

# Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 282

The logo consists of the word "bast" in a bold, lowercase, green sans-serif font. The letters are slightly shadowed, giving them a 3D appearance as if they are floating above a surface.

# Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen

von

Christian Lippold  
Anne Veters

Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften  
Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen

Frank Steinert

Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI  
Dresden

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Verkehrstechnik Heft V 282**

**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 02.0336/2012/BGB**  
Aktualisierung des Überholmodells  
auf Landstraßen

**Fachbetreuung**  
Thomas Jährig

**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](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9331  
ISBN 978-3-95606-300-8

Bergisch Gladbach, Februar 2017

## Kurzfassung – Abstract

### **Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen**

Das Unfallgeschehen auf Landstraßen weist eine besonders hohe Unfallschwere auf. Zur Reduktion der Längsverkehrsunfälle aufgrund von fehlerhaftem Überholen halten die „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL 2012) für jede Entwurfsklasse ein Überholprinzip bereit. Dennoch ist das Überholen unter Benutzung des Gegenfahrstreifens auf Straßen der EKL 3 und EKL 2 nicht ausgeschlossen. Deswegen wurde in den RAL eine erforderliche Überholsichtweite von 600 m auf einbahnig zweistreifigen Straßen anhand eines theoretischen Überholmodells festgelegt.

Zur Überprüfung und Aktualisierung des derzeit gültigen Überholmodells auf Landstraßen werden im Rahmen dieser Untersuchung vollständige Überholungen im realen Verkehrsgeschehen mit einer Drohne aufgenommen. Die Überholvorgänge werden hinsichtlich ihrer Kenngrößen ausgewertet. Daraus wird ein Modell zur Bestimmung der erforderlichen Überholsichtweite in Abhängigkeit der entwurfstechnischen Randbedingungen abgeleitet.

Im Ergebnis werden Empfehlungen eines aktualisierten Überholmodells auf Landstraßen zur Übernahme in die RAL gegeben.

Abgeleitet aus den Ergebnissen werden Empfehlungen formuliert, unter welchen Bedingungen das Überholen durch verkehrsrechtliche Maßnahmen unterbunden werden sollte.

### **Verification of the existing model for passing sight distance on rural highways**

Accidents on rural roads show a very high accident severity. In order to reduce accidents caused by passing among others, new “Guidelines for the Design of Rural Road” (RAL 2012) have been introduced. The RAL (2012) defines four different types of roads (design classes) including different principles for passing. On roads of design class 2 and 3 passing by using the opposing traffic lane is still possible. For this reason, the RAL recommends a passing sight distance of 600 m on single carriageway two-lane rural roads. This value was determined by a theoretical model.

The aim of the project was to verify and update the current passing sight model. For this purpose, passing maneuvers were recorded by using an airborne drone. This technology allows capturing the entire passing maneuver including the approach of the opposing traffic. The parameters of the passing maneuvers were evaluated. A passing sight model was derived from that.

As research result, recommendations for the required passing sight distance on single carriageways two lane rural roads will be given.

Another output of the research will be recommendations for no-passing zones by traffic regulations.

## Summary

### Verification of the existing model for passing sight distance on rural highways

In 2013, the new “Guidelines for the Design of Rural Roads” (RAL 2012) have been introduced by the former Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development. Because of the high number of fatal accidents on rural roads the guidelines had the main objective to improve the road safety. Thereby one approach was to reduce accidents at the longitudinal traffic. Therefore, one specific principle of passing is assigned to each of the four design classes.

Roads of design class 1 are permanently three-lane roads on which safeguarded passing is ensured by one passing lane. That lane can be used alternately by the traffic, so that safeguarded passing is possible in each direction.

Roads of design class 2 have a two-lane cross section that is widened up to three lanes on some stretches. This is intended to guarantee safeguarded passing on about 20 to 25% of the section in each direction. On the two-lane sections, passing shall be permitted only if the sight distances are large enough.

Roads of design class 3 mean two-lane roads on which passing is permitted by sharing the opposing lane in case of sufficiently large sight distance. Otherwise it is possible to prohibit passing maneuvers by traffic regulations.

On sections of design class 4 passing is undesired. This is due to the only very short distances covered and to the minor traffic volume respectively the minor percentage of heavy good vehicles.

Also with the new concept of the RAL (2012) it is still possible to pass by using the opposing lane, especially on rural roads of design class 3. They account the highest share of rural roads. But also the two-lane sections of roads of design class 2 are affected.

In absence of actual empirical measurements the required passing sight distance of the RAL (2012) is based on a theoretical approach. This amounts to 600 m on single carriageways two-lane rural highways. It proceeds from the assumption of a flying passing maneuver. The basis of the model is

a truck driving at a speed of  $V = 70$  km/h and being passed by a passenger car with the maximum permitted speed of  $V = 100$  km/h. The opposing vehicle is also driving at the maximum permitted speed of  $V = 100$  km/h. The required passing sight distance is the sum of the distances covered by the passing vehicle, by the opposing vehicle and a safety distance of 100 m between both vehicles. But the RAL (2012) don't show the model itself anymore. It transmits the passing model of the former guidelines for rural road design (RAS-L 1995) and thus bases on the results of the investigations of DURTH/HABERMEHL (1986).

The aim of this research project was to validate and update the passing model currently used and its parameters, too. Apart from the model itself the value of 600 m should also be verified.

This leads to the following steps:

- Development of an investigation concept,
- Choice of measurement sections,
- Recording of passing maneuvers on single two lane rural highways,
- Determining parameters of passing maneuvers,
- Deriving values for the passing sight model,
- Deriving a passing sight model depending on boundary conditions regarding road design and traffic participation (sight distance, type of passed vehicle).

Besides the updating of the passing sight model another object was to give recommendations under which conditions (sight distance) passing has to be forbidden by traffic regulations.

### Methodology

Based on the experiences of former research projects the test sections were chosen with the following requirements:

- slight longitudinal slope ( $s < 3\%$ ),
- high range of sight distance (up to 1,000 m),
- sight distances between the full and the half required passing sight distance (300 m to 500 m),
- moderate traffic volume (3,000 vehicles/day up to 11,000 vehicles/day),

- cross sections with a solid surface of 7.0 m to 8.5 m width and
- no speed limit.
- available passing sight distance at the beginning of the passing maneuver.

In this investigation an airborne measurement data logging system (drone) was used to record passing maneuvers on selected sections. The measurement system has been developed by Fraunhofer Institute for Transportation and Infrastructure Systems Dresden. It consists of the hovering sensor platform "HORUS" (Hovering Remote controlled Ultralight Sensorplatform) and a high-resolution camera system.

The pictures of the drone were analyzed automatically. As result trajectories of the vehicles were generated. With the coordinates of the vehicles and the pictures of the camera the following parameters were evaluated:

- sight distance of the passing car at the beginning of the passing maneuver,
- speed of the passing, the passed and the opposing vehicle,
- speed difference between the passing and the passed vehicle,
- acceleration of the passing vehicle,
- distances covered by the passing, the passed and the opposing vehicle,
- distances between the passing and passed vehicle at the beginning and the end of the passing maneuver,
- distance between the passing and the opposing vehicle at the end of the passing maneuver,
- passing duration,
- accepted time gap and
- type of the vehicles.

Furthermore, the traffic volume and the speed of all free flow vehicles on the test sections were captured.

The passing maneuvers were divided into:

- with and without opposing traffic,
- type of passing maneuvers (delayed or flying),
- type of the vehicle of the passed vehicle (car, truck or agricultural vehicle) and

## Results

In this study, a total of 1,159 passing maneuvers could be recorded. 79.5% of these passing maneuvers have been single passings, that means passings where in each case one car passes another vehicle. Passing maneuver where a passenger car passes a truck make up more than half of all passing maneuvers.

Based on the observed passing maneuvers the following results can be derived:

### Speed

- The passed vehicles keep a constant speed during the passing maneuver.
- The speed of the passing car depends on the speed of the passed vehicle.
- Delayed passing maneuvers between car and truck show a constant speed difference of 25 km/h between both vehicles. This applies whether there is opposing traffic or not.

### Acceleration

- The determined accelerations are very less, even at the beginning of the passing maneuver.
- The acceleration decreases during the passing maneuver.
- The acceleration during passing maneuver with opposing traffic is higher than during passing maneuvers without opposing traffic.

### Passing Duration

- The passing duration at passing maneuvers with opposing traffic is shorter than at passing maneuvers without opposing traffic.
- The passing duration doesn't depend on the speed of the passing car or the passed vehicle.

### Covered Distance

- The passing distances of car/truck-passing maneuvers are longer than the passing distances of ca/car-passing maneuvers. Reason for that is the greater length of the trucks.

- The passing distances of passing maneuver with opposing traffic are shorter than the passing distances of passing maneuvers without opposing traffic.
- The passing distances of passing maneuvers with available sight distances  $SW_{vorh} \leq 600$  m are shorter than these of passing maneuvers with sight distances  $SW_{vorh} > 600$  m at the beginning of the passing maneuver.

#### Distance

- The safety distances between the passing car and the opposing vehicle at the end of the passing maneuver don't depend on the type of the passed vehicle (car or truck).
- The safety distances at passing maneuvers with available sight distances  $SW_{vorh} > 600$  m at the beginning of the passing maneuver are greater than at passing maneuvers with sight distances  $SW_{vorh} \leq 600$  m.

#### Finishing a passing maneuver

The distances for finishing a passing maneuver of delayed passing maneuvers of car and truck took 75% of the whole passing distance.

Delayed passing maneuvers with opposing traffic have the following parameters (Table 1).

parameter		
speed of the passed truck	$V_{t,50}$	68 km/h
speed of the passing car	$V_{c,50}$	94 km/h
passing duration	$t_{c,50}$	8 s
passing way	$s_{c,50}$	200 m
safety distance	$d_{S,50}$	185 m
accepted gap	$t_a$	13 s
distance for finishing a passing maneuver	$s_{P,50}$	155 m

**Tab. 1:** Parameters of delayed passing maneuvers of car and truck with opposing traffic

#### Recommendations

The model for the required passing sight distance can be derived from the results of the investigations.

The required passing sight distance consists of the passing distance, the distance covered by the opposing vehicle and the safety distance at the end of the passing maneuver.

The model bases on the delayed passing maneuver of car and truck. This vehicle group occurs mostly at two-lane rural highways. Moreover, they require the greater passing distances. Furthermore, the passing maneuvers with opposing traffic are decisive because the passing cars are influenced by the opposing traffic.

The basis of the passing sight model is the relation between the speed of the passed truck and the passing car. There are two equal possibilities for a solution. Both lead to the same length of the required passing sight distance.

The speed of the passed truck is assumed with 70 km/h. This speed corresponds with those that 50% of all free flow trucks don't exceed. From that a speed of the passing car of  $V_c = 95$  km/h can be calculated. Together with the passing duration of  $t = 8$  s the passing way results in  $s_c = 210$  m.

The speed of the opposing vehicle is assumed with  $V_o = 100$  km/h. Therewith the opposing car covers a distance of  $s_o = 220$  m during the passing maneuver. With an additional safety distance of  $d_S = 140$  m the required passing sight distance results in  $SW = 570$  m.

It follows that the current value for the required passing sight distance at the RAL (2012) of 600 m is confirmed by this investigation.

The possible model for passing of agricultural vehicles has the same model assumptions like the model for passing trucks. The calculated sight distance for passing slow vehicles ( $V_{max} \leq 25$  km/h) is bigger than the current value of the guidelines. Therefore, it is recommended to review the class of vehicles and the required passing sight distance.

---

At present, the “Guidelines for Road Surface Marking” (RMS) are revised. Thereby the discussion is about the question, how to place a solid center line because of short sight distances. Consideration will be given to choosing the passing maneuver as the significant criterion. Therefore a distance will be used, where a passing maneuver can still be finished safely or aborted if a car becomes visible in the opposing traffic. For this, a sight distance is expected to be used which is based on the distance necessary to finish the passing maneuver once the front edge of the passing vehicle is in line with the rear edge of the vehicle to be passed.

The determined parameters for finishing a passing maneuver should be used as basis for discussions regarding marking no-passing zones (solid centerline – Z 295 StVO). The values can also be used for signposting passing bans (Z 276, Z277 StVO) on single carriageways two-lane rural highway.





## Inhalt

<b>Abkürzungen</b> .....	11	4.2	Erfassung von Überholvorgängen .....	48
<b>Vorbemerkung</b> .....	13	4.2.1	Anforderungen an das Messsystem .....	48
<b>1 Einleitung</b> .....	13	4.2.2	Aufbau des Messsystems .....	49
<b>2 Stand von Wissenschaft und Technik</b> .....	14	4.2.3	Ablauf der Messung .....	50
2.1 Definition des Überholvorgangs .....	14	4.2.4	Erfassung der Verkehrsstärke und der Geschwindigkeit .....	50
2.1.1 Überholarten .....	14	4.3	Auswertung der Luftbilder – Bestimmung der Fahrzeugpositionen .....	50
2.1.2 Überholtypen .....	15	4.3.1	Projektionsmodell .....	51
2.1.3 Phasen des Überholvorgangs .....	15	4.3.2	Automatisierter Algorithmus zur Erkennung und Verfolgung von Fahrzeugen .....	51
2.2 Stand des Regelwerks .....	16	4.4	Definition der Kenngrößen von Überholvorgängen .....	55
2.2.1 Nationales Regelwerk .....	16	4.4.1	Videoanalyse .....	55
2.2.2 Internationales Regelwerk .....	20	4.4.2	Zurückgelegter Weg .....	56
2.2.3 Zusammenfassung und Vergleich .....	24	4.4.3	Abstand .....	56
2.3 Stand der Forschung .....	25	4.4.4	Geschwindigkeit .....	57
2.3.1 Nationale Untersuchungen .....	25	4.4.5	Geschwindigkeitsdifferenz .....	58
2.3.2 Internationale Untersuchungen .....	32	4.4.6	Beschleunigung .....	58
2.3.3 Zusammenfassung und Vergleich der Kenngrößen .....	36	4.4.7	Angenommene Zeitlücke .....	58
2.4 Verfahren zur Aufnahme vollständiger Überholvorgänge .....	36	4.4.8	Überholdauer .....	58
2.5 Schlussfolgerungen für die Untersuchung .....	44	4.4.9	Vorhandene Sichtweite zu Beginn des Überholvorgangs .....	59
<b>3 Ziel der Untersuchung</b> .....	45	4.4.10	Anzahl der Überholungen in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke .....	59
<b>4 Untersuchungsmethodik</b> .....	46	4.5	Bestimmung der Kenngrößen von Überholvorgängen .....	59
4.1 Untersuchungsstrecken .....	47	4.6	Auswertung der Überholvorgänge .....	60
4.1.1 Anforderungen .....	47	4.7	Aufbereitung und Darstellung der Kenngrößen .....	61
4.1.2 Auswahl der Untersuchungsstrecken .....	48			
4.1.3 Unfallgeschehen .....	48			

<b>5</b>	<b>Auswertung und Ergebnisse</b> . . . . .	62	<b>6</b>	<b>Passiersichtweite</b> . . . . .	108
5.1	Untersuchungsstrecken . . . . .	62	6.1	Datenerhebung . . . . .	109
5.1.1	B 172 zwischen Pirna und Krietzschwitz . . . . .	63	6.2	Ergebnisse . . . . .	109
5.1.2	B 97 zwischen Hoyerswerda und Spremberg . . . . .	64	6.3	Empfehlungen für die Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen auf zweistreifigen Straßen bei einge- schränkter Sichtweite . . . . .	110
5.1.3	B 87 zwischen Luckau und Langengrassau . . . . .	64	<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b> . . . . .	112
5.1.4	B 22 zwischen Lehen und Neunkirchen am Main . . . . .	65	<b>8</b>	<b>Literatur</b> . . . . .	115
5.1.5	B 289 zwischen Burgkunstadt und Theisau . . . . .	65			
5.1.6	B 279 zwischen Bad Neustadt an der Saale und Schönau an der Brend . . . . .	66	<b>Anlagen</b>		
5.1.7	St 2665 zwischen Kastl und Löschwitz . . . . .	66		Die Anlagen zum Bericht sind im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter:	
5.1.8	B 93 zwischen Borna und Blumroda . . . . .	67		<a href="http://bast.opus.hbz-nrw.de">http://bast.opus.hbz-nrw.de</a> abrufbar.	
5.2	Kenngößen der Überholvorgänge . . . . .	68			
5.2.1	Beschleunigte Überholungen mit Gegenverkehr . . . . .	69			
5.2.2	Beschleunigte Überholungen ohne Gegenverkehr . . . . .	91			
5.2.3	Fliegende Überholungen ohne Gegenverkehr . . . . .	99			
5.3	Überholen von landwirtschaft- lichem Verkehr . . . . .	101			
5.4	Anzahl der Überholungen in Abhängigkeit von der Verkehrs- stärke . . . . .	104			
5.5	Ableitung eines Modells zur Beschreibung des Überhol- vorgangs . . . . .	105			
5.5.1	Sicherheitsabstand . . . . .	106			
5.5.2	Weg der Entgegenkommenden . . . . .	107			
5.5.3	Ableitung des Überholmodells . . . . .	107			
5.5.4	Überholen von landwirtschaft- lichem Verkehr . . . . .	108			

## Abkürzungen

a	[m/s <sup>2</sup> ]	Beschleunigung	GPS		Globales Positionsbestimmungssystem
AASHTO		A Policy on Geometric Design of Highways and Streets	GV		Gegenverkehr
ASD	[m]	Abort Sight Distance	$h_A$	[m]	Höhe des Augpunktes
$a_{\ddot{U},A,B,C}$	[m/s <sup>2</sup> ]	Beschleunigung des Überholers	$h_Z$	[m]	Höhe des Zielpunktes
B	[m]	Fahrbahnbreite	IQR		Interquartilsabstand
<b>B</b>		Luftbildausschnitt	L	[m]	Länge
<b>B<sub>R</sub></b>		Referenzbild	$L_{\text{akzept}}$		Lückenakzeptanz
BLFA-StVO		Bund-Länder-Fachausschuss zur Straßenverkehrsordnung	LW		landwirtschaftlicher Verkehr
			$m_t$		mittlerer Grauwert
			MUTCD		Manual on Uniform Traffic Control Devices
			PDS		Portuguese Design Standard
BOMAVO		Bodenmarkierungsverordnung	$q_g$	[Fzg/h]	Verkehrsstärke der Gegenrichtung
CSD	[m]	Continuation Sight Distance	r		Korrelationskoeffizient
d	[m]	Abstand	<b>R</b>		Rotationsmatrix
<b>D</b>		Differenzbild	RAL		Richtlinien für die Anlage von Landstraßen
$\hat{D}$		Binärbild	RAL-L		Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Linienführung
$d_A$	[m]	Ausscherabstand	RAS-L		Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Teil Linienführung
$d_E$	[m]	Einscherabstand	RAS-Q		Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Querschnitt
$d_S$	[m]	Sicherheitsabstand	RMS		Richtlinien für die Markierung von Straßen
DTV	[Kfz/24h]	durchschnittlicher täglicher Verkehr	RQ		Regelquerschnitt
DVU	[m]	erforderliche Überholsichtweite	RVS		Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen
EKL		Entwurfsklasse	s	[%]	Steigung
ESD	[m]	Establishment Sight Distance	SD	[m]	erforderliche Sichtweite
FGSV		Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen	$s_G$	[m]	Weg des Entgegenkommenden
FOSD	[m]	Full Overtaking Sight Distance	$s_P$	[m]	Passierweg
$H'$		Bildhauptpunkt	$s_t$	[m]	Weg des Überholten
HORUS		Hovering Remote controlled Ultralight Sensorplattform			
HSV		Farbwert H, Sättigung S, Dunkelstufe V			

$s_t^2$		Varianz der Grauwerte	VzKat		Verkehrszeichenkatalog
StVO		Straßenverkehrsordnung	$V_{zul}$	[km/h]	Zulässige Höchstgeschwindigkeit
$s_{\text{Ü,A,B,C}}$	[m]	Überholweg	$\Delta V_{\text{Ü-t}}$	[km/h]	Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholer und Überholten
SV		Schwerverkehr			
$SW_{\text{vorh}}$	[m]	vorhandene Sichtweite			
$SW_{\text{P,erf}}$	[m]	erforderliche Sichtweite zum Passieren von Fahrzeugen			
$SW_{\text{Ü}}$	[m]	Überholsichtweite			
$SW_{\text{Ü,erf}}$	[m]	erforderliche Überholsichtweite			
$SW_{\text{Ü,red}}$	[m]	reduzierte Überholsichtweite			
$SW_{\text{Ü,voll}}$	[m]	volle Überholsichtweite			
$\Delta s_m$		Wegzeitlücken			
t	[s]	Zeit			
$t_{\text{ang}}$	[s]	angenommene Zeitlücke			
$t_{\text{FR}}$	[s]	mittlere relative Folgezeitlücke			
$t_{\text{Gr}}$	[s]	relative Grenzzeitlücke			
$\Delta t_m$	[s]	angenommen Grenzzeitlücken			
$t_p$	[s]	Passierdauer			
$t_R$	[s]	Reaktionszeit			
$t_{\text{Ü}}$	[s]	Überholdauer/-zeit			
Ü		Überholrate			
ÜHV		Überholvorgang			
V	[km/h]	Geschwindigkeit			
$V_{85}$	[km/h]	Höchstgeschwindigkeit, die von 85 % aller Fahrzeuge bei Nässe nicht überschritten wird			
$V_e$	[km/h]	Entwurfsgeschwindigkeit			
$V_G$	[km/h]	mittlere Geschwindigkeit des Entgegenkommenden			
$V_M$	[km/h]	Geschwindigkeitsklasse			
$V_p$	[km/h]	Geschwindigkeit zum Passierzeitpunkt			
$V_{t,1,2,3,4}$	[km/h]	Geschwindigkeit des Überholten			
$V_{\text{Ü},1,2,3,4}$	[km/h]	Geschwindigkeit des Überholers			

## Vorbemerkung

Dieser Bericht untersucht Überholvorgänge auf einbahnig zweistreifigen Landstraßen. Dabei wird diskutiert, ab welchen Sichtweiten Überholungen möglich sind, aber auch, wann Überholen unterbunden werden sollte. Das deutsche Verkehrsrecht unterscheidet dabei zwischen der Beschilderung von Überholverböten (Z 276, Z 277 StVO) und der Markierung einer Fahrstreifenbegrenzung (Z 295 StVO) (vgl. Kapitel 2.2.1). Bei der Anordnung von Z 295 StVO wird zwar rechtsförmlich nur die Benutzung des Gegenverkehrsfahrstreifens untersagt, jedoch ist dadurch in der Regel auch das Überholen von mehrspurigen Fahrzeugen (Pkw und Lkw) innerhalb des eigenen Fahrstreifens nicht mehr möglich. Da eine Trennung der beiden Anordnungen bei der zu bearbeitenden Aufgabenstellung nicht immer exakt möglich ist, wird der Begriff „Überholverbot“ im nachfolgenden Bericht für die Anordnung von Z 276, Z 277 und Z 295 StVO gleichermaßen gewählt.

