschnitts RQ 9 abgeleitet sowie Aussagen zur Anwendung im Bestandsnetz, das häufig Fahrbahnbreiten unter 6,00 m aufweist, hergeleitet werden.

11.2 Untersuchungsmethodik

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in Vorher-/Nachher-Untersuchungen im Fahrsimulator und auf Messstrecken in Nordrhein-Westfalen und Sachsen, auf denen mit Zustimmung der zuständigen Straßenverkehrsbehörden die neue Art der Markierung auf bestehenden Straßen aufgebracht wurde. Um die Ergebnisse aus beiden Untersuchungsmethoden vergleichen zu können, wurden zwei Messstrecken aus Sachsen in ihrer Linienführung erfasst und im Fahrsimulator nachgebildet.

Wesentliches Ziel der Untersuchungen im Fahrsimulator (erste Phase) war es, verschiedene Varianten der Ausbildung der vom befestigten Rand abgesetzten seitlichen Markierung zu testen, um geeignete Varianten für die Querschnittsaufteilung der Messstrecken zu ermitteln. Dies betraf sowohl den seitlichen Abstand als auch die Ausbildung (Verhältnis von Strich und Lücke) der seitlichen Leitlinien. Darüber hinaus sollten erste Eindrücke

gewonnen werden, wie Fahrer auf die neue Art der Markierung reagieren.

Dazu wurden die Breite der Fahrbahnen (5,00 m, 5,50 m, 6,00 m) und die Breite der seitlichen Streifen (0,75 m, 1,00 m) variiert und mit der jeweils ursprünglichen Markierung auf diesen Simulatorstrecken verglichen (Leitlinie und Fahrbahnbegrenzungslinien bzw. nur die Fahrbahnbegrenzungslinien bei einer Fahrbahnbreite von 5,00 m). Zusätzlich wurde bei der 5,50 m breiten Fahrbahn das Verhältnis von Strich und Lücke der seitlichen Leitlinien (1:1, 1:2) variiert.

An der Untersuchung im Fahrsimulator nahmen 59 Probanden teil. Erfasst wurde für alle Untersuchungsvarianten das Spur-, Blick- und Geschwindigkeitsverhalten sowohl für die Situationen des alleinigen Fahrens als auch für Begegnungen. Zusätzlich wurden in die Simulation kritische Verkehrssituationen, wie Begegnungsfälle mit Schwergelastverkehr und Überholvorgänge von Radfahrern, eingebaut.

Für die Untersuchung auf Messstrecken (zweite Phase) wurden zwei Nahbereichsstraßen in Sachsen und drei in Nordrhein-Westfalen mit der neuen Art der Markierung ausgestattet. Im Vorher-Zustand waren die Messstrecken mit einer Leitlinie und Fahrbahnbegrenzungslinien oder nur mit den Fahrbahnbegrenzungslinien markiert. Aufbauend auf den Ergebnissen der Untersuchungen im Fahrsimulator wurden auf vier Messstrecken mit Fahrbahnbreiten von 5,00 m, 5,50 m und 6,00 m die seitlichen Leitlinien im Abstand von 1,00 m zum Fahrbahnrand markiert. Die seitlichen Leitlinien weisen in allen Fällen bei Strichen von 1,00 m Länge ein Verhältnis von Strich und Lücke von 1:1 auf. Diese Variante hatte sich im Fahrsimulator als die wirkungsvollste Lösung herausgestellt. Bei der 5,50 m breiten Messstrecke in Sachsen entschied die Straßenverkehrsbehörde, dass die seitlichen Leitlinien im Abstand von 0,75 m zum Fahrbahnrand aufzubringen sind, da die „Kernfahrbahn“ aus Sicherheitsgründen eine Mindestbreite von 4,00 m haben sollte.

Auf den Messstrecken wurden die gleichen Untersuchungen wie im Fahrsimulator durchgeführt. Untersucht wurden das Spur-, Blick- und Geschwindigkeitsverhalten frei fahrender Verkehrsteilnehmer. Die Messungen erfolgten mittels 30 Verfolgungsfahrten in jeder Richtung auf jeder Messstrecke und 100 Querschnittsmessungen durch

stationäre Geschwindigkeitsmessgeräte an verschiedenen Messquerschnitten in der Geraden und in der Kurve. Zudem wurde analog zu der Untersuchung im Fahrsimulator auch das Blickverhalten im Rahmen von Probandenfahrten erfasst. Die Querschnittsmessungen sowie die Probandenfahrten beschränkten sich aufgrund der aufwändigen Untersuchungsmethodik auf die zwei Messstrecken in Sachsen.

Soweit es sich bei den Messstrecken um eine Neumarkierung nach vorheriger Demarkierung der alten Markierung handelte, wurden die Untersuchungsergebnisse in einem Vorher-/Nachher-Vergleich gegenübergestellt. Da bei zwei Messstrecken in Nordrhein-Westfalen aufgrund von baulichen Maßnahmen keine Messungen vor Umsetzung der neuen Markierung möglich waren, konnte die neue Markierung nur mittels einer Mit-/Ohne-Fallbetrachtung untersucht werden.

Sowohl im Rahmen der Untersuchungen im Fahrsimulator als auch in der Untersuchung auf Messstrecken wurde eine Befragung der Probanden durchgeführt.

Zusätzlich zu den Untersuchungen des Spur-, Blick- und Geschwindigkeitsverhalten auf den Messstrecken wurden Begegnungsfälle mit dem Radverkehr, welche im Rahmen der Verfolgungsfahrten erfasst wurden, ausgewertet und das Gefährdungspotenzial für den Radverkehr beurteilt.

Abschließend wurde für alle Messstrecken das Unfallgeschehen vor und nach der Umgestaltung betrachtet. Die Untersuchung des Unfallgeschehens erfolgt für alle Messstrecken über einen Zeitraum von drei Jahren vor und nach der Ummarkierung.

11.3 Untersuchungsergebnisse

Messungen zum Spurverhalten

Sowohl im Fahrsimulator als auch auf den Messstrecken konnte nachgewiesen werden, dass die Fahrzeugführer bei unbeeinflusster Fahrt einen größeren Abstand zum rechten Fahrbahnrand halten. Durch die neue Art der Markierung fuhren die Probanden im Fahrsimulator um bis zu 0,70 m weiter entfernt vom Fahrbahnrand. Auf den Messstrecken in Sachsen vergrößerte sich der Abstand zum rechten Fahrbahnrand um bis zu 0,45 m. Wie stark sich das Spurverhalten bei unbeeinflusster Fahrt ändert, hängt u. a. auch von der Fahrbahn-

breite ab. Bei einer relativ geringen Fahrbahnbreite von 5,00 m veränderte sich der Abstand zum rechten Rand der Fahrbahn nicht in dem Maße, wie es bei einer Fahrbahnbreite von 6,00 m der Fall ist.

In Kurven zeigt sich im Fahrsimulator bei unbeeinflusster Fahrt, dass der Abstand zum Fahrbahnrand in Linkskurven und in Rechtskurven größer wird. Das gleiche Fahrverhalten konnte auch auf den Messstrecken nachgewiesen werden.

Das Spurverhalten bei Gegenverkehr und beim Überholvorgang eines Fahrradfahrers wurde zunächst im Fahrsimulator empirisch erfasst. Bei Gegenverkehr verringerten die Probanden ihren Abstand bis zur Begegnung und fuhrten unmittelbar am Fahrbahnrand. Nach der Begegnung vergrößerten sie den Abstand wieder. Dabei wurde die befestigte Fläche der Fahrbahn in ihrer gesamten Breite problemlos genutzt. Beim Überholvorgang werden bei der neuen Art der Markierung größere Überholabstände eingehalten als bei den Varianten mit Leitlinie, sodass die Sicherheit für Radfahrer diesbezüglich steigt (der Abstand beträgt i. d. R. mehr als 1,50 m). Beim schmalen Querschnitt treten aufgrund der auch im Vorher-Zustand nicht vorhandenen Leitlinie keine Unterschiede zwischen den Markierungsvarianten auf. Das gleiche Fahrverhalten konnte auf Grundlage der Videoauswertung der Verfolgungsfahrten sowohl bei Gegenverkehr als auch bei vorausfahrendem Radverkehr auch auf den Messstrecken festgestellt werden.

Geschwindigkeitsmessungen

Im Fahrsimulator wurden von den Probanden auf allen Strecken hohe Geschwindigkeiten gefahren. Dies liegt vermutlich an der statischen Simulator-situation, die eine realistische Wahrnehmung der gefahrenen Geschwindigkeiten aufgrund fehlender Bewegung des Probanden erschwert. Zwischen den Varianten der Abstände der seitlichen Leitlinien und dem Fahrbahnrand zeigt sich vor allem bei gestreckter Linienführung, dass ein größerer Abstand aufgrund der stärkeren visuellen Fahrbahnverengung zu geringeren Geschwindigkeiten führt.

Im Fahrsimulator fuhrten die Probanden bei schmalen seitlichen Ausweichstreifen (0,75 m) schneller als bei den Varianten mit Leitlinie bzw. breiten Ausweichstreifen und einer Fahrbahnbreite von 6,00 m. Die visuelle Verengung scheint vor allem auf Geraden eher konträr zu wirken. Bei einer Fahrbahnbreite von 6,00 m, schmalen Ausweichstreifen

(0,75 m) und einer sehr geringen Verkehrsbelastung wird dem Kraftfahrer eine 4,50 m breite Kernfahrbahnfläche suggeriert, die nur ihm für seinen Fahrvorgang zur Verfügung steht. Im Gegensatz zu einer Querschnittsaufteilung mit einer Leitlinie und zwei abgetrennten Fahrtrichtungen verleitet diese Art der Querschnittsgestaltung zu höheren Geschwindigkeiten. Bei einer Fahrbahnbreite von 5,50 m fahren die Probanden dagegen im Vorher-Zustand bei herkömmlicher Markierung bis zu 8 km/h schneller als nachher. Durch die gestreckte Linienführung sowie durch die Leitlinie fühlen sich die Personen sicherer, da eine klare visuelle Abgrenzung zum Gegenverkehr besteht. Daraus resultieren höhere Geschwindigkeiten. Beim schmalen Querschnitt von 5,00 m werden annähernd gleiche Geschwindigkeiten gefahren, sodass die Wirkung der visuellen Fahrbahnverengung nachlässt. Allerdings werden bei der Fahrbahnbreite von 5,00 m im Vorher-/Nachher-Zustand ausschließlich Querschnitte ohne Leitlinie miteinander verglichen, die im Erscheinungsbild ähnlich sind.

Auf den Messstrecken wurden sowohl Verfolgungsfahrten als auch Querschnittsmessungen durchgeführt. Im Rahmen der Verfolgungsfahrten konnte ein ähnlich hohes Geschwindigkeitsniveau wie im Fahrsimulator auf allen fünf Messstrecken und bei allen Varianten festgestellt werden. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass die Messstrecken überwiegend von ortskundigen Verkehrsteilnehmern befahren werden, die die Streckengeometrie kennen und somit analog zum Fahrsimulator sehr hohe Geschwindigkeiten wählen.

Die Verfolgungsfahrten wurden jeweils in beide Fahrtrichtungen durchgeführt. Für beide Richtungen sind die Ergebnisse je Fahrtrichtung unterschiedlich. So wurden sowohl bei der 5,00 m (Kernfahrbahn: 3,00 m) als auch bei der 6,00 m breiten Fahrbahn (Kernfahrbahn: 4,00 m) infolge der neuen Markierung eine leichte Zunahme der V_{85} in der einen Richtung und eine leichte Abnahme der V_{85} in der anderen Richtung ermittelt. Auf der 5,50 m breiten Messstrecke (Kernfahrbahn: 4,00 m) nahm die V_{85} in beiden Richtungen zu, in der einen um 0,3 km/h und in der anderen um 4,7 km/h.

Die Ergebnisse der Querschnittsmessungen weisen in den absoluten Werten eine große Diskrepanz zu den Ergebnissen der Verfolgungsfahrten auf. Diese großen Differenzen sind auf systematische Beeinträchtigungen während der Messdurchführung mittels des bei den Querschnittsmes-

sungen eingesetzten Laserscannern zurückzuführen. Mithilfe eines unauffälligen Radarsystems wurde eine weitere Querschnittsmessung im Nachher-Zeitraum durchgeführt. Diese Messungen zeigten ein ähnlich hohes Geschwindigkeitsniveau wie das der Verfolgungsfahrten. Bei den Querschnittsmessungen trat somit ein absoluter, jedoch kein relativer Fehler auf, da die Auffälligkeit des Laserscanners sowohl bei der Vorher- als auch bei der Nachher-Messung gegeben war. Die Ergebnisse der Laserscanner-Messung auf den zwei Messstrecken in Sachsen lassen sich wie folgt zusammenfassen: Im Gegensatz zu den Ergebnissen aus den Verfolgungsfahrten konnte durch die Querschnittsmessungen gezeigt werden, dass die V_{85} auf den zwei Messstrecken in Sachsen abnimmt. In Geraden wurde eine signifikante Abnahme der V_{85} zwischen 4 bis 7 km/h festgestellt. In Kurven betrug der Rückgang der V_{85} immer noch 1 bis 5 km/h.

Blickverhalten

Über die Blickmaße (Zeitanteil der Fixationen, Fixationsdauer) wurde im Fahrsimulator die Beanspruchung gemessen. Der Zeitanteil der Fixationen (80-83 %) und die Fixationsdauern (0,31-0,40 s) zeigen keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Markierungsvarianten. Die hohen Werte im Zeitanteil deuten generell auf eine hohe Konzentration auf die Fahraufgabe hin. Die Fixationsdauern sind mit denen von unfallunauffälligen Kurven vergleichbar (vgl. SHINAR et al., 1977), sodass eine zusätzliche Beanspruchung durch die neue Art der Markierung auch in Begegnungsfällen ausgeschlossen wird.

Eine vergleichende Analyse dieser Blickmaße auf den Messstrecken konnte nicht durchgeführt werden. Die erhobenen Daten wiesen hohe Streuungen zwischen den Probanden und Messzeitpunkten auf, sodass keine aussagekräftige Schlussfolgerung zum Einfluss der Markierung möglich ist. Die Auswertung zur visuellen Orientierung zeigt jedoch eine mit der neuen Markierung verbundene Änderung der Orientierung bei den Verkehrsteilnehmern. In den Geraden verlagerte sich der Blick von der Fahrbahnmitte zum rechten Fahrbahnrand. Gleiche Ergebnisse zeigten sich in den Rechtskurven, in denen 90 % der Fahrer in der Nachher-Messung die Kurveninnenseite (rechter Fahrbahnrand) zur visuellen Orientierung nutzten. In Linkskurven konzentrierte sich der Blick in den Vorher-Messungen überwiegend auf den linken Fahrbahnrand und

zusätzlich auf die Fahrbahnmitte. In den Nachher-Messungen wurde diese einseitige Fokussierung nicht festgestellt. Die Fahrer nutzten bei kleinen Radien die gesamte Fahrbahn zur visuellen Orientierung, bei großen Radien fand dagegen überwiegend (ca. 90 %) eine Orientierung am rechten Fahrbahnrand statt.

Befragungen

Die in beiden Untersuchungsphasen durchgeführten Befragungen ergaben, dass die Probanden die neue Art der Markierung überwiegend positiv bewerten. Die Mehrheit der Probanden kommt eher sehr gut (58 %) bis gut (29 %) mit dieser Markierung zurecht. Eine deutliche Minderheit von 13 % kommt eher schlecht damit zurecht. Insgesamt bewerten 61 % der Probanden die neue Art der Markierung positiv (eher positiv: 51 %, positiv: 10 %), nur ein Drittel steht ihr negativ gegenüber (eher negativ: 25 %, negativ: 5 %), 9 % sind diesbezüglich noch unentschieden. Aufgrund der schmalen befestigten Breite der Straßen werden Begegnungsfälle von den Probanden weiterhin als kritisch bewertet. Personen, die Ausweichstreifen positiv bewerten, befürworten auch überwiegend deren Einführung und umgekehrt. Trotzdem sprechen sich insgesamt 46 % der Probanden für eine Einführung der neuen Markierung aus, 34 % lehnen sie ab und 20 % können sich diesbezüglich nicht entscheiden.

Unfallgeschehen

Die absolute Anzahl der Unfälle war auf den Messstrecken sehr gering. Zudem war der überwiegende Anteil der Unfälle durch Wild verursacht oder erfolgte an Knotenpunkten. Von einer Berechnung der Unfallkenngrößen wurde aufgrund der geringen Unfallanzahl abgesehen. Für die Ermittlung eines Einflusses der Markierungsvarianten auf die Verkehrssicherheit wurden Fahrunfälle (F) und Unfälle im Längsverkehr (LV) als maßgebend angesehen.

Das Unfallgeschehen (Unfallanzahl und Unfallschwere) ist im Vergleich zwischen Vorher- und Nachher-Zeitraum nahezu gleichgeblieben. Wegen der sehr geringen Anzahl von Unfällen auf den untersuchten Messstrecken kann der Markierungsmaßnahme auf Grundlage dieser Untersuchung kein Einfluss auf die Verkehrssicherheit zugeschrieben werden.

11.4 Folgerungen

Die in den RAL festgelegte neuartige Form der Markierung von schmalen Nahbereichsstraßen mit dem Verzicht auf eine Leitlinie in Fahrbahnmitte und stattdessen der Markierung von zwei seitlichen Leitlinien, die vom Fahrbahnrand deutlich abgesetzt sind, kann empfohlen werden, weil Krafffahrer

- beim Fahren ohne Gegenverkehr weiter als bisher vom Fahrbahnrand abrücken, wodurch tendenziell die Gefahr von Abkommenunfällen verringert wird,
- sich während der Fahrt an der markierten Leitlinie auf der rechten Seite der Fahrbahn orientieren, wodurch ebenfalls die Gefahr von Abkommenunfällen verringert wird,
- beim Erkennen von Gegenverkehr mit erhöhter Aufmerksamkeit rechtzeitig ihre Position im Querschnitt anpassen und dem Entgegenkommen durch Nutzung der gesamten Fahrbahnfläche ausweichen,
- die Intention einer derartigen Querschnittsgliederung durch Markierung verstehen und ihr Fahrverhalten entsprechend anpassen.

Diese Verhaltensweisen wurden nicht nur auf Fahrbahnen mit einer Breite von 6,00 m, wie sie bei der Anwendung der RAL für den Neu- sowie grundhaften Um- und Ausbau vorgesehen ist, festgestellt, sondern auch auf Fahrbahnen mit Breiten von 5,00 m und 5,50 m. Insofern ist es sinnvoll, das neue Markierungsprinzip der RAL auf einen großen Teil des Bestandsnetzes zu übertragen.

Zwischenzeitlich wurde nach der Abstimmung der RAL mit den Verkehrsbehörden die Ausbildung von Nahbereichsstraßen auf eine Querschnittsaufteilung mit einer Kernfahrbahn von 5,00 m und seitlichen Leitlinien im Abstand von 0,50 m zum Fahrbahnrand geändert. Diese wird die in der Forschung erkannten Effekte zwar verringern, die Tendenz wird sich jedoch voraussichtlich nicht verändern.