## 1 Einleitung

Im Jahr 2013 starben in der Bundesrepublik Deutschland 3.339 Personen durch Verkehrsunfälle. Obwohl sich die Mehrzahl aller Verkehrsunfälle auf den Innerortsstraßen ereignete, geschehen ca. 60 % der Unfälle mit Getöteten auf Außerortsstraßen (DESTATIS 2014). Verkehrsunfälle auf Außerortsstraßen sind also, vor allem im Vergleich zu denen auf Innerortsstraßen, durch eine besonders hohe Unfallschwere gekennzeichnet.

Bei der Unterscheidung der Unfälle mit Getöteten auf Außerortsstraßen nach Unfalltyp wird deutlich, dass der Fahrnfall mit 46 % den größten Anteil am Gesamtunfallgeschehen hat, gefolgt von den Unfällen im Längsverkehr. Letzterer Unfalltyp hat einen Anteil von 25 % am Gesamtunfallgeschehen (DESTATIS 2014).

Ein Ansatz zur Verbesserung der Sicherheit auf Außerortsstraßen ist demnach auch die Reduzierung der Unfälle im Längsverkehr, z. B. durch eine sichere Gestaltung des Überholvorgangs. Mit der Vermeidung von überdurchschnittlich schweren Unfällen, die bei der Nutzung zu geringer Zeitlücken im Zuge von Überholvorgängen auftreten, können die Unfallohäufigkeit und die Unfallschwere erheblich reduziert werden.

Dieses Problem wurde auch bei der Neufassung der „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL 2012) berücksichtigt. Dort wurde für jede der vier Entwurfsklassen ein Überholprinzip festgelegt. Auf Straßen der Entwurfsklasse 1 (EKL 1) soll ein gesichertes Überholen auf der gesamten Streckenlänge durch einen zusätzlichen Fahrstreifen sichergestellt werden. Dieser ist für den Verkehr wechselseitig nutzbar, sodass pro Fahrtrichtung ein gesichertes Überholen auf etwa 40 % der Strecke möglich ist.

Auf Straßen der EKL 2 soll ein gesichertes Überholen durch abschnittsweise dreistreifige Querschnitte gewährleistet werden. Der zusätzliche Fahrstreifen soll in jeder Fahrtrichtung einen Anteil von 20 % oder mehr der Gesamtstrecke haben. Auf den übrigen Streckenabschnitten sollte das Überholen nicht bzw. nur in Abschnitten mit ausreichend Überhol-sichtweiten zugelassen werden.

Straßen der EKL 3 sind zweistreifige Straßen, auf denen Überholvorgänge in der Regel unter Nutzung des Fahrstreifens der Gegenrichtung erfolgen.

Bei Straßen der EKL 4 ist das Überholen aufgrund der geringen Fahrbahnbreite eher kritisch. Durch das geringe Verkehrsaufkommen und den geringen Schwerverkehrsanteil ist das Überholbedürfnis allerdings als gering einzuschätzen.

Auch nach Einführung der neuen RAL (2012) wird es Überholungen unter Nutzung des Fahrstreifens für den Gegenverkehr geben. Dies betrifft vor allem Straßen der EKL 3, die auch noch den größten Anteil an Landstraßen einnehmen. Aber auch in den einbahnig zweistreifigen Streckenabschnitten von Straßen der EKL 2 müssen weiterhin Überholvorgänge berücksichtigt werden.

Die Regelungen in den RAL (2012) zum Überholen sind sehr knapp gefasst. Dort heißt es: „Um eine Überholung eines Lkw einleiten und sicher beenden zu können, ist eine Sichtweite von mindestens 600 m erforderlich. Liegt die vorhandene Sichtweite zwischen 300 m und 600 m ..., soll geprüft werden, ob das Überholen aus Sicherheitsgründen verboten werden muss oder nur das Überholen von langsamen Fahrzeugen ... zugelassen bleiben kann.“ Diesen Aussagen der RAL (2012) liegt ein festgelegtes Überholmodell zugrunde, das auf Annahmen und nicht auf Messungen beruht.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, das Überholmodell der RAL (2012) zu prüfen und ggfs. zu aktualisieren. Dabei sind u. a. die geometrischen Einflussgrößen der Strecke und fahrzeugtechnische Eigenschaften, wie zum Beispiel das Beschleunigungsvermögen, zu berücksichtigen.

Neben der Aktualisierung des Überholmodells wird außerdem das Ziel verfolgt, Empfehlungen zu formulieren, unter welchen Bedingungen das Überholen durch verkehrsrechtliche Maßnahmen nicht zugelassen werden sollte.

## 2 Stand von Wissenschaft und Technik

### 2.1 Definition des Überholvorgangs

NETZER (1966) definierte den Überholvorgang wie folgt: „Eine Überholung liegt dann vor, wenn ein Verkehrsteilnehmer einen auf der gleichen Spur und in der gleichen Richtung sich bewegenden langsameren Verkehrsteilnehmer einholt, bei Erreichen des Ausbiegeabstandes durch einen S-Bogen eine seitliche Versetzung ausführt, am zu Überho-

lenden auf der links von der ursprünglichen Spur befindlichen Parallelspur vorbeifährt und nach einem zweiten S-Bogen wieder auf die ursprüngliche Spur zurückkehrt.“

STEIERWALD u. a. (1986) lehnten ihre Definition des Überholvorgangs an die von NETZER (1966) an und beschrieben den Überholvorgang wie folgt: „Eine Überholung liegt dann vor, wenn ein Verkehrsteilnehmer einen auf der gleichen Spur und in der gleichen Richtung sich bewegenden Verkehrsteilnehmer einholt, bei Erreichen eines bestimmten Abstandes durch einen S-Bogen auf die links von der ursprünglichen Spur befindlichen Parallelspur wechselt und nach Passieren des langsameren Verkehrsteilnehmers mit einem zweiten S-Bogen auf die ursprüngliche Spur zurückkehrt.“

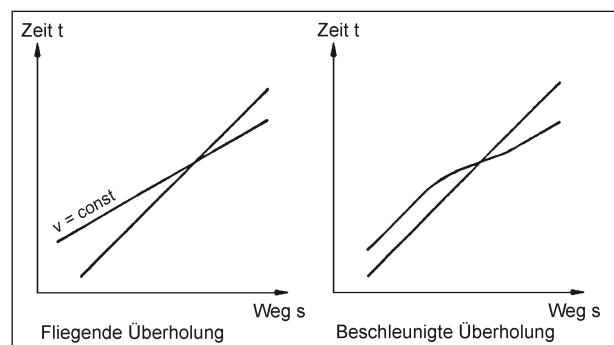
Im vorliegenden Bericht handelt es sich beim Überholvorgang bzw. bei dem Begriff „Überholen“ um Überholungen auf einbahnig zweistreifigen Landstraßen unter Inanspruchnahme des Gegenverkehrsfahrstreifens.

#### 2.1.1 Überholarten

In den Untersuchungen von NETZER (1966), RUNKEL (1970), KLEINSCHMIDT (1975) DURTH/HABERMEHL (1986) und STEIERWALD u. a. (1986) differenzierten die Autoren zwischen zwei verschiedenen Arten von Überholvorgängen (s. Bild 1).

Als „fliegende Überholung“ bezeichneten sie den Überholvorgang, bei dem der Überholte und der Überholer ihre Geschwindigkeit beibehalten. Der Überholer kann also ohne zu Verzögern den Überholvorgang einleiten.

Wird aus einer Warteposition hinter dem langsameren Fahrzeug heraus überholt, so wurde das als „beschleunigte Überholung“ bezeichnet.



**Bild 1:** Weg-Zeit-Diagramme der Überholarten nach DURTH/HABERMEHL (1986)

### 2.1.2 Überholtypen

NETZER (1966) definierte drei verschiedene Überholtypen:

- Typ 1: Einfachüberholung – ein Fahrzeug überholt ein anderes.
- Typ 2: Mehrfachüberholung – ein Fahrzeug überholt mehrere Fahrzeuge, mehrere Fahrzeuge überholen ein Fahrzeug bzw. mehrere Fahrzeuge überholen mehrere Fahrzeuge.
- Typ 3: Doppelüberholung – wenn ein Fahrzeug ein überholendes Fahrzeug, ein Fahrzeug mehrere überholende Fahrzeuge, mehrere Fahrzeuge ein überholendes Fahrzeug oder mehrere Fahrzeuge mehrere überholende Fahrzeuge überholen (s. Bild 2).

In seiner Untersuchung reduzierte NETZER (1966) die Mehrfachüberholungen auf Einfachüberholungen. Überholte ein Fahrzeug mehrere Fahrzeuge, fasste er diese zu einem Fahrzeug mit einer großen Länge zusammen. Wurde ein Fahrzeug von mehreren Fahrzeugen überholt, waren dies mehrere Einfachüberholungen. Bei Doppelüberholungen ging NETZER (1966) davon aus, dass es sich auf zweistreifigen Straßen bei den Grundüberholten um Zweiradfahrzeuge oder Fußgänger handelte. Aufgrund der geringen Breite von zweistreifigen Straßen, die Doppelüberholungen kaum zuließen, waren diese nicht Gegenstand seiner Untersuchung.

STEIERWALD u. a. (1986) stützten ihre Definition der Überholtypen auch auf die von NETZER (1966). Sie bezogen aber die Mehrfachüberholungen mit in ihre Untersuchung ein, da sie davon ausgingen, dass der Abstand zwischen mehreren überholten Fahrzeugen während des Überholvorgangs nicht konstant ist. Danach konnten folgende Überholtypen definiert werden:

- Typ 1: die Einfachüberholung,
- Typ 2: die aktive Mehrfachüberholung – ein Fahrzeug überholt mehrere vorausfahrende Fahrzeuge,
- Typ 3: passive Mehrfachüberholung – ein vorausfahrendes Fahrzeug wird von mehreren Fahrzeugen überholt.

DURTH/HABERMEHL (1986) ergänzten zu den drei Typen von STEIERWALD u. a. (1986)

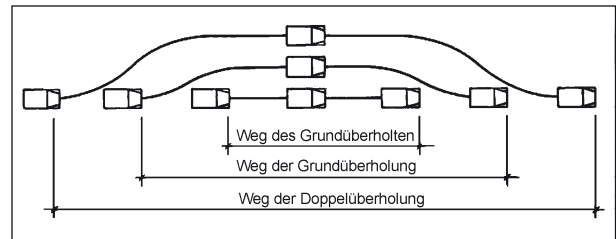


Bild 2: Schematische Darstellung einer Doppelüberholung nach NETZER (1966)

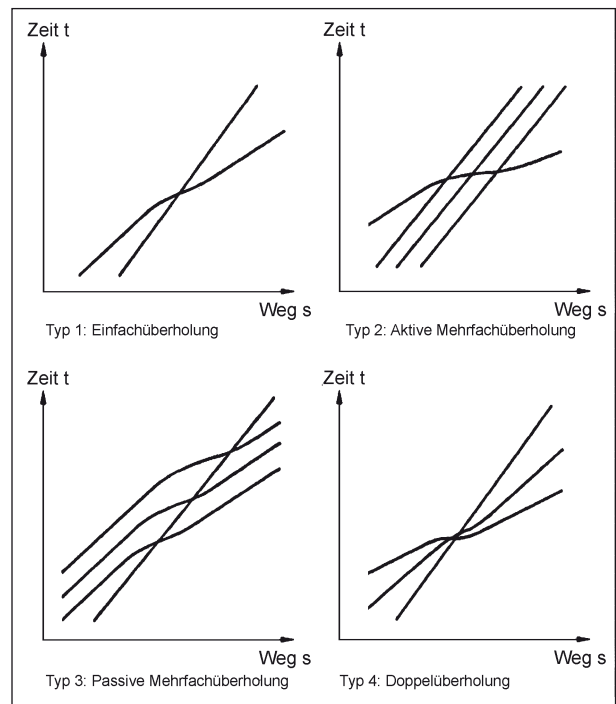


Bild 3: Weg-Zeit-Diagramme der Überholtypen nach DURTH/HABERMEHL (1986)

noch den vierten Typ, die Doppelüberholung (Bild 3).

### 2.1.3 Phasen des Überholvorgangs

Für eine Überholung mit konstanter Geschwindigkeit (fliegende Überholung) definierte NETZER (1966) fünf Überholphasen:

Phase 1: Überholbeginn – der Überholende schert aus.

Phase 2: Erreichen der Überholspur – der Überholende befindet sich auf der Überholspur.

Phase 3: Die Vorderkanten der beiden Fahrzeuge befinden sich auf gleicher Höhe.

Phase 4: Beginn des Wiedereinbiegens nach Erreichen des Sicherheitsabstandes.



Phase 5: Ende der Überholung – der Überholende befindet sich auf der ursprünglichen Fahrspur.

KLEINSCHMIDT (1973) unterschied in seiner Untersuchung zwei Phasen des Überholvorgangs. In Phase 1 verringert der Überholer seine Geschwindigkeit etwa auf die des Überholten, da sich keine ausreichend große Zeitlücke im Gegenverkehr ergibt. Er schätzt die Abstände zum Gegenverkehr ab. In Phase 2 nutzt der Überholer eine Zeitlücke, schert aus und fährt an dem zu überholenden vorbei. Wenn sich Überholer und Entgegenkommender auf einer Höhe befinden ist Phase 2 beendet.

STEIERWALD u. a. (1986) beschrieben den Überholvorgang für eine beschleunigte Überholung in sechs Phasen (s. auch Bild 4):

Phase 1: Ein Verkehrsteilnehmer erkennt einen anderen und nähert sich ihm an. Die Geschwindigkeiten sind unterschiedlich.

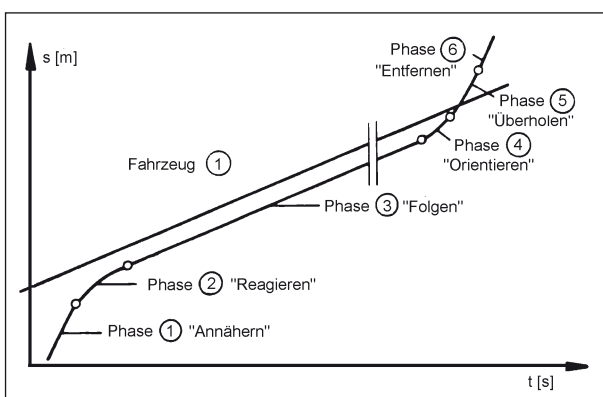
Phase 2: Das nachfolgende Fahrzeug reduziert seine Geschwindigkeit und passt diese dem vorausfahrenden an.

Phase 3: Die Fahrzeuge fahren in gleichbleibenden Abstand hintereinander her. Das nachfolgende Fahrzeug prüft die Überholmöglichkeiten.

Phase 4: Das nachfolgende Fahrzeug trifft eine Überholentscheidung, dabei beschleunigt er und verringert den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug.

Phase 5: Der Überholende wechselt den Fahrstreifen und fährt am Überholten vorbei.

Phase 6: Der Überholende schert mit einem Sicherheitsabstand auf den Überholten auf den ursprünglichen Fahrstreifen ein.



**Bild 4:** Definition der Überholphasen (STEIERWALD 1986)

DURTH/HABERMEHL (1986) teilten den Überholvorgang in ihrem Forschungsvorhaben in fünf Phasen ein. OTTEN/HABERMEHL (1989) übernahmen diese in ihrer Untersuchung.

„Phase 1: Der Überholende befindet sich hinter dem zu Überholenden auf der gleichen Fahrspur. Die Geschwindigkeit des Überholers kann vom vorausfahrenden Fahrzeug beeinflusst sein.

Phase 2: Der Überholer schert aus. Das Ausscheren beginnt, sobald das Fahrzeug sich mit seiner linken Flanke näher als 25 cm zur Leitlinie bewegt. (Dieser Abstand entspricht dem Gegenverkehrszuschlag der RAS-Q). Mit Erreichen der Überholspur mit 25 cm Abstand der rechten Flanke zur Leitlinie endet diese Phase.

Phase 3: Der Überholer passiert das langsamere Fahrzeug. Er bleibt auf der Überholspur, bis zwischen ihm und dem Überholten ein Sicherheitsabstand vorhanden ist.

Phase 4: Der Überholer schert ein. Das Einscheren endet mit dem Erreichen der Fahrspur.

Phase 5: Phase nach dem Überholen. Die beteiligten Fahrzeuge setzen ohne äußere Geschwindigkeitsbeeinflussung ihre Fahrt fort.“

## 2.2 Stand des Regelwerks

### 2.2.1 Nationales Regelwerk

#### Rechtliche Grundlagen zum Überholen

In § 5 StVO (2013) sind die rechtlichen Grundlagen zum Überholen festgehalten. Demnach ist auf freier Strecke links zu überholen. Dies ist nur zulässig, wenn ein wesentlicher Geschwindigkeitsunterschied zum Überholten besteht. Weiterhin darf nur überholt werden, wenn während des Überholvorgangs ausgeschlossen werden kann, dass dadurch der Gegenverkehr behindert wird.

Der Überholer muss beim Ausscheren darauf achten, dass er den nachfolgenden Verkehr nicht gefährdet und dass er ausreichend Seitenabstand zum Überholten einhält. Weiterhin muss er sich schnellstmöglich wieder rechts einordnen. Während der Überholung darf der Überholte nicht behindert werden.

Der Überholer darf während des Überholvorgangs seine Geschwindigkeit nicht erhöhen.

Nicht überholt werden darf, wenn die Verkehrslage unklar ist bzw. wenn es durch die Verkehrszeichen 276 (Überholverbot für Kraftfahrzeuge aller Art) und Verkehrszeichen 277 (Überholverbot für Kraftfahrzeuge über 3,5 t) verboten ist.

Weiterhin wird das Überholen durch eine Fahrstreifenbegrenzungslinie (Verkehrszeichen 295) verboten. Die durchgehende Linie darf auch nicht teilweise von Fahrzeugen überfahren werden. Im Gegensatz zum Verkehrszeichen 276 ist es daher auch verboten, nicht motorisierte Verkehrsteilnehmer zu überholen, wenn dies ein Überfahren der Fahrstreifenbegrenzungslinie zur Folge hätte.

### Straßenentwurf

Ein Überholmodell wurde in das deutsche Regelwerk erstmals in den „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL-L) im Jahr 1963 aufgenommen. Dort wurde der Begriff „Überholsichtweite“ als erforderliche Sichtweite zur Durchführung eines Überholvorgangs definiert. Der Überholweg wird als der Weg bezeichnet, den ein Überholender braucht, um auszuscheren, am Überholten vorbeizufahren und wieder in den Fahrstreifen einzuscheren. Dabei wird von einer beschleunigten Überholung ausgegangen. Die volle Überholsichtweite ergibt sich aus dem Überholweg und dem Weg des Entgegenkommenden. Dieser ist als der Weg festgelegt, den ein mit Entwurfsgeschwindigkeit fahrendes, entgegenkommendes Fahrzeug benötigt (Bild 5, FGSV 1963).

Außerdem wurde eine reduzierte Überholsichtweite beschrieben, die bei schwierigen Geländebedingungen angewendet werden durfte. Diese berücksichtigt, dass ein bereits begonnener Überholvorgang noch rechtzeitig beendet oder aufgrund eines entgegenkommenden Fahrzeugs vorzeitig abgebrochen werden kann. Dabei wird die Zeit zugrun-

gelegt, die der Überholer benötigt, um den Überholvorgang zu beenden, wenn er sich bereits unmittelbar hinter dem Überholten auf dem Gegenfahrstreifen befindet. Der Weg des Entgegenkommenden wird ebenfalls für diese Dauer berücksichtigt (FGSV 1963).

In den RAL-L 1963 wurden die Überholsichtweiten in Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit entsprechend Tabelle 1 angeführt (FGSV 1963).

Weiterhin wurde ein Mindeststreckenanteil mit Überholsichtweiten in Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit und der Verkehrsstärke definiert (Tabelle 2). Die Überholmöglichkeiten sollen gleichmäßig über die Strecke verteilt sein. Die Länge der Strecken soll darüber hinaus möglichst groß sein.

In den „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Teil II: Linienführung, Abschnitt 1: Elemente der Linienführung“ (RAL-L-1) von 1973 wurde die erforderliche Überholsichtweite  $S_{\bar{u}}$  als die Strecke bezeichnet, die zum sicheren Ausführen eines Überholvorganges benötigt wird. Sie setzt sich aus dem Weg des Überholers, dem Weg des Entgegenkom-

Entwurfsgeschwindigkeit	$V_e$ [km/h]	60	80	100
Volle Überholsichtweite	$SW_{\bar{u},\text{voll}}$ [m]	400	475	600
Reduzierte Überholsichtweite	$SW_{\bar{u},\text{red}}$ [m]	250	300	375

Tab. 1: Mindestüberholsichtweiten nach RAL-L (FGSV 1963)

$V_e$ [km/h]	Mindeststreckenanteil mit $SW_{\bar{u}}$ in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung (Pkw-E/Tag)		
	1.000-2.000	> 2.000-3.000	> 3.000
60	25 %	33 %	33 %
80	25 %	33 %	50 %
100	33 %	33 %	50 %

Tab. 2: Mindeststreckenanteil mit Überholsichtweiten in Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit und der Verkehrsbelastung (FGSV 1963)

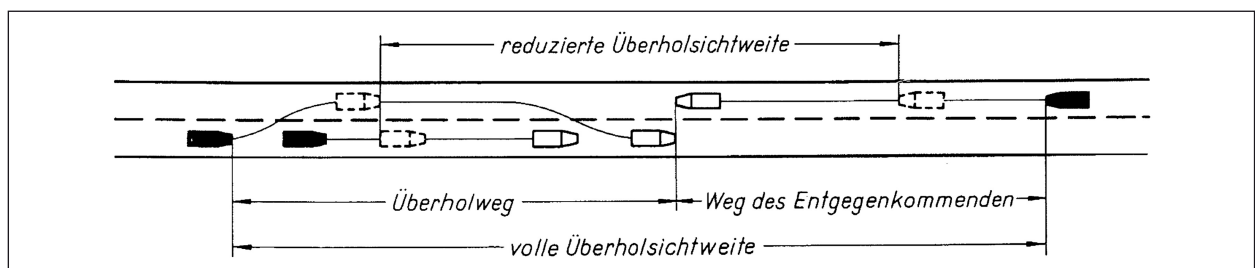


Bild 5: Definition des Überholvorgangs und der Überholsichtweite nach RAL-L (FGSV 1963)

Entwurfsgeschwindigkeit	$V_e$ [km/h]	60	80	100
Mindestüberholsichtweite	$SW_{Ü,min}$ [m]	400	525	650

Tab. 3: Mindestüberholsichtweiten nach RAL-L (FGSV 1963)

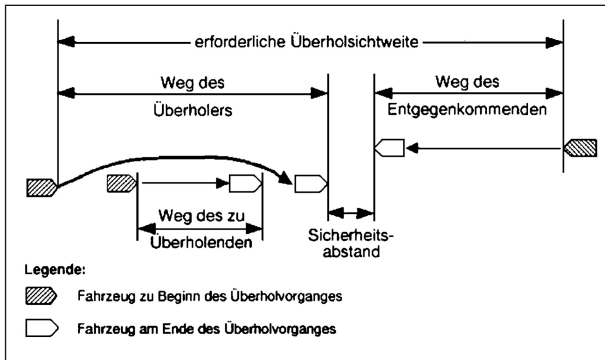


Bild 6: Modell der Überholsichtweite nach den RAS-L-1 (FGSV 1973)

menden und einem Sicherheitsabstand zusammen (Bild 6). Es wurde dabei von einer beschleunigten Überholung ausgegangen.

Die erforderlichen Mindestüberholsichtweiten wurden in den RAL-L-1 (1973) nach Tabelle 3 festgelegt. Die Werte für die Entwurfsgeschwindigkeiten  $V_e = 80$  km/h und  $V_e = 100$  km/h wurden dabei gegenüber den RAL-L (1963) um jeweils 50 m erhöht. Diese Sichtweiten wurden u. a. auf Grundlage der Untersuchungen von NETZER (1966), GRABE/STOLZ (1968) und KLEINSCHMIDT (1973) festgelegt.

Eine weitere Änderung gegenüber den RAL-L (1963) betrifft die reduzierte Überholsichtweite. Diese entfällt in den RAL-L-1 (1973). Als Grund wurde im Kommentar zu den RAL-L-1 der Sicherheitsaspekt genannt. Demnach genügen die angegebenen Sichtweiten nicht, um notfalls einen bereits begonnenen Überholvorgang abubrechen.

Die erforderlichen Überholsichtweiten nach den „Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Linienführung, Abschnitt 1: Elemente der Linienführung“ (RAS-L-1) von 1984 beruhen ebenfalls auf dem Modell nach Bild 6. Die Werte sind Tabelle 4 zu entnehmen. Erstmals wurde erwähnt, dass die Überholsichtweiten nur für Straßen der Kategoriengruppe A gelten und auf 20-25 % der Strecke vorhanden sein sollen. Für Straßen der Kategoriengruppen B und C sind aus Gründen der Verkehrssicherheit keine Überholsichtweiten zu berücksichtigen.

Auch nach den „Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Linienführung“ (RAS-L) von 1995 sollen

$V_e$ [km/h]	$S_Ü$ [m]
60	400
70	450
80	500
90	575
100	650

Tab. 4: Erforderliche Überholsichtweiten  $S_Ü$  für Straßen der Kategoriengruppe A nach den RAS-L-1 (FGSV 1984)

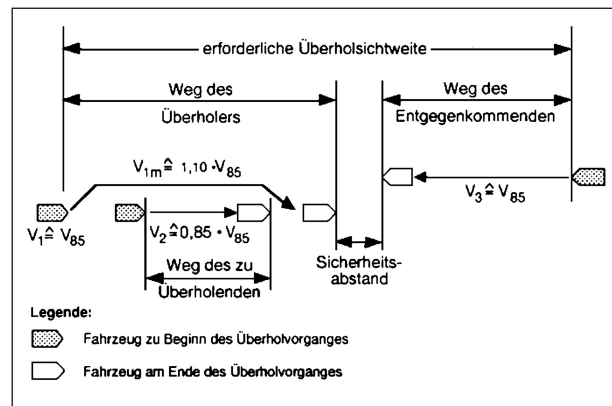


Bild 7: Modell der Überholsichtweite nach den RAS-L (FGSV 1995)

Überholmöglichkeiten durch ausreichende Überholsichtweiten gewährleistet werden (FGSV 1995). Die Definition der Überholsichtweite gleicht der in den RAS-L-1 (Bild 7). Die aktualisierten Werte wurden von DURTH/HABERMEHL (1986) übernommen.

Die tatsächlich vorhandenen Sichtweiten ergeben sich in Abhängigkeit von der Linienführung im Lage- und Höhenplan, vom Querschnitt und vom Straßenumfeld. Sie sind fahrtrichtungsgetrennt zu bestimmen. Dabei liegt der Augpunkt in der Achse des eigenen Fahrstreifens in der Höhe von  $h_A = 1,0$  m und der Zielpunkt in der Achse des Gegenfahrstreifens, ebenfalls auf  $h_Z = 1,0$  m Höhe. Die vorhandenen Sichtweiten sind über die Strecke hinweg als Sichtweitenbänder aufzustellen. Sie sollten so stationsweise mit den erforderlichen Sichtweiten verglichen werden können.

Für Straßen der Kategoriengruppe A wurde die erforderliche Überholsichtweite in Abhängigkeit von der  $V_{85}$  festgelegt und damit erstmals vom tatsächlich vorhandenen Geschwindigkeitsverhalten abhängig gemacht (Tabelle 5). Diese Sichtweiten sollen möglichst gleichmäßig verteilt auf 20-25 % der Strecke vorliegen. Ist dies nicht möglich, kann ein Zusatzfahrstreifen angeordnet werden. Liegen

$V_{85}$ [km/h]	$S_{Ü}$ [m]
60	475
70	500
80	525
90	575
100	625

**Tab. 5:** Erforderliche Überholsichtweite in Abhängigkeit von der  $V_{85}$  nach den RAS-L (FGSV 1995)

Sichtweiten zwischen der halben und der vollen erforderlichen Überholsichtweite, wirkt sich das nachteilig auf die Verkehrssicherheit aus, da diese Sichtweiten gefährliche Überholvorgänge zur Folge haben. Wird in diesen Bereichen ein Überholverbot angeordnet, ist zu prüfen, ob das Überholen langsamer Fahrzeuge weiterhin zugelassen bleiben soll.

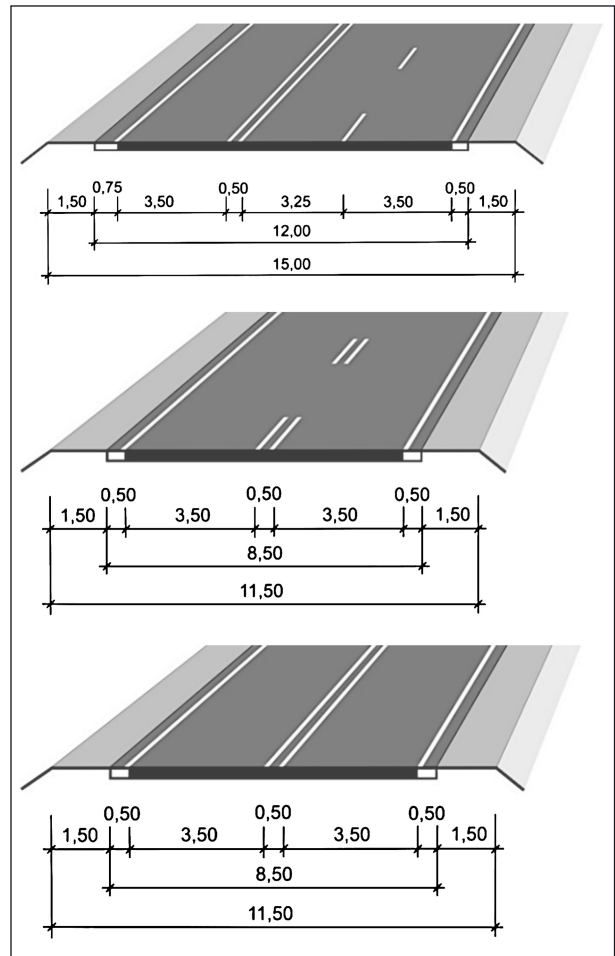
Bei der Ermittlung von vorhandenen Sichtweiten auf Grundlage der räumlichen Linienführung war zu berücksichtigen, dass höhere Werte ausgewiesen werden konnten, als ein einzelnes Höhenplanelement (Kuppe) gewährleistet. Es wurde daher empfohlen, die räumlichen Sichtweiten zu ermitteln.

Den „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL 2012) wird nun ein anderes Überholkonzept zugrunde gelegt. Ein Nachweis eines ausreichenden Anteils an erforderlicher Überholsichtweite im Sinne der RAS-L 1995 wird nicht mehr gefordert.

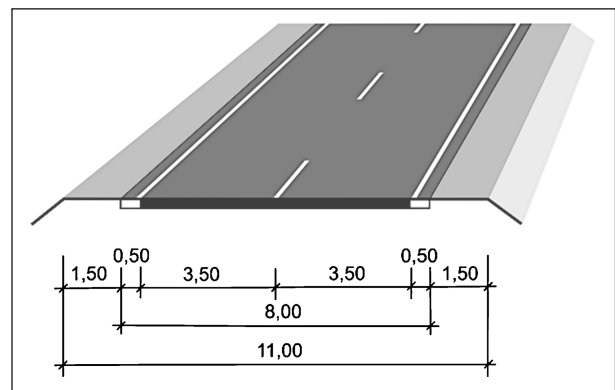
Für Straßen der EKL 1 ist ein dreistreifiger Querschnitt vorgesehen. Der zusätzliche Fahrstreifen wird wechselseitig zum Überholen zur Verfügung gestellt. Auf Straßen der EKL 1 ist somit ein gesichertes Überholen möglich.

Auf Straßen der EKL 4 sind aufgrund des schmalen Querschnittes (RQ 9) bzw. des geringen Verkehrsaufkommens Überholvorgänge nicht erwünscht und aufgrund der kurzen Fahrtweiten auch seltener erforderlich.

Für Straßen der EKL 2 ist der Regelquerschnitt RQ 11,5+ vorgesehen (vgl. Bild 8). Dieser ist ein zweistreifiger Querschnitt, der abschnittsweise auf drei Fahrstreifen aufgeweitet wird. Die Überholabschnitte sollen eine Länge von 600 bis 1.500 m haben und so angeordnet sein, dass das Überholen pro Richtung auf mindestens 20 % der Strecke gesichert ist. In den zweistreifigen Abschnitten soll das Überholen insbesondere in Bereichen mit ungenügenden Sichtweiten durch eine doppelte Fahrstreifenbegrenzung untersagt werden. In Bereichen mit ausreichenden Sichtweiten soll es durch eine doppelte Leitlinie weiterhin möglich sein.



**Bild 8:** Regelquerschnitte RQ 11,5+ nach den RAL (FGSV 2012)



**Bild 9:** Regelquerschnitt RQ 11 nach den RAL (FGSV 2012)

fenbegrenzung untersagt werden. In Bereichen mit ausreichenden Sichtweiten soll es durch eine doppelte Leitlinie weiterhin möglich sein.

Auf Straßen der EKL 3 (Regelquerschnitt nach Bild 9) ist das Überholen zwar grundsätzlich erlaubt, das Vorhalten eines bestimmten Streckenanteils mit erforderlicher Überholsichtweite wird jedoch nicht mehr verlangt. Stattdessen soll auf Strecken

mit vorhandenen Sichtweiten zwischen 300-600 m, also im kritischen Bereich, geprüft werden, ob die Anordnung eines Überholverbots notwendig ist bzw. nur das Überholen von langsamen Fahrzeugen durch das Zusatzzeichen 1049-11 VzKat zugelassen bleiben kann (FGSV 2012).

Auf den Straßen der EKL 2 und EKL 3 kann ab einer vorhandenen Sichtweite von 600 m ein Überholvorgang begonnen und sicher beendet werden. Dieser Wert basiert auf einer theoretischen Annahme. Es wird von einer fliegenden Überholung ausgegangen, bei der ein Lkw mit einer Geschwindigkeit von 70 km/h fährt und von einem Pkw überholt wird, der die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h nicht überschreitet. Weiterhin wird angenommen, dass der Entgegenkommende ebenfalls mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h fährt. Am Ende der Überholung soll der Sicherheitsabstand zwischen Überholer und Entgegenkommenden 100 m betragen. Der Überholvorgang enthält nach Bild 11 die Wege von **B** bis **C**.

**Markierung von Straßen**

Die „Richtlinien für die Markierung von Straßen – Teil 1: Abmessungen und geometrische Anordnung von Markierungszeichen“ (RMS-1 1980) geben an, dass außerhalb geschlossener Ortschaften auf Fahrbahnen ab einer befestigten Breite von 5,50 m

Geschwindigkeit $V_{85}$ [km/h]	Überholsichtweite $SW_{\text{ü,erf}}$ [m]
100	280
90	225
80	170
70	125
60	90
50	60
40	40

**Tab. 6:** Erforderliche Überholsichtweite bei Kuppen und Kurven (FGSV 1980b)

eine Mittelmarkierung aufgebracht wird. Dies ist i. d. R. eine Leitlinie. In Bereichen mit unzureichender Sicht (Kurven, Kuppen) oder bei Bahnübergängen kann eine durchgehende Linie das Verkehrszeichen Z 276 StVO (Überholverbot) unterstützen. In den aktualisierten RMS vom 1993 wird aufgeführt, dass eine Fahrstreifenbegrenzung ohne Z 276 StVO ausreichend sein kann (FGSV 1980A, FGSV 1993).

In den „Richtlinien für die Markierung von Straßen – Teil 2: Anwendung von Fahrbahnmarkierungen“ (RMS-2 1980) wird die Anordnung der Fahrstreifenbegrenzung in Abhängigkeit von der Sichtweite und der  $V_{85}$  geregelt. Unterschreitet die vorhandene Sichtweite die Werte nach Tabelle 6 (z. B. insbesondere in Kuppen), ist die Benutzung des Gegenfahrstreifens durch eine Fahrstreifenbegrenzungslinie zu unterbinden. Bei diesen erforderlichen Sichtweiten, die von der  $V_{85}$  abhängen, handelt es sich um die doppelte Haltesichtweite. Der modellmäßigen Rechnung wird zugrunde gelegt, dass die aufeinander zu fahrenden Fahrzeuge bei einer Notbremsung gerade noch voreinander zum Stehen kommen (Reaktionszeit  $t_R = 1$  s).

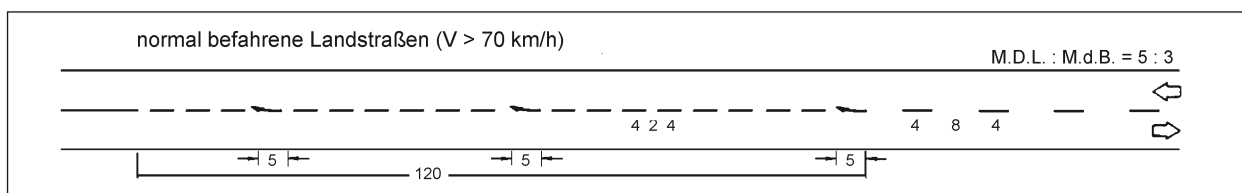
Vor einer Fahrstreifenbegrenzung sind nach den RMS Warnlinien zu markieren. Die Ausbildung ist Bild 10 zu entnehmen.

Das Sichtweitenmodell zur Anordnung einer Fahrstreifenbegrenzung (Z 295 StVO) nach den RMS unterscheidet sich demnach grundlegend von dem Modell für die Beschreibung der für einen sicheren Überholvorgang erforderlichen Sichtweite in den Entwurfsrichtlinien.

**2.2.2 Internationales Regelwerk**

**Österreich**

Nach den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen, Teil Linienführung (RVS 3.23) wird die Überholsichtweite als die Strecke definiert, die für einen Überholvorgang notwendig ist. Dabei soll ein mit Projektierungsgeschwindigkeit entgegenkom-



**Bild 10:** Länge, Strich-Lücke-Verhältnis und Anordnung von Leitlinie, Warnlinie und Fahrstreifenbegrenzungslinie (FGSV 1980b)

Projektierungs- geschwindigkeit $V_P$ [km/h]	Überholsichtweite $SW_{\text{ü,erf}}$ [m]
60	400
70	450
80	500
90	550
100	600

Tab. 7: Erforderliche Überholsichtweite in Abhängigkeit von der  $V_P$  in Österreich nach den RVS (FSV 2001)

Zulässige Höchst- geschwindigkeit für Pkw $V_{\text{zul}}$ [km/h]	Erforderliche Sichtweite auf unübersichtlichen Abschnitten $s_{\text{min}}$ [m]
100	280
90	230
80	190
70	150
60	115

Tab. 8: Erforderliche Sichtweite auf unübersichtlichen Streckenabschnitten (BoMAVO 2015)

mendes Fahrzeug nicht behindert werden. Sie setzt sich zusammen aus dem Weg des Überholers, dem Weg des entgegenkommenden Fahrzeugs und einem Sicherheitsabstand zwischen beiden Fahrzeugen am Ende der Überholung (Ⓑ bis Ⓒ nach Bild 11). Als Mindestwerte definiert die RVS die Sichtweiten nach Tabelle 7 (FSV 2001).

In der Bodenmarkierungsverordnung (BoMAVO 2015) wird geregelt, bei welcher Unterschreitung von Sichtweiten das Überholen durch Anordnung einer Sperrlinie (Fahrstreifenbegrenzung) zu unterbinden ist. In Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit für Pkw sind die Mindestsichtweiten nach Tabelle 8 maßgebend. Diese berücksichtigen die Anhaltewege zweier sich begegnenden Fahrzeuge.

Die Sperrlinie soll eine Mindestlänge von 50 m haben.

### Schweiz

Die Schweizer Norm definiert die Überholsichtweite ebenfalls als die Summe der Wege vom Überholenden und vom Entgegenkommenden sowie einem Sicherheitsabstand zwischen den Fahrzeugen am Ende der Überholung Überholung (Ⓑ bis Ⓒ nach Bild 11; VSS 1992).

Projektierungs- geschwindigkeit $V_P$ [km/h]	Überholsichtweite $SW_{\text{ü,erf}}$ [m]
60	450
70	500
80	550
90	575
100	625

Tab. 9: Richtwerte der Überholsichtweite in Abhängigkeit von der Projektierungsgeschwindigkeit nach Schweizer Norm (VSS 1992)

Die erforderliche Haltsichtweite nach Schweizer Norm ist Tabelle 9 zu entnehmen. Diese Werte basieren auf Erhebungen von Überholvorgängen (VSS 1992).

### USA

In den US-amerikanischen Richtlinien „A Policy on Geometric Design of Highways and Streets“ (AASHTO 2011) wurde das Überholmodell für den Straßenentwurf dem Modell der Markierung von Überholabschnitten bzw. Abschnitten mit Fahrstreifenbegrenzungen angeglichen.

Das Überholmodell sieht vor, dass der Überholer so viel Sicht über einen vorausliegenden Streckenabschnitt haben soll, dass er einen Überholvorgang einleiten und sicher beenden oder, im Falle von plötzlich auftretendem Gegenverkehr, abbrechen und sich wieder hinter den zu Überholenden einordnen kann. Es wird dabei von einer beschleunigten Pkw/Pkw-Überholung ausgegangen. Der Überholer beschleunigt, bis er eine Geschwindigkeitsdifferenz zum Überholten von 19 km/h erreicht hat. Mit dieser Geschwindigkeitsdifferenz wird der Überholvorgang dann beendet.

Tabelle 10 gibt die erforderlichen Überholsichtweiten in Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit wieder.

### Großbritannien

Großbritannien definiert erforderliche Überholsichtweiten (Full Overtaking Sight Distance – FOSD) für einbahnig zweistreifige Straßen in Abhängigkeit von der Entwurfsgeschwindigkeit (Tabelle 11). Die Entwurfsgeschwindigkeit in Großbritannien ist dabei definiert als die  $V_{85}$  der kompletten Fahrzeugflotte auf der Strecke.

Entwurfsgeschwindigkeit [km/h]	Angenommene Geschwindigkeit [km/h]		SW <sub>ü,erf</sub> [m]
	Überholer	Überholer	
70	51	70	210
80	61	80	245
90	71	90	280
100	81	100	320
110	91	110	355
120	101	120	395
130	111	130	440

Tab. 10: Überholsichtweiten für den Entwurf zweistreifiger Landstraßen in den USA (2011)

Entwurfsgeschwindigkeit [km/h]	FOSD [m]	ASD [m]
50	290	145
60	345	170
70	410	205
85	490	245
100	580	290

Tab. 11: Erforderliche Überholsichtweiten in Abhängigkeit der Entwurfsgeschwindigkeit in Großbritannien (HARWOOD u. a. 2008)

Die erforderliche Überholsichtweite soll so oft wie möglich vorhanden sein, vor allem auf Straßen mit hoher Verkehrsstärke (NRA 2002). Die FOSD berücksichtigt die Wege vom Zeitpunkt **B** bis **C** inkl. Sicherheitsabstand (Bild 11; HARWOOD u. a. 2008).

Die FOSD beschreibt, ab welcher Sichtweite eine ausreichende Überholsichtweite vorhanden ist. Eine zweite Größe, die „Abort Sight Distance – ASD“ (Abbruchsichtweite), beschreibt, ab welcher Sichtweite die ausreichende Überholsichtweite endet. Sie ist mit der deutschen „reduzierten Überholsichtweite“ vergleichbar. Die ASD wird als halbe FOSD angenommen (HARWOOD u. a. 2008).

### Australien

Das Konzept zur Bestimmung der Überholsichtweite in Australien ähnelt dem von Großbritannien. Die Entwurfsgeschwindigkeit ist wiederum als  $V_{85}$  der Verkehrsanlage definiert. Für die volle Überholsichtweite (Establishment Sight Distance – ESD) wird hier jedoch die vollständige Strecke von **A** bis **H** (Bild 11) berücksichtigt (Tabelle 12). Die Sichtweite für die Fortsetzung eines Überholvorganges wird durch die „Continuation Sight Distance – CSD“

Entwurfsgeschwindigkeit [km/h]	ESD [m]	CSD [m]
50	330	165
60	420	205
70	520	245
80	640	300
90	770	360
100	920	430
110	1.100	500

Tab. 12: Erforderliche Überholsichtweiten in Abhängigkeit der Entwurfsgeschwindigkeit in Australien (HARWOOD u. a. 2008)

beschrieben. Dies ist die Strecke von **C** nach **F** in Bild 11 (vergleichbar mit der reduzierten Überholsichtweite) (HARWOOD u. a. 2008).

Die australischen Richtlinien erklären, dass die ESD herangezogen wird, um zu beschreiben, ab wann sich ein Fahrer zum Überholen entschließt. Diese Größe ist somit für die Strecke maßgebend, ab wann Überholen zugelassen werden kann. Die CSD dient zur Beschreibung, ob der Fahrer die Überholung fortsetzt oder abbricht. Ab dieser Sichtweite soll das Überholen also verboten werden. (HARWOOD u. a. 2008).

### Dänemark

Dänemark hat das deutsche Überholmodell der RAS-L 1995 übernommen. Die erforderlichen Überholsichtweiten im Regelwerk sind jedoch höher als die in den RAS-L 1995 (Tabelle 13). Grund dafür ist, dass bei den Berechnungen 20 km/h auf die zulässige Geschwindigkeit addiert werden. Im Regelwerk wird nicht zwischen fliegenden und beschleunigten Überholungen bzw. Überholungen mit und ohne Gegenverkehr unterschieden. Bei Verkehrsstärken bis zu 1.500 Kfz/24h soll die Überholsichtweite einmal auf 5 km gewährleistet sein, bei 1.500-5.000 Kfz/24h zweimal und bei Verkehrsstärken < 5.000 Kfz/24h dreimal (KJEMTRUP 2014).

Nach Bild 11 werden die Wege von **B** bis **C** im Überholmodell berücksichtigt.

Ein Überholverbot wird in Form eines Verbotsschildes oder durch eine Markierung dann angeordnet, wenn die Sichtweite kleiner als die doppelte Halt-sichtweite wird (KJEMTRUP 2014).