12 Literatur

- AGENT, K. R. (1980): Transverse pavement markings for speed control and accident reduction. *Transportation Research Record*, 541
- AL-KASSAR, B., HOFFMANN, G. & ZMECK, D. (1981): Der Einfluss der Streckenmerkmale auf die Momentangeschwindigkeit freifahrender Pkw. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 323, Bonn-Bad Godesberg
- BALL, K. & OWSLEY, C. (1993): The useful field of view test: A new technique for evaluating age-related declines in visual function. *Journal of the American Optometric Association*, 64
- Baudepartement des Kantons Aargau (2004): Kantonale Radrouten – Versuch Kernfahrbahn. Birmenstorf/AG. Abteilung Verkehr
- BAUMANN, N. (1984): Zusammenhang zwischen Verkehrsunfällen und Verkehrsbedingungen auf zweispurigen Landstraßen. *Verkehrswege für die Mobile Gesellschaft – Deutscher Straßenkongress 1984*, Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Köln
- BEENKER, N., MOOK, H. van, DIJKSTRA, A. & RUIJTER, M. de (2004): Waterschap gaat door met 60 km-gebieden. *Verkeerskunde*, 55 (2)
- BERGER, H. (1996): Informationsaufnahme im Straßenverkehr – Grundlagen und Konsequenzen für die Praxis. Promotion an der Universität für Bodenkultur. Wien, Institut für Verkehrswesen
- BERNOT, R. (1970): Anthropotechnik in der Fahrzeugführung. *Ergonomics*, 13
- BÖHME, L. (2010): Analyse des Geschwindigkeitsverhaltens auf schmalen Landstraßen mit unterschiedlicher Querschnittsgestaltung, Studienarbeit TU Dresden. Dresden, 2010
- BORTZ, J. & DÖRING, N. (1995): *Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer
- BRILON, W. & DÖHLER, M. (1978): Spurverhalten auf zweispurigen Landstraßen mit Gegenverkehr. *Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Straßenverkehrstechnik*, Heft 3, Köln, 1978

- BUCK, M. (1991): Geschwindigkeitsverhalten auf einbahnigen Außerortsstraßen in Abhängigkeit von baulichen, betrieblichen und verkehrlichen Randbedingungen. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 621, Bonn-Bad Godesberg
- CHATZIASTROS, A., WALLIS, G. M. & BÜHLTHOFF, H. H. (1999): The effect of view and surface texture on driver steering performance. In: A. G. GALE et al. (Hrsg.), *Vision in Vehicles VII* Amsterdam: Elsevier
- COHEN, A. S. (1987): Blickverhalten und Informationsaufnahme von Kraftfahrern. Bericht zum Forschungsprojekt FE 8306/3BAST/ETH Zürich
- COHEN, A. (1996): Psychisch bedingte Straßenbreite. Bericht, TÜV Rheinland
- COHEN, A. (1997): Menschengerechte Straßenbreite. In: B. SCHLAG (Hrsg.), *Fortschritte in der Verkehrspsychologie*, Deutscher Psychologen. Verlag, Bonn
- C. R. O. W. (2002): *Handboek wegontwerp; Erftoegangswegen*. Publicatie 164d. CROW Kenniscentrum voor verkeer en vervoer, Ede.
- DETTKI, F. (2005): Methoden zur objektiven Bewertung des Geradeauslaufs von Personenkraftwagen. Dissertation. Universität Stuttgart
- de WAARD, D., JESSURUN, M., STEYVERS, F. J. J. M., RAGGATT, P. T. F. & BROOKHUIS, K. A. (1995): The effect of road layout and road environment on driving performance, drivers' physiology and road appreciation. *Ergonomics*, 38 (7)
- de WAARD, D., STEYVERS, J. J. M., BROOKHUIS, K. A. (2004): How much visual road information is needed to drive safely and comfortably? *Safety Science*, 42 (7)
- DILLING, J. (1973): Fahrverhalten von Kraftfahrzeugen auf kurvigen Strecken. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 151, Bonn-Bad Godesberg
- DURTH, W. (1974): Ein Beitrag zur Erweiterung des Modells für Fahrer, Fahrzeug und Straße in der Straßenplanung. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 163, Bonn-Bad Godesberg
- DURTH, W. & BALD, S. (1987): Untersuchungen zum Fahrverhalten auf Landstraßen. Fachgebiet Straßenentwurf und Straßenbetrieb der TH Darmstadt
- DURTH, W., BIEDERMANN, B. & VIETH, B. (1983): Einflüsse der Erhöhung der Geschwindigkeiten und Beschleunigungen von Fahrzeugen auf die Entwurfsgeschwindigkeit. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 385, Bonn-Bad Godesberg
- DUURZAAM, V. (2008): Inrichtingsplan 60 KM/UUR Zone. Online: <http://www.dalisen.nl/web/show/id=91883>
- ELLINGHAUS, D. & STEINBRECHER, J. (2003): Fahren auf Landstraßen. Traum oder Alptraum? Untersuchung zum Fahrverhalten und Fahrvergnügen von Pkw-Fahrern auf Landstraßen. Uniroyal-Verkehrsuntersuchung (28). Köln/Hannover
- ELLIOT, M. A., McCOLL, V. A. & KENNEDY, J. V. (2003): Road design measures to reduce drivers' speed via "psychological" processes: a literature review. Report number TRL564. Crowthorne, Berkshire, UK: Transport Research Laboratory
- Der Elsner, 2008: *Handbuch für Straßen und Verkehrswesen*. Otto Elsner Verlagsgesellschaft. Berlin 2008
- Der Elsner, 2010: *Handbuch für Straßen und Verkehrswesen*. Otto Elsner Verlagsgesellschaft. Berlin 2010
- ELVIK, R., HOYE, A., VAA, T. & SORENSEN, M. (2009): *The Handbook of Road Safety Measures*. Oxford: Elsevier
- European Transport Safety Council (ETSC)/Europäischer Rat für Verkehrssicherheit (2007): EU road safety plan behind schedule. Online: <http://www.etsc.be/documents/Press%20release%20PIN%20Flash%206%20-1.pdf>. http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/index_en.htm
- FILDES, B. N., FLETCHER, M. R. & CORRIGAN, J. MCM. (1987): *Speed Perception 1: Drivers' Judgement of Safety and Speed on Urban and Rural Straight Roads (Report CR 54)*. Canberra, Australia: Federal Office of Road Safety
- FINDLAY, J. M. (1981): Spatial and temporal factors in predictive generation of saccadic eye movements. *Vision Research*, 21

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1980): Richtlinie für Markierung von Straßen, Teil: Anwendung von Fahrbahnmarkierung (RMS-2). FGSV Verlag, Köln
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1988): Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil: Funktionale Gliederung des Straßennetzes (RAS-N). FGSV Verlag, Köln
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (1993): Richtlinie für Markierung von Straßen, Teil: Abmessung und geometrische Anordnung von Markierungszeichen (RMS-1). FGSV Verlag, Köln
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2003): Empfehlungen zur Sicherheitsanalyse von Straßennetzen“ (ESN). FGSV Verlag, Köln 2003
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen – FGSV (2006): Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen. FGSV Verlag, Köln 2006
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2007): Richtlinie für die Anlage von Landstraßen (RAL), unveröffentlichter Entwurf. FGSV.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2008): Beschreibung AK 2.2.2 „Verbesserung bestehender Straßen“, <http://www.fgsv.de/379.html>
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2009): Richtlinie für die integrierte Netzgestaltung (RIN). FGSV Verlag, Köln
- FRIEDINGER, Ch. (1982): Informationsaufnahme und Fahrverhalten. Straße und Verkehr, Heft 10/1982
- FROSSARD, J.-L. (2006): Kernfahrbahnen auf Ausserortsstrecken Zürich, Bern: Bundesamt für Straßen
- FULLER, R. (2005): Towards a general theory of driver behaviour. Accident Analysis and Prevention, 37 (3)
- GIBSON, J. J. (1950): The Perception of the Visual World. Boston: Houghton Mifflin
- GIBSON, J. J. (1982): Wahrnehmung und Umwelt. Der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung. München: Urban & Schwarzenberg
- GIBSON, J. J. (1986): The ecological approach to visual perception. Oxford: Blackwell
- GODLEY, S. T. (1999): A driving simulator investigation of perceptual countermeasures to speeding. PhD Thesis: Monash University. Online: <http://www.psych.usyd.edu.au/staff/stuartg/GodleyThesis.pdf>
- GODLEY, S. T., TRIGGS, T. J. & FILDES, B. N. (2004): Perceptual lane width, wide perceptual road centre markings and driving speeds. Ergonomics, 4
- GODTHELP, J., MILGRAM, P. & BLAAUW, G. J., (1984): The development of a time-related measure to describe driving strategy. Hum. Factors, 26
- GOLDSTEIN, E. B. (2001): Wahrnehmungspsychologie. Heidelberg: Spektrum
- GSTALTER, H. & FASTENMEIER, W. (1997): Wie gehen Autofahrer mit zusätzlicher Belastung durch MMI um? Motiv-Teilprojekt MMI AP/5. Unveröffentlichtes Diskussionspapier
- HARTKOPF, G., WEBER, R. (2005): Die neuen Richtlinien für Landstraßen – Ein Schritt zu selbsterklärenden Straßen? Heft Straßenverkehrstechnik Nr. 1/2005, Kirschbaumverlag Bonn
- HARTKOPF (2009): Die neuen Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL) im Kontext zu den RIN. FGSV – Kolloquium Richtlinien für integrierte Netzgestaltung (RIN), Wuppertal
- HEGEWALD, A. & WEBER, R. (2008): Unfälle auf schmalen Landstraßenquerschnitten. Straßenverkehrstechnik, 52 (11)
- HERRSTEDT, L. (2007): Trafitec, Narrow cross sections without centre line markings – “2 minus 1” rural road. Road user behaviour study. Online: <http://www.trafitec.dk/publika.htm>
- HIERSCHKE, E. U. (1968): Die Bedeutung und Ermittlung der Sichtweiten von Straßen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 67
- HILLS, B. L. (1980): Vision, visibility, and perception in driving. Perception, 9 (2)
- HOFFMAN, J. E. (1999): Stages of processing in visual search and attention. In: B. H. CHALLIS & B. M. VELICHKOVSKY (Eds.), Stratification in cognition and consciousness. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company

- HOLTE, H. & RUDINGER, G. (1994): Kenngrößen subjektiver Sicherheitsbewertung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Mensch und Sicherheit, Heft M 33. Bremerhaven, Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW
- JANSSEN, T. (2000): Sustainable safety in the Netherlands: from launching a vision to implementation in practice. Proceedings of the Royal Society for the Prevention of Accidents 65th Road Safety Congress
- JOHANSSON, C., LYCKMAN, M. & ROSANDER, P. (2008): Improved Mobility, Security and Safety on Roads through Small Towns and Villages. Transport Research Arena Europe 2008, Ljubljana
- JOHNSTON, I. (1983): The effects of roadway delineation on curve negotiation by both sober and drinking drivers. (Research Report ARRB 128). Vermont South, Australian. Australian Road Research Board.
- KÄMPFE, B., WELLER, G. & SCHLAG, B. (2004): Einfluss verschiedener Verkehrsweegegestaltungen auf die Verübung von Fahrfehlern. In: B. SCHLAG (Hrsg.), Verkehrspsychologie. Mobilität – Sicherheit – Fahrerassistenz (S. 29-46). Lengerich: Pabst Science Publishers
- KAHNEMAN, D. (1973): Attention and Effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall
- KATZ, B. J. (2004): Traffic Control Devices Pooled Fund Study, TPF-5(065). Pavement Markings for Speed Reduction. Final Report. Science Applications International Corporation Turner-Fairbank Highway Research Center. Online: http://www.pooledfund.org/documents/TPF-5_065/speed_reduction.pdf
- KÖPPEL, G. & BOCK, H. (1979): Fahrgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Kurvigkeit. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 269, Bonn-Bad Godesberg
- KREBS, H. G. (1973): Einfluss des Kurvenschneidens auf Bogengeschwindigkeit und Trassierungsgrundsätze. Straße und Autobahn, 8
- LAMM, R. (1973): Fahrdynamik und Streckencharakteristik Ein Beitrag zum Entwurf von Straßen unter besonderer Berücksichtigung der Geschwindigkeit. Veröffentlichungen des Instituts für Straßenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe, Heft 11
- LAND, M. F. (1994): The visual control of steering. In: HARRIS, L. R. & JENKING, H. (Eds), Visual and Action. Cambridge University Press
- LAND, M. F. & HOORWOOD, J. (1995): Which parts of the road guide steering? Nature, 277
- LAND, M. F. & LEE, D. N. (1994): Where we look when we steer. Nature, 369
- LENZ, K.-H. & BURGER, W. (1975): Spurverhalten von Kraftfahrern auf einer zweispurigen Landstraße. In: (Hrsg): Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen, Straße und Autobahn, Heft 11
- LEONG, H. J. W. (1968): The distribution and trend of free speeds on two-lane two-way rural highways in New South Wales. Proceedings of the Fourth Australian Road Research Board Conference, 4 (1)
- LEUTHNER, R. (1974): Fahrraum und Fahrverhalten. Veröffentlichung des Institutes für Straßenbau und Eisenbahnbau der TH Karlsruhe, Heft 12
- LEUTZBACH, W., MAIER, W. & DÖHLER, M. (1981): Untersuchung des Spurverhaltens von Kraftfahrzeugen auf Landstraßen durch Verfolgungsfahrten. Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen. Straße und Autobahn, Heft 8
- LEUTZBACH, W. & PAPAVALIIOU, V. (1988): Wahrnehmungsbedingungen und sicheres Verhalten im Straßenverkehr: Wahrnehmung in konkreten Verkehrsbedingungen. Bericht zum Forschungsprojekt 8306. BAST, Bergisch Gladbach
- LEWIS-EVANS, B. & CHARLTON, S. G. (2006): Explicit and implicit processes in behavioural adaptation to road width. Accident Analysis and Prevention, 38 (3)
- LIPPOLD, C. (1997): Weiterentwicklung ausgewählter Entwurfsgrundlagen von Landstraßen. Dissertation, TH Darmstadt
- LIPPOLD, C., KRÜGER, H.-P., SCHULZ, R., SCHEUCHENPFLUG, R. (2007): Einfluss der Straßenbepflanzung und der Straßenraumgestaltung auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer und auf die Sicherheit im Straßenverkehr an Außerortsstraßen (Hauptstudie). BAST-Projekt FE 82.296/2005, Bergisch Gladbach

- LOBANOV, E. M. (1980): Highway Design Taking into Consideration Drivers Psycho-Physiology. Transport, Russia, 311
- LUM, H. S. (1984): The use of road markings to narrow lanes for controlling speed in residential areas. Institute of Transportation Engineers Journal, 54 (6)
- MACKWORTH, N. H. (1965): Visual noise causes tunnel vision. Psychonomic Science, 3
- MANNS, K. (1985): Querbeseleunigung und Querruck in der Übergangsbogenbemessung. Dissertation an der TH Darmstadt
- MAPINFO: Geoinformationssystem-Software (GIS) zur Erfassung, Bearbeitung und Visualisierung von geographischen Daten
- MARONEY, S. M. & DEWAR, R. (1987): Alertness to enforcement in modifying the speed behavior of drivers. Transportation Research Record, 1111
- MARTENS, M., COMTE, S. & KAPTEIN, N. (1997): The effects of road design on speed behaviour: A literature review. Working Paper R 2.3.1, Managing Speed on European Roads (MASTER) project. Finland: VTT
- McKNIGHT, A. S., McKNIGHT, A. J. & TIPPETTS, A. S. (1998): The effect of lane width and contrast upon lane keeping. Accident Analysis and Prevention, 30 (5)
- MERKEL, S., STREIT, B. & RICHTER, P. (2004): Eine Belastungs-Beanspruchungsanalyse. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 58, 188-194
- MICHON, J. A. (1985): A critical view of driver behavior models: What do we know, what should we do? In: L. EVANS & R. C. SCHWING (Eds.), Human Behavior and Traffic Safety. New York: Plenum Press
- MILLER, T. R. (1992): Benefit-cost analysis of lane marking. Transportation Research Record
- MIURA, T. (1986): Coping with situational demands: A study of eye movements and peripheral vision performance. In: A. G. GALE et al. (Hrsg.) Vision in Vehicles I Amsterdam: Elsevier
- MOSES, P. (1986): Edge lines and single vehicle accidents. Western Road, April 9-8
- MOURANT, R. R. & ROCKWELL, T. H. (1970): Mapping eye-movement patterns to the visual scene in driving: An exploratory study. Human Factors, 12 (1)
- MOURANT, R. R. & ROCKWELL, T. H. (1972): Strategies of Visual Search by Novice and Experienced Drivers. Human Factors, 14
- NEUMANN, O. (1992): Theorien der Aufmerksamkeit: von Metaphern zu Mechanismen. Psychologische Rundschau, 43
- NORMAN, D. A. (1998): The Design of everyday things. London: The MIT Press. NWSIB-online (2013): Online-Auskunft der Straßeninformationsbank Nordrhein-Westfalen (NWSIB). Straßen.NRW, Köln
- NWSIB-online (2013): Online-Auskunft der Straßeninformationsbank Nordrhein-Westfalen (NWSIB). Straßen.NRW, Köln
- OGDEN, K. W. (1996): Safer Roads. Aldershot, UK: Ashgate
- OLSON, P. L., BATTLE, D. S., AOKI, T. (1989): Driver eye fixations under different operating Conditions. Technical Report UMTRI-89-3. Ann Arbor: University of Michigan Transportation Research Institute
- OECD (1990): Road Transport Research: Behavioural Adaptations to Changes in the Road Transport System. Paris: Organisation for Economic Cooperation and Development
- OTTE, D. (2000): Charakteristika von Landstraßenunfällen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe Mensch und Sicherheit, Heft M 122, Bergisch Gladbach
- PETERMANN, I. (2006): Visuelle Wahrnehmung und subjektive Einschätzung von Kurven und von deren Annäherungsbereichen. Der Beitrag psychologischer Einflussgrößen zur Erklärung des Unfallgeschehens auf Außerortsstraßen. Unveröffentlichte Diplomarbeit, TU Dresden
- PETERMANN, I., WELLER, G. & SCHLAG, B. (2007): Beitrag des visuellen Eindrucks zur Erklärung des Unfallgeschehens in Landstraßen. Straßenverkehrstechnik, 51 (8)
- RACKOFF, N. J. & ROCKWELL, T. H. (1975): Driver search and scan patterns in night driving. Transportation Research Board Special Report, 156