In Dänemark beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf Landstraßen 80 km/h.

Planungsgeschwindigkeit $V_p$ [km/h]	Überholsichtweite [m]
50	500
60	525
70	575
80	625
90	700

Tab. 13: Erforderliche Überholsichtweiten in Abhängigkeit der Planungsgeschwindigkeit in Dänemark

### Schweden

Im aktuellen schwedischen Entwurfsregelwerk sind keine Regelungen zu Überholsichtweiten enthalten. Es ist lediglich festgehalten, dass das Überholen vor Kuppen und nicht überschaubaren Kurven mit einer Sicht  $SW_{\text{vorh}} < 300$  m verboten werden soll. Dies geschieht durch eine ununterbrochene Mittelmarkierung. Zusätzliche Überholverbote bedürfen einer formalen rechtlichen Entscheidung der Verkehrsbehörde (BERGH/LÖFQVIST 2014).

Derzeit werden in Schweden die Regelungen zu den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auf Landstraßen geändert. Straßen, die bislang mit 110 km/h betrieben wurden, werden auf 100 km/h bzw. 90 km/h beschränkt. Über 50 % der Straßen mit einer bisherigen zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 90 km/h werden auf 80 km/h reduziert (BERGH/LÖFQVIST 2014).

### Norwegen

In Norwegen werden Landstraßen entweder mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h oder von 90 km/h betrieben. In Abhängigkeit von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wird die erforderliche Überholsichtweite von 450 m bei  $V_{\text{zul}} = 80$  km/h bzw. 550 m bei  $V_{\text{zul}} = 90$  km/h festgelegt (EGGEN/GIÆVER 2014). Die erforderliche Überholsichtweite muss mindestens einmal auf 10 km gewährleistet werden.

Im Widerspruch dazu gibt es jedoch auch ein Überholmodell. Diesem ist ein beschleunigter Überholvorgang zugrunde gelegt. Der Überholte fährt dabei 10 km/h langsamer als die zulässige Höchstgeschwindigkeit. Der Überholer beschleunigt auf die zulässige Höchstgeschwindigkeit. Rechnerisch ist nach diesem Modell eine erforderliche Überholsichtweite von 660 m zu gewährleisten (EGGEN/GIÆVER 2014). Das Modell berücksichtigt damit die Wege zwischen den Punkten  $\textcircled{A}$  und

Zulässige Höchstgeschwindigkeit [km/h]	Mindestsichtweite für unterbrochene Markierung [m]
70	170 (230)
80	220 (280)
90	280 (330)

Tab. 14: Mindestsichtweiten für die Freigabe des Überholens in Norwegen (EGGEN/GIÆVER 2014)

$\textcircled{H}$  nach Bild 11. Aufgrund der geringer gewählten erforderlichen Überholsichtweiten lässt sich darüber keine abschließende Aussage treffen.

Tabelle 14 zeigt die Sichtweiten, die mindestens vorhanden sein müssen, damit das Überholen mittels Markierung freigegeben werden kann (EGGEN/GIÆVER 2014).

Dieser Festlegung liegt der Weg zugrunde, den ein Fahrzeug für die Beendigung des Überholvorgangs benötigt, wenn es sich bereits mit seiner Front auf der Höhe des Hecks des Überholten befindet. Es ist jedoch angedacht, die Mindestsichtweiten auf die Klammerwerte nach Tabelle 14 zu erhöhen (EGGEN/GIÆVER 2014).

### Niederlande

In den Niederlanden ist auf Landstraßen generell ein Überholverbot angeordnet. Ausnahmen gibt es auf Strecken, die von langsam fahrendem Verkehr genutzt werden (CROW 2002). Auch werden Haltebuchten für den langsamen Verkehr (landwirtschaftliche Fahrzeuge) angelegt, damit schnellere Fahrzeuge passieren können. Die Nutzung dieser Haltebuchten ist in der Praxis aber gering (BOENDER 2014).

### Portugal

Nach ROQUE (2009) folgen die portugiesischen Richtlinien für den Straßenentwurf „Portuguese Design Standard – PDS 1994“ zur Festlegung der Überholsichtweite dem Modell der AASHTO 2001. Es wird daher die erforderliche Überholsichtweite auf Grundlage der Wege zwischen den Punkten  $\textcircled{A}$  und  $\textcircled{H}$  nach Bild 11 bestimmt.

Im portugiesischen Regelwerk wird dabei die Überholsichtweite (DVU) vereinfacht in Abhängigkeit von der 85%-Geschwindigkeit ( $V_{85}$ ) bestimmt mit:

$$DVU = 7 \times V_{85} \quad (2.1)$$



Entwurfsgeschwindigkeit $V_e$ [km/h]	Fahrgeschwindigkeit $V_{85}$ [km/h]	Erforderliche Überholsichtweite DVU [m]
60	80	560
80	100	700
100	120	840

Tab. 15: Zuordnung der  $V_{85}$  zur Entwurfsgeschwindigkeit in den PDS 1994 (ROQUE 2009) und Ableitung der erforderlichen Überholsichtweite (DVU)

Dabei ist die  $V_{85}$  der Entwurfsgeschwindigkeit  $V_e$  von Straßen nach Tabelle 15 zugeordnet.

Die Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf Landstraßen beträgt in Portugal 90 km/h.

### 2.2.3 Zusammenfassung und Vergleich

Beim Vergleich der Festlegungen hinsichtlich der erforderlichen Überholsichtweiten fällt auf, dass in Europa zumeist der Weg des Überholers betrachtet wird, den er vom Beginn des Ausscherens bis zum Ende des Einscherens benötigt (B bis D nach Bild 11). Die Ausnahmen bilden Norwegen und Portugal. Diese berücksichtigen, ebenso wie Kanada und Australien, den Weg vor dem Ausscheren, auf dem der Überholer abschätzt, ob die vorhandene Lücke zum Überholen genügt (A bis D nach Bild 11). Weiterhin wird bei beiden Varianten der Weg berücksichtigt, der vom Entgegenkommenden in der Zeit, die für den Überholvorgang erforderlich ist, zurückgelegt wird.

Ein weiterer Unterschied sind die zugrunde gelegten Geschwindigkeiten. In Europa (bis auf Norwegen) und Australien ist es die Entwurfs- bzw. Planungsgeschwindigkeit. In den USA und Kanada wird dagegen eine definierte Geschwindigkeit des Überholers zugrunde gelegt.

Die erforderlichen Sichtweiten liegen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit zwischen 290 m und 920 m und unterscheiden sich innerhalb gleicher Geschwindigkeitsklassen von Land zu Land zum Teil sehr stark. Deutschland variiert jedoch die erforderliche Überholsichtweite in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit nicht. Mit den RAL (2012) wurde eine konstante erforderliche Überholsichtweite für alle Landstraßentypen einheitlich festgelegt, bei denen Überholungen unter Nutzung des Fahrstreifens für den Gegenverkehr theoretisch problemlos möglich sind.

Weiterhin haben England und Australien im Regelwerk zusätzlich verringerte Sichtweiten, die mit der deutschen reduzierten Sichtweite vergleichbar sind (ASD bzw. CSD). Nach HARWOOD (1995) beschreiben die vollen Sichtweiten, ab wann das Überholen freigegeben werden kann, und die verringerten Sichtweiten, ab wann das Überholen verboten werden soll. Jedoch werden diese, wie auch die anderen geometrischen Sichtweiten aus Tabelle 16, nicht für die Markierung/Beschilderung herangezogen.

In Deutschland, Dänemark, Österreich und der Schweiz soll eine Fahrstreifenbegrenzungslinie angeordnet werden, wenn die vorhandene Sichtweite die doppelte Haltesichtweite unterschreitet.

In Norwegen wird in Abhängigkeit von der  $V_{zul}$  ein Überholverbot angeordnet. Den dabei modellmäßig angesetzten Sichtweiten liegt der Weg zugrunde, den ein Fahrzeug für die Beendigung des Überholvorgangs benötigt, wenn es sich bereits auf der Höhe des Überholens befindet.

In den USA, Kanada, Australien und Großbritannien wird die Sichtweite zur Markierung von Über-

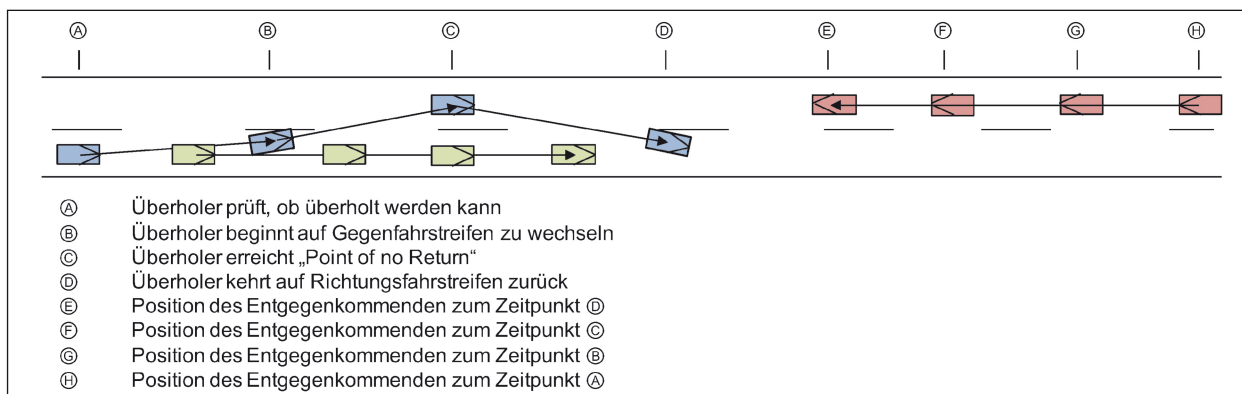


Bild 11: Einzelne Wegbestandteile des Überholvorgangs zur Beschreibung der verschiedenen Überholsichtweiten nach HARWOOD (1995)

Land			Entwurfs-, Planungs- bzw. Betriebsgeschwindigkeit [km/h]							
			50	60	70	80	85	90	100	110
Deutschland	SW <sub>0</sub> [m]	Ⓑ - Ⓒ	-	-	-	-	-	600	600	-
Österreich	SW <sub>0</sub> [m]	Ⓑ - Ⓒ	-	400	450	500	-	550	600	-
Schweiz	SW <sub>0</sub> [m]	Ⓑ - Ⓒ	-	450	500	550	-	575	625	-
Großbritannien	FOSD [m]	Ⓑ - Ⓒ	290	345	410	-	490	-	580	
	ASD [m]	$\frac{1}{2}$ (Ⓑ - Ⓒ)	145	170	205	-	245	-	290	
Dänemark	-	Ⓑ - Ⓒ	500	525	575	625	-	700	-	-
Norwegen	-	-	-	-	-	450	550	-	-	-
Portugal	PSD [m]	Ⓐ - Ⓗ	-	560	-	700	-	-	840	-
Australien	ESD [m]	Ⓐ - Ⓗ	330	420	520	640	-	770	920	
	CSD [m]	Ⓒ - Ⓕ	165	205	245	300	-	360	430	500
USA	PSD [m]	Ⓒ - Ⓗ	160	180	210	245	-	280	320	355

Tab. 16: Internationaler Vergleich der Überholsichtweiten nach HARWOOD (1995)

holverboden in Abhängigkeit von der  $V_{85}$  festgelegt (HARWOOD 1995). Die USA, Kanada und Großbritannien ordnen die Fahrstreifenbegrenzungslinie ab dem Punkt an, an dem die erforderliche Überholsichtweite gerade nicht mehr vorhanden ist.

Angaben zu den Regelungen in Dänemark, Norwegen und Portugal liegen nicht vor.

## 2.3 Stand der Forschung

### 2.3.1 Nationale Untersuchungen

#### NETZER (1966)

NETZER (1966) wertete in seiner Untersuchung die Überholwege von aufgenommen Realüberholungen aus. Diese wurden in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Überholers und der Geschwindigkeitsdifferenz von Überholer und Überholten dargestellt. NETZER (1966) unterschied zudem in Überholungen mit und ohne Gegenverkehr.

Bild 12 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung. Festzustellen ist, dass die mittleren Überhollängen bei Gegenverkehr ca. 12 % kürzer waren als bei Überholungen ohne Gegenverkehr.

NETZER (1966) berechnete die Überholsichtweiten nach dem Modell in Bild 13. Die Auswertung der Messungen führten zu den Überholsichtweiten in Tabelle 17.

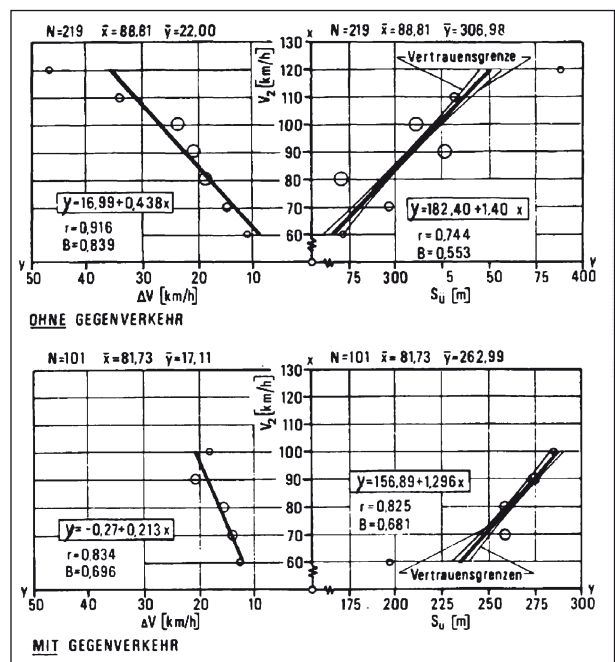


Bild 12: Überholweg  $s_u$  und die Geschwindigkeitsdifferenz in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit  $V_2$  des Überholers (DURTH/HABERMEHL 1986)

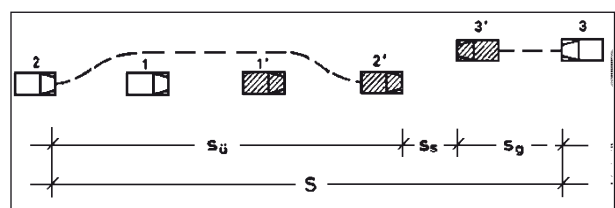


Bild 13: Schematische Darstellung der Überholsichtweite nach NETZER 1966

$V_e$ [km/h]	60	80	100	120
Überholsichtweite [m]	720	790	860	930
Mindestüberholsichtweite [m]	510	570	630	-

Tab. 17: Überholsichtweiten nach NETZER 1966

### GRABE/STOLZ (1968)

GRABE/STOLZ (1968) untersuchten die erforderlichen Überholsichtweiten auf zweistreifigen Außerortsstraßen. Sie stellten fest, dass die mittleren Abstände zum zu überholenden Fahrzeug vor Beginn der Überholung mit steigenden Geschwindigkeiten nur gering zunehmen. Über alle Geschwindigkeitsklassen betrug der mittlere Abstand etwa 8,0 m.

Hinsichtlich des Beschleunigungsverhaltens stellten GRABE/STOLZ (1968) fest, dass dieses mit zunehmender Geschwindigkeit nur minimal unterschiedlich ist. Auch bestand kein Unterschied bei den Beschleunigungen von Überholungen mit und ohne Gegenverkehr. Sie schlussfolgerten daraus, dass die Fahrzeugführer immer die maximal mögliche Beschleunigung nutzen, unabhängig von der Lücke im Gegenverkehr.

Die Überholzeit  $t_{\bar{U}}$  betrug im Mittel 7,2 s. Eine Überholzeit von  $t_{\bar{U}} \leq 10,0$  s wurde von 90 % der Fahrer eingehalten. Eine statistische Abhängigkeit zur Geschwindigkeit des Messfahrzeugs  $V_m$  (Geschwindigkeit des Überholten) konnte nicht nachgewiesen werden (GRABE/STOLZ 1968).

Die angenommenen Grenzzeitlücken  $\Delta t_m$  und Wegzeitlücken  $\Delta s_m$  im Gegenverkehr sind in Tabelle 18 in Abhängigkeit von der mittleren Geschwindigkeit des Testfahrzeugs dargestellt. Erwartungsgemäß stiegen beide mit zunehmender Geschwindigkeit (GRABE/STOLZ 1968).

Weiterhin ermittelten GRABE/STOLZ (1968) die mittlere potenzielle Grenzwegdifferenz. Bei den angenommenen Zeitlücken betrug der Sicherheitsabstand am Ende der Überholung im Mittel 160 m.

GRABE/STOLZ (1968) beschrieben die erforderlichen Überholsichtweiten in Abhängigkeit von der Überholgeschwindigkeit nach Tabelle 19. Diese beziehen sich auf Überholungen zweier Pkw ohne den Einfluss von Steigungsverhältnissen.

$V_m$ [km/h]	$\Delta t_m$ [s]	$\Delta s_m$ [m]
$\geq 50 < 55$	21,4	480
$\geq 55 < 60$	20,7	500
$\geq 60 < 65$	22,2	500
$\geq 65 < 70$	23,6	540
$\geq 70 < 75$	23,8	575
$\geq 75 < 80$	25,2	628
$\geq 80 < 85$	25,3	560
$\geq 85 < 90$	25,9	635
$\geq 90 < 95$	26,1	580

Tab. 18: Grenz- und Wegzeitlücken in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Messfahrzeugs

Überholgeschw. $V_{\bar{U}}$ [km/h]	50	60	70	80	90	100
erforderliche Überholsichtweite $SW_{\bar{U},erf}$ [m]	480	515	545	580	615	650

Tab. 19: Erforderliche Überholsichtweiten in Abhängigkeit von der Überholgeschwindigkeit nach GRABE/STOLZ (1968)

### RUNKEL (1970)

RUNKEL (1970) untersuchte Mindestsichtweiten und Mindestradien bei Überholvorgängen zwischen Pkw und Lkw ( $L = 9,00$  m) bzw. Pkw und Lastzügen ( $L = 18,00$  m). Dabei wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Geschwindigkeit des Lkw/Lz ist während der Überholung konstant und beträgt  $V_{Lkw} = 80$  km/h.
- Die Beschleunigung des Pkw beträgt  $a = 0,4$  m/s<sup>2</sup>.
- Die Werte sind für Strecken ohne Längsneigung festgelegt.
- Die Geschwindigkeit des Entgegenkommenden wird mit  $V = 120$  km/h angenommen.
- Die befestigte Fahrbahnbreite beträgt  $b = 7,5$  m (RQ 11,5).

Es ergaben sich die erforderlichen Überholsichtweiten in Abhängigkeit vom Abstand ( $d$ ) des Fahrers im Pkw zur hinteren Begrenzung des Lkw bzw. Lz nach Tabelle 20.

### KLEINSCHMIDT (1975)

Die von KLEINSCHMIDT (1975) aufgenommenen Überholungen waren zu 80 % beschleunigte Über-

d [m]	Sichtweite – Lkw [m] (L = 9,00 m)	Sichtweite – Lz [m] (L = 18,00 m)
0,5	-	975
2	-	1.100
4	660	1.275
6	800	1.500
8	975	1.750
10	1.175	1.975
12	1.400	> 2.000

Tab. 20: Notwendige Überholsichtweiten bei Abstand A des Fahrers im Pkw zu hinteren Begrenzung des Lkw/Lz nach RUNKEL (1970)

holungen. Die Messungen fanden auf zwei Strecken statt, die bei der Auswertung getrennt betrachtet wurden.

Die Auswertungen von Pkw/Pkw-Überholungen führten zu mittleren Ausscherabständen (unter Berücksichtigung der Fahrzeuglängen) von 9,5 m bzw. 12,5 m. Dabei nehmen die Abstände mit steigender Geschwindigkeit zu. Die Einscherabstände ergaben sich zu 36,0 m bzw. 47,5 m.

Die mittlere relative Grenzzeitlücke (Def. vgl. Kapitel 2.3.3) beträgt 16 s bzw. 13 s. KLEINSCHMIDT (1975) stellte fest, dass diese mit zunehmender Geschwindigkeit wächst und bei steigender Verkehrsstärke abnimmt.

Die mittleren Geschwindigkeitsdifferenzen betragen für Pkw/Pkw-Überholungen 12,3 km/h und für Pkw/Lkw-Überholungen 14,6 km/h.

Hinsichtlich der mittleren Beschleunigung wurden keine wesentlichen Unterschiede zwischen Pkw/Pkw- und Pkw/Lkw-Überholungen festgestellt. Sie beträgt 0,47 m/s<sup>2</sup> bzw. 0,51 m/s<sup>2</sup>.

Aus den ermittelten Kenngrößen leitete KLEINSCHMIDT (1975) erforderliche Überholsichtweiten in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Überholers ab. Bei einer mittleren Geschwindigkeit von 90 km/h wäre eine Sichtweite von 510 m bis 585 m notwendig.

### BRILON (1976)

BRILON (1976) wertete im Rahmen seiner Untersuchung die Anzahl der Überholungen in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke aus. Diese wurden auf einer 1.000 m langen Strecke gemessen, die einen DTV von 10.200 Fzg/24h und eine Fahrbahnbreite von 7,5 m aufwies.

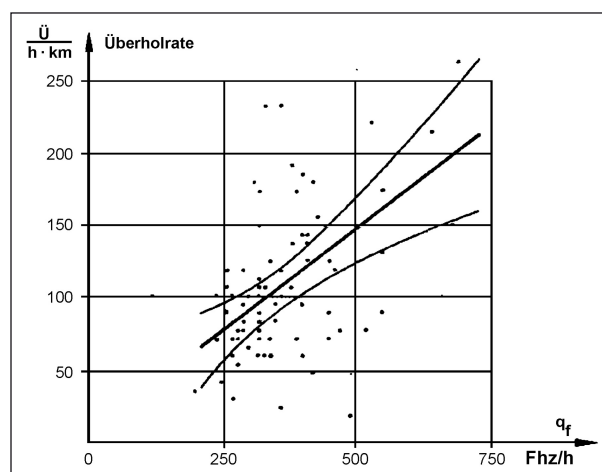


Bild 14: Überholrate in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke der Fahrtrichtung (Messpunkte für beide Richtungen zusammengefasst) nach BRILON (1976)

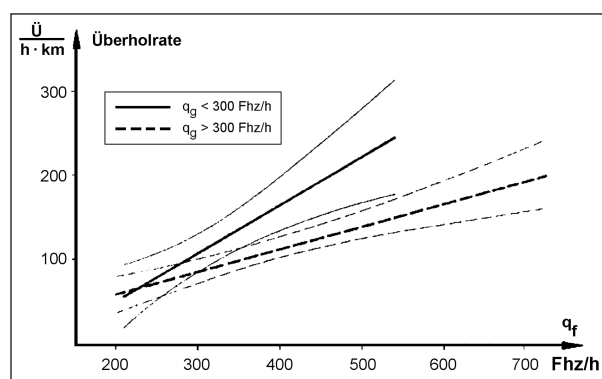


Bild 15: Überholrate in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke der Fahrtrichtung für verschiedene Klassen der Gegenverkehrsstärke nach BRILON (1976)

Als Bezugsgröße wählte BRILON (1976) die Überholrate  $\ddot{U}$  [ $\ddot{U}/\text{km} \times \text{h}$ ]. Diese stellt die Anzahl der Überholungen pro Kilometer und Stunde dar.