- RANNEY, T. A. & GAWRON, V. J. (1986): The effects of pavement edgelines on performance in a driving simulator under sober and alcohol-dosed conditions. *Human Factors*, 28 (5)
- RASMUSSEN, J. (1983): Skills, rules, and knowledge; Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13, 257-266
- REASON, J. (1990): *Human error*. Cambridge University Press: Cambridge
- RICHTER, P. & HACKER, W. (1998): Belastung und Beanspruchung. Stress und Monotonie in der Arbeitstätigkeit. Heidelberg: Asanger
- RICHTER, P., WEISE, G., HEGER, R. & WAGNER, T. (1996): Fahrverhalten und psychophysiologische Aktivierung von Kraftfahrern als Bewertungsgrundlage der Gestaltungsgüte von Straßenverkehrsanlagen. Schlussbericht zum Forschungsprojekt 671/2-1 im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Technische Universität Dresden
- ROOS, R., ZIMMERMANN, M., LOEBEN, W.-H. V., LIPPOLD, C., DIETZE, M. (2007): Kontrolle und Bewertung der räumlichen Linienführung von Außerortsstraßen auf der Grundlage quantitativer Parameter. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 960, Bonn-Bad Godesberg
- RIEMERSMA, J. B. J. (1979): The perception of deviations from a straight course. Report IZF-1979-C6, TNO Human Factors, Soesterberg, The Netherlands
- RUMAR, K. (1985): The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior. In: L. EVANS & R. C. SCHWING (Eds.), *Human behaviour and traffic safety* (S. 151:170). New York: Plenum Press
- SALVATORE, S. (1968): The estimation of vehicular velocity as a function of visual simulation. *Human Factors*, 10 (1)
- SCHADE, J. (1999): Individuelle Akzeptanz von Straßennutzungsentgelten. In: SCHLAG, B. (Hrsg.), *Empirische Verkehrspsychologie* (S. 227-244). Lengerich: Pabst Science Publishers
- SCHARFENORTH, P. (2011): Einfluss der Querschnittsgestaltung auf das Blick- und Fahrverhalten von Kraftfahrern, Diplomarbeit TU Dresden. Dresden, 2011
- SCHLAG, B. & HEGER, R. (2004): Ansätze einer psychologisch fundierten Straßengestaltung. In: B. SCHLAG (Hrsg.), *Verkehrspsychologie. Mobilität – Sicherheit – Fahrerassistenz*. Lengerich: Pabst Science Publishers
- SCHLICHTER, H. G. (1976): Streckencharakteristik: Eine analytische Betrachtung, Straße und Autobahn Heft 2/1976
- SCHÜLLER, H. (2010): Modelle zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens auf Stadtstraßen und dessen Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit auf Grundlage der Straßengestaltung, Dissertation, TU Dresden
- SHINAR, D., McDOWELL, E. D. & ROCKWELL, T. H. (1977): Eye movements in curve negotiation. *Human Factors*, 19 (1)
- SPACEK, P. (1998): Fahrverhalten in Kurvenbereichen. Forschungsarbeit Nr. 16/84 des Eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartments, ETH Zürich
- STADLER, C. (2008): Einfluss der Seitenraumbepflanzung auf die Geschwindigkeit frei fahrender Fahrzeuge auf Außerortsstraßen, Studienarbeit TU Dresden. Dresden, 2008
- Statistisches Bundesamt (SBA) (2011): Fachserie 8 Reihe 7, Verkehrsunfälle 2011, Wiesbaden
- STEIERWALD, G. & BUCK, M. (1992): Geschwindigkeitsverhalten auf einbahnigen Außerortsstraßen in Abhängigkeit von baulichen, betrieblichen und verkehrlichen Randbedingungen. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 621, Bonn-Bad Godesberg
- STEYER, R. (2004): Beitrag zur Erhöhung der Fahrsicherheit in Kurvenbereichen zweistreifiger Außerortsstraßen, Dissertation, Schriftenreihe des Lehrstuhls Gestaltung von Verkehrsanlagen Heft 6
- STEYVERS, F. J. J. M. (1993): The measurement of road environment appreciation with a multi-scale construct list. In: A. G. GALE, I. D. BROWN, C. M. HASLEGRAVE, H. W. KRUYSSSE & S. P. TAYLOR (Eds.), *Vision in*

- Vehicles-IV (pp. 203-212). Amsterdam: North-Holland
- STEYVERS, F. J. J. M. (1998): Categorisation and appraisal of rural two-lane undivided 80-km/h roads Durban. Paper presented at the Vision in Vehicles VI.
- STEYVERS, F. J. J. M., DEKKER, K., BROOKHUIS, K. A. & JACKSON, A. E. (1994): The experience of road environments under two lighting and traffic conditions: application of a Road Environment Construct List. *Applied Cognitive Psychology*, 8 (5)
- STEYVERS, F. J. J. M. & de WAARD, D. (2000): Road-edge delineation in rural areas: effects on driving behaviour. *Ergonomics* 43
- SUMMALA, H., NIEMINEN, T. & PUNTO, M. (1996): Maintaining lane position with peripheral vision during in-vehicle tasks. *Human Factors*, 38 (3)
- SUN, X. & TEKELL, D. (2005): Impact of edge lines on safety of rural two-lane highways. Louisiana Department of Transportation and Development, Louisiana. Transportation Research Center, Baton Rouge, Louisiana, USA
- TAYLOR, J. I., MCGEE, H. W., SEQUIN, E. L. & HOSTETTER, R. S. (1972): Roadway delineation systems. National cooperative highway research program report 130, Highway Research Board. Washington, D.C.
- TENKINK, E. (1988): Determinanten van rijnsnelheid (Determinants of driving speed). Report IZF-1988-C3, TNO Human Factors, Soesterberg, The Netherlands
- THEEUWES, J. (2000): Commentary on Räsänen and Summala. Car Drivers' Adjustments to Cyclists at Roundabouts. *Transportation Human Factors*, 2 (1)
- THEEUWES, J. & GODTHELP, H. (1995): Self-explaining roads. *Safety Science*, 19
- TRAPP, K.-H. (1971): Untersuchungen über den Verkehrsablauf auf Landstraßen. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 113
- TRAPP, K.-H. & OELLERS, F.-W. (1974): Streckencharakteristik und Fahrverhalten auf zweispurigen Landstraßen. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik*, Heft 176
- TSYGANOV, A. R., MACHEMEHL, R. B. & WARRENCHUK, N. M. (2005): Safety Impact of Edge Lines on Rural Two-Lane Highways. FHWA/TX-05/0-5090-1, Center for Transportation Research, The University of Texas at Austin
- UNDERWOOD, G. (1998): Eye guidance in reading and scene perception. Elsevier, Oxford pp. 29-54
- UNDERWOOD, G., CHAPMANN, P., CRUNDALL, D., COOPER, S. & WALLEN, R. (1999): The visual control of steering and driving: Where do we look when negotiating curves? In: A. G. GALE et al. (Hrsg.), *Vision in Vehicles*, VII (S. 245-252), Amsterdam: Elsevier
- UNDERWOOD, G., CRUNDALL, D. & CHAPMAN, P. (2002): Selective searching while driving: the role of experience in hazard detection and general surveillance. *Ergonomics*, 45
- van der HORST, R. (2004): Speed-Reducing Measures for 80 km/h Roads. 9th ICTCT Workshop, International Cooperation of Theories and Concepts in Traffic Safety
- van der HORST, R. & HOEKSTRA, W. (1994): Testing speed reduction designs for 80 km/h roads with a simulator. Proceedings of the Transportation Research Board 73rd Annual Meeting
- van der HORST, R. & KAPTEIN, N. (1998): Self-Explaining Roads. ICTCT, Budapest
- van der KOOI, R. M. (2000): Effecten van rode fietssuggestiestroken op verkeersgedrag. SWOV, Leidschendam
- van der KOOI, R. M. (2001): Effecten van rode fietssuggestiestroken op verkeersgedrag in Zwolle. SWOV, Leidschendam
- van der KOOI, R. M. (2001): Effecten van rode fietssuggestiestroken in combinatie met drempels. SWOV, Leidschendam
- van der KOOI, R. M. (2001): Effecten van rode fietssuggestiestroken op verkeersgedrag in Raalte. SWOV, Leidschendam
- van der KOOI, R. M. (2001): Effecten van kantstroken op verkeersgedrag in Pijnacker. SWOV, Leidschendam
- van der KOOI, R. M. (2001): Effecten van rode fietssuggestiestroken in combinatie met plateaus op verkeersgedrag in Hellendoorn. SWOV, Leidschendam

- van DRIEL, C. J. G., DAVIDSE, R. J. & van MAARSEVEEN, M. F. A. M. (2004): The effects of an edgeline on speed and lateral position: a meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention* 36
- Vejdirektoratet (2006): Trafikarealer, Land, Hæfte 3-Tværproufiler Handbog, Vejdirektoratet 2006 (DK)
- VELICHKOVSKY, B. M. (1982): Visual cognition and its spatial-temporal context. In: F. KLIX & J. HOFFMANN & E. v. MEER (Eds.), *Cognitive research in psychology*. Amsterdam: North Holland
- VIETEN, M., DOHMEN, R., DÜRHHAGEN, U., LEGGE, K. (2010): Quantifizierung der Sicherheitswirkungen verschiedener Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstraßen. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 201*. Bergisch Gladbach, 2010
- WEGMAN, F., DIJKSTRA, A., SCHERMERS, G. & van VLIET, P. (2005): Sustainable Safety in the Netherlands: the vision, the implementation and the safety effects. SWOV. Leidschendam
- WEISE, G. (2011): Entwurf Pressemitteilung für Landkreis Mittelsachsen, Dresden
- WEISE, G., DIETZE, M., EBERSBACH, D. & KUCZORA, A. V. (2002): Entwicklung eines praktikablen Verfahrens zur Berücksichtigung der räumlichen Linienführung von Außerortsstraßen. *Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 849*, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn
- WEISE, G., DURTH, W. et al. (1997): *Straßenbau – Planung und Entwurf*. Dresden
- WEISER, F. (1996): Die Häufigkeiten von Begegnungen zwischen Fahrzeugen auf zweistreifigen Straßen und ihr Einfluss auf den Verkehrsablauf. *Schriftenreihe Lehrstuhl für Verkehrswesen, Heft 17*. Ruhr-Universität Bonn
- WELLER, G., SCHLAG, B., FRIEDEL, T. & RAMMIN, C. (2008): Behaviourally relevant road categorisation: a step towards self-explaining rural roads. *Accident Analysis & Prevention*, 40 (4)
- WICKENS, C. D. (2002): Multiple resources and performance prediction. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3 (2)
- WILDE, G. J. S. (1982): The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health. *Risk Analysis*, 2
- WILDE, G. J. S. (2002): Does risk homeostasis theory have implications for road safety? *British Medical Journal*, 324. Online: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1123100>
- WILLIS, P., SCOTT, P. & BARNES, J. (1984): Road edgeline and accidents: An experiment in south-west England. TRRL Laboratory Report 1117. Crowthorne, Berkshire, UK. Transport and Road Research Laboratory
- WILLISTON, R. M. (1960): Effect of pavement edge markings on operator behavior. *Highway Res. Board Bul*, 266
- ZAKOWSKA, L. (1997): Dynamic road view research for road safety aesthetics evaluation. *Journal for geometry and graphics* 1 (1)
- ZWAHLEN, H. & SCHNELL, T. (1998): The visibility of road markings as a function of age, retro-reflectivity under low-beam and high-beam illumination at night. Paper presented at the Transportation Research Board, 77th annual meeting, January 11:15
- ZWEIBRÜCKEN, K. (2000): Optimierte Führung des Veloverkehrs an engen Strassenabschnitten (Kernfahrbahnen) (SVI-Forschungsauftrag 44/97). St. Gallen: Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure – SVI
- ZWIELICH, F., REKER, K. & FLACH, J. (2001): Fahrverhaltensbeobachtungen auf Landstraßen am Beispiel von Baumalleen. Eine Untersuchung mit dem Fahrzeug zur Interaktionsforschung Straßenverkehr. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 124*

Anhänge

Anhang A: Messstrecken	154
Anhang B: Fragebögen	155
Anhang C: Markierungsvarianten	161
Anhang D: Fahrverhaltensmaße der Streckenabschnitte	162
Anhang E: Blickverhaltensmaße der Streckenabschnitte	175
Anhang F: Vergleich der Bus- und Pkw-Begegnung.	177
Anhang G: Messstrecken Freistaat Sachsen (Messquerschnitte)/ Nordrhein-Westfalen	181
Anhang H: Geschwindigkeitsprofile in Einzelbetrachtung	178
Anhang J: Unfallübersichten und -karten	184

Anhang B: Fragebögen

Zwischenbefragung (vom Versuchsleiter gefragt)

Straßenbreite _____

STRECKE

1. VARIANTE: _____

2. BESONDERHEITEN BEIM DURCHFAHREN

3. BEFRAGUNG ZUR STRECKE

Ich möchte Ihnen nun einige Fragen zu Ihrem Sicherheitsempfinden auf der eben durchfahrenen Strecke ... stellen, dabei beziehen sich die Fragen auf die Gestaltung der Strecke.

Auf einer 5stufigen Skala (von 1 unsicher bis 5 sicher):

Wie sicher haben Sie sich bei freier Fahrt gefühlt?

unsicher ○ ○ ○ ○ ○ sicher

Wie sicher haben Sie sich bei Gegenverkehr gefühlt?

unsicher ○ ○ ○ ○ ○ sicher

In der Allee haben Sie sich da sicherer, unsicherer oder gleich sicher gefühlt?

sicherer gleich unsicherer

Wenn Sie die Strecke noch einmal gedanklich durchlaufen: Gab es Situationen auf dieser Strecke, die Sie als kritisch oder gefährlich empfunden haben? Welche?

Weitere Anmerkungen von dem Probanden:

Danke. Sie werden jetzt die Strecke ... durchfahren.

BEFRAGUNG NACH DER FAHRBAHNBREITE

Block: _____

Haben Sie Unterschiede zwischen den Strecken bis wahrgenommen?

Nein Ja

Auf welcher dieser drei/fünf Strecken empfanden Sie das Fahren am angenehmsten?

Variante: _____ (KFB-Breite: _____)

Warum?

Danke. Sie werden jetzt die Strecke ... durchfahren.

Nachbefragung

Bitte geben Sie uns Auskunft darüber, wie Sie sich jetzt nach der Fahrsimulation fühlen.

Fühlen Sie sich im Moment...	überhaupt nicht (1)	(2)	(3)	(4)	(5)	sehr (6)
gut gelaunt?	<input type="checkbox"/>					
energiegeladen?	<input type="checkbox"/>					
müde?	<input type="checkbox"/>					
unterfordert?	<input type="checkbox"/>					
unkonzentriert?	<input type="checkbox"/>					
heiter?	<input type="checkbox"/>					
unsicher?	<input type="checkbox"/>					
frisch?	<input type="checkbox"/>					
verärgert?	<input type="checkbox"/>					
erschöpft?	<input type="checkbox"/>					
gereizt?	<input type="checkbox"/>					
gelangweilt?	<input type="checkbox"/>					

Das Fahren im Simulator ist vor allem beim ersten Mal ungewohnt, da es nicht mit dem realen Fahrgefühl übereinstimmt. Sie waren mit einem neuen Fahrzeug konfrontiert, bei dem die üblichen Fahrzeugbewegungen fehlten. Bitte beantworten Sie anhand der folgenden Fragen, wie Sie mit diesen Fahrbedingungen zurechtgekommen sind.

1. Wie schwierig empfanden Sie es, Ihre gefahrene Geschwindigkeit zu kontrollieren?

sehr einfach sehr schwierig

2. Wie schwierig empfanden Sie es, die Position des Fahrzeuges auf der Straße zu kontrollieren?

sehr einfach sehr schwierig

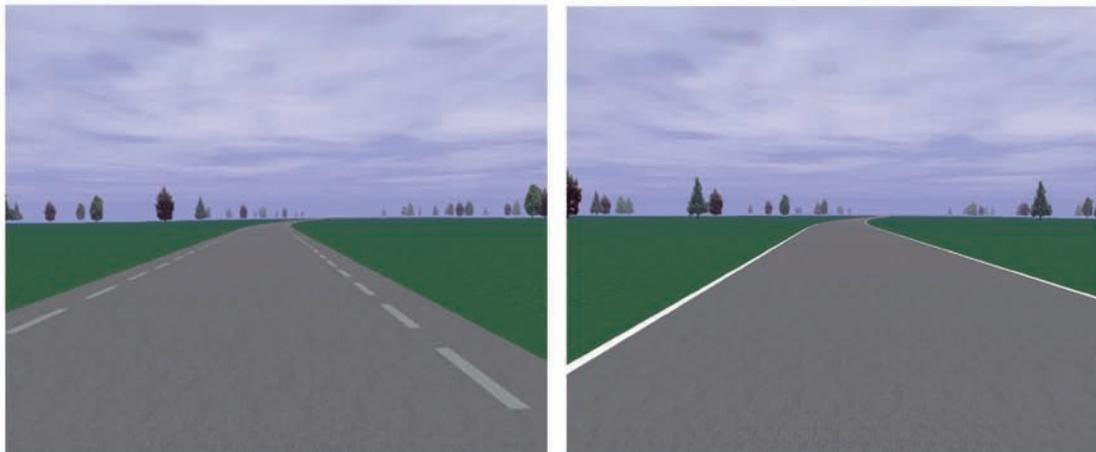
3. Haben Sie sich während der Fahrt unwohl gefühlt?

ja teils/teils nein

4. Würden Sie an weiteren Experimenten/Studien in diesem Simulator teilnehmen?

ja nein

Im Folgenden sehen Sie jeweils eine Strecke mit Kernfahrbahn und eine Strecke mit Randmarkierung, die Sie jeweils durchfahren sind. Zur Beschreibung der Strecken unter den Aspekten Emotion und Verkehrssicherheit sind Adjektivpaare aufgelistet; kreuzen Sie bitte das Entsprechende an. Bei einigen Adjektiven wird es Ihnen vielleicht schwer fallen, ein Urteil abzugeben. Antworten Sie trotzdem einfach so, wie es Ihrem spontanen Gefühl am ehesten entspricht. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Wir interessieren uns für Ihren ganz persönlichen Eindruck.



Das Fahren auf Straßen mit Kernfahrbahn empfand ich (als) ...			Das Fahren auf Straßen mit Randlinien empfand ich (als) ...		
Sicher	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Gefährlich	Sicher	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Gefährlich
Schwierig	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Leicht	Schwierig	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Leicht
Angenehm	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Unbehaglich	Angenehm	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Unbehaglich
Einfach	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Anspruchsvoll	Einfach	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Anspruchsvoll
Stressig	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Entspannend	Stressig	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Entspannend
Vertraut	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Fremd	Vertraut	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Fremd
Verständlich	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Verwirrend	Verständlich	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Verwirrend
Beruhigend	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Anspannend	Beruhigend	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Anspannend
Einengend	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Weiträumig	Einengend	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Weiträumig
Unter dem Aspekt „Erhöhung der			Unter dem Aspekt „Erhöhung der		
Gut	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Schlecht	Gut	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Schlecht
Praktisch	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Zwecklos	Praktisch	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Zwecklos
Kritisch	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Unproblematisch	Kritisch	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Unproblematisch
Sinnvoll	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Fraglich	Sinnvoll	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Fraglich
Effektiv	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Überflüssig	Effektiv	<input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/> <input type="radio"/>	Überflüssig

Wie hat sich Ihr Fahrverhalten auf Straßen mit Kernfahrbahnen insgesamt verändert?

In welchen Situationen fanden Sie die Kernfahrbahn eher gut?

In welchen Situationen fanden Sie die Kernfahrbahn eher schlecht?

Abschließend möchten wir Sie um eine zusammenfassende Einschätzung bitten.

Werden Sie auf anderen Landstraßen mit gleicher Markierung ein ähnliches Fahrverhalten zeigen?

- ja nein weiß nicht

Wie gut kamen Sie insgesamt mit der Kernfahrbahn zurecht?

- gut eher gut eher schlecht schlecht

Wie bewerten Sie die Kernfahrbahn insgesamt?



Befürworten Sie eine Einführung der Kernfahrbahn?

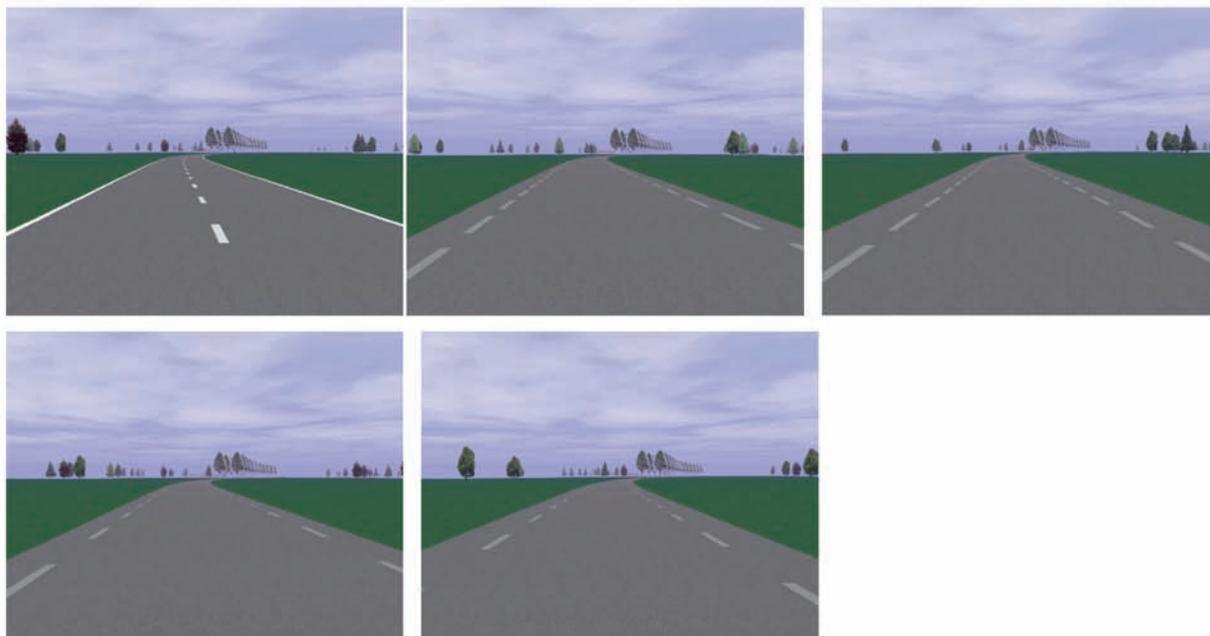
- ja nein weiß nicht

Haben Sie weitere Anregungen oder Bemerkungen?

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Anhang C: Markierungsvarianten

Fahrbahnbreite $B = 6,00$ m mit den Markierungen mittlere Leitlinie (links), Ausweichstreifen $0,75$ m (Mitte) und Ausweichstreifenbreite $1,00$ m (rechts) im 1:1 Strich-Lücke-Verhältnis



Fahrbahnbreite $B = 5,50$ m mit den Markierungen mittlere Leitlinie (oben links), Ausweichstreifen $0,75$ m (oben Mitte) und Ausweichstreifenbreite $1,00$ m (oben rechts) im 1:1 Strich- Lücke- Verhältnis und Ausweichstreifen $0,75$ m (unten Mitte) und Ausweichstreifenbreite $1,00$ m (unten rechts) im 1:2 Strich- Lücke- Verhältnis



Fahrbahnbreite $B = 5,00$ m mit den Markierungen Randlinien (links), Ausweichstreifen $0,75$ m (Mitte) und Ausweichstreifenbreite $1,00$ m (rechts) im 1:1 Strich- Lücke- Verhältnis

Anhang D: Fahrverhaltensmaße der Streckenabschnitte

Fahrbahnbreite 6,00 m

Geraden-

Unbeeinflusste Fahrt

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 500m	AS 0,75m 500m	AS 1,00m 500m	LL 600m	AS 0,75m 600m	AS 1,00m 600m	LL 700m	AS 0,75m 700m	AS 1,00m 700m
Mittelwert	89,32	89,32	88,89	90,14	92,82	90,43	90,43	93,74	91,19
Standardabweichung	16,59	16,59	15,27	15,81	16,72	16,36	14,71	16,35	15,63
V 15	69,34	72,00	75,39	73,84	73,98	76,96	73,98	74,02	77,01
V 85	103,97	103,97	102,35	106,49	113,72	104,16	104,83	112,86	106,22
	LL 800m	AS 0,75m 800m	AS 1,00m 800m	LL 900m	AS 0,75m 900m	AS 1,00m 900m	LL 1000m	AS 0,75m 1000m	AS 1,00m 1000m
Mittelwert	90,38	94,29	91,03	90,50	94,46	90,84	90,48	94,49	90,57
Standardabweichung	13,73	16,34	13,84	13,34	16,39	12,08	13,37	16,61	10,93
V 15	73,87	75,24	77,08	74,84	75,49	77,32	74,84	76,46	77,52
V 85	102,42	112,57	104,80	102,02	113,62	105,41	102,17	113,90	102,90

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 500m	AS 0,75m 500m	AS 1,00m 500m	LL 600m	AS 0,75m 600m	AS 1,00m 600m	LL 700m	AS 0,75m 700m	AS 1,00m 700m
Mittelwert	0,51	0,51	1,12	0,5	1,09	1,12	0,45	0,94	1,11
SDLP	0,31	0,31	0,54	0,37	0,57	0,53	0,30	0,52	0,54
	LL 800m	AS 0,75m 800m	AS 1,00m 800m	LL 900m	AS 0,75m 900m	AS 1,00m 900m	LL 1000m	AS 0,75m 1000m	AS 1,00m 1000m
Mittelwert	0,58	0,99	1,11	0,47	0,98	1,19	0,58	0,96	1,14
SDLP	0,33	0,53	0,56	0,32	0,60	0,65	0,37	0,59	0,63

Allee

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL Anfang	AS 0,75m Anfang	AS 1,00m Anfang	LL Mitte	AS 0,75m Mitte	AS 1,00m Mitte	LL Ende	AS 0,75m Ende	AS 1,00m Ende
Mittelwert	85,88	84,33	84,92	86,57	85,93	85,66	85,65	85,21	84,63
Standardabweichung	10,77	10,71	11,83	10,74	10,82	11,40	11,14	12,62	11,60
V15	76,98	73,95	74,65	76,90	76,98	75,34	75,22	74,62	74,80
V 85	96,68	95,00	98,00	96,79	96,94	98,24	95,32	97,53	97,43

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL Anfang	AS 0,75m Anfang	AS 1,00m Anfang	LL Mitte	AS 0,75m Mitte	AS 1,00m Mitte	LL Ende	AS 0,75m Ende	AS 1,00m Ende
Mittelwert	0,58	0,93	0,94	0,53	0,9	0,92	0,62	0,98	0,97
SDLP	0,32	0,61	0,54	0,35	0,65	0,56	0,32	0,59	0,58

Gegenverkehr – PKW

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	LL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	LL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	81,52	82,51	81,71	81,04	82,33	81,46	80,63	82,28	81,37
Standardabweichung	12,21	10,81	11,37	11,72	10,63	11,94	11,51	10,48	12,09
V15	73,87	75,24	77,08	74,84	75,49	77,32	74,84	76,46	77,52
V 85	95,00	95,54	95,26	93,60	95,69	94,57	93,28	95,62	94,18
	LL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	LL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	LL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	80,13	82,24	81,28	79,49	81,79	81,21	78,23	80,53	80,56
Standardabweichung	11,18	10,23	12,12	10,86	10,10	12,09	10,82	10,33	12,00
V 15	69,24	71,79	68,75	68,43	71,88	68,46	67,58	69,58	68,11
V 85	93,28	95,22	94,36	93,46	93,35	94,43	92,81	91,73	94,21

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	LL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	LL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	0,14	0,32	0,28	0,07	0,15	0,22	0,18	0,27	0,32
SDLP	0,38	0,46	0,41	0,31	0,32	0,30	0,34	0,30	0,28
	LL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	LL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	LL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	0,18	0,3	0,34	0,16	0,32	0,40	0,26	0,42	0,58
SDLP	0,39	0,32	0,28	0,40	0,37	0,35	0,40	0,48	0,50

Rechtskurven (R=278 m)

Unbeeinflusste Fahrt

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL KLA	AS 0,75m KLA	AS 1,00m KLA	LL KBA	AS 0,75m KBA	AS 1,00m KBA	LL KBS	AS 0,75m KBS	AS 1,00m KBS
Mittelwert	83,65	84,64	83,97	84,80	84,55	83,63	85,23	84,79	83,85
Standardabweichung	13,53	11,57	13,41	13,26	11,25	13,50	13,23	11,16	13,30
V 15	71,68	74,41	71,61	72,83	74,70	70,43	73,55	75,10	70,48
V 85	97,81	96,77	99,29	97,20	96,37	96,71	96,59	97,31	96,64
	LL KBE	AS 0,75m KBE	AS 1,00m KBE	LL KLE	AS 0,75m KLE	AS 1,00m KLE			
Mittelwert	85,67	85,14	84,18	87,31	86,77	85,63			
Standardabweichung	13,17	11,11	13,08	12,93	11,19	12,16			
V 15	74,3	75,31	71,37	76,07	76,54	73,52			
V 85	97,42	96,44	96,58	101,09	96,95	97,39			

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL KLA	AS 0,75m KLA	AS 1,00m KLA	LL KBA	AS 0,75m KBA	AS 1,00m KBA	LL KBS	AS 0,75m KBS	AS 1,00m KBS
Mittelwert	0,92	1,69	1,69	0,36	0,67	0,83	0,24	0,52	0,66
SDLP	0,69	0,64	0,66	0,43	0,65	0,64	0,38	0,51	0,58
	LL KBE	AS 0,75m KBE	AS 1,00m KBE	LL KLE	AS 0,75m KLE	AS 1,00m KLE			
Mittelwert	0,16	0,43	0,56	0,2	0,55	0,62			
SDLP	0,34	0,38	0,52	0,34	0,47	0,44			

Gegenverkehr – PKW (R=303 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	LL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	LL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	86,95	89,88	86,11	84,12	86,41	83,04	83,40	85,36	82,21
Standardabweichung	12,45	14,96	10,04	12,39	14,15	10,13	12,49	13,86	10,32
V 15	73,33	73,01	75,38	70,99	70,38	72,07	70,13	69,62	71,42
V 85	99,43	107,35	95,40	97,16	100,26	93,24	95,51	98,35	92,92
	LL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	LL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	LL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	83,25	84,92	82,00	83,59	85,03	82,32	83,96	85,22	82,68
Standardabweichung	12,55	13,44	10,45	12,48	12,92	10,53	12,26	12,46	10,64
V 15	70,38	70,06	68,98	71,50	71,03	69,59	72,54	71,82	70,16
V 85	95,29	97,74	92,88	96,01	97,96	92,95	97,52	98,24	93,13

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	LL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	LL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	0,61	0,98	1,18	0,24	0,48	0,59	0,11	0,25	0,32
SDLP	0,34	0,70	0,63	0,28	0,41	0,46	0,23	0,32	0,41
	LL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	LL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	LL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	-0,05	0,03	0,09	-0,02	0,10	0,13	0,08	0,27	0,28
SDLP	0,26	0,28	0,29	0,25	0,30	0,27	0,26	0,32	0,28

Linkskurven**Unbeeinflusste Fahrt (R=265 m)**

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL KLA	AS 0,75m KLA	AS 1,00m KLA	LL KBA	AS 0,75m KBA	AS 1,00m KBA
Mittelwert	82,46	82,72	83,21	82,21	83,22	83,44
Standardabweichung	12,30	10,47	12,66	12,47	10,62	12,83
V 15	71,14	73,69	71,99	71,03	73,69	71,52
V 85	94,57	94,82	95,66	94,28	95,33	96,52
	LL KBS	AS 0,75m KBS	AS 1,00m KBS	LL KBE	AS 0,75m KBE	AS 1,00m KBE
Mittelwert	82,57	83,73	83,73	83,07	84,30	84,14
Standardabweichung	12,45	10,55	12,78	12,48	10,52	12,67
V 15	71,42	73,80	71,95	71,53	74,27	73,14
V 85	94,14	95,58	96,97	94,64	95,76	97,40

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL KLA	AS 0,75m KLA	AS 1,00m KLA	LL KBA	AS 0,75m KBA	AS 1,00m KBA
Mittelwert	0,20	0,39	0,42	0,60	0,92	1,03
SDLP	0,27	0,31	0,28	0,37	0,44	0,43
	LL KBS	AS 0,75m KBS	AS 1,00m KBS	LL KBE	AS 0,75m KBE	AS 1,00m KBE
Mittelwert	0,80	1,20	1,36	0,76	1,13	1,34
SDLP	0,38	0,52	0,55	0,37	0,57	0,59

Gegenverkehr – PKW (R=164 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	LL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	LL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	89,80	89,23	87,08	87,09	86,90	85,05	85,83	85,90	84,21
Standardabweichung	13,72	12,43	11,87	13,48	12,15	11,73	13,10	11,90	11,30
V 15	75,24	75,89	74,45	71,86	74,27	73,15	71,21	73,62	72,86
V 85	101,12	103,79	98,78	100,76	96,80	95,90	98,17	96,55	95,58
	LL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	LL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	LL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	85,02	85,13	83,76	84,42	84,63	83,58	83,68	83,95	83,17
Standardabweichung	12,99	11,56	10,81	12,87	11,10	10,52	12,80	10,68	10,34
V 15	72,86	70,63	73,12	72,90	71,64	72,40	72,58	69,34	72,50
V 85	97,34	96,44	96,05	97,42	96,34	95,51	97,67	94,50	95,47

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	LL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	LL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	0,13	0,31	0,46	0,04	0,14	0,22	0,05	0,13	0,18
SDLP	0,32	0,36	0,37	0,32	0,30	0,34	0,29	0,25	0,32
	LL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	LL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	LL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	0,15	0,20	0,25	0,44	0,55	0,55	0,70	1,00	1,01
SDLP	0,29	0,25	0,32	0,41	0,42	0,40	0,49	0,64	0,58

Gegenverkehr – Bus (R=265 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	LL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	LL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	87,81	86,73	87,32	86,06	84,24	84,50	85,08	82,91	83,36
Standardabweichung	11,36	12,69	12,26	11,10	12,86	14,81	11,31	12,86	15,30
V 15	77,08	75,28	74,74	75,46	73,87	72,83	74,16	72,11	71,89
V 85	99,68	98,32	99,90	97,27	96,98	98,89	95,94	95,54	98,60
	LL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	LL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	LL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	84,54	81,96	82,71	84,37	82,04	82,94	84,81	82,74	83,67
Standardabweichung	11,46	12,94	15,25	11,29	12,95	14,74	11,37	12,89	13,99
V 15	73,55	70,67	71,82	74,52	69,37	72,47	75,28	69,16	72,43
V 85	96,30	93,67	97,56	96,19	94,00	97,74	96,41	95,29	98,10

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	LL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	LL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	0,41	0,57	0,69	0,23	0,38	0,43	0,23	0,31	0,36
SDLP	0,28	0,37	0,46	0,26	0,34	0,31	0,27	0,35	0,26
	LL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	LL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	LL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	0,30	0,20	0,26	0,46	0,37	0,38	0,59	0,74	0,74
SDLP	0,28	0,26	0,24	0,33	0,31	0,25	0,36	0,52	0,44

Fahrbahnbreite 5,50 m

Geraden

Unbeeinflusste Fahrt

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 500m	AS 0,75 1-2 500m	AS 0,75 1-1 500m	AS 1,00 1-2 500m	AS 1,00 1-1 500m	LL 600m	AS 0,75 1-2 600m	AS 0,75 1-1 600m	AS 1,00 1-2 600m	AS 1,00 1-1 600m	LL 700m	AS 0,75 1-2 700m	AS 0,75 1-1 700m	AS 1,00 1-2 700m	AS 1,00 1-1 700m
Mittelwert	92,24	92,58	90,68	91,82	90,05	94,71	93,86	91,07	93,36	90,19	96,17	94,64	91,11	93,87	90,11
Standard- abweichung	15,18	15,13	14,8	15,15	13,91	16,16	15,6	14,64	15,56	13,98	16,40	15,73	13,94	15,45	14,31
V 15	78,91	79,99	77,69	77,26	79,99	81,94	79,16	79,24	78,8	78,88	82,55	81,07	77,22	80,5	79,42
V 85	106,7	109,5	102,1	109,2	102	111,4	107,4	102,5	110,5	100,1	115,2	110,1	99,97	109,8	99,76
	LL 800m	AS 0,75 1-2 800m	AS 0,75 1-1 800m	AS 1,00 1-2 800m	AS 1,00 1-1 800m	LL 900m	AS 0,75 1-2 900m	AS 0,75 1-1 900m	AS 1,00 1-2 900m	AS 1,00 1-1 900m	LL 1000m	AS 0,75 1-2 1000m	AS 0,75 1-1 1000m	AS 1,00 1-2 1000m	AS 1,00 1-1 1000m
Mittelwert	96,35	95,02	91,24	93,48	90,33	95,51	94,69	90,99	92,56	90,41	94,51	93,61	90,95	91,60	90,09
Standard- abweichung	15,81	15,90	13,85	14,54	14,46	15,96	15,84	14,00	13,05	14,65	16,01	16,00	13,93	12,44	14,54
V 15	81,43	80,50	76,39	80,82	79,63	80,10	80,89	76,43	80,35	78,95	79,42	78,84	76,75	79,74	78,70
V 85	111,92	110,41	106,42	110,74	99,04	109,87	112,64	102,67	108,68	100,55	108,79	107,71	103,79	103,90	99,04

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 500m	AS 0,75 1-2 500m	AS 0,75 1-1 500m	AS 1,00 1-2 500m	AS 1,00 1-1 500m	LL 600m	AS 0,75 1-2 600m	AS 0,75 1-1 600m	AS 1,00 1-2 600m	AS 1,00 1-1 600m	LL 700m	AS 0,75 1-2 700m	AS 0,75 1-1 700m	AS 1,00 1-2 700m	AS 1,00 1-1 700m
Mittelwert	0,54	1,01	1,07	1,11	1,15	0,42	0,98	1,04	1,17	1,11	0,45	0,91	1,05	1,06	1,11
SDLP	0,40	0,53	0,57	0,57	0,55	0,38	0,56	0,56	0,54	0,55	0,34	0,53	0,59	0,52	0,51
	LL 800m	AS 0,75 1-2 800m	AS 0,75 1-1 800m	AS 1,00 1-2 800m	AS 1,00 1-1 800m	LL 900m	AS 0,75 1-2 900m	AS 0,75 1-1 900m	AS 1,00 1-2 900m	AS 1,00 1-1 900m	LL 1000m	AS 0,75 1-2 1000m	AS 0,75 1-1 1000m	AS 1,00 1-2 1000m	AS 1,00 1-1 1000m
Mittelwert	0,40	0,95	0,98	1,12	1,04	0,45	1,04	0,96	0,96	1,13	0,39	0,87	0,85	0,96	1,04
SDLP	0,35	0,51	0,56	0,51	0,58	0,39	0,56	0,61	0,50	0,60	0,40	0,52	0,57	0,50	0,57

Allee

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1
	Anfang					Mitte					Ende				
Mittelwert	89,43	89,62	89,01	89,95	88,20	89,40	89,79	88,81	90,01	88,27	89,18	89,74	88,61	89,97	88,32
Standard- abweichung	16,59	16,12	15,60	14,18	13,63	16,58	16,02	15,35	13,99	13,63	16,37	16,06	15,37	14,02	13,46
V 15	74,63	73,87	74,45	76,97	76,79	76,07	74,02	75,20	75,74	77,87	74,81	74,70	74,92	75,56	77,47
V 85	103,32	101,45	101,92	99,58	97,67	102,42	102,64	101,52	99,58	97,67	102,02	101,63	102,67	100,26	98,06

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1
	Anfang					Mitte					Ende				
Mittelwert	0,47	0,76	0,74	0,75	0,71	0,45	0,73	0,74	0,77	0,72	0,35	0,59	0,68	0,70	0,71
SDLP	0,38	0,47	0,51	0,49	0,45	0,40	0,53	0,52	0,49	0,48	0,42	0,44	0,49	0,47	0,46