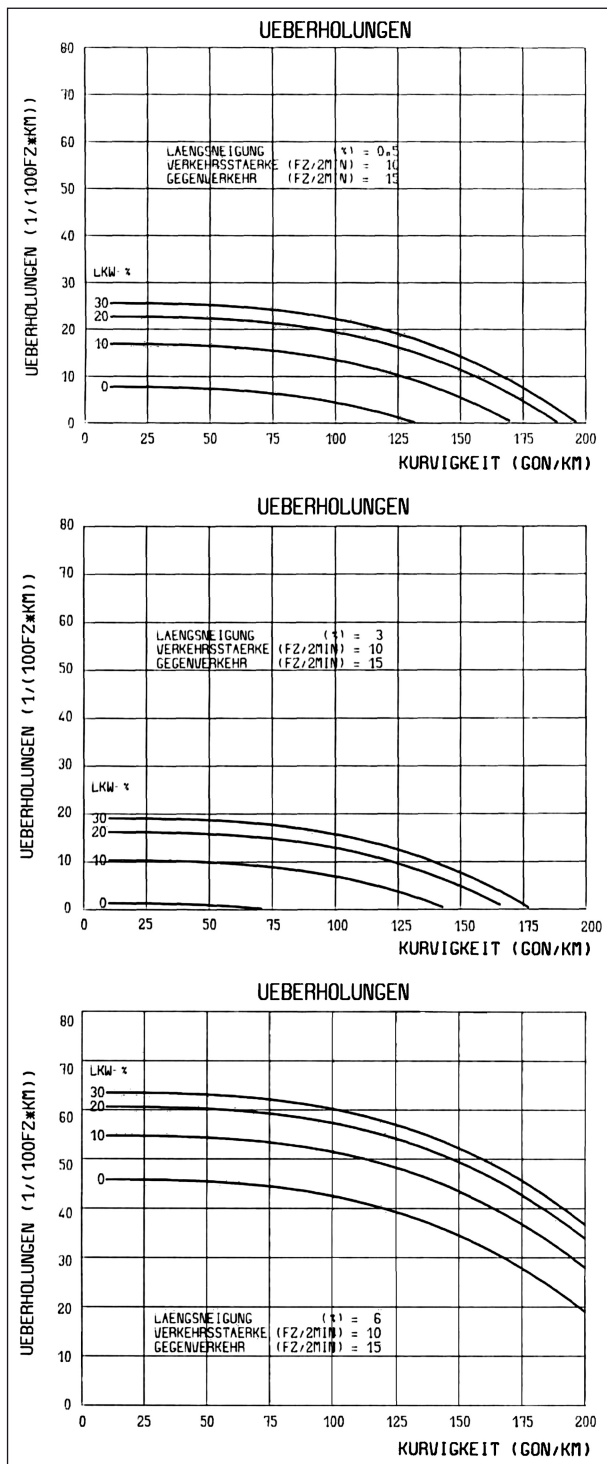
Die Überholraten in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke in Fahrtrichtung (gemessen in 10-Minuten-Intervallen) sind in Bild 14 dargestellt.

Die Messwerte weisen eine hohe Streuung auf, lassen jedoch vermuten, dass die Überholrate im Mittel mit steigender Verkehrsbelastung zunimmt. Bei 700 Kfz/h findet immer noch eine hohe Anzahl an Überholungen statt, sodass dieser Wert noch nicht die Grenze darstellt, ab dem verkehrsbedingt keine Überholungen mehr möglich sind (BRILON 1976).

Weiterhin berücksichtigte BRILON (1976) die Verkehrsstärke der Gegenrichtung. Er unterschied dabei nach  $q_g < 300$  Kfz/h und  $q_g > 300$  Kfz/h. Es zeigt sich, dass bei hohen Verkehrsstärken im Gegenverkehr deutlich weniger Überholungen stattfinden als bei geringen Verkehrsstärken (Bild 15).

**TRAPP/KRAUS (1983)**

In der Untersuchung von TRAPP/KRAUS (1983) wurde der Einfluss von Steigungsklasse, Kurvigkeit, Überholmöglichkeit und Fahrstreifenbreite im Bemessungsverfahren der RAS-Q überprüft. Die Autoren schrieben, dass für das Überholen der



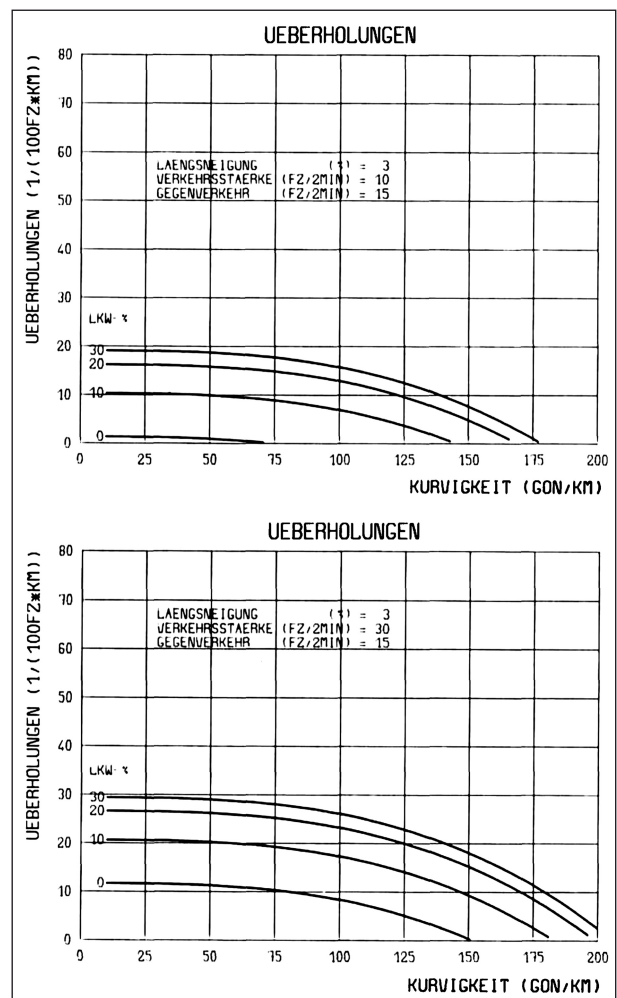
**Bild 16:** Überholungen in Abhängigkeit von der Längsneigung, der Kurvigkeit und dem Lkw-Anteil bei 15 Fzg/2min und Längsneigungen von 0,5, 3,0 und 6,0 % (TRAPP/KRAUS 1983)

Überholbedarf und die Überholmöglichkeit vorhanden sein müssen. Der Überholbedarf ergibt sich aus den verschiedenen Geschwindigkeiten und steigt mit wachsenden Verkehrsstärken. Die Überholmöglichkeit hängt von den Sichtweiten und den Zeitlücken im Gegenverkehr ab.

Zur Untersuchung der Zusammenhänge von Linieneinführung und Verkehrsstärke bzw. -zusammensetzung nahmen TRAPP/KRAUS (1983) auf den Messstrecken die Verkehrsstärke für beide Fahrrichtungen, den Schwerververkehrsanteil, die Längsneigung und die Kurvigkeit auf.

Als Ergebnis wurde festgehalten, dass mit steigender Längsneigung und steigendem Schwerververkehrsanteil die Anzahl der Überholungen wächst. Bei steigender Kurvigkeit nimmt die Anzahl der Überholvorgänge dagegen ab (s. Bild 16).

Bild 17 zeigt, dass die Überholungen auch bei steigender Verkehrsstärke zunehmen. TRAPP/KRAUS



**Bild 17:** Überholungen in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke, der Kurvigkeit und dem Lkw-Anteil bei einer Längsneigung von 3,0 % (TRAPP/KRAUS 1983)

1983 wiesen jedoch darauf hin, dass diese ab einer bestimmten (höheren) Verkehrsstärke wieder abnehmen würden.

Insgesamt haben die Längsneigung und die Kurvigkeit den größten Einfluss auf die Anzahl der Überholvorgänge.

**STEIERWALD u. a. (1986)**

STEIERWALD u. a. (1986) untersuchten auf zweistreifigen Landstraßen die Grenz- und Folgezeitlücken bei Überholvorgängen. Die Grenzzeitlücke gibt wieder, bei welchem zeitlichen Abstand im Gegenverkehr eine Überholung durchgeführt wird. Die Folgezeitlücke bildet die zeitlichen Abstände zwischen Fahrzeugen der gleichen Richtung ab, die hintereinander die gleiche Zeitlücke des Gegenverkehrs für eine Überholung nutzen. Im Ergebnis formulierten sie die Grenz- und Folgezeitlücken in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des zu Überholenden nach Tabelle 21.

Geschwindigkeitsklasse $V_M$ [km/h]	relative Grenzzeitlücke $t_{Gr}$ [s]	mittlere relative Folgezeitlücke $t_{FR}$ [s]
50-60	8,2-10,1	3,2-5,2
61-70	11,0-12,4	4,2-6,5
80-100	13,0-14,0	6,2-9,3

Tab. 21: Grenzzeitlücken in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Überholten nach STEIERWALD u. a. (1986)

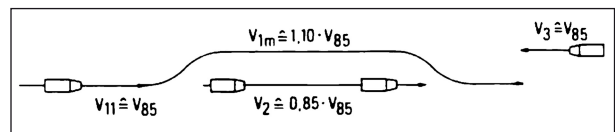


Bild 18: Geschwindigkeiten der am Überholvorgang beteiligten Fahrzeuge (DURTH/HABERMEHL 1986)

**DURTH/HABERMEHL (1986)**

DURTH/HABERMEHL (1986) überprüften die Überholsichtweiten nach dem Überholmodell der RAS-L-1 von 1984.

Anhand von aufgenommenen Überholungen entwickelten sie ein Überholmodell nach Bild 18. Diesem Modell liegt die Geschwindigkeit  $V_{85}$  zugrunde und nicht, wie in dem damals gültigen Regelwerk RAS-L-1, die Entwurfsgeschwindigkeit  $V_e$ .

$V_{85}$ [km/h]	60	70	80	90	100
$V_2$ [km/h]	51	59,5	68	76,5	85
$V_{1m}$ [km/h]	66	77	88	99	110
$V_3$ [km/h]	60	70	80	90	100
$s_{Ü1}$ [m]	139	156	173	190	208
$s_{Ü1,85}$ [m]	194	208	221	235	248
$s_3$ [m]	150	175	200	225	250
$l_s$ [m]	125	125	125	125	125
$SW_{Ü,erf}$ [m]	469	508	546	585	623
<b>Gerundete Werte</b> [m]	<b>475</b>	<b>500</b>	<b>525</b>	<b>575</b>	<b>625</b>

Tab. 22: Geschwindigkeiten und Wegstrecken beim Überholvorgang nach DURTH/HABERMEHL (1986)

Die erforderliche Überholsichtweite setzt sich zusammen aus dem Weg des Überholers  $s_{Ü1,85}$  (Gl. 2.2), dem Weg des entgegenkommenden Fahrzeugs  $s_3$  (Gl. 2.3) und einem Sicherheitsabstand von 125 m zwischen beiden Fahrzeugen am Ende der Überholung.

$$s_{Ü1,85} = 1,577 \times 0,85 \times V_{85} + 114,05 \quad (2.2)$$

$$s_3 = V_{85} + \frac{t_{Ü,85}}{3,6} \quad (2.3)$$

- $s_{Ü1,85}$  [m] 85%-Wert der beobachteten Überholwege
- $V_{85}$  [km/h] 85%-Geschwindigkeit
- $s_3$  [m] Weg des entgegenkommenden Fahrzeugs während des Überholvorgangs
- $t_{Ü,85}$  [s] bei 85 % der Überholungen nicht überschrittene Überholdauer

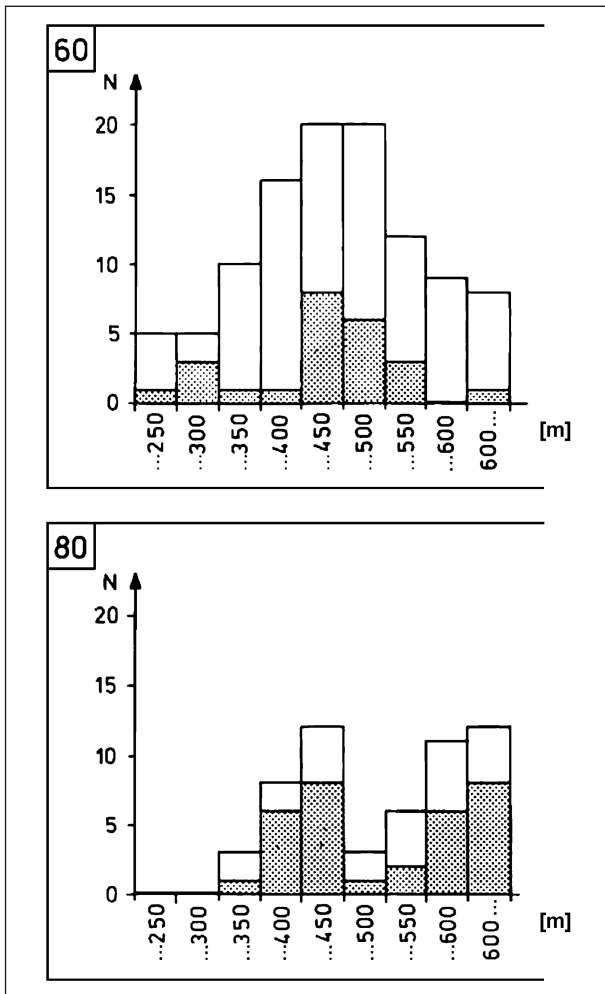
- $V_2$  [km/h] Geschwindigkeit des Überholenden
- $V_{1m}$  [km/h] durchschnittliche Geschwindigkeit des Überholers während der Überholung
- $V_3$  [km/h] Geschwindigkeit des Entgegenkommenden
- $s_{Ü1}$  [m] durchschnittlicher Überholweg
- $l_s$  [m] Sicherheitsabstand
- $SW_{Ü,erf}$  [m] Erforderliche Überholsichtweite

Tabelle 22 gibt die Geschwindigkeiten, Wegstrecken und erforderlichen Überholsichtweiten nach DURTH/HABERMEHL (1986) wieder. Sie wurden in die RAS-L 1995 übernommen.

**OTTEN/HAHN (1987)**

OTTEN/HAHN (1987) führten in ihrer Untersuchung Probandenfahrten im Simulator durch, bei denen sie deren Überholverhalten aufnahmen. Dabei fuhr das zu überholende Fahrzeug im ersten Umlauf 60 km/h und im zweiten Umlauf 80 km/h.

Bild 19 zeigt die Anzahl aller durchgeführten Überholungen in Abhängigkeit von der vorhandenen Sichtweite (weiß) und des Abstands zum Gegenverkehr (punktiert). Dabei sind oben die Sichtweiten dargestellt, bei denen das vorausfahrende Fahrzeug eine Geschwindigkeit von 60 km/h hatte. Die untere Abbildung gibt Überholungen wieder, bei denen der Überholte eine Geschwindigkeit von 80 km/h fuhr. Die Autoren stellten fest, dass ein großer Anteil der Überholungen im kritischen Sichtweitenbereich (< 500 m) begonnen wurde. Die Mindestüberhol-sichtweite nach RAS-L-1 beträgt 500 m.



**Bild 19:** Verteilung der vorhandenen Sichtweite (punktiert) und dem Abstand zum Gegenverkehr (weiß) bei durchgeführten Überholungen in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Überholten (OTTEN/HAHN 1987)

**LEUTZBACH u. a. (1989)**

LEUTZBACH u. a. (1989) untersuchten den benötigten Überholweg und die Grenzzeitlücke beim Überholen langsamer Fahrzeuge. In die Untersuchung flossen nur Fahrzeuge ein, die bei Lücken ≤ 60 s überholten.

Die Kenngrößen wurden getrennt nach fliegender und beschleunigter Überholung sowie getrennt nach Fahrzeugtyp des Überholers ausgewertet. Die Mittelwerte sind in Tabelle 23 dargestellt. Bei der Geschwindigkeit des Entgegenkommenden fiel auf, dass diese im Mittel etwa 10 km/h geringer war als die im Querschnitt gemessene Geschwindigkeit. LEUTZBACH u. a. (1989) vermuteten, dass die Entgegenkommenden ihre Geschwindigkeit verringern, wenn sie den Überholer sehen. Ein anderer Grund könnte sein, dass die Überholer nur zum Überholen ansetzen wenn der Entgegenkommende eine vergleichsweise geringe Geschwindigkeit hat.

Als Grenzzeitlücke (Lücke, die 50 % der Fahrer annehmen, im Bezug auf den überholenden Pkw) stellte sich  $t_{Gr} = 12$  s heraus.

		beschleunigt		fliegend	
		Pkw	Lkw	Pkw	Lkw
$V_{\text{Überholer}}$	[km/h]	51,3	46,8	70,0	66,6
$V_{\text{Entgegen}}$	[km/h]	69,8	69,3	69,6	67,2
$t_{\text{Überholer}}$	[s]	5,6	9,0	5,2	7,4
$S_{\text{Überholer}}$	[m]	80,9	113,9	101,5	137,9
$d_{\text{Sicherheit}}$	[m]	167,5	139,8	230,0	192,8
$d_{\text{Ausscheren}}$	[m]	17,2	23,9	43,9	60,1
$d_{\text{Einscheren}}$	[m]	39,0	63,2	45,5	63,5

**Tab. 23:** Geschwindigkeiten, Abstände und Überholweg beim Überholen langsamer Fahrzeuge (LEUTZBACH u. a. 1989)

### OTTEN/HABERMEHL (1989)

OTTEN/HABERMEHL (1989) verglichen die Feldversuche von DURTH/HABERMEHL (1986) und OTTEN/HAHN (1987). Der Vergleich zeigte folgende Ergebnisse:

- Die Sichtweiten, bei denen Überholungen durchgeführt wurden, sind etwa gleich.
- In den Simulatorversuchen treten häufiger kleine Abstände zum Gegenverkehr, also riskantere Überholvorgänge auf.
- Die Überholgeschwindigkeit des Überholers ist im Fahrsimulator im Mittel 9 km/h höher.
- Die Einschergeschwindigkeit ist im Fahrsimulator im Mittel 12 km/h höher.
- Die Überholdauer und der Überholweg weichen nur gering voneinander ab.
- Der Überholweg liegt zum Großteil zwischen 100 m und 300 m. Der Mittelwert beträgt 175,9 m.

### HEUSCH/BOESEFELDT (1994)

HEUSCH/BOESEFELDT (1994) untersuchten den Zusammenhang von Geschwindigkeiten, Verkehrsstärke sowie Fahrbahnbreite und dem Überholverhalten bzw. dem Überholdruck. Dafür nahmen sie die Anzahl der Überholungen auf drei Strecken mit einem DTV von 4.508 Kfz/24h bis 9.454 Kfz/24h auf.

Als Ergebnis ließ sich zusammenfassend feststellen, dass

- auf breiteren Querschnitten (8,0 m befestigte Fläche) der höchste Überholdruck, aber auch die höchste Überholrate vorhanden sind,
- die Fahrstreifenbreite aber insgesamt eine untergeordnete Bedeutung bzgl. des Überholdrucks spielt,
- der Überholdruck auch auf langen Geraden (rund 2 km) zweistreifiger Außerortsstraßen mit hohen Sichtweiten auch bei niedrigen bis mittleren stündlichen Verkehrsstärken nicht abgebaut wird,
- Überholungen auf breiteren Querschnitten sicherer sind (bei einer Verkehrsstärke bis 500 Fzg/h x Richtung ist bei Fahrstreifenbreite

von 3,50 m das Risiko für einen Überholunfall doppelt so hoch wie bei der Breite von 3,75 m) und

- der mittlere Weg auf dem Gegenfahrstreifen 253,7 m beträgt.

### ZIMMERMANN (2014)

ZIMMERMANN (2014) strebte die Harmonisierung der Überholmodelle von den RAL (2012) und den RMS an. Bei seiner Modellentwicklung behandelte er folgende Fragestellungen:

- Welche Sichtweite wird für eine sichere Überholung benötigt?
- Ab welcher vorhandenen Sichtweite zwischen Abschnitten mit zu geringer Sichtweite kann das Überholen freigegeben werden?
- Ab welcher Sichtweite muss verdeutlicht werden, dass der Überholvorgang zu beenden ist bzw. kein neuer Überholvorgang gestartet, begonnen werden kann?

Dabei forderte er eine getrennte Betrachtung für Straßen der Entwurfsklassen EKL 2 und EKL 3. Als Grund dafür nannte er die unterschiedlichen Verkehrsstärken, die auf diesen Strecken sowie die trassierungsbedingten vorhandenen geringeren Sichtweiten bei Straßen der EKL 3. Für Straßen der EKL 2 soll die volle Überholsichtweite eingehalten werden. Er empfahl, bei der Berechnung eine beschleunigte Überholung zugrunde zu legen, bei der ein Pkw einen Lkw überholt. Auf Straßen der EKL 3 hält er die fliegende Überholung für maßgebend. Er empfahl, dort nicht von der vollen Überholsichtweite auszugehen, sondern von der aus dem Regelwerk bisher bekannten, reduzierten Überholsichtweite (vgl. Kapitel 2.2.1). Diese berücksichtigt den Weg des Überholers zum Beenden des Überholvorgangs, ab dem Zeitpunkt, an dem sich dessen Front auf der Höhe des Hecks des Überholten befindet. Um Missverständnisse zu vermeiden, nannte ZIMMERMANN (2014) diese reduzierte Überholsichtweite „Passiersichtweite“ und bezeichnete den Vorgang als „Passieren“.

Die Eingangsgrößen für die Berechnungen der vollen Überholsichtweite waren dabei:

- ein zu überholender Lkw mit einer Geschwindigkeit von  $V = 70$  km/h und mit einer Fahrzeuglänge von 18,75 m,



- ein Überholer mit einer Ausgangsgeschwindigkeit von  $V = 70 \text{ km/h}$ , der mit einem Wert von  $a = 2 \text{ m/s}^2$  beschleunigt und seine Geschwindigkeit bis auf  $V = 110 \text{ km/h}$  erhöht,
- ein entgegenkommender Pkw mit einer Geschwindigkeit von  $V = 100 \text{ km/h}$  und
- ein zu berücksichtigender Sicherheitsabstand zwischen Überholer und Entgegenkommendem von  $I_S = 100 \text{ m}$ .

Aus diesen Annahmen ergab sich eine Mindestüberholsichtweite von 600 m für die Einleitung und sicheren Abschluss eines Überholvorgangs.

Für die Straßen der EKL 3 unterschied ZIMMERMANN (2014) weiterhin zwischen dem (fliegenden) Passieren eines Lkw und dem fliegenden Überholen eines langsames Fahrzeugs. Für diese Fahrzeuge werden folgende Annahmen getroffen:

- ein überholender Pkw mit einer Geschwindigkeit von  $V = 100 \text{ km/h}$ ,
- ein zu passierender Lkw mit einer Geschwindigkeit von  $V = 70 \text{ km/h}$  und einer Fahrzeuglänge von 18,75 m bzw,
- ein zu überholendes langsames Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit von  $V = 25 \text{ km/h}$  und einer Fahrzeuglänge von 12,00 m und
- ein entgegenkommender Pkw mit einer Geschwindigkeit von  $V = 100 \text{ km/h}$ .

Aus diesen Annahmen ergab sich eine Mindestpassiersichtweite von 400 m für das Passieren eines Lkw und eine Mindestpassiersichtweite von 300 m für das Passieren eines langsamen Fahrzeuges.

Aus diesen Ergebnissen leitete ZIMMERMANN (2014) Empfehlungen für die Markierung von Fahrstreifenbegrenzungen ab.

Auf Straßen der EKL 2 soll demnach die Warnlinie ab dem Punkt beginnen, an dem die vorhandene Sichtweite gerade noch 600 m beträgt. Rechnerisch befindet sich der Überholer nach ca. 100 m mit seiner Front auf der Höhe des Hecks des Überholten. Dort sollen die Vorankündigungspfeile anfangen, die den Fahrer darauf hinweisen, dass der Überholvorgang unverzüglich zu beenden ist. Nach weiteren 150 m ist rechnerisch der Überholvorgang beendet. Dort beginnt die Fahrstreifenbegrenzung (Bild 20).

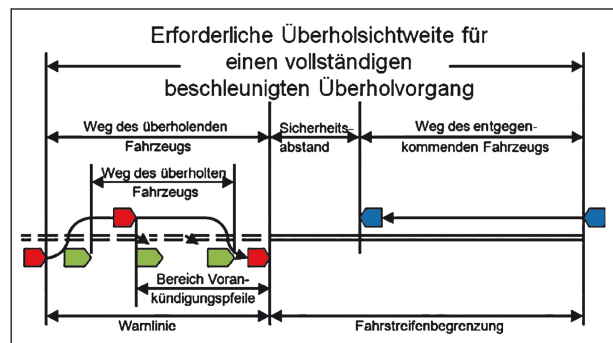


Bild 20: Anordnung der Markierung bei einer vollständigen beschleunigten Überholung nach ZIMMERMANN (2014)

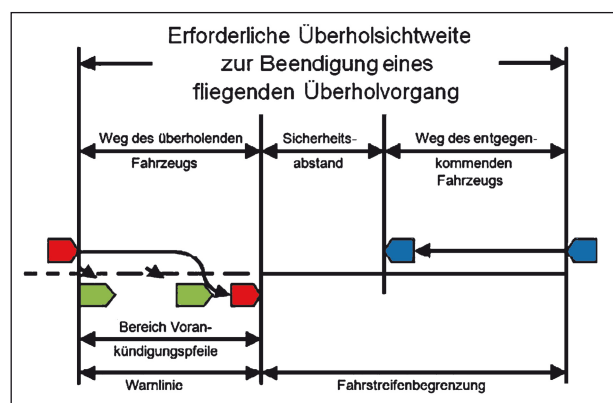


Bild 21: Anordnung der Markierung beim Passieren, ausgehend von einer fliegenden Überholung nach ZIMMERMANN (2014)

Nach einer Sichtweitereinschränkung sollte die Fahrstreifenbegrenzung erst dort wieder enden, wo die vorhandene Sichtweite von 600 m auf einer Länge von mindestens 400 m vorhanden ist.

Bei Straßen der EKL 3 soll die Warnlinie beginnen, wo die vorhandene Sichtweite gerade noch 400 m beträgt. Dabei wird unterstellt, dass sich dort der Überholer mit seiner Front auf der Höhe des Hecks des Überholten befindet. Mit dem Beginn der Warnlinie sollen auch die Vorankündigungspfeile beginnen. Nach 150 m soll dann die Fahrstreifenbegrenzung beginnen (Bild 21).

Die Fahrstreifenbegrenzung soll dort enden, wo die vorhandene Sichtweite wieder 600 m übersteigt und diese Sichtweite über einer Länge von mindestens 200 m gegeben ist.

### 2.3.2 Internationale Untersuchungen

#### POLUS u. a. (2000)

POLUS u. a. (2000) führten ihre Messungen auf Strecken mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von  $V_{zul} = 80 \text{ km/h}$  und  $V_{zul} = 90 \text{ km/h}$  durch. Die

85%-Geschwindigkeiten auf diesen Straßen lagen zwischen  $81 \text{ km/h} \leq V_{85} \leq 91 \text{ km/h}$ .

Bei der Auswertung wurden fliegende und beschleunigte Einfachüberholungen betrachtet. Die Definition der einzelnen Wege ist in Bild 22 dargestellt. Besonders zu beachten sind dabei

- $d_0$  als der Weg, der nach dem Passieren des Gegenverkehrs benötigt wird, um sich zum Überholen zu entscheiden,
- $d_2$  als der Weg auf dem Gegenfahrstreifen (beginnt, wenn das linke Vorderrad auf den Gegenfahrstreifen ist und endet, wenn das linke Hinterrad wieder vollständig auf dem eigenen Fahrstreifen ist) und
- $d_6$  als Sicherheitsabstand.

Die im Mittel benötigten Wege für beschleunigte und fliegende Überholungen getrennt nach Pkw/Pkw- und Pkw/Lkw-Überholungen sind in Tabelle 24 dargestellt.

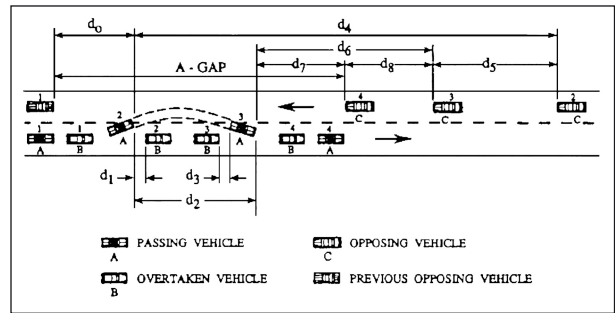
Die mittlere Beschleunigung bei beschleunigten Überholvorgängen betrug  $0,9 \text{ m/s}^2$ . Die Geschwindigkeitsunterschiede von Überholer und Überholten betragen im Mittel  $13 \text{ km/h}$  bei Pkw/Pkw-Überholungen und  $14,5 \text{ km/h}$  bei Pkw/Lkw-Überholungen. POLUS u. a. (2000) stellten fest, dass diese mit zunehmender Geschwindigkeit abnehmen.

Die Modellentwicklung wurde an dem Vorgehen des Greenbooks der AASHTO angelehnt. POLUS u. a. (2000) definierten die erforderliche Sichtweite (SD) nach Gleichung 2.4 für beschleunigte Überholungen. Dabei stellt der Anteil  $\frac{2}{3} \times d_2$  den zurückgelegten Weg des Gegenverkehrs während der Überholung dar.

$$SD = d_0 + d_2 + d_6 + \frac{2}{3} \times d_2 \quad (2.4)$$

POLUS u. a. (2000) entwickelten anhand der aufgenommenen Überholungen ein Überholmodell getrennt für Pkw und Lkw in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Überholers. Dabei gingen sie von einem konstanten Sicherheitsabstand von  $36 \text{ m}$  aus (Tabelle 25).

Weiterhin konnten POLUS u. a. (2000)  $60$  abgebrochene Überholungen aufnehmen.



**Bild 22:** Definition der Kenngrößen eines Überholvorgangs nach POLUS u. a. (2000)

	Pkw + Lkw	Pkw	Lkw
Weg auf dem Gegen-FS $d_2$ [m]	253	240	273
Ausscherabstand $d_1$ [m]	-	6,8	7,4
Einscherabstand $d_3$ [m]	21,3	19,9	23,2
Weglücke $d_4$ [m]	712	677	815

**Tab. 24:** Wege und Abstände bei Überholungen für alle Pkw-Überholungen, für Pkw/Pkw- und Pkw/Lkw-Überholungen (POLUS u. a. 2000)

		Pkw			Lkw		
$V_A$	[km/h]	70	85	100	70	85	100
$V_B$	[km/h]	54	72	89	54	71	88
$d_0$	[m]	20	27	33	20	27	33
$d_2$	[m]	232	299	363	267	337	407
$d_6$	[m]	36					
erforderliche Überholweite SD	[m]	443	561	674	501	625	747

**Tab. 25:** Überholweite getrennt nach Pkw und Lkw nach POLUS u. a. (2000)

**HARWOOD u. a. (2009)**

HARWOOD u. a. (2009) werteten in ihrer Untersuchung die Geschwindigkeitsdifferenz, den Weg und die Zeit des Überholers auf dem Gegenfahrstreifen aus und verglichen dies mit den Werten der AASHTO. Grundlage dafür bildeten Überholungen, die in einer eigenen Untersuchung auf Strecken in Missouri und Pennsylvania mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten von  $V_{zul} = 97 \text{ km/h}$  ( $V_{85} = 95 \text{ km/h}$  bis  $114 \text{ km/h}$ ),  $V_{zul} = 89 \text{ km/h}$  ( $V_{85} = 95 \text{ km/h}$  bis  $105 \text{ km/h}$ ) aufgenommen wurden. Diese wurden mit Messungen in Texas verglichen. Dort betrug die  $V_{zul} = 113 \text{ km/h}$ .

Über alle Strecken wurde eine mittlere Geschwindigkeitsdifferenz von  $22 \text{ km/h}$  an dem Punkt festge-

	V <sub>zul</sub> = 97 km/h V <sub>zul</sub> = 89 km/h (n = 60)	V <sub>zul</sub> = 113 km/h (n = 105)	gesamt (n = 165)
V (Überholer) [km/h]	106	114	112
V (Überholter) [km/h]	82	95	90
$\Delta V$ [km/h]	25	19,8	22
s (Überholer) auf Gegen- fahrstreifen [m]	282	313	302

Tab. 26: Kenngrößen der gemessenen Überholungen (HARWOOD 2009)

stellt, an dem sich Überholer und Überholter auf derselben Höhe befinden. Im Vergleich zu dem im Greenbook der AASHTO angenommenen Wert von 19 km/h ist die Differenz damit höher. Ein Zusammenhang zur Geschwindigkeit des Überholers bzw. des Überholten konnte nicht festgestellt werden. HARWOOD u. a. (2009) empfehlen, eine konstante Geschwindigkeitsdifferenz für das Überholmodell anzunehmen.

Im Greenbook wird davon ausgegangen, dass der Überholer sich mit zunehmender Geschwindigkeit auch länger auf dem Gegenfahrstreifen befindet. HARWOOD u. a. (2009) konnten diesen Zusammenhang in ihrer Untersuchung nicht feststellen. Sie empfehlen, eine konstante Zeit von 12,3 Sekunden anzunehmen. Diese Zeit benötigten 85 % der untersuchten Überholer.

Hinsichtlich des benötigten mittleren Weges auf dem Gegenfahrstreifen von ca. 300 m auf allen Strecken bzw. 280 m auf den Abschnitten von HARWOOD u. a. (2009) ließ sich feststellen, dass diese im Vergleich zu dem entsprechenden Wert des Greenbooks um 40 m bzw. 60 m geringer sind (Tabelle 26).

#### FARAH/TOLEDO (2009)/(2010)

FARAH/TOLEDO (2009) führten mit 100 Versuchspersonen Simulatoremessungen zum Überholen durch. Dabei wurden die Position der Fahrzeuge, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung aufgenommen. Die weiteren Kenngrößen von Überholvorgängen (Wege, Abstände, Zeiten) wurden daraus berechnet.

Ein Ergebnis der Untersuchung ist, dass die Zeit bis zur Kollision (time to collision) nach dem Einsche-

ren 2,36 s beträgt. Dies ist als zeitlicher Sicherheitsabstand zu verstehen.

FARAH/TOLEDO (2010) fanden ebenfalls durch Simulatoremessungen heraus, dass die mittlere angenommene Zeitlücke 19,6 s und die mittlere abgelehnte Zeitlücke 15,5 s beträgt.

#### LLORCA u. a. (2011)

LLORCA u. a. (2011) definierten verschiedene Zeit- bzw. Weglücken, die bei der Auswertung von Überholungen betrachtet werden müssen. So betrachteten sie bei ihrer Auswertung dynamische Lücken. Diese beginnen, wenn ein entgegenkommendes Fahrzeug den potenziellen Überholer passiert und enden, wenn das nächste entgegenkommende Fahrzeug vorbei fährt. Die virtuellen dynamischen Lücken enden dort, wo die Sichtweite durch die Streckengeometrie bzw. den Seitenraum begrenzt werden. Eine weitere Möglichkeit ist die Begrenzung der Lücken durch ein beginnendes Überholverbot.

Als Ergebnis der Untersuchung lässt sich festhalten, dass 50 % der Fahrzeuge in Weglücken von 730 m (ca. 24 s) überholten. Wird jedoch die vorhandene Sichtweite berücksichtigt, reduziert sich dieser Weg auf 575 m (ca. 17 s).

#### LLORCA/GARCIA (2011)

LLORCA/GARCIA (2011) werteten die Trajektorien von 58 Überholmanövern (mit und ohne Gegenverkehr) aus. Ausgehend von beschleunigten Überholungen betrachteten sie den Weg und die Zeit des Überholers während sich dieser auf dem Gegenfahrstreifen befindet. Weiterhin wurden der Geschwindigkeitsunterschied zwischen Überholten und Überholer sowie der Ein-, Ausscherabstand und Sicherheitsabstand ausgewertet. Außerdem ermittelten LLORCA/GARCIA (2011) die Beschleunigung des Überholers bis zu dem Punkt, auf dem sich die Fahrzeuge auf gleicher Höhe befinden. Die ermittelten Perzentile sind in Tabelle 27 dargestellt.

Mittels multipler linearer Regression erklärten sie die Zeit auf dem Gegenfahrstreifen in Abhängigkeit vom Fahrzeugtyp des Überholten und der Länge des Überholabschnitts. Beim Überholweg floss zusätzlich die Geschwindigkeit des langsamen Fahrzeugs mit ein.

LLORCA/GARCIA (2011) stellten fest, dass zum Teil auch die Überholten während des Überholmanövers beschleunigen.

		0,15- Perzentil	0,50- Perzentil	0,85- Perzentil
V (Überholer)	[km/h]	75	92	107
V (Überholter)	[km/h]	53	69	74
$\Delta V$	[km/h]	15	23	33
s (Überholer) auf Gegen-FS	[m]	130	193 170 Pkw 222 Lkw	267
s (Überholter)	[m]	88	147 130 Pkw 170 Lkw	204
d (Ausscheren)	[m]	5	13	16
d (Einscheren)	[m]	9	12	21
d (Sicherheit)	[m]	98	163	243
a (gleiche Höhe)		0,5	1,0	1,6

Tab. 27: Kenngrößen der gemessenen Einfachüberholungen in der Untersuchung von LLORCA/GARCIA (2011)

Zu den Geschwindigkeiten der Entgegenkommen während der Überholung konnten nur im geringen Maß Aussagen getroffen werden, da lediglich 15 Messwerte vorlagen. Die Autoren empfahlen, deren Geschwindigkeit mit dem 85%-Perzentil der gefahrenen Geschwindigkeiten auf der Strecke anzunehmen.

**MORENO u. a. (2012)**

MORENO u. a. (2012) untersuchten die Überholfrequenz in Abhängigkeit von der Streckenlänge und der Verkehrsstärke. Die operative Leistungsfähigkeit der Strecke wird u. a. anhand Überholfrequenz (Überholung je Zeiteinheit) beurteilt.

Sie stellten fest, dass mit zunehmender Sichtweite auch die Überholfrequenz steigt (s. Bild 23). Hinsichtlich der Verkehrsstärke erweist sich die Größe von 600 bis 700 Fzg/h (für beide Richtungen) als Optimum für die Anzahl der getätigten Überholungen (s. Bild 24).

**LLORCA u. a. (2012)**

In einer weiteren Untersuchung verglichen LLORCA u. a. (2012) das Überholverhalten bei Tag und bei Nacht. Von den analysierten Überholungen fanden 60 % bei Tag statt.

Die angenommenen Zeitlücken im Gegenverkehr waren in der Nacht größer als am Tag. Im Vergleich zu den Tag-Überholungen wurde nachts beim Entgegenkommen eines Fahrzeugs seltener überholt.

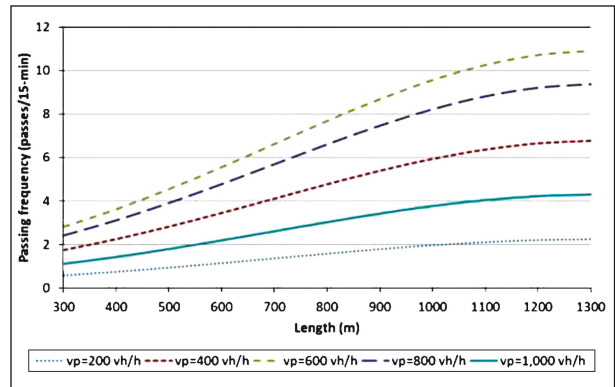


Bild 23: Einfluss der Überholstreckweite auf die Überholfrequenz (MORENO u. a. 2012)

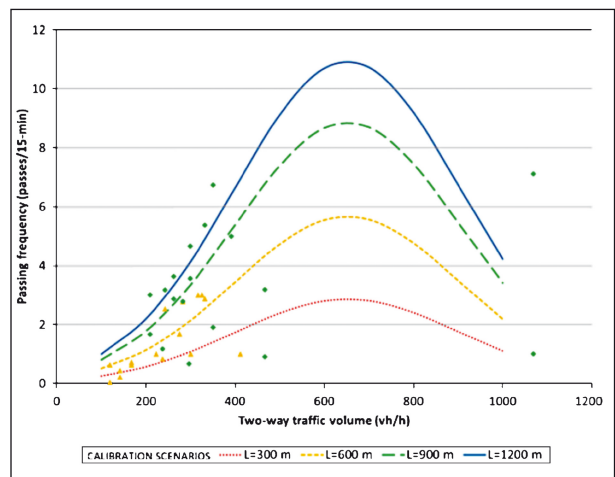


Bild 24: Einfluss der Verkehrsstärke auf die Überholfrequenz (MORENO u. a. 2012)

		Tag	Nacht
Überholzeit	[sec]	7,4	9,1
Sicherheitsabstand beim Ausscheren	[m]	7,5	9,5
Sicherheitsabstand beim Einscheren	[m]	19,7	26,7
Geschwindigkeit beim Beginn der Überholung	[km/h]	85,6	85,1
Geschwindigkeit am Ende der Überholung	[km/h]	100,5	103,5
Geschwindigkeitsdifferenz	[km/h]	18,3	21,5

Tab. 28: Parameter des Überholvorgangs in Abhängigkeit der Helligkeit (LLORCA u. a. 2012)

Kam dagegen kein Fahrzeug entgegen, wurde häufiger überholt.

Tabelle 28 zeigt die Parameter der Überholungen bei Tag und Nacht. Es ist zu erkennen, dass die Sicherheitsabstände vor und nach der Überholung bei Nacht größer sind. Ebenso die Geschwindig-

keitsdifferenz von Überholer und Überholtem. Dagegen sind die Geschwindigkeiten am Anfang und Ende des Überholmanövers etwa gleich. Insgesamt ist die Überholdauer in der Nacht aber größer.

### 2.3.3 Zusammenfassung und Vergleich der Kenngrößen

In den ausgewerteten Untersuchungen wurden zusammenfassend die folgenden Kenngrößen zur Beschreibung von Überholvorgängen verwendet:

- Verkehrsstärken beider Fahrtrichtungen,
- Fahrzeugtyp und Fahrzeuglänge,
- Sichtweiten am Beginn der Überholung,
- Geschwindigkeiten:
  - Geschwindigkeit  $V_{85}$  – ist die Geschwindigkeit, die 85 % aller unbehindert fahrenden Fahrzeuge auf nasser Fahrbahn nicht überschreiten,
  - Geschwindigkeit des Überholenden zum Beginn der Überholung,
  - Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem zum Beginn der Überholung,
  - maximale und mittlere Geschwindigkeit des Überholers während des Überholvorgangs,
  - maximale Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem während des vollständigen Überholvorgangs,
  - Geschwindigkeit des Überholenden am Ende der Überholung,
  - Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem am Ende der Überholung,
  - Geschwindigkeit des Entgegenkommenden.
- Beschleunigung des Überholers.
- Wegstrecken:
  - Überholweg – Strecke, die der Überholer bis zur Beendigung der Überholung benötigt,
  - Weg des Überholten während des Überholvorgangs,
  - Weg des Entgegenkommenden während des Überholvorgangs,
  - Länge des Weges zum Aus- und Wiedereinscheren,
  - Weg des Überholers auf dem Gegenfahrstreifen,
  - angenommene und abgelehnte Weglücken.
- Abstände:
  - Ein- und Ausscherabstand zwischen Überholer und Überholten,
  - Abstand der Fahrzeuge in gleicher Richtung vor und nach der Überholung,
  - Abstand zum Entgegenkommenden am Ende der Überholung,
  - Abstand zwischen entgegenkommenden Fahrzeugen (Grenzweglücke).
- Zeitgrößen:
  - Zeiten für das Zurücklegen der genannten Wege,
  - Angenommene und abgelehnte Zeitlücken zwischen entgegenkommenden Fahrzeugen,
  - Überholdauer,
  - Überholrate/-frequenz.

## 2.4 Verfahren zur Aufnahme vollständiger Überholvorgänge

Es werden nur Messverfahren diskutiert, mit denen in vorangegangenen Untersuchungen vollständige Überholungen aufgezeichnet wurden, da dies auch im vorliegenden Forschungsprojekt vorgesehen ist. Prinzipiell sind dabei drei Verfahren zu unterscheiden,

- das Messen von einem erhöhten Standpunkt,
- das Messen aus dem Fahrzeug heraus und
- das Messen im Querschnitt.

Weiterhin können die Parameter von Überholungen anhand von Simulatormessungen erhoben werden.

### Messen von einem erhöhten Standpunkt

Bei NETZER (1966) wurden Überholvorgänge auf einem gut einsehbaren Streckenabschnitt von einem erhöhten Standort aus mit einer schwenkbaren Kamera gefilmt. Als Messstrecke diente eine ca. 1.500 m lange Straße mit gestreckter Linienführung. Dadurch sollte die Beobachtung von möglichst vielen Überholungen möglich sein. Die Querneigung der Strecke betrug  $q = 1,5 \%$  und die

Längsneigung  $s \leq 0,2 \%$ . Mit den gewählten geometrischen Eigenschaften wurde beabsichtigt, die lageplan- bzw. höhenplanbedingten Einflüsse beim Überholen weitgehend auszuschließen. Während der Messungen lag ein Verkehrsaufkommen zwischen 2.000 Fzg/Tag bis 3.000 Fzg/Tag vor.

Im Vorfeld der Untersuchung wurden die Strecken vermessen. Mithilfe einer Rastereinteilung konnten über die Bilder Abstände ausgemessen werden. Die Kamera erfasste pro Bildausschnitt 180-400 m der Strecke. Durch die schwenkbare Einrichtung konnte aber von einem Standpunkt die vollständige Strecke mit derselben Kamera aufgenommen werden. Bei der Aufnahme der Bilder wurde dabei die Zeit gemessen, sodass bei der Auswertung die Geschwindigkeiten berechnet werden konnten.