Gegenverkehr – PKW

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 200m	AS 0,75 1-2 200m	AS 0,75 1-1 200m	AS 1,00 1-2 200m	AS 1,00 1-1 200m	LL 100m	AS 0,75 1-2 100m	AS 0,75 1-1 100m	AS 1,00 1-2 100m	AS 1,00 1-1 100m	LL 50m	AS 0,75 1-2 50m	AS 0,75 1-1 50m	AS 1,00 1-2 50m	AS 1,00 1-1 50m
Mittelwert	97,45	93,58	92,98	92,56	90,76	97,90	93,52	93,19	92,97	90,96	98,13	93,63	93,33	93,24	91,08
Standard- abweichung	16,41	15,77	14,21	13,33	13,78	16,69	15,72	14,69	13,59	13,97	16,86	15,73	14,89	13,70	14,06
V 15	81,14	79,70	79,09	80,78	78,98	81,32	79,63	79,27	81,14	78,98	81,43	79,60	79,34	81,14	78,95
V 85	115,56	105,59	104,65	105,77	102,13	118,98	106,31	105,77	105,48	101,74	119,09	106,24	106,27	105,37	101,95
	LL 0m	AS 0,75 1-2 0m	AS 0,75 1-1 0m	AS 1,00 1-2 0m	AS 1,00 1-1 0m	LL -50m	AS 0,75 1-2 -50m	AS 0,75 1-1 -50m	AS 1,00 1-2 -50m	AS 1,00 1-1 -50m	LL -100m	AS 0,75 1-2 -100m	AS 0,75 1-1 -100m	AS 1,00 1-2 -100m	AS 1,00 1-1 -100m
Mittelwert	98,25	93,76	93,47	93,57	91,27	98,36	93,93	93,76	93,92	91,55	98,37	94,09	93,99	94,17	91,73
Standard- abweichung	16,96	15,72	15,00	13,82	14,05	17,00	15,70	15,19	13,94	14,03	16,93	15,61	15,32	13,97	13,95
V 15	78,95	81,50	79,56	79,42	81,36	78,95	81,61	79,52	79,49	81,32	78,95	81,68	80,42	79,56	81,47
V 85	119,20	105,91	105,80	105,26	102,13	119,20	106,38	106,27	106,16	102,38	117,50	106,67	106,74	107,28	102,60

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 200m	AS 0,75 1-2 200m	AS 0,75 1-1 200m	AS 1,00 1-2 200m	AS 1,00 1-1 200m	LL 100m	AS 0,75 1-2 100m	AS 0,75 1-1 100m	AS 1,00 1-2 100m	AS 1,00 1-1 100m	LL 50m	AS 0,75 1-2 50m	AS 0,75 1-1 50m	AS 1,00 1-2 50m	AS 1,00 1-1 50m
Mittelwert	0,24	0,41	0,37	0,47	0,45	0,15	0,31	0,24	0,37	0,35	0,13	0,24	0,20	0,32	0,30
SDLP	0,26	0,39	0,26	0,36	0,32	0,24	0,30	0,25	0,32	0,31	0,23	0,29	0,24	0,28	0,28
	LL 0m	AS 0,75 1-2 0m	AS 0,75 1-1 0m	AS 1,00 1-2 0m	AS 1,00 1-1 0m	LL -50m	AS 0,75 1-2 -50m	AS 0,75 1-1 -50m	AS 1,00 1-2 -50m	AS 1,00 1-1 -50m	LL -100m	AS 0,75 1-2 -100m	AS 0,75 1-1 -100m	AS 1,00 1-2 -100m	AS 1,00 1-1 -100m
Mittelwert	0,14	0,21	0,22	0,30	0,28	0,15	0,22	0,26	0,32	0,29	0,15	0,27	0,31	0,38	0,32
SDLP	0,25	0,28	0,26	0,27	0,28	0,28	0,27	0,29	0,29	0,28	0,31	0,27	0,32	0,37	0,30

Rechtskurven

Unbeeinflusste Fahrt (R=476 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL KBA	AS 0,75 KBA	AS 0,75 KBA	AS 1,00 KBA	AS 1,00 KBA	LL KBM	AS 0,75 KBM	AS 0,75 KBM	AS 1,00 KBM	AS 1,00 KBM
Mittelwert	94,50	93,61	90,95	91,59	90,07	94,42	93,54	90,96	91,48	89,99
Standard- abweichung	16,00	16,00	13,93	12,44	14,52	15,89	15,95	13,84	12,38	14,34
V 15	79,42	78,84	76,72	79,78	78,70	79,34	78,73	75,85	79,96	79,34
V 85	108,83	107,75	103,79	103,90	98,86	109,15	108,40	103,36	103,97	98,06
	LL KBE	AS 0,75 KBE	AS 0,75 KBE	AS 1 KBE	AS 1 KBE	LL KLE	AS 0,75 KLE	AS 0,75 KLE	AS 1 KLE	AS 1 KLE
Mittelwert	94,39	93,50	90,97	91,41	89,92	94,52	92,63	90,67	90,40	88,99
Standard- abweichung	15,85	15,93	13,77	12,32	14,19	15,89	15,95	13,73	12,73	13,99
V 15	79,27	78,48	75,96	80,14	79,27	79,38	77,98	76,21	79,42	78,01
V 85	109,51	109,01	102,96	103,97	98,14	109,80	107,21	101,81	102,17	99,32

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1
	KBA	KBA	KBA	KBA	KBA	KBM	KBM	KBM	KBM	KBM
Mittelwert	0,38	0,85	0,83	0,87	1,03	0,29	0,70	0,73	0,76	0,92
SDLP	0,40	0,52	0,57	0,54	0,57	0,38	0,47	0,50	0,50	0,49
	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1
	KBE	KBE	KBE	KBE	KBE	KLE	KLE	KLE	KLE	KLE
Mittelwert	0,30	0,66	0,71	0,75	0,89	0,15	0,40	0,43	0,48	0,45
SDLP	0,36	0,44	0,45	0,47	0,41	0,32	0,41	0,35	0,33	0,33

Gegenverkehr – Pkw (R=588 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1
	200m	200m	200m	200m	200m	100m	100m	100m	100m	100m	50m	50m	50m	50m	50m
Mittelwert	95,20	90,75	91,26	90,60	89,81	95,03	90,35	90,81	90,05	89,59	95,05	90,30	90,77	90,01	89,68
Standard-abweichung	14,66	14,82	14,71	14,58	13,24	14,76	15,10	14,93	14,61	13,50	14,84	15,29	15,11	14,58	13,65
V 15	81,50	77,47	78,05	80,17	77,58	81,94	76,39	77,62	77,62	75,53	82,69	77,00	76,64	77,58	74,95
V 85	106,96	105,41	103,64	105,52	99,43	106,52	105,52	103,07	105,66	99,47	106,34	104,87	102,60	105,70	100,15
	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1
	0m	0m	0m	0m	0m	-50m	-50m	-50m	-50m	-50m	-100m	-100m	-100m	-100m	-100m
Mittelwert	95,15	90,43	90,87	90,19	89,99	95,31	90,75	91,14	90,51	90,45	95,42	91,18	91,43	90,82	90,87
Standard-abweichung	14,95	15,42	15,09	14,47	13,79	15,04	15,43	14,93	14,36	13,87	15,12	15,39	14,75	14,22	13,93
V 15	81,47	76,82	76,97	78,66	75,35	81,54	77,36	77,58	79,99	76,14	81,61	78,01	77,94	80,39	76,90
V 85	106,45	105,44	102,71	105,77	100,62	107,14	106,06	102,82	105,84	100,30	107,93	106,70	102,53	105,37	100,58

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1
	200m	200m	200m	200m	200m	100m	100m	100m	100m	100m	50m	50m	50m	50m	50m
Mittelwert	0,22	0,35	0,33	0,35	0,46	0,03	0,18	0,16	0,12	0,17	-0,04	0,09	0,06	0,03	0,07
SDLP	0,32	0,47	0,36	0,4	0,39	0,22	0,34	0,26	0,31	0,32	0,2	0,32	0,24	0,3	0,26
	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1	LL	AS 0,75 1-2	AS 0,75 1-1	AS 1,00 1-2	AS 1,00 1-1
	0m	0m	0m	0m	0m	-50m	-50m	-50m	-50m	-50m	-100m	-100m	-100m	-100m	-100m
Mittelwert	-0,06	0,05	0	0,04	0,03	0,01	0,16	0,09	0,19	0,12	0,18	0,38	0,31	0,41	0,3
SDLP	0,21	0,28	0,22	0,23	0,22	0,24	0,27	0,24	0,26	0,24	0,32	0,34	0,34	0,36	0,32

Gegenverkehr – Bus (R=588 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 200m	AS 0,75 1-2 200m	AS 0,75 1-1 200m	AS 1,00 1-2 200m	AS 1,00 1-1 200m	LL 100m	AS 0,75 1-2 100m	AS 0,75 1-1 100m	AS 1,00 1-2 100m	AS 1,00 1-1 100m	LL 50m	AS 0,75 1-2 50m	AS 0,75 1-1 50m	AS 1,00 1-2 50m	AS 1,00 1-1 50m
Mittelwert	97,02	92,44	92,57	92,57	90,60	96,11	91,39	91,30	91,44	89,60	95,84	90,97	90,77	91,03	89,28
Standard- abweichung	15,88	15,37	14,85	14,85	13,56	15,28	15,25	14,76	14,35	13,29	15,18	15,23	14,78	14,32	13,35
V 15	82,04	77,87	78,80	78,80	79,09	81,97	77,29	77,29	79,88	78,52	81,04	77,40	75,96	80,06	78,41
V 85	114,77	106,74	104,40	104,40	100,37	112,03	105,88	104,94	105,01	99,83	111,85	105,48	105,19	105,01	99,65
	LL 0m	AS 0,75 1-2 0m	AS 0,75 1-1 0m	AS 1,00 1-2 0m	AS 1,00 1-1 0m	LL -50m	AS 0,75 1-2 -50m	AS 0,75 1-1 -50m	AS 1,00 1-2 -50m	AS 1,00 1-1 -50m	LL -100m	AS 0,75 1-2 -100m	AS 0,75 1-1 -100m	AS 1,00 1-2 -100m	AS 1,00 1-1 -100m
Mittelwert	95,76	90,85	90,68	90,94	89,29	95,74	91,00	90,89	91,18	89,52	95,68	91,23	91,14	91,36	89,73
Standard- abweichung	15,14	15,13	14,77	14,22	13,33	15,10	14,94	14,66	13,99	13,23	15,05	14,79	14,60	14,05	13,17
V 15	81,04	77,51	75,20	80,60	78,44	81,04	77,76	74,84	80,53	78,37	81,04	78,01	75,49	80,68	78,01
V 85	111,20	105,23	104,18	104,18	99,54	110,09	105,16	102,10	104,00	99,86	108,76	105,16	102,38	104,47	99,83

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 200m	AS 0,75 1-2 200m	AS 0,75 1-1 200m	AS 1,00 1-2 200m	AS 1,00 1-1 200m	LL 100m	AS 0,75 1-2 100m	AS 0,75 1-1 100m	AS 1,00 1-2 100m	AS 1,00 1-1 100m	LL 50m	AS 0,75 1-2 50m	AS 0,75 1-1 50m	AS 1,00 1-2 50m	AS 1,00 1-1 50m
Mittelwert	0,09	0,2	0,23	0,23	0,31	-0,02	0,02	0,05	0,07	0,15	-0,07	-0,09	-0,05	-0,01	0,04
SDLP	0,26	0,29	0,28	0,28	0,3	0,26	0,24	0,25	0,28	0,27	0,25	0,25	0,21	0,24	0,25
	LL 0m	AS 0,75 1-2 0m	AS 0,75 1-1 0m	AS 1,00 1-2 0m	AS 1,00 1-1 0m	LL -50m	AS 0,75 1-2 -50m	AS 0,75 1-1 -50m	AS 1,00 1-2 -50m	AS 1,00 1-1 -50m	LL -100m	AS 0,75 1-2 -100m	AS 0,75 1-1 -100m	AS 1,00 1-2 -100m	AS 1,00 1-1 -100m
Mittelwert	-0,02	-0,07	-0,06	0	0,02	0,11	0,11	0,07	0,18	0,11	0,27	0,38	0,32	0,43	0,36
SDLP	0,27	0,25	0,17	0,22	0,23	0,34	0,32	0,25	0,28	0,24	0,35	0,42	0,37	0,37	0,35

Linkskurven**Unbeeinflusste Fahrt (R=714 m)**

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL KBA	AS 0,75 1-2 KBA	AS 0,75 1-1 KBA	AS 1,00 1-2 KBA	AS 1,00 1-1 KBA	LL KBM	AS 0,75 1-2 KBM	AS 0,75 1-1 KBM	AS 1,00 1-2 KBM	AS 1,00 1-1 KBM	LL KBE	AS 0,75 1-2 KBE	AS 0,75 1-1 KBE	AS 1,00 1-2 KBE	AS 1,00 1-1 KBE
Mittelwert	95,51	91,83	91,90	91,39	91,53	95,43	92,02	91,98	91,47	91,73	95,18	91,92	91,79	91,19	91,65
Standard- abweichung	15,05	14,95	14,58	13,85	13,65	15,18	15,02	14,62	13,95	13,79	15,41	14,92	14,82	14,27	13,87
V 15	81,22	78,59	79,92	80,60	78,19	80,50	77,87	80,21	80,64	78,05	79,31	77,94	79,24	79,52	77,76
V 85	107,93	106,88	102,56	105,37	100,80	107,68	107,10	102,85	105,77	101,05	107,78	107,10	103,28	104,98	101,29

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL KBA	AS 0,75 1-2 KBA	AS 0,75 1-1 KBA	AS 1,00 1-2 KBA	AS 1,00 1-1 KBA	LL KBM	AS 0,75 1-2 KBM	AS 0,75 1-1 KBM	AS 1,00 1-2 KBM	AS 1,00 1-1 KBM	LL KBE	AS 0,75 1-2 KBE	AS 0,75 1-1 KBE	AS 1,00 1-2 KBE	AS 1,00 1-1 KBE
Mittelwert	0,41	0,70	0,62	0,76	0,64	0,55	0,86	0,86	0,93	0,82	0,52	0,79	0,90	0,89	0,86
SDLP	0,40	0,52	0,40	0,47	0,47	0,46	0,63	0,50	0,54	0,56	0,45	0,62	0,49	0,59	0,60

Gegenverkehr – PKW (R=714 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	LL 200m	AS 0,75 1-2 200m	AS 0,75 1-1 200m	AS 1,00 1-2 200m	AS 1,00 1-1 200m	LL 100m	AS 0,75 1-2 100m	AS 0,75 1-1 100m	AS 1,00 1-2 100m	AS 1,00 1-1 100m	LL 50m	AS 0,75 1-2 50m	AS 0,75 1-1 50m	AS 1,00 1-2 50m	AS 1,00 1-1 50m
Mittelwert	89,26	89,71	87,93	89,60	87,89	88,93	89,09	86,89	88,88	87,14	88,80	88,87	86,43	88,65	86,86
Standardabweichung	16,33	15,62	15,81	14,78	13,44	16,37	15,99	16,19	15,56	13,83	16,42	16,16	16,33	15,92	14,00
V 15	74,66	77,00	73,91	75,71	77,26	71,39	73,73	68,51	72,50	75,74	71,14	73,37	68,58	70,92	74,20
V 85	101,45	101,92	101,45	102,13	97,84	102,28	102,53	101,92	102,06	96,77	102,24	102,06	102,10	100,84	96,84
	LL 0m	AS 0,75 1-2 0m	AS 0,75 1-1 0m	AS 1,00 1-2 0m	AS 1,00 1-1 0m	LL -50m	AS 0,75 1-2 -50m	AS 0,75 1-1 -50m	AS 1,00 1-2 -50m	AS 1,00 1-1 -50m	LL -100m	AS 0,75 1-2 -100m	AS 0,75 1-1 -100m	AS 1,00 1-2 -100m	AS 1,00 1-1 -100m
Mittelwert	88,64	88,86	86,23	88,66	86,59	88,15	89,17	86,49	89,00	86,41	87,12	89,42	86,77	89,29	86,53
Standardabweichung	16,42	16,28	16,35	16,09	14,14	16,94	16,23	16,11	16,09	14,63	17,95	15,88	15,63	16,00	14,76
V 15	72,18	73,44	67,36	70,45	74,45	66,60	74,02	69,08	71,60	73,69	63,72	74,88	69,59	72,43	74,16
V 85	102,24	102,06	102,28	101,16	96,91	102,49	102,10	102,53	102,10	97,02	102,64	102,64	102,71	104,72	97,92

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	LL 200m	AS 0,75 1-2 200m	AS 0,75 1-1 200m	AS 1,00 1-2 200m	AS 1,00 1-1 200m	LL 100m	AS 0,75 1-2 100m	AS 0,75 1-1 100m	AS 1,00 1-2 100m	AS 1,00 1-1 100m	LL 50m	AS 0,75 1-2 50m	AS 0,75 1-1 50m	AS 1,00 1-2 50m	AS 1,00 1-1 50m
Mittelwert	0,23	0,48	0,49	0,57	0,54	0,25	0,37	0,35	0,47	0,41	0,19	0,20	0,21	0,28	0,26
SDLP	0,33	0,45	0,51	0,46	0,44	0,29	0,36	0,36	0,37	0,34	0,25	0,31	0,29	0,30	0,32
	LL 0m	AS 0,75 1-2 0m	AS 0,75 1-1 0m	AS 1,00 1-2 0m	AS 1,00 1-1 0m	LL -50m	AS 0,75 1-2 -50m	AS 0,75 1-1 -50m	AS 1,00 1-2 -50m	AS 1,00 1-1 -50m	LL -100m	AS 0,75 1-2 -100m	AS 0,75 1-1 -100m	AS 1,00 1-2 -100m	AS 1,00 1-1 -100m
Mittelwert	0,13	0,09	0,10	0,15	0,16	0,23	0,22	0,25	0,27	0,31	0,35	0,43	0,46	0,50	0,52
SDLP	0,26	0,28	0,28	0,23	0,27	0,29	0,33	0,32	0,23	0,26	0,33	0,36	0,39	0,27	0,31

Fahrbahnbreite 5,00m**Geraden****Unbeeinflusste Fahrt**

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	RL 500m	AS 0,75m 500m	AS 1,00m 500m	RL 600m	AS 0,75m 600m	AS 1,00m 600m	RL 700m	AS 0,75m 700m	AS 1,00m 700m
Mittelwert	90,86	91,53	88,88	92,8	93,84	91,19	93,61	93,8	91,49
Standardabweichung	15,25	16,52	16,27	14,69	18,35	17,13	14,05	17,64	16,23
V 15	74,66	75,89	67,39	76,54	77,11	72,72	79,24	75,67	76,32
V 85	107,64	111,13	103,82	110,38	113,36	108,07	111,31	112,46	107,21
	RL 800m	AS 0,75m 800m	AS 1,00m 800m	RL 900m	AS 0,75m 900m	AS 1,00m 900m	RL 1000m	AS 0,75m 1000m	AS 1,00m 1000m
Mittelwert	94,17	94,07	91,25	94,56	94,6	90,75	94,04	93,98	89,93
Standardabweichung	14,14	16,78	14,81	14,4	16,36	13,59	15,25	16,34	12,72
V 15	79,24	77,36	78,98	79,16	83,34	79,67	79,31	82,3	79,52
V 85	110,2	109,62	107,39	109,04	109,04	101,63	110,27	108,07	103,79

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	RL 500m	AS 0,75m 500m	AS 1,00m 500m	RL 600m	AS 0,75m 600m	AS 1,00m 600m	RL 700m	AS 0,75m 700m	AS 1,00m 700m
Mittelwert	0,72	0,89	0,89	0,60	0,82	0,88	0,62	0,89	0,81
SDLP	0,48	0,50	0,53	0,52	0,47	0,48	0,50	0,50	0,40
	RL 800m	AS 0,75m 800m	AS 1,00m 800m	RL 900m	AS 0,75m 900m	AS 1,00m 900m	RL 1000m	AS 0,75m 1000m	AS 1,00m 1000m
Mittelwert	0,62	0,80	0,83	0,65	0,82	0,85	0,49	0,74	0,77
SDLP	0,48	0,47	0,40	0,50	0,50	0,47	0,44	0,52	0,50

Allee

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	RL Anfang	AS 0,75m Anfang	AS 1,00m Anfang	RL Mitte	AS 0,75m Mitte	AS 1,00m Mitte	RL Ende	AS 0,75m Ende	AS 1,00m Ende
Mittelwert	85,79	85,27	85,93	84,28	84,17	84,43	79,73	79,83	79,96
Standardab- weichung	11,14	11,84	14,17	11,80	12,20	13,78	12,60	12,49	13,56
V 15	75,42	74,16	73,76	72,43	73,04	72,32	65,34	69,30	65,30
V 85	96,91	95,69	100,69	95,40	95,15	98,21	94,46	92,56	93,82

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	RL Anfang	AS 0,75m Anfang	AS 1,00m Anfang	RL Mitte	AS 0,75m Mitte	AS 1,00m Mitte	RL Ende	AS 0,75m Ende	AS 1,00m Ende
Mittelwert	0,43	0,75	0,77	0,19	0,44	0,52	0,03	0,28	0,3
SDLP	0,35	0,43	0,4	0,38	0,4	0,41	0,34	0,41	0,38

Gegenverkehr – PKW

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	RL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	RL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	RL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	80,44	77,23	78,36	80,28	77,52	78,68	80,44	77,76	79,00
Standardab- weichung	12,05	13,08	12,67	11,99	13,19	12,49	11,93	13,19	12,35
V 15	67,36	64,80	67,39	66,06	67,10	67,36	66,17	65,95	67,50
V 85	92,77	92,70	91,37	93,28	93,60	91,01	93,10	94,03	91,37
	RL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	RL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	RL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	80,73	78,21	79,43	80,80	78,88	79,95	80,18	79,05	79,93
Standardab- weichung	11,85	13,01	12,25	11,69	12,75	12,05	11,35	12,62	11,68
V 15	67,18	65,30	68,62	67,07	67,14	69,52	67,03	68,98	69,08
V 85	93,24	94,36	91,84	93,13	94,75	92,63	93,28	93,20	92,27

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	RL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	RL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	RL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	-0,08	0,04	0,01	-0,13	-0,04	-0,04	-0,09	0,01	0,01
SDLP	0,39	0,31	0,30	0,32	0,25	0,24	0,35	0,21	0,22
	RL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	RL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	RL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	-0,11	-0,02	0,04	-0,03	0,07	0,13	0,07	0,18	0,22
SDLP	0,30	0,22	0,21	0,27	0,23	0,25	0,30	0,30	0,30

Rechtskurven**Unbeeinflusste Fahrt (R=250 m)**

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	RL KLA	AS 0,75m KLA	AS 1,00m KLA	RL KBA	AS 0,75m KBA	AS 1,00m KBA
Mittelwert	72,27	73,37	73,69	77,77	78,38	79,03
Standardabweichung	11,47	11,14	11,33	12,38	12,35	12,19
V 15	58,72	59,83	60,19	65,05	64,33	65,88
V 85	84,31	84,28	84,96	91,80	92,70	92,81
	RL KBM	AS 0,75m KBM	AS 1,00m KBM	RL KBE	AS 0,75m KBE	AS 1,00m KBE
Mittelwert	79,01	79,30	80,63	80,52	81,14	82,39
Standardabweichung	12,10	12,04	12,97	11,79	12,24	13,16
V 15	65,84	68,69	68,36	67,54	71,60	71,53
V 85	94,14	92,59	94,54	95,11	94,50	95,22

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	RL KLA	AS 0,75m KLA	AS 1,00m KLA	RL KBA	AS 0,75m KBA	AS 1,00m KBA
Mittelwert	1,02	1,16	1,18	0,35	0,36	0,41
SDLP	0,70	0,50	0,60	0,52	0,39	0,44
	RL KBM	AS 0,75m KBM	AS 1,00m KBM	RL KBE	AS 0,75m KBE	AS 1,00m KBE
Mittelwert	0,22	0,25	0,31	0,13	0,29	0,36
SDLP	0,44	0,43	0,49	0,44	0,31	0,42

Gegenverkehr – PKW (R=294 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	RL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	RL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	RL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	82,05	80,26	81,12	82,05	79,57	81,15	82,14	79,37	81,13
Standardabweichung	11,28	12,14	13,42	11,50	12,02	13,56	11,62	11,99	13,56
V 15	70,96	73,04	64,55	71,50	70,38	65,52	71,28	70,99	65,81
V 85	96,59	93,28	94,21	97,06	93,35	92,92	97,27	93,38	93,82
	RL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	RL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	RL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	82,45	79,47	81,20	82,96	79,89	81,57	83,18	80,06	81,90
Standardabweichung	11,67	11,96	13,62	11,65	11,82	13,64	11,51	11,64	13,33
V 15	71,93	70,45	66,67	72,97	71,89	67,82	72,68	72,65	68,76
V 85	97,56	93,24	94,64	97,67	93,46	94,68	97,85	93,06	94,90

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	RL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	RL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	RL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	0,48	0,74	0,68	0,20	0,28	0,35	0,13	0,15	0,16
SDLP	0,40	0,48	0,44	0,30	0,28	0,32	0,25	0,25	0,26
	RL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	RL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	RL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	-0,03	-0,02	0,02	-0,03	0,02	0,12	0,11	0,22	0,26
SDLP	0,26	0,23	0,25	0,29	0,23	0,27	0,33	0,27	0,33

Linkskurven**Unbeeinflusste Fahrt (R=213 m)**

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	RL KLA	AS 0,75m KLA	AS 1,00m KLA	RL KBA	AS 0,75m KBA	AS 1,00m KBA
Mittelwert	85,72	85,47	84,79	80,94	81,12	80,74
Standardabweichung	13,93	13,89	14,18	14,43	14,38	14,57
V 15	73,15	71,32	72,79	66,82	64,08	67,43
V 85	99,83	100,26	100,48	95,76	95,94	95,29
	RL KBM	AS 0,75m KBM	AS 1,00m KBM	RL KBE	AS 0,75m KBE	AS 1,00m KBE
Mittelwert	79,16	79,31	78,84	81,09	80,47	80,34
Standardabweichung	13,91	13,27	13,31	12,82	13,31	12,02
V 15	64,22	68,33	69,08	67,93	68,08	69,98
V 85	94,54	94,00	94,00	95,04	95,98	93,28

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	RL KLA	AS 0,75m KLA	AS 1,00m KLA	RL KBA	AS 0,75m KBA	AS 1,00m KBA
Mittelwert	0,18	0,38	0,43	0,33	0,62	0,63
SDLP	0,40	0,41	0,45	0,49	0,47	0,47
	RL KBM	AS 0,75m KBM	AS 1,00m KBM	RL KBE	AS 0,75m KBE	AS 1,00m KBE
Mittelwert	0,74	1,15	1,13	1,06	1,13	1,19
SDLP	0,55	0,57	0,55	0,51	0,61	0,49

Gegenverkehr – PKW (R=243 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	RL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	RL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	RL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	88,45	88,59	86,06	83,52	83,34	80,86	80,11	80,68	77,85
Standardabweichung	16,07	16,15	12,74	14,33	14,97	12,89	13,92	14,68	13,79
V 15	74,85	74,42	71,21	69,53	69,56	66,23	64,32	66,04	64,44
V 85	102,93	99,75	98,90	98,93	94,23	92,78	96,10	92,51	90,95
	RL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	RL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	RL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	77,80	78,52	76,21	76,82	77,66	75,91	76,26	77,35	76,03
Standardabweichung	13,93	14,33	13,48	13,72	13,99	13,07	13,37	13,62	12,76
V 15	62,78	64,12	63,26	61,73	63,95	63,37	60,78	64,04	63,35
V 85	94,46	92,24	89,28	93,25	91,85	89,55	92,19	91,87	88,90

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	RL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	RL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	RL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	0,24	0,47	0,54	0,18	0,29	0,28	0,17	0,25	0,20
SDLP	0,45	0,48	0,39	0,44	0,47	0,30	0,38	0,38	0,27
	RL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	RL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	RL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	0,05	0,07	0,07	0,22	0,17	0,22	0,60	0,56	0,63
SDLP	0,46	0,37	0,29	0,60	0,52	0,39	0,69	0,74	0,56

Gegenverkehr – Bus (R=213 m)

Geschwindigkeitsparameter (in km/h)

	RL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	RL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	RL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	74,43	75,22	74,9	71,82	72,33	72,04	70,23	69,91	69,8
Standardabweichung	12,13	12,42	12,28	12,33	12,66	12,59	12,24	13,3	14,09
V 15	60,3	67,57	63,07	56,41	61,96	59,94	56,23	60,66	58,32
V 85	88,24	88,63	88,42	86,26	86,15	85,1	86,04	83,23	82,91
	RL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	RL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	RL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	68,79	68,29	68,36	68,82	68,27	68,56	69,7	69,36	69,53
Standardabweichung	12,52	13,68	14,53	12,5	13,37	13,74	12,4	12,78	13,03
V 15	56,23	59,69	55,62	55,37	57,85	55,98	57,28	58,1	56,59
V 85	85,25	82,48	81,04	85,61	81,94	81,25	85,72	81,47	82,22

Abstand zum Fahrbahnrand (in cm)

	RL 200m	AS 0,75m 200m	AS 1,00m 200m	RL 100m	AS 0,75m 100m	AS 1,00m 100m	RL 50m	AS 0,75m 50m	AS 1,00m 50m
Mittelwert	0,26	0,43	0,53	0,13	0,51	0,54	0,01	0,26	0,31
SDLP	0,37	0,44	0,41	0,38	0,47	0,43	0,31	0,35	0,32
	RL 0m	AS 0,75m 0m	AS 1,00m 0m	RL -50m	AS 0,75m -50m	AS 1,00m -50m	RL -100m	AS 0,75m -100m	AS 1,00m -100m
Mittelwert	-0,17	-0,04	0,01	-0,02	0,05	0,11	0,35	0,48	0,52
SDLP	0,27	0,24	0,24	0,32	0,28	0,29	0,41	0,40	0,40

Anhang E: Blickverhaltensmaße der Streckenabschnitte

Tab. 1: Blickverhaltensmaße inklusive signifikanter Ergebnisse (Irrtumswahrscheinlichkeit (p)) der Bonferroni-Vergleichstests bei unbeeinflusster Fahrt

	Gerade			Linkskurve			Rechtskurve		
	Fix.anteil (%)	Anzahl	Dauer (s)	Fix.anteil (%)	Anzahl	Dauer (s)	Fix.anteil (%)	Anzahl	Dauer (s)
FB6	ML	79,45	41,89	0,37	86,75	7,96	78,79	14,33	0,37
	AS 0,75m	79,13	48,85	0,32	82,05	8,70	82,73	16,63	0,31
	AS 1,00m	83,25	43,52	0,35	85,64	9,22	81,59	16,52	0,34
FB55	ML	87,28	36,14	0,44	86,69	4,45	85,38	9,17	0,42
	AS 0,75m_1:2	82,46	38,24	0,40	84,18	4,64	83,92	10,54	0,37
	AS 0,75m_1:1	81,91	40,71	0,37	78,28	4,09	84,65	10,46	0,39
	AS 1,00m_1:2	82,12	41,57	0,39	77,64	4,82	86,39	10,38	0,38
	AS 1,00m_1:1	84,26	41,29	0,38	84,57	4,59	85,72	10,46	0,34
FB5	RL	83,40	44,96	0,34	86,17	21,69	82,95	42,88	0,29
	AS 0,75m	80,66	45,54	0,32	84,98	21,73	79,95	45,79	0,26
	AS 1,00m	81,79	45,17	0,33	83,41	21,50	83,72	45,08	0,27

Tab. 2.: Blickverhaltensmaße inklusive signifikanter Ergebnisse (Irrtumswahrscheinlichkeit (p)) der Bonferroni-Vergleichstests bei Gegenverkehr

	Gerade			Linkskurve			Rechtskurve		
	Fix.anteil (%)	Anzahl	Dauer (s)	Fix.anteil (%)	Anzahl	Dauer (s)	Fix.anteil (%)	Anzahl	Dauer (s)
	ML	85,34	15,22	0,32	87,90	13,04	0,35	87,73	12,30
FB6	AS 0,75m	84,69	0,30	84,21	14,81	0,30	85,46	13,70	0,34
	AS 1,00m	88,02	0,34	85,17	15,26	0,31	83,16	15,41	0,30
						p=04			p=033
ML	86,10	11,30	0,39	61,78	12,77	0,25	83,23	12,68	0,35
AS 0,75m_1:2	83,58	12,22	0,34	67,30	12,45	0,30	86,92	12,68	0,34
FB55	AS 0,75m_1:1	86,71	0,41	68,94	13,59	0,28	88,79	11,45	0,38
	AS 1,00m_1:2	89,62	0,38	57,78	11,95	0,25	87,65	12,23	0,38
AS 1,00m_1:1	83,77	12,30	0,36	67,44	13,68	0,27	84,97	12,18	0,34
RL	83,21	15,38	0,35	85,00	16,27	0,30	86,89	15,64	0,34
FB5	AS 0,75m	83,12	0,30	80,23	17,08	0,27	82,07	15,36	0,30
	AS 1,00m	82,53	0,28	85,17	17,35	0,31	84,97	15,75	0,31

Anhang F: Vergleich der Bus- und Pkw-Begegnung

Tab. 3: Ergebnisse (Irrtumswahrscheinlichkeit (p)) der Bonferroni-Vergleichstests bei der Bus- und Pkw – Begegnung

Fahrbahn/ Streckenabschnitt	Abstand zum GV	Bus - Begegnung			Pkw - Begegnung		
		LL & AS 0,75m	LL & AS 1,00m	AS,0,75m & AS 1,00m	LL & AS 0,75m	LL & AS 1,00m	AS,0,75m & AS 1,00m
FB 6,00m Linkskurve (R=265 m)	200m	,03	,102	<,001	,008	<,001	,022
	100m	,001	,681	<,001	,250	,035	,169
	50m	,106	,578	,003	,195	,009	,478
	0m	,012	,585	,585	,368	,016	,599
	-50m	,125	1,00	,131	,056	,033	1,00
	-100m	,03	1,00	,045	<,001	<,001	1,00
FB 5,00m Rechtskurve (R= 588 m)	200m	,011	,116	<,001	,070	<,001	,004
	100m	1,00	,48	<,001	,002	,003	1,00
	50m	1,00	,021	,046	,014	,012	1,00
	0m	1,00	,045	1,00	,256	,021	,378
	-50m	1,00	1,00	1,00	,118	,018	,810
	-100m	1,00	1,00	,295	,012	,019	1,00
FB 5,00m Linkskurve (R= 213 m)	200m	,008	,039	<,001	,002	<,001	1,00
	100m	<,001	1,00	<,001	,143	,565	1,00
	50m	<,001	,540	<,001	,374	1,00	,379
	0m	,602	,315	<,001	1,00	1,00	1,00
	-50m	,388	,494	,014	1,00	1,00	,950
	-100m	,010	1,00	<,001	1,00	1,00	,798

Anhang G: Messstrecken Freistaat Sachsen (Messquerschnitte)/Nordrhein-Westfalen

Fahrbahnbreite B= 6,00 m - Freistaat Sachsen

Vorher: Mittlere Leitlinie, Nachher: Kernfahrbahn 4,00 m, Ausweichstreifen 1,00 m

Messquerschnitt - Gerade



Messquerschnitt - Kurve (R = 104 m)



Fahrbahnbreite B= 6,00 m - Nordrhein-Westfalen

Referenzstrecke: Mittlere Leitlinie, Nachher: Kernfahrbahn 4,00 m, Ausweichstreifen 1,00 m



Fahrbahnbreite B= 5,50 m - Freistaat Sachsen

Vorher: Mittlere Leitlinie, Nachher: Kernfahrbahn 4,00 m, Ausweichstreifen 0,75 m

Messquerschnitt - Gerade



Messquerschnitt - Kurve (R = 500 m)

**Fahrbahnbreite B= 5,50 m - Nordrhein-Westfalen**

Referenzstrecke: Mittlere Leitlinie, Nachher: Kernfahrbahn 3,00 m, Ausweichstreifen 1,00 m



Fahrbahnbreite B= 5,00 m - Nordrhein-Westfalen

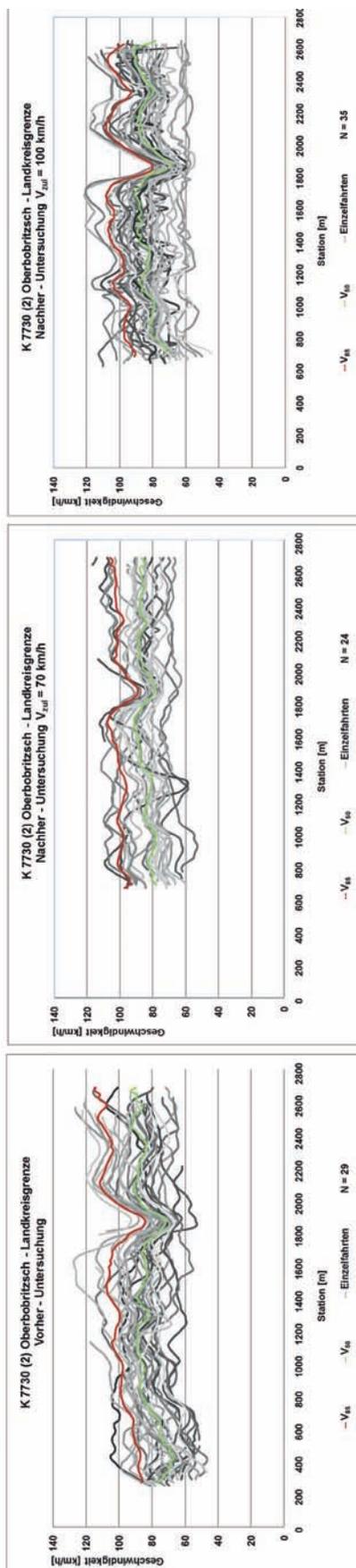
Vorher: Randmarkierung, Nachher: Kernfahrbahn 3,00 m, Ausweichstreifen 1,00 m



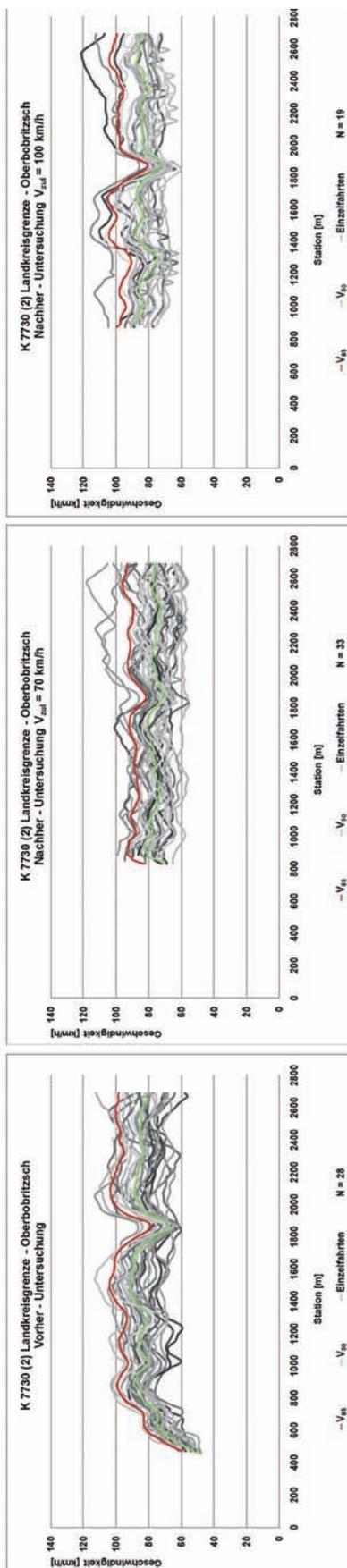
Anhang H: Geschwindigkeitsprofile in Einzelbetrachtung