Aus dem Video wurden folgende Messzeitpunkte ausgewertet:

- der Überholbeginn (Ausscheren des Überholenden),
- Ende des Ausscherens,
- Beginn des Einscherens und
- Ende des Überholvorgangs (der Überholer hat den ursprünglichen Fahrstreifen erreicht).

Insgesamt konnten 729 Überholungen erfasst werden, wovon jedoch nur 334 vollständig aufgezeichnet werden konnten. Bei 200 der 729 Überholvorgänge war der Gegenverkehr sichtbar.

DURTH/HABERMEHL (1986) verwendeten als Messmethode ebenfalls das Messen von einem erhöhten Standpunkt. Mit drei bis vier Kameras, deren Bildausschnitte sich überschneiden, konnte das Verkehrsgeschehen durchgängig per Video festgehalten werden (Bild 25).

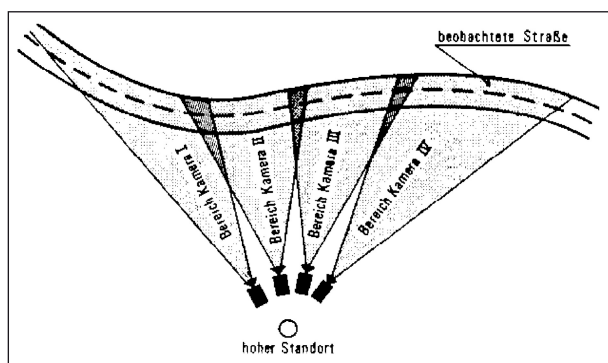


Bild 25: Messaufbau von DURTH/HABERMEHL 1986

Die Strecken wurden im Vorfeld vermessen und in Raster unterteilt, sodass im Nachgang die Abstände zwischen den Fahrzeugen gemessen werden konnten. Mit einer Stoppuhr wurden die Geschwindigkeiten der am Überholvorgang beteiligten Fahrzeuge ermittelt. Weitere ausgewertete Größen waren:

- die Lage- und Höhenplangeometrie,
- die vorhandene Sichtweiten auf den Strecken,
- die Verkehrsstärke und die Verkehrszusammensetzung und
- die streckencharakteristische Geschwindigkeit.

Für die Untersuchung wurden fünf Messstrecken mit einem Regelquerschnitt RQ 14 ausgewählt. Diese wiesen eine gleichmäßige Streckencharakteristik auf. Die Verkehrsstärken lagen zwischen ca. 2.800 und 5.000 Kfz/24h mit einem Schwerverkehrsanteil von 3 % bis 13 %. Auf den Abschnitten lag kein Überholverbot vor bzw. war auch im weiteren Verlauf der Strecke nicht angeordnet.

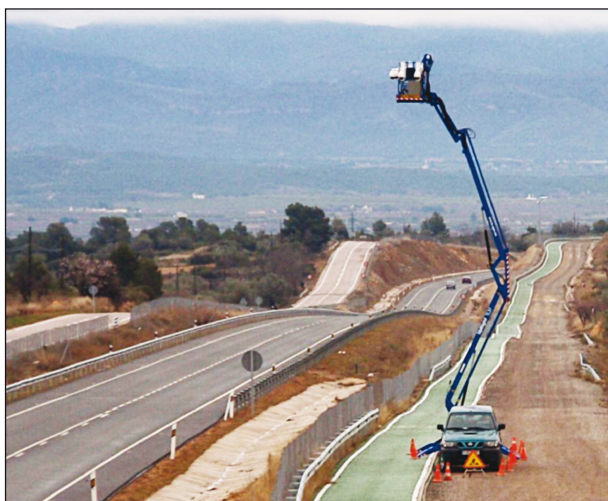
Insgesamt konnten in der Untersuchung innerhalb von drei Tagen 653 Überholvorgänge aufgenommen und ausgewertet werden.

POLUS u. a. (2000) nahmen in ihrer Untersuchung Überholungen auf fünf Strecken von einem erhöhten Standpunkt mittels einer Videokamera auf. Eine Strecke wurde mithilfe eines Hubschraubers detektiert. Insgesamt wurden ca. 1.500 Überholungen aufgenommen.

Durch Bestimmung fester Punkte konnten aus den Videos Distanzen gemessen werden. Die Zeit wurde über die Kamera bestimmt. Daraus ließen sich dann die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge berechnen.

Die Messstrecken hatten eine befestigte Breite zwischen 6,4 m und 7,2 m. Sie wiesen eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von  $V_{zul} = 80$  km/h bzw.  $V_{zul} = 90$  km/h und Verkehrsstärken zwischen 300-1.000 Fzg/h auf. Weiterhin waren die Messstrecken Geraden mit einer geringen Längsneigung und einer Länge  $< 800$  m mit uneingeschränkter Sicht.

LLORCA/GARCIA (2011), MORENO u. a. (2012) und LLORCA u. a. (2012) nahmen die Überholvorgänge durch Aufzeichnungen von einem erhöhten Standpunkt auf. Sie nutzten dafür das „Mobile Traffic Laboratory“ der Highway Engineering



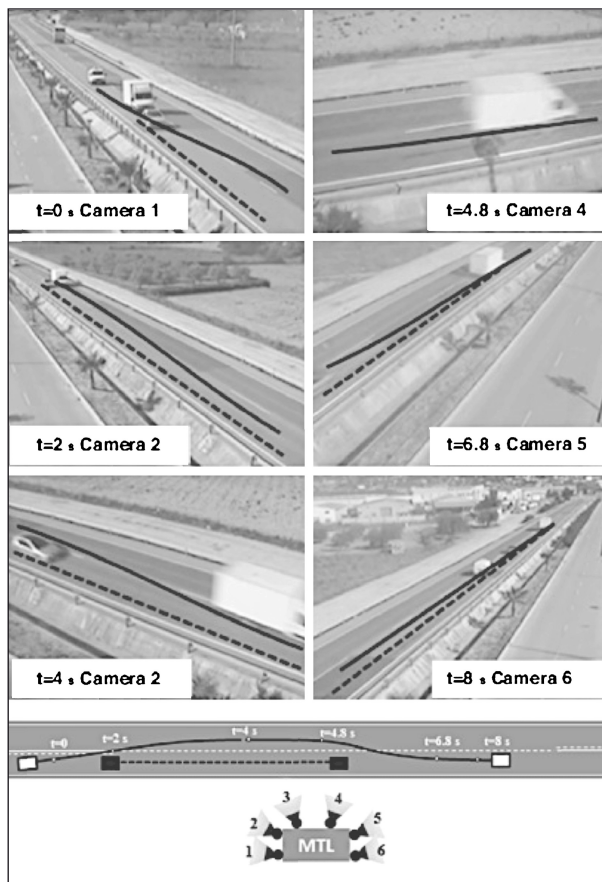
**Bild 26:** Messvorrichtung zur Aufnahme der Überholvorgänge (GARCIA/LLORCA 2011)

Research Group (HERG). Dabei handelt es sich um eine mobile Plattform, die bis zu einer Höhe von 12 m fahren kann und mit bis zu acht digitalen Kameras ausgestattet ist (Bild 26). Die Kameras waren zeitlich synchronisiert und konnten mittels Laptop angesteuert werden, bspw. für Zoomen und Fokussieren. Wurde die Plattform in der Mitte einer Überholstrecke aufgestellt, konnten Überholungen auf einer Länge von 1.000 m bis 1.500 m aufgenommen werden.

Für die Auswertung verwendeten sie die Software von HERG, mit der die Trajektorien der Fahrzeuge erzeugt werden konnte. Die Trajektorien ließen sich jeweils auf einer Strecke von 300 m links und rechts der Plattform erstellen, also auf ca. 600 m (Bild 27). Im Ergebnis waren Koordinaten mit den Informationen über Ort, Zeit und Geschwindigkeit für die Auswertung vorhanden (LLORCA/GARCIA 2011).

Durch vorherige Aufnahme der Streckengeometrie und Abgleich der Fahrzeugposition mit der Streckenmarkierung konnten die Koordinaten der Fahrzeuge während des Überholvorgangs bestimmt werden.

LLORCA/GARCIA (2011) führten die Messungen auf vier Versuchsabschnitten mit Längen zwischen 245 bis 1.300 m durch. In insgesamt 14 Stunden konnten sie insgesamt 234 Überholungen aufnehmen. Von 58 Überholungen konnten sie Trajektorien erstellen. Auf allen Strecken herrschte eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h. Die Streckendetails sind Tabelle 29 zu entnehmen.



**Bild 27:** Positionierung der Kameras zur Aufnahme vollständiger Überholvorgänge nach LLORCA/GARCIA (2011)

Überholabschnitt		1	2	3	4
Aufnahmedauer	[h]	4	4	3	3
Abschnittslänge	[m]	1.100-1.300	600-850	245-280	260-270
Verkehrsstärke	[Fzg/h]	268	282	285	285
V <sub>85</sub>	[km/h]	123	96	100	100
Überholungen		118	100	8	8
Trajektorien		14	35	4	5

**Tab. 29:** Parameter der Messstrecken von LLORCA/GARCIA (2011)

MORENO u. a. (2012) nahmen die Überholungen ebenfalls auf vier Abschnitten auf. Deren Verkehrsbelastung und Länge sind Tabelle 7 zu entnehmen. In 53 Stunden konnten insgesamt mehr als 1.600 Überholungen aufgenommen werden.

LLORCA u. a. (2012) wandte in seiner Untersuchung ebenfalls die Methode „Erhöhter Standpunkt“ an. Bei den Strecken handelte es sich um die gleichen Abschnitte wie bei MORENO u. a. (2012) (Tabelle 30).

Überholabschnitt]	1	2	3	4
Abschnittslänge [m]	265	507	1.270	1.050
Verkehrsstärke [Fzg/h]	120-900 (beide Richtungen)			
Überholungen	148	279	680	542

Tab. 30: Parameter der Messstrecken von MORENO u. a. (2012)

Während der Messungen herrschten Verkehrsstärken von 230 bis 320 Fzg/h am Tag und 150 bis 250 Fzg/h in der Nacht. Der Schwerverkehrsanteil betrug 21 %.

### Messen aus dem Fahrzeug

GRABE/STOLZ (1968) entschieden sich für die Methode „Messen aus einem Fahrzeug“, das als überholtes Fahrzeug am Verkehr teilnimmt.

Dafür wurde ein Fahrzeug mit Kameras nach Bild 28 ausgestattet. Aufgenommen wurden nachfolgende und entgegenkommende Fahrzeuge. Durch Projektion der Aufnahmen auf ein Auswertegerät konnten die Abstände von Fahrzeugen gemessen werden, die zum Überholen ausscheren, nach dem Überholen einscheren oder entgegenkommen. Mit einem Timerekorder wurden die Aufnahmezeitpunkte bestimmt. Während der Überholung wurde die Geschwindigkeit konstant gehalten. Diese lag zwischen 50-100 km/h. Durch die Kombination von Zeit- und Entfernungsmessungen konnten auch die Zeit- und Weglücken im Gegenverkehr bestimmt werden.

Insgesamt konnten ca. 1.400 Überholungen während der Messungen aufgenommen werden.

STEIERWALD u. a. (1986) wählten für ihre Untersuchung als Messverfahren das Aufzeichnen des Überholvorgangs mit einer Videokamera aus der Heckscheibe. Als Bezugspunkt im Bild war der rechte Bildrand maßgebend (Bild 29), wodurch ein Messen von Abständen möglich war. Das Anbringen der Messgeräte außerhalb des Fahrzeugs hätte zur Beeinflussung der Überholenden geführt.

Während der Messfahrt wurde die Geschwindigkeit des Fahrzeuges konstant gehalten. Für die Untersuchung wurde das Überholverhalten der nachfolgenden Fahrzeuge bei einer Geschwindigkeit des Messfahrzeugs zwischen 50-100 km/h untersucht.

Zusätzlich wurde während der Messungen die Verkehrsstärke mittels Schleifendetektoren erhoben.

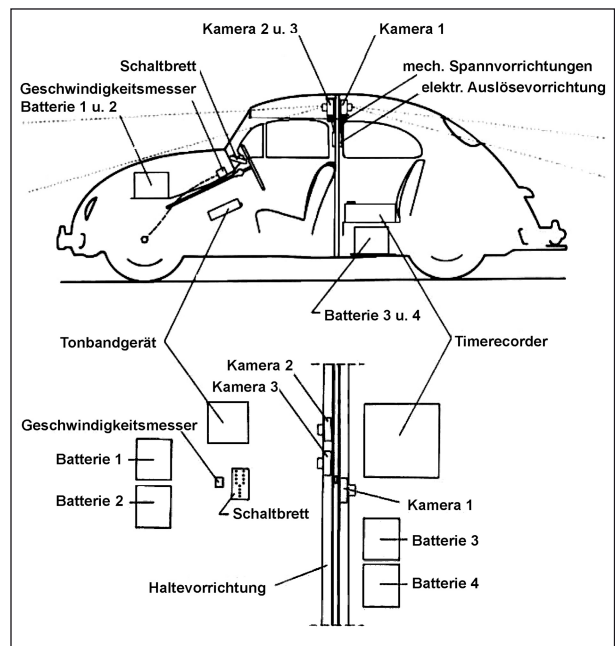


Bild 28: Ausstattung des Messfahrzeugs zur Aufnahme von Überholvorgängen nach GRABE/STOLZ (1968)

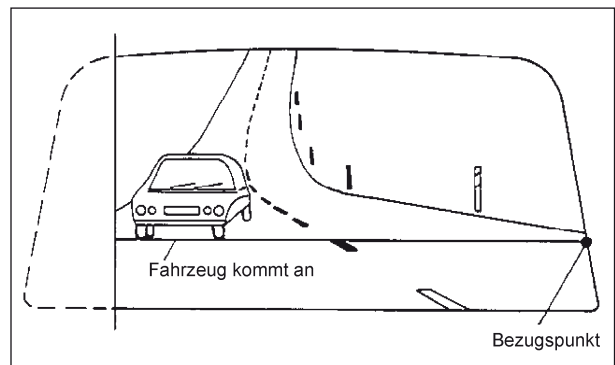


Bild 29: Messverfahren aus dem Fahrzeug nach STEIERWALD u. a. 1986

Diese hatten außerdem den Vorteil, dass die genauen Zeitlücken sowie das Geschwindigkeitsverhalten aufgenommen werden konnten.

Die Messstrecken wurden nach den folgenden Kriterien ausgewählt:

- Kurvigkeit, Streckenlänge, Neigung, Sicht,
- Verkehrsbelastung (5.000-12.800 Kfz/d) und
- Querschnittsausbildung.

Insgesamt konnten STEIERWALD u. a. (1986) an zwölf Messtagen 1.314 auswertbare Überholvorgänge aufnehmen.

Auch LEUTZBACH u. a. (1989) griffen für die Aufnahme von Überholungen auf diese Mess-



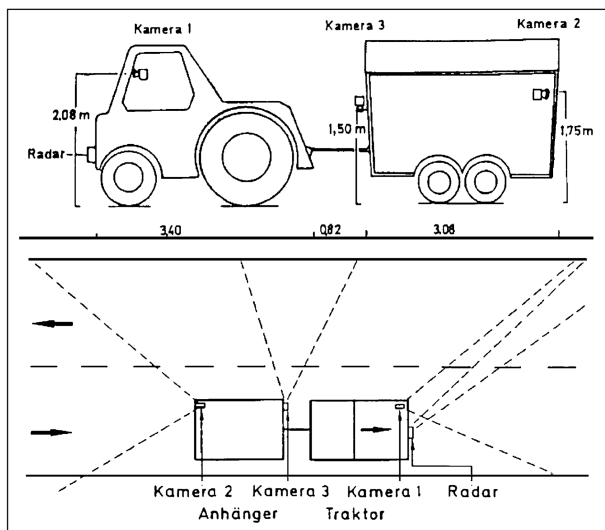
methodik zurück. Dafür statteten sie einen Traktor mit Anhänger mit einem Radargerät zur Aufnahme der Geschwindigkeiten sowie drei Kameras aus (Bild 30).

Das Fahrzeug fuhr mit einer konstanten Geschwindigkeit von 25 km/h auf der Messstrecke und zwang dadurch andere Fahrzeuge zum Überholen.

Die Messstrecke hatte eine Länge von 4,9 km und eine Fahrbahnbreite von 8,20 m. Der DTV betrug 10.500 Kfz/24h.

Innerhalb von drei Messtagen, an denen jeweils sieben Stunden gemessen wurden, konnten insgesamt 682 Überholungen aufgezeichnet werden. Parallel dazu wurden an einem Querschnitt der Strecke die Verkehrsstärke und die Geschwindigkeiten während der Messungen aufgenommen.

Bei der Auswertung der Videos legten LEUTZBACH u. a. (1989) die Bezugslinien nach Bild 31



**Bild 30:** Messverfahren aus dem Fahrzeug nach LEUTZBACH u. a. (1989)

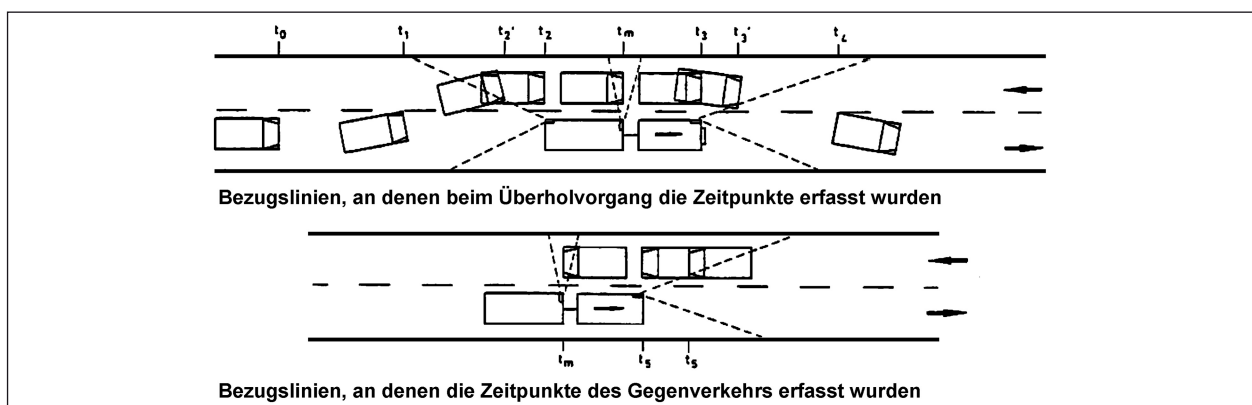
fest. Dadurch konnten folgende Zeitpunkte des Überholvorgangs erfasst werden:

- $t_0$  = Anfang des Überholprozesses – Überholer fährt mit gleicher Geschwindigkeit wie der Überholte,
- $t_1$  = Beginn des Überholung – Überholer überfährt mit der linken vorderen Fahrzeugkante die Mittelmarkierung,
- $t_2$  = Fahrzeugvorderkante des Überholers befindet sich auf der Höhe der Fahrzeughinterkante des Überholten,
- $t_3$  = Fahrzeugvorderkante des Überholers befindet sich auf der Höhe der Fahrzeugvorderkante des Überholten,
- $t_4$  = Ende des Überholmanövers – linke Fahrzeughinterkante des Überholers befindet gerade wieder auf eigenem Fahrstreifen,
- $t_5$  = Fahrzeugvorderkante des Gegenverkehrs befindet sich auf der Höhe der Fahrzeugvorderkante des Überholten.

Dabei berechneten sich die Werte  $t_2$ ,  $t_3$  und  $t_5$  aus den direkt gemessenen Werten  $t_2$ ,  $t_3$  und  $t_5$ .

LLORCA u. a. (2011) zeichnen die Überholungen mittels vier Kameras aus dem Fahrzeug heraus auf. Dafür waren jeweils eine Kamera nach vorn und hinten gerichtet sowie zwei auf der linken Seite des Fahrzeugs angebracht. Die Kameras waren mit einem GPS-System synchronisiert. Durch Definition von Sichtdreiecken konnten durch die Kameras relative Abstände bestimmt werden.

Das Fahrzeug fuhr mit Geschwindigkeiten zwischen 50 und 90 km/h und erzwang somit Überholvorgänge. Die drei Messstrecken hatten Überholabschnitte mit Längen zwischen 250 bis 1.800 m.



**Bild 31:** Bezugslinien zur Auswertung der Überholvorgänge nach LEUTZBACH u. a. (1989)

Innerhalb von insgesamt zwölf Messstunden zwischen 9:00 und 14:00 Uhr wurden 103 Überholungen aufgenommen.

LLORCA u. a. (2012) wendeten ebenfalls in ihrer Untersuchung auf einem Streckenabschnitt zusätzlich die Messung aus dem Fahrzeug an. Dabei fuhr ein mit Kameras und Lasermessgeräten ausgestattetes Fahrzeug auf der Messstrecke. Durch die Wahl der Geschwindigkeit von  $V = 80$  km/h (unterhalb der  $V_{85}$ ) provozierte es Überholungen, die dann aufgenommen wurden.

Mithilfe des langsamen Fahrzeugs konnten 75 Fahrzeuge zum Überholen gebracht werden.

Mit den beiden Methoden (Messen von einem erhöhten Standpunkt und aus dem Fahrzeug heraus) konnten insgesamt 291 Überholungen aufgezeichnet werden.

### Messungen im Querschnitt

KLEINSCHMIDT (1975) verwendete für die Aufnahme vollständiger Überholvorgänge das Messgerät „polytrop 63“. Dies besteht aus 21 Lichtschranken im Abstand von 60 m, die als Detektoren dienen. Auf den damit ausgestatteten Streckenabschnitten konnten somit Weg-Zeit-Diagramme von Fahrzeugen auf einer Länge von 1.080 m erstellt werden (Bild 32).