Freistaat Sachsen: Fahrbahnbreite B= 6,00 m, Vorher: Mittlere Leitlinie, Nachher: Kernfahrbahn 4,00 m, Ausweichstreifen 1,00 m

Fahrtrichtung 1

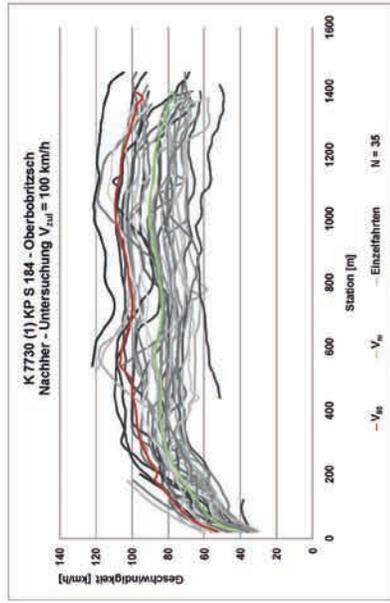
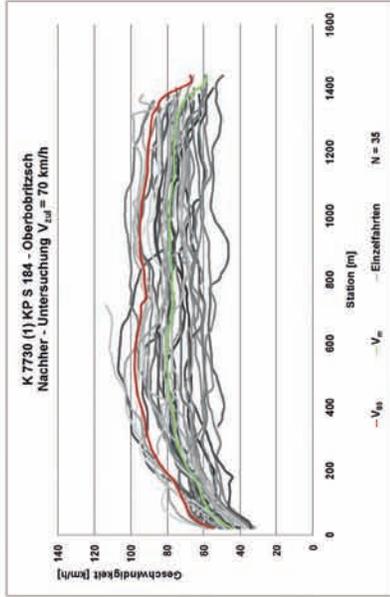
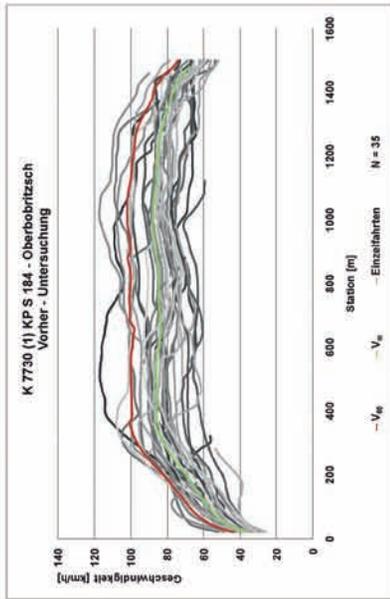


Fahrtrichtung 2

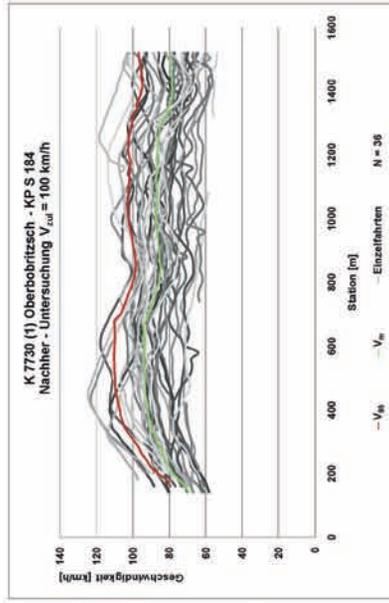
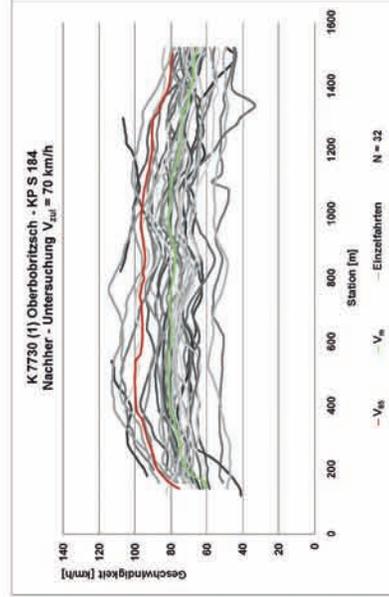
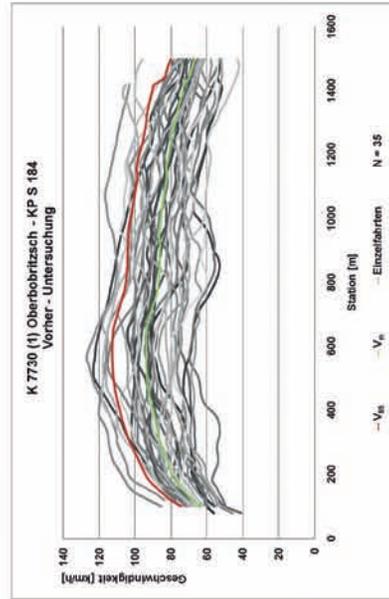


Freistaat Sachsen: Fahrbahnbreite B= 5,50 m, Vorher: Mittlere Leitlinie, Nachher: Kernfahrbahn 4,00 m, Ausweichstreifen 0,75 m

Fahrtrichtung 1

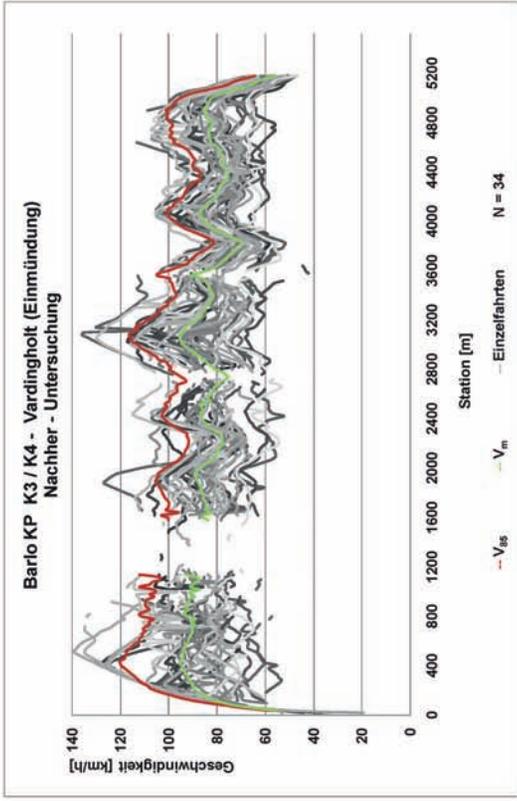
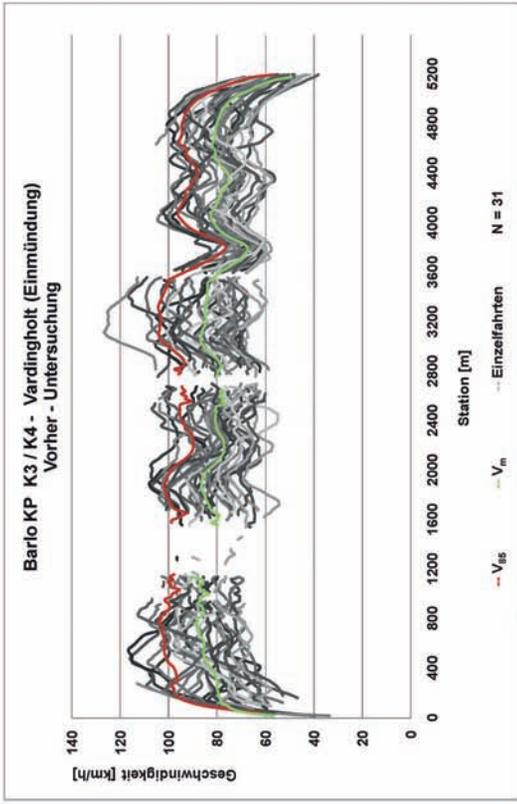


Fahrtrichtung 2

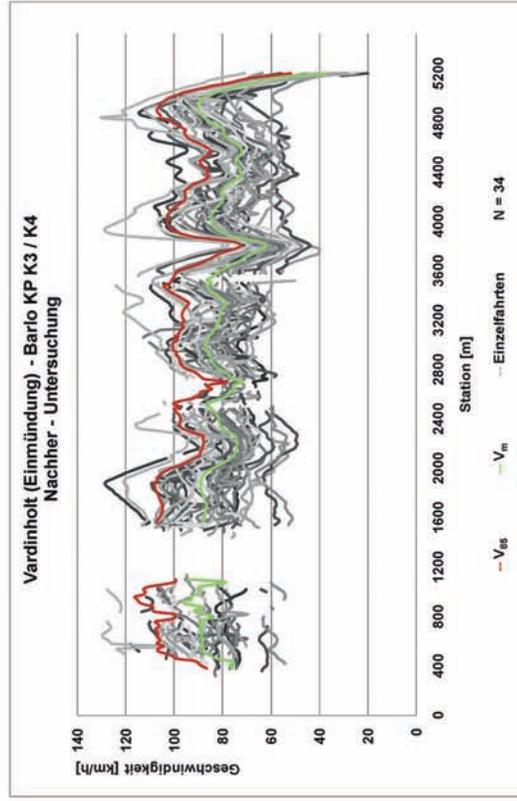
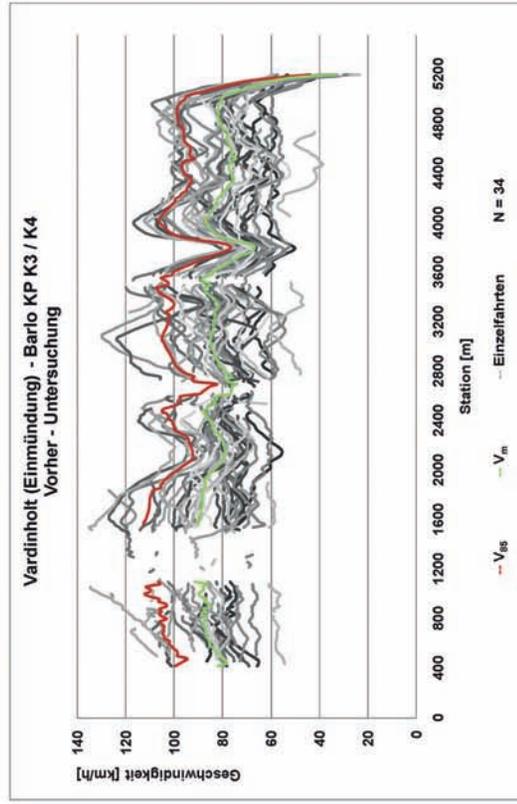


Nordrhein-Westfalen: Fahrbahnbreite B= 5,00 m, Vorher: Mittlere Leitlinie, Nachher: Kernfahrbahn 3,00 m, Ausweichstreifen 1,00 m

Fahrtrichtung 1



Fahrtrichtung 2



Anhang J: Unfallübersichten und -Karten

Fahrbahnbreite B = 6,00 m - Freistaat Sachsen

K 7730 (2) Vorher-Zeitraum (01.10.2006 - 30.09.2009)

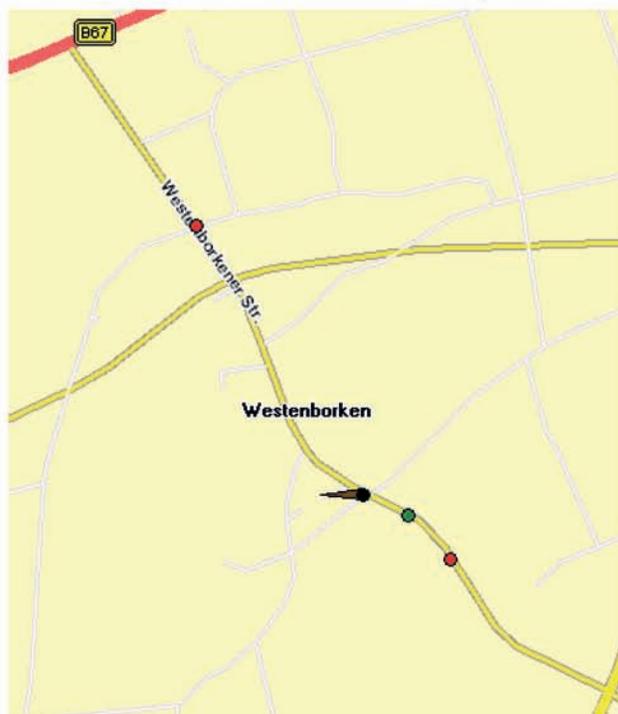


K 7730 (2) Nachher-Zeitraum (01.12.2009 - 30.11.2012)



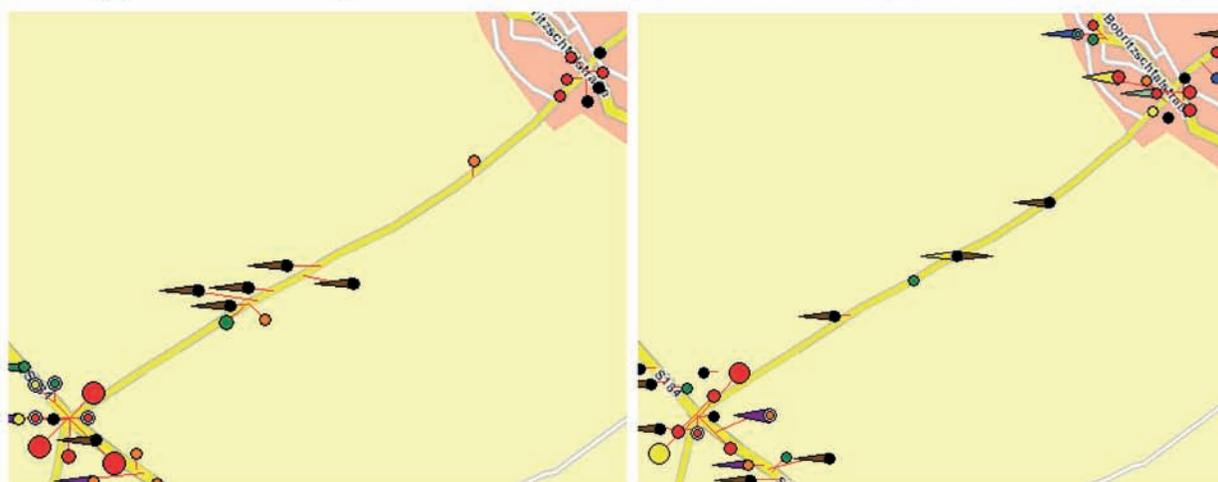
Fahrbahnbreite B = 6,00 m – Nordrhein-Westfalen

K 50 ummarkierter Streckenabschnitt (01.08.2009 - 31.07.2012)



Fahrbahnbreite B = 5,50 m – Freistaat Sachsen

K 7730 (1) Vorher-Zustand (01.10.2006 - 30.09.2009) / Nachher-Zustand (01.12.2009 - 30.11.2012)



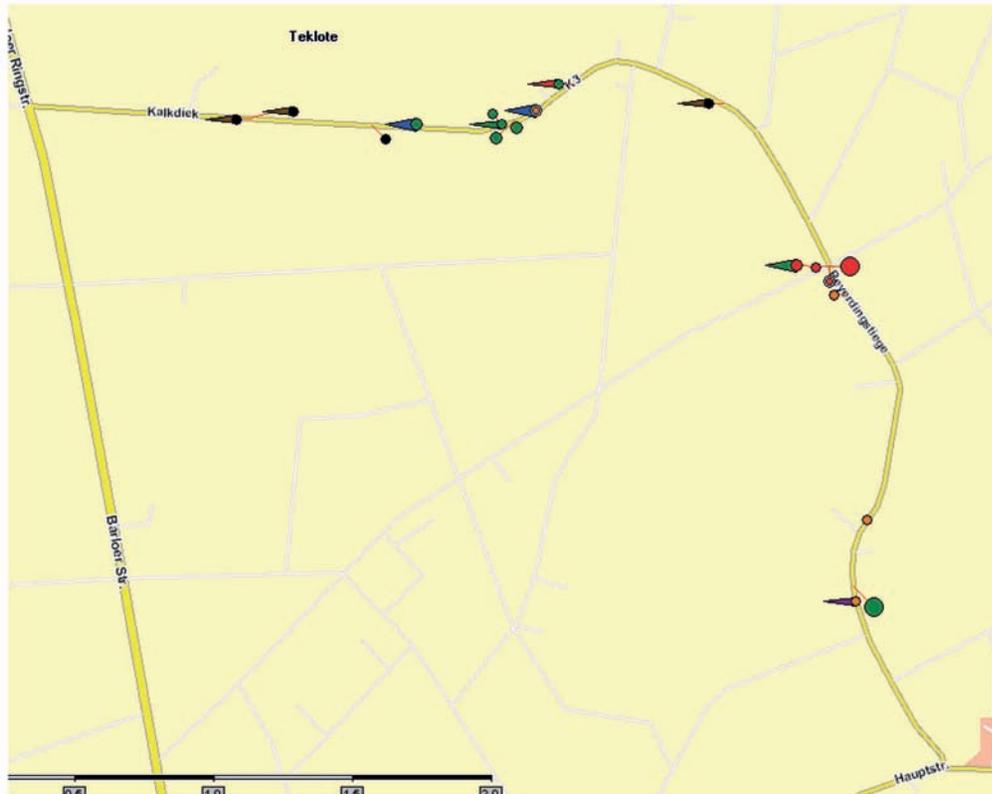
Fahrbahnbreite B = 5,50 m – Nordrhein-Westfalen

L 573 Vohrher-Zeitraum (01.09.2005 - 31.08.2008) / Nachher-Zeitraum (01.12.2008 - 30.11.2011)

Unfalldaten ohne Lokalisierung

Fahrbahnbreite B = 5,00 m – Nordrhein-Westfalen**K 3 Vorher-Zeitraum (01.06.2006 bis 31.05.2009)**

Unfalldaten ohne Lokalisierung

K 3 Nachher-Zeitraum (01.08.2009 bis 31.07.2012)

Definitionen und methodische Erläuterungen

Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 7, 2011

Unfallursachenverzeichnis

- Verkehrstüchtigkeit**
- 01 Alkoholeinfluss
- 02 Einfluss anderer berauschender
Mittel (z.B. Drogen, Rauschgift)
- 03 Ermüdung
- 04 Sonstige körperliche oder geistige Mängel
- Fehler der Fahrzeugführer:
- Straßenbenutzung**
- 10 Benutzung der falschen Fahrbahn (auch Richtungsfahrbahn) oder verbotswidrige
Benutzung anderer Straßenteile
- 11 Verstoß gegen das Rechtsfahrgebot
- Geschwindigkeit**
- 12 Nicht angepasste Geschwindigkeit mit gleichzeitigem Überschreiten der zulässigen Höchstgeschwindigkeit
- 13 in anderen Fällen
- Abstand**
- 14 Ungenügender Sicherheitsabstand (Sonstige Ursachen, die zu einem Verkehrsunfall führen, sind den zutreffenden Positionen, wie Geschwindigkeit, Ermüdung usw. zuzuordnen)
- 15 Starkes Bremsen des Vorfahrenden ohne zwingenden Grund
- Überholen**
- 16 Unzulässiges Rechtsüberholen
- 17 Überholen trotz Gegenverkehrs
- 18 Überholen trotz unklarer Verkehrslage
- 19 Überholen trotz unzureichender Sichtverhältnisse
- 20 Überholen ohne Beachtung des nachfolgenden Verkehrs und/oder ohne rechtzeitige und deutliche Ankündigung des Ausscherens
- 21 Fehler beim Wiedereinordnen nach rechts
- 22 Sonstige Fehler beim Überholen (z.B. ohne genügenden Seitenabstand; an Fußgängerüberwegen s. Pos. 38, 39)
- 23 Fehler beim Überholt werden
- Vorbeifahren**
- 24 Nichtbeachten des Vorranges entgegenkommender Fahrzeuge beim Vorbeifahren an haltenden Fahrzeugen, Absperrungen oder Hindernissen (§ 6) (ausgenommen Pos. 32).
- 25 Nichtbeachten des nachfolgenden Verkehrs beim Vorbeifahren an haltenden Fahrzeugen, Absperrungen oder Hindernissen und/oder ohne rechtzeitige und deutliche Ankündigung des Ausscherens Nebeneinanderfahren
- 26 Fehlerhaftes Wechseln des Fahrstreifens beim Nebeneinanderfahren oder Nichtbeachten des Reißverschlussverfahrens (§ 7) (ausgenommen Pos. 20, 25).
- Vorfahrt, Vorrang**
- 27 Nichtbeachten der Regel "rechts vor links"
- 28 Nichtbeachten der die Vorfahrt regelnden Verkehrszeichen (§ 8) (ausgenommen Pos. 29)
- 29 Nichtbeachten der Vorfahrt des durchgehenden Verkehrs auf Autobahnen oder Kraftfahrstraßen (§ 18, Abs. 3)
- 30 Nichtbeachten der Vorfahrt durch Fahrzeuge, die aus Feld- und Waldwegen kommen

- 31 Nichtbeachten der Verkehrsregelung durch Polizeibeamte oder Lichtzeichen (ausgenommen Pos. 39)
- 32 Nichtbeachten des Vorranges entgegenkommender Fahrzeuge (Zeichen 208 StVO)
- 33 Nichtbeachten des Vorranges von Schienenfahrzeugen an Bahnübergängen
- Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren**
- 35 Fehler beim Abbiegen (§ 9) (ausgenommen Pos. 33, 40)
- 36 Fehler beim Wenden oder Rückwärtsfahren
- 37 Fehler beim Einfahren in den fließenden Verkehr (z.B. aus einem Grundstück, von einem anderen Straßenteil oder beim Anfahren vom Fahrbahnrand)
- Falsches Verhalten gegenüber Fußgängern**
- 38 an Fußgängerüberwegen
- 39 an Fußgängerfurten
- 40 beim Abbiegen
- 41 an Haltestellen (auch haltenden Schulbussen mit eingeschaltetem Warnblinklicht)
- 42 an anderen Stellen
- Ruhender Verkehr, Verkehrssicherung**
- 43 Unzulässiges Halten oder Parken
- 44 Mangelnde Sicherung haltender oder liegengebliebener Fahrzeuge und von Unfallstellen sowie von Schulbussen bei denen Kinder ein- oder aussteigen
- 45 Verkehrswidriges Verhalten beim Ein- oder Aussteigen, Be- oder Entladen
- 46 Nichtbeachten der Beleuchtungsvorschriften (ausgenommen Pos. 50)
- Ladung, Besetzung**
- 47 Überladung, Überbesetzung
- 48 Unzureichend gesicherte Ladung oder Fahrzeugzubehörteile
- 49 Andere Fehler beim Fahrzeugführer

Technische Mängel, Wartungsmängel:

- 50 Beleuchtung
- 51 Bereifung
- 52 Bremsen
- 53 Lenkung
- 54 Zugvorrichtung
- 55 Andere Mängel

Falsches Verhalten der Fußgänger:

- Falsches Verhalten beim Überschreiten der Fahrbahn:**
- 60 an Stellen, an denen der Fußgängerverkehr durch Polizeibeamte oder Lichtzeichen geregelt war
- 61 auf Fußgängerüberwegen ohne Verkehrsregelung durch Polizeibeamte oder Lichtzeichen
- 62 in der Nähe von Kreuzungen oder Einmündungen, Lichtzeichenanlagen oder Fußgängerüberwegen bei dichtem Verkehr
- an anderen Stellen:**
- 63 durch plötzliches Hervortreten hinter Sichthindernissen
- 64 ohne auf den Fahrzeugverkehr zu achten
- 65 durch sonstiges falsches Verhalten
- 66 Nichtbenutzen des Gehweges
- 67 Nichtbenutzen der vorgeschriebenen Straßenseite
- 68 Spielen auf oder neben der Fahrbahn
- 69 Andere Fehler der Fußgänger

allgemeine Unfallursachen:

Straßenverhältnisse

Glätte oder Schlüpfrigkeit der Fahrbahn

- 70 Verunreinigung durch ausgeflossenes Öl
- 71 Andere Verunreinigungen durch Straßenbenutzer
- 72 Schnee, Eis
- 73 Regen
- 74 Andere Einflüsse (u.a. Laub, angeschwemmter Lehm)

Zustand der Straße

- 75 Spurrillen, im Zusammenhang mit Regen, Schnee oder Eis
- 76 Anderer Zustand der Straße
- 77 Nicht ordnungsgemäßer Zustand der Verkehrszeichen oder –einrichtungen
- 78 Mangelhafte Beleuchtung der Straße
- 79 Mangelhafte Sicherung von Bahnübergängen

Witterungseinflüsse

Sichtbehinderung durch:

- 80 Nebel
- 81 Starken Regen, Hagel, Schneegestöber usw.
- 82 Blendende Sonne
- 83 Seitenwind
- 84 Unwetter oder sonstige Witterungseinflüsse

Hindernisse

- 85 Nicht oder unzureichend gesicherte Arbeitsstelle auf der Fahrbahn
- 86 Wild auf der Fahrbahn
- 87 Anderes Tier auf der Fahrbahn
- 88 Sonstiges Hindernis auf der Fahrbahn (ausgenommen Pos. 43, 44)
- 89 Sonstige Ursachen (mit kurzer Beschreibung aufführen)

Unfalltypen

1. Fahrrunfall ●

Der Unfall wurde ausgelöst durch den Verlust der Kontrolle über das Fahrzeug (wegen nichtangepasster Geschwindigkeit oder falscher Einschätzung des Straßenverlaufs, des Straßenzustandes o. ä.), ohne dass andere Verkehrsteilnehmer dazu beigetragen haben. Infolge unkontrollierter Fahrzeugbewegungen kann es dann aber zum Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern gekommen sein. Zu den Fahrrunfällen gehören aber nicht solche Unfälle, bei denen der Fahrer die Gewalt über das Fahrzeug infolge eines Konfliktes mit einem anderen Verkehrsteilnehmer, einem Tier oder einem Hindernis auf der Fahrbahn oder infolge plötzlichen körperlichen Unvermögens oder plötzlichen Schadens am Fahrzeug verloren hat. Im Verlauf des Fahrrunfalles kann es zu einem Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern kommen, so dass man nicht von einem Alleinunfall sprechen kann.

2. Abbiege-Unfall ●

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Abbieger und einem aus gleicher oder entgegengesetzter Richtung kommenden Verkehrsteilnehmer (auch Fußgänger) an Kreuzungen, Einmündungen, Grundstücks- oder Parkplatzzufahrten. Wer einer Straße mit abknickender Vorfahrt folgt, ist kein Abbieger.

3. Einbiegen/Kreuzen-Unfall ●

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem einbiegenden oder kreuzenden Wartepflichtigen und einem vorfahrtberechtigten Fahrzeug an Kreuzungen, Einmündungen oder Ausfahrten von Grundstücken und Parkplätzen.

4. Überschreiten-Unfall

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug und einem Fußgänger auf der Fahrbahn, sofern dieser nicht in Längsrichtung ging und sofern das Fahrzeug nicht abgebogen ist. Dies gilt auch, wenn der Fußgänger nicht angefahren wurde.

Ein Zusammenstoß mit einem Fußgänger, der sich in Längsrichtung auf der Fahrbahn bewegt, gehört zum Unfalltyp 6.

5. Unfall durch ruhenden Verkehr

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen einem Fahrzeug des fließenden Verkehrs und einem Fahrzeug, das parkt/hält

bzw. Fahrmanöver im Zusammenhang mit dem Parken/Halten durchführte. Unfälle mit Fahrzeugen, die nur verkehrsbedingt warten, zählen nicht dazu.

6. Unfall im Längsverkehr

Der Unfall wurde ausgelöst durch einen Konflikt zwischen Verkehrsteilnehmern, die sich in gleicher oder entgegengesetzter Richtung bewegten, sofern dieser Konflikt nicht einem anderen Unfalltyp entspricht.

7. Sonstiger Unfall

Hierzu zählen alle Unfälle, die keinem anderen Unfalltyp zuzuordnen sind. Beispiele: Wenden, Rückwärtsfahren, Parker untereinander, Hindernis oder Tier auf der Fahrbahn, plötzlicher Fahrzeugschaden (Bremsversagen, Reifenschäden o. ä.).

Unfallart

1. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das anfährt, anhält oder im ruhenden Verkehr steht

Anfahren oder Anhalten ist hier im Zusammenhang mit einer gewollten Fahrtunterbrechung zu sehen, die nicht durch die Verkehrslage veranlasst ist. Ruhender Verkehr im Sinne dieser Unfallart ist das Halten oder Parken am Fahrbahnrand, auf Seitenstreifen, auf den markierten Parkstellen unmittelbar am Fahrbahnrand, auf Gehwegen oder auf Parkplätzen. Der Verkehr von und zu Parkplätzen mit eigenen Zufahrten gehört zur Unfallart 5.

2. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das vorausfährt oder wartet

Unfälle durch Auffahren auf ein Fahrzeug, das selbst noch fuhr oder verkehrsbedingt hielt. Auffahren auf anführende bzw. anhaltende Fahrzeuge gehören zur Unfallart 1.

3. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das seitlich in gleicher Richtung fährt

Unfälle beim Nebeneinanderfahren (Streifen) oder beim Fahrstreifenwechsel (Schneiden).

4. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das entgegenkommt

Zusammenstöße im Begegnungsverkehr, ohne dass ein Kollisionspartner die Absicht hatte, über die Gegenspur abzubiegen.

5. Zusammenstoß mit anderem Fahrzeug, das einbiegt oder kreuzt

Zu dieser Unfallart gehören Zusammenstöße mit dem Querverkehr und Kollisionen mit Fahrzeugen die aus anderen Straßen, Wegen oder Grundstücken einbiegen oder dorthin abbiegen wollen. Das auffahren auf wartende Abbieger gehört zur Unfallart 2.

6. Zusammenstoß zwischen Fahrzeug und Fußgänger

Personen, die sich arbeitsbedingt auf der Fahrbahn aufhalten oder noch in enger Verbindung zu einem Fahrzeug stehen, wie Straßenarbeiter, Polizeibeamte bei der Verkehrsregelung oder ausgestiegene Fahrzeuginsassen bei Pannen zählen nicht als

Fußgänger. Zusammenstöße mit ihnen gehören zur Unfallart 10.

7. Aufprall auf ein Hindernis auf der Fahrbahn

Zu den Hindernissen zählen z.B. umgestürzte Bäume, Steine, verlorene Fracht sowie freilaufende Tiere oder Wild. Zusammenstöße mit geführten Tieren oder Reitern gehören zur Unfallart 10.

8./9. Abkommen von der Fahrbahn nach rechts/links

Bei diesen Unfallarten ist es nicht zu einem Zusammenstoß mit anderen Verkehrsteilnehmern gekommen. Es kann jedoch weitere Unfallbeteiligte geben, z.B. wenn das verunglückte Fahrzeug von der Straße abgekommen ist, weil es einem anderen Verkehrsteilnehmer ausgewichen ist, ohne ihn zu berühren.

10. (0) Unfall anderer Art

Hier werden alle Unfälle erfasst, die sich nicht einer der Unfallarten von 1 bis 9 zuordnen lassen

Einteilung der Unfallkategorien

Schwerste Unfallfolge	Unfallkategorie	Beschreibung
Unfall mit Getöteten	Kategorie 1	Mindestens ein getöteter Verkehrsteilnehmer
Unfall mit Schwerverletzten	Kategorie 2	Mindestens ein schwerverletzter Verkehrsteilnehmer, aber keine Getöteten
Unfall mit Leichtverletzten	Kategorie 3	Mindestens ein leichtverletzter Verkehrsteilnehmer, aber keine Getöteten und keine Schwerverletzten
Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden	Kategorie 4	Unfälle mit Sachschaden und Straftatbestand oder Ordnungswidrigkeitsanzeige, bei denen mind. ein Kfz nicht mehr fahrbereit ist (abschleppen)
	Kategorie 6	Alle übrigen Sachschadenumfälle mit Alkohol
Sonstiger Unfall mit Sachschaden	Kategorie 5	Sachschadenumfälle <ul style="list-style-type: none"> - Mit Straftatbestand oder Ordnungswidrigkeitsanzeige ohne Alkohol, bei denen alle Kfz fahrbereit sind - Mit lediglich geringfügiger Ordnungswidrigkeit (Verwarnung), unabhängig, ob Kfz fahrbereit oder nicht fahrbereit

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2010

V 188: Stoffeinträge in den Straßenseitenraum – Reifenabrieb
Kocher, Brose, Feix, Görg, Peters, Schenker € 14,00

V 189: Einfluss von verkehrsberuhigenden Maßnahmen auf die PM10-Belastung an Straßen
Düring, Lohmeyer, Pöschke, Ahrens, Bartz, Wittwer, Becker, Richter, Schmidt, Kupiainen, Pirjola, Stojiljkovic, Malinen, Portin € 16,50

V 190: Entwicklung besonderer Fahrbahnbeläge zur Beeinflussung der Geschwindigkeitswahl
Lank, Steinauer, Busen € 29,50
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 191: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2008
Fitschen, Nordmann € 27,00
Dieser Bericht ist als Buch und als CD erhältlich oder kann ferner als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 192: Anprall von Pkw unter großen Winkeln gegen Fahrzeugrückhaltesysteme
Gärtner, Egelhaaf € 14,00

V 193: Anprallversuche an motorradfahrerfreundlichen Schutzeinrichtungen
Klöckner € 14,50

V 194: Einbindung städtischer Verkehrsinformationen in ein regionales Verkehrsmanagement
Ansorge, Kirschfink, von der Ruhren, Hebel, Johanning € 16,50

V 195: Abwasserbehandlung an PWC-Anlagen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Londong, Meyer € 29,50

V 196: Sicherheitsrelevante Aspekte der Straßenplanung
Bark, Kutschera, Baier, Klemp-Kohnen € 16,00

V 197: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2008
Lensing € 16,50

V 198: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2005/2006
Kocher, Brose, Chlubek, Karagüzel, Klein, Siebertz € 14,50

V 199: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2006/2007
Kocher, Brose, Chlubek, Görg, Klein, Siebertz € 14,00

V 200: Ermittlung von Standarts für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen
Bäumer, Hautzinger, Kathmann, Schmitz, Sommer, Wermuth € 18,00

V 201: Quantifizierung der Sicherheitswirkungen verschiedener Bau-, Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstraßen
Vieten, Dohmen, Dürhager, Legge € 16,00

2011

V 202: Einfluss innerörtlicher Grünflächen und Wasserflächen auf die PM10-Belastung
Endlicher, Langner, Dannenmeier, Fiedler, Herrmann, Ohmer, Dalter, Kull, Gebhardt, Hartmann € 16,00

V 203: Bewertung von Ortsumgehungen aus Sicht der Verkehrssicherheit
Dohmen, Vieten, Kesting, Dürhager, Funke-Akbiyik € 16,50

V 204: Einfluss von Straßenrandbegrünung auf die PM10-Belastung
Bracke, Reznik, Mölleken, Berteilt, Schmidt € 22,00
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 205: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2009
Fitschen, Nordmann € 27,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

V 206: Sicherheitspotenzialkarten für Bundesstraßen nach den ESN
Färber, Lerner, Pöppel-Decker € 14,50

V 207: Gestaltung von Notöffnungen in transportablen Schutzeinrichtungen
Becker € 16,00

V 208: Fahrbahnquerschnitte in baulichen Engstellen von Ortsdurchfahrten
Gerlach, Breidenbach, Rudolph, Huber, Brosch, Kesting € 17,50

V 209: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2008/2009
Beer, Surkus, Kocher € 14,50

2012

V 210: Schmale zweibahnig vierstreifige Landstraßen (RQ 21)
Maier, Berger € 18,50

V 211: Innliegende Linkseinfädelungstreifen an plangleichen Knotenpunkten innerorts und im Vorfeld bebauter Gebiete
Richter, Neumann, Zierke, Seebo € 17,00

V 212: Anlagenkonzeption für Meisteregehöfte – Optimierung von Arbeitsabläufen
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 213: Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB
Laffont, Mahmoudi, Dohmen, Funke-Akbiyik, Vieten € 18,00

V 214: Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren
Schmellekamp, Tegethof
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 215: Stauprävention auf BAB im Winter
Kirschfink, Poschmann, Zobel, Schedler € 17,00

V 216: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)
Lippold, Weise, Jähig € 17,50

V 217: Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen
Alrutz, Bachmann, Rudert, Angenendt, Blase, Fohlmeister, Häckelmann € 18,50

V 218: Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzungen
Hausmann € 16,00

V 219: Bewältigung großer Verkehrsmengen auf Autobahnen im Winter
Roos, Zimmermann, Schulz, Riffel € 16,50

2013

V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie
Pöpping, Pollack, Müller € 16,00

- V 221: **Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen**
Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50
- V 222: **Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS**
Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50
- V 223: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010**
Fitschen, Nordmann € 16,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 224: **Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufhaltestufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2**
Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00
- V 225: **Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst**
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50
- V 226: **Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen**
Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00
- V 227: **Radpotenziale im Stadtverkehr**
Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00
- V 228: **Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr**
Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50
- V 229: **Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Mess-Systemen**
Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50
- V 230: **Verkehrsadaptive Netzsteuerungen**
Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50
- V 231: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011**
Fitschen, Nordmann € 28,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 232: **Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme**
Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50
- V 233: **Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse**
Lensing € 16,00
- V 234: **Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik**
Lensing € 17,50
- 2014**
- V 235: **Dynamische Messung der Nachsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen bei Nässe**
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00
- V 236: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012**
Fitschen, Nordmann € 28,50
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 237: **Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nachweis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung im Rahmen der KP II – Maßnahmen**
Bund-Länder Arbeitskreis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden. Der Anhang ist interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.
- V 238: **Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebsdienst – Sommerdienst**
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00
- V 239: **Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmarkierungen**
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00
- V 240: **Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen**
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz € 23,50
- V 241: **Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme**
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50
- V 242: **Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenindikatoren an Überquerungsstellen**
Boenke, Grossmann, Piazzolla, Rebstock, Herrnsdorf, Pfeil € 20,00
- V 243: **Nutzen und Kosten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen über den gesamten Lebenszyklus**
Balmberger, Maibach, Schüller, Dahl, Schäfer € 17,50
- V 244: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013**
Fitschen, Nordmann € 28,50
- V 245: **Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs**
Friedrich, Hoffmann, Axer, Niemeier, Tengen, Adams, Santel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 246: **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen**
Kathmann, Roggendorf, Kemper, Baier
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 247: **Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw**
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 248: **Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagentermittlung**
Burg, Röhling
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- 2015**
- V 249: **Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen**
Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.