Durch diese Messmethodik konnten die folgenden Merkmale von Überholungen aufgenommen werden:

- Verkehrsstärke und Streckengeschwindigkeit,
- Überholanzahl und -häufigkeit,
- Fahrzeugart,

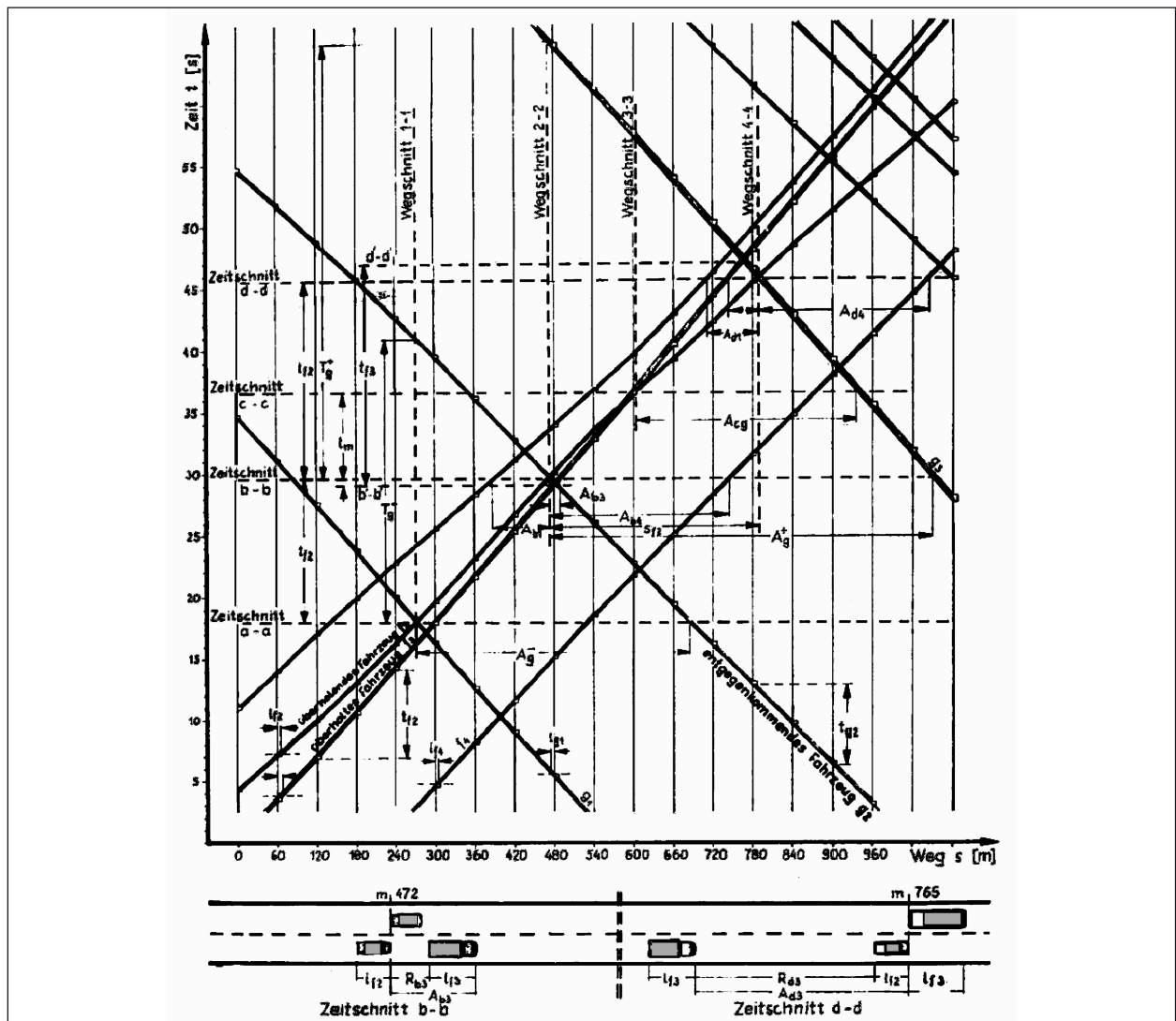


Bild 32: Messaufbau zur Aufnahme von Überholvorgängen nach KLEINSCHMIDT (1975)

- Raum- und Zeitabstand der am Überholvorgang beteiligten Fahrzeuge,
- Fahrweg und Fahrzeit sowie
- Geschwindigkeit und Beschleunigung.

Die Streckenabschnitte wiesen während der Messungen Verkehrsstärken von 185 Kfz/h bis 953 Kfz/h auf. Die Fahrstreifenbreiten lagen zwischen 3,55 m bis 3,75 m. Die Streckengeometrien waren gestreckt und eben.

Insgesamt konnten in der Untersuchung an fünf Messtagen 509 vollständige Überholungen mit Gegenverkehr aufgenommen werden. Davon waren 60 % Pkw/Pkw-Überholungen und 35 % Pkw/Lkw-Überholungen.

BRILON (1976) nahm den Verkehrsablauf mithilfe von Druckschläuchen im Abstand von 20 m am Beginn und Ende der 1 km langen Messstrecke auf. Dies konnte getrennt nach Fahrtrichtung durchgeführt werden, da die Druckschläuche in der Mitte unterbrochen waren. Die dadurch gewonnenen Informationen wurden mittels Zeitschreiber aufgezeichnet. Weiterhin waren an den Messquerschnitten Kameras angebracht (Bild 33). Durch den Messaufbau war es möglich die folgenden Informationen aufzunehmen:

- Verkehrsstärke,
- Geschwindigkeit,
- Anzahl der Überholungen (durch Veränderung der Fahrzeugreihenfolge) und
- Abstände aufeinanderfolgender Fahrzeugen.

### Messungen im Simulator

OTTEN/HAHN (1987) führten Simulatoremessungen zu Überholvorgängen durch. Der Simulator bestand dabei aus einer Fahrzeugkabine, die einem Pkw gleich und die dem Fahrer Beschleunigungen durch ein Bewegungssystem vermitteln konnte. Außerdem wurden die Fahrgeräusche eingespielt.

In der Versuchsreihe wurden die Testfahrer animiert, langsamere vorausfahrende Fahrzeuge ( $V = 60 \text{ km/h}$  und  $V = 80 \text{ km/h}$ ) zu überholen. Dabei musste Gegenverkehr mit  $V = 80 \text{ km/h}$  bei einer Verkehrsstärke von 330 Kfz/h bzw. 240 Kfz/h berücksichtigt werden. Als Fahrweg wurde eine einbahnig zweistreifige Strecke mit einer Breite der befestigten Fläche von 8,00 m und Bankett von jeweils 1,50 m modelliert. Die Gesamtlänge von 17,4 km. In 37 Fahrten konnten 233 Überholungen aufgenommen und ausgewertet werden.

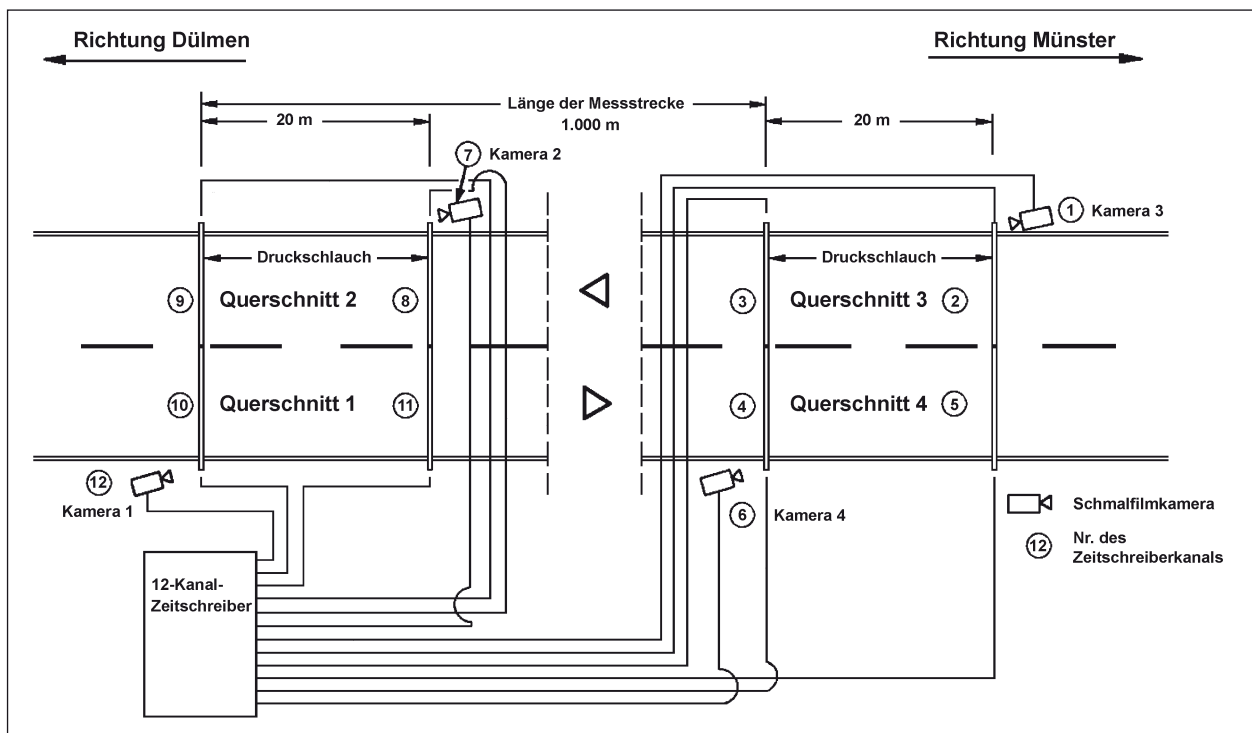


Bild 33: Schematische Darstellung der Messanordnung für die Aufnahme des Verkehrsablaufs von BRILON (1976)

### Zusammenfassung der Vor- und Nachteile der in der Literatur verwendeten Messmethoden

In den ausgewerteten Untersuchungen wurden zur Erhebung von Überholvorgängen drei Messmethoden verwendet. Diese sind:

- das Messen aus dem Fahrzeug heraus,
- die Aufnahme von einem erhöhten Standpunkt aus und
- Messen im Fahrsimulator.

Dabei stellten sich für alle drei Methoden Vor- und Nachteile heraus.

Die Methode „Erhöhter Standpunkt“ hat folgende Vorteile:

- guter Überblick über das Verkehrsgeschehen,
- keine Beeinflussung des Verkehrsablaufs (außer bei GARCIA/LLORCA (2011), MORENO u. a. (2012) und LLORCA u. a. (2012) da dort die Messungen direkt neben der Fahrbahn stattfanden),
- die freie Wahl der Geschwindigkeiten aller Beteiligten,
- eine genaue Ermittlung aller Abstände und Geschwindigkeiten,
- die Aufnahme der vollständigen Geschwindigkeitsverläufe und
- ein nachträgliches Auswerten der Daten.

Die Nachteile sind:

- die begrenzte Streckenauswahl aufgrund der geforderten Überschaubarkeit der Abschnitte,
- die häufig nicht vollständig aufgenommenen Überholvorgänge, da die Streckenerfassung trotz mehrerer Kameras zu klein ausfiel und
- die zeitliche Einschränkung der Messungen, da diese Methode nicht bei Nacht oder Regen angewendet werden kann.

KAYSER/STRUJIF (1994) beurteilten außerdem den großen Aufwand negativ, der für die Auswertung der Videos vonnöten war. Für 30 h Videomaterial war eine Auswertzeit von 300 h notwendig. Demnach empfiehlt er diese Methode nur bei einem geringen Messumfang anzuwenden bzw. das Auswertverfahren zu automatisieren.

Die Beobachtung aus dem Fahrzeug heraus sollte ursprünglich in der Untersuchung von DURTH/HABERMEHL (1986) zur Anwendung kommen. Er erwartete sich davon folgende Vorteile:

- Messen der eigenen Geschwindigkeit (Überholer),
- Aufnahmen der Geschwindigkeit des Überholenden wenn dieser das Messfahrzeug passiert mittels Radargerät aus dem Fahrzeug heraus,
- Zeitpunkt des Ein- und Ausscherens durch Videoaufnahmen aus dem Fahrzeug heraus,
- Abstände der Fahrzeuge vor und nach dem Überholen.

Jedoch erwies sich die Methodik zu ungenau aufgrund der unzureichenden Messgenauigkeit des Radargerätes. Außerdem konnten mit dieser Methodik keine Geschwindigkeitsprofile der Fahrzeuge aufgezeichnet werden.

In den Untersuchungen, in denen diese Methode angewandt wurde, zeigten sich die Vorteile darin, dass:

- Bilder der Annäherungs- und Überholphase aufgenommen,
- alle angenommenen oder abgelehnten Zeitlücken im Gegenverkehr gemessen,
- die Fahrzeugarten festgestellt und
- die Position, aus der die Überholung eingeleitet wurde, bestimmt werden konnten.

Jedoch wurde das Verfahren in den Untersuchungen von GRABE/STOLZ (1968), STEIERWALD u. a. (1986) und LLORCA u. a. (2011) nicht genutzt, um den vollständigen Überholvorgang zu untersuchen, sondern um die Folge- und Grenzzeitlücken (bzw. Weglücken) zu analysieren. Jedoch besteht weiterhin der Nachteil dieses Verfahrens darin, dass keine Geschwindigkeitsganglinien der Fahrzeuge bestimmt werden können.

LEUTZBACH u. a. (1989) gelang es, neben den Lücken im Gegenverkehr auch die benötigten Wege im Zuge des Überholvorgangs auszuwerten. Weiterhin leiteten sie die Geschwindigkeiten während der Überholung des Gegenverkehrs und des Überholers anhand der Radarmessungen ab.

OTTEN/HAHN (1987) sahen als Vorteile der Messungen mit dem Fahrsimulator, dass:

- eine vollständige Darstellung des Verkehrsgeschehens und die direkte Erhebung der Fahreraktivität möglich sind,
- die Fahrer mit speziellen Situationen konfrontiert werden können,
- diese simulierten Umstände wiederholbar sind und somit auf mehrere Personen anwendbar sind,
- ein Vergleich von verschiedenen Fahrern bei der gleichen Situation möglich ist,
- durch die Messungen keine Gefährdung von Beteiligten und Unbeteiligten ausgeht und
- der Vergleich mit erhobenen realen Überholvorgängen möglich ist.

In einem Interview mit den Versuchspersonen wurde jedoch nach der Realität des Versuchs gefragt. Dabei ergab sich, dass:

- die Abbildung der Landschaft und des Hinderungsverkehrs unecht wirkten,
- die Erkennbarkeit des Gegenverkehrs und die Abschätzbarkeit der Entfernungen nur mäßig waren und
- durch die fehlenden Rückspiegel der Abstand zum Überholten nicht festgestellt werden konnte.

OTTEN/HABERMEHL (1989) verglichen die Ergebnisse von DURTH/HABERMEHL (1986) und OTTEN/HAHN (1987). Dabei nannten sie als weitere Nachteile der Simulatormessungen:

- die Versuchspersonen wissen, dass sie beobachtet werden,
- eine Variation des überholenden Fahrzeugs ist nicht vorhanden (Leistungsfähigkeit),
- der erstmalige Aufbau des Versuchs ist sehr aufwendig.

## 2.5 Schlussfolgerungen für die Untersuchung

Aus der Literaturrecherche ergeben sich für die vorliegende Untersuchung folgende Schlussfolgerungen und Konsequenzen:

- Es können zwei verschiedene Arten von Überholungen unterschieden werden: Die fliegende

Überholung, bei der alle Beteiligten mit konstanter Geschwindigkeit fahren und die beschleunigte Überholung, bei der der Überholer in einer Warteposition hinter dem zu Überholenden mit der gleichen Geschwindigkeit fährt und aus dieser Warteposition heraus mit einer Beschleunigung den Überholvorgang einleitet.

- Bei der Modellbildung zur Berechnung der erforderlichen Überholstrecke führt die beschleunigte Überholung aufgrund der gleichen Ausgangsgeschwindigkeiten zu Beginn der Überholung zu größeren Werten.
- In vorangegangenen Untersuchungen wurden verschiedene Überholtypen (Einfachüberholungen, aktive und passive Mehrfachüberholungen) untersucht. Diese sollen in der Auswertung differenziert betrachtet und der maßgebende kritische Fall abgeleitet werden.
- Doppelüberholungen sind selten und zudem bei befestigten Flächen mit Breiten von 8,00 m ein Sicherheitsrisiko. Sie sollen daher von der Untersuchung ausgeschlossen und auch nicht im aktualisierten Überholmodell berücksichtigt werden.
- In den bisherigen Untersuchungen wurden von den Autoren unterschiedliche Überholphasen definiert. Dies soll auch bei der Modellbildung in der vorliegenden Untersuchung vorgenommen werden.
- Die Verkehrsstärke der Strecken hat einen wesentlichen Einfluss auf die Anzahl der Überholungen. Als geeignete Strecken haben sich die mit Verkehrsstärken zwischen 400 Fzg/h bis 900 Fzg/h bzw. 3.000 Fzg/24h bis 8.000 Fzg/24h erwiesen.
- In den bisherigen Untersuchungen konnten zur Überprüfung des Überholverhaltens zwischen 240 und 1.400 auswertbare Überholungen aufgenommen werden. Für die vorliegende Untersuchung soll eine vergleichbare Mindestanzahl angestrebt werden, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten.
- Längsneigung und Kurvigkeit haben einen wesentlichen Einfluss auf die Einleitung von Überholvorgängen. Im vorliegenden Forschungsvorhaben soll aber nur das Fahrverhalten von Überholer, Überholtem und Entgegenkommendem bei Überholvorgängen betrachtet werden, d. h. bei der Streckenauswahl müssen großzü-

- gige Entwurfsparameter vorliegen damit der Einfluss von Radius oder Längsneigungen weitestgehend ausgeschlossen werden kann.
- Es sollten Sichtweiten von mindestens 500 m bis 700 m vorliegen, um ausreichend viele Überholungen messen zu können.
  - Das überarbeitete Überholmodell soll zukünftig Anwendung auf Strecken der EKL 2 und vor allem der EKL 3 finden, d. h. auf Strecken mit einer befestigten Breite von 8,00 m. Im Bestand müssen davon abweichende Maße hingenommen werden, da hier ältere Regelwerke zugrunde lagen. Bei schmaleren Querschnitten sind Überholvorgänge seltener, insofern werden Messstrecken mit einer Breite der befestigten Fläche von 6,50 m bis 8,50 m gesucht.
  - Überholvorgänge sind vollständig aufzuzeichnen, um die Wege, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Zeiten des Überholers, des Überholten und des Entgegenkommenden zu ermitteln. Dies war in den untersuchten Arbeiten mit der Methode „Messen von einem erhöhten Standpunkt“ möglich.
  - Die bekannten Nachteile hinsichtlich der begrenzten Streckenauswahl und der nicht vollständig aufgenommen Überholvorgänge sollen durch eine Messung in ausreichender Höhe (nur fliegend möglich) vermieden werden.
  - Neben dem eigentlichen Überholvorgang sollen auch die Verkehrsstärke und die Geschwindigkeiten auf den Strecken aufgezeichnet werden, um einen Zusammenhang zwischen dem Geschwindigkeitsverhalten, der Verkehrsstärke und den Überholvorgängen auf den Strecken herzustellen. Das soll auch Bestandteil dieser Arbeit sein.
  - Die nationalen und internationalen Regelwerke halten unterschiedliche Überholmodelle für den Straßenentwurf und die Markierung von Straßen bereit. In der vorliegenden Untersuchung sollen für beide Modelle Empfehlungen gegeben werden.

### 3 Ziel der Untersuchung

Das Forschungsvorhaben ordnet sich in die Neufassung der „Entwurfsrichtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL 2012) ein. Ziel der Unter-

suchung ist es, die bestehenden Vorgaben und Modelle zu Überholvorgängen auf einbahnig zweistreifigen Landstraßen zu überprüfen und – bei Bedarf – neu zu fassen und zu ergänzen. Ein solcher Bedarf zeichnet sich aufgrund der Diskussionen im BLFA-StVO zu den verkehrsrechtlichen Randbedingungen und Regelungen des Überholens und wegen der deutlich veränderten kraftfahrzeugspezifischen Parameter (Leistungs- und Beschleunigungsvermögen) bereits seit Längerem ab.

Die wesentliche Aufgabe ist es daher, das Überholmodell nach den RAL (2012) zu überprüfen und zu aktualisieren. Dazu gehören die Erhebung und Auswertung von Überholvorgängen sowie deren anschließende allgemeingültige Modellierung in Abhängigkeit von entwurfstechnischen und verkehrlichen Randbedingungen (z. B. Sichtweite, Verkehrsaufkommen, mit/ohne Gegenverkehr). Dabei sind verschiedene Szenarien oder Arten von Überholungen (z. B. fliegende, beschleunigte) und Fahrzeugkollektive (z. B. Pkw/Pkw, Pkw/Lkw) zu berücksichtigen.

In der Folge soll auch geprüft werden, ob Vorgaben für die Dimensionierung einer erforderlichen Überholstrecke abgeleitet werden können, die maßgeblichen Einfluss auf das Überholverhalten und auf die Sicherheit von Überholungen hat.

Außerdem soll die Frage beantwortet werden, ob künftig für unterschiedliche Fahrzeuge differenzierte Überholstrecken vorgegeben werden sollen (Überholung von schnell fahrenden Fahrzeugen oder nur von langsamem Verkehr). Zur rechtlichen Absicherung von Überholverböten sind belastbare Ergebnisse und Aussagen zur Gefährdung notwendig. Vor diesem Hintergrund ist auch die Definition von Sichtweiten, die zum Überholen ungeeignet sind, auf ihre Aktualität zu prüfen.

Wie bereits erwähnt, sind die Ergebnisse so aufzubereiten, dass die Regelungen der RAL (2012) zur Berücksichtigung des Überholens im Entwurfsprozess abgesichert, präzisiert und ergänzt werden können. Das betrifft vor allem einbahnig zweistreifige Landstraßen der Entwurfsklasse EKL 3. Nach der Diskussion der RAL (2012) im BLFA-StVO sollen die Hinweise zu den als sicher anzusehenden Überholstrecken auch auf die einbahnig zweistreifigen Abschnitte der EKL 2 übertragbar sein.

Aus den eben beschriebenen Sachverhalten leiten sich im einzelnen folgende konkrete Ziele ab:

- Erarbeitung eines Untersuchungskonzeptes,
- Auswahl von Messstrecken,
- mikroskopische Analyse von Überholvorgängen an einbahnig zweistreifigen Landstraßen bei unterschiedlichen Randbedingungen,
- Auswertung der Überholvorgänge hinsichtlich der zugrunde liegenden Einflussgrößen und Ableitung relevanter Modellgrößen,
- Ableitung eines Modells zur Beschreibung maßgebender Überholvorgänge,
- Vorschläge zur Integration eines aktualisierten Überholmodells in die Entwurfsrichtlinien.

Neben der Aktualisierung des Überholmodells wird außerdem das Ziel verfolgt, Empfehlungen zu formulieren, unter welchen Bedingungen (vorhandene Sichtweite) das Überholen unter Benutzung des Gegenverkehrsfahrtstreifens durch verkehrsrechtliche Maßnahmen unterbunden werden sollte.

## 4 Untersuchungsmethodik

Im Forschungsvorhaben sollte anhand von realen Überholvorgängen das aktuelle Überholmodell überprüft und angepasst werden. Die Messmethodik wurde aus den Erkenntnissen der Literaturanalyse zu geeigneten Verfahren für die Aufnahme von Überholvorgängen abgeleitet. Auf der Grundlage der gewählten Messtechnik und der notwendigen aufzunehmenden Kenngrößen zur vollständigen Beschreibung des Überholvorgangs unter Gegenverkehr wurde im Anschluss ein Messstreckenkollektiv zusammengestellt. Auf diesen Strecken wurden die Überholvorgänge mit einer Drohne aus der Luft gefilmt und währenddessen die Verkehrsstärke auf der Strecke gemessen. Vorab wurde die Geometrie der Straße im Lage- und Höhenplan ermittelt.

Im Anschluss fand eine automatisierte Auswertung der Luftbilder und Bestimmung der Fahrzeugpositionen statt. Die Kenngrößen von Überholvorgängen (Geschwindigkeit, Abstand, Weg) wurden be-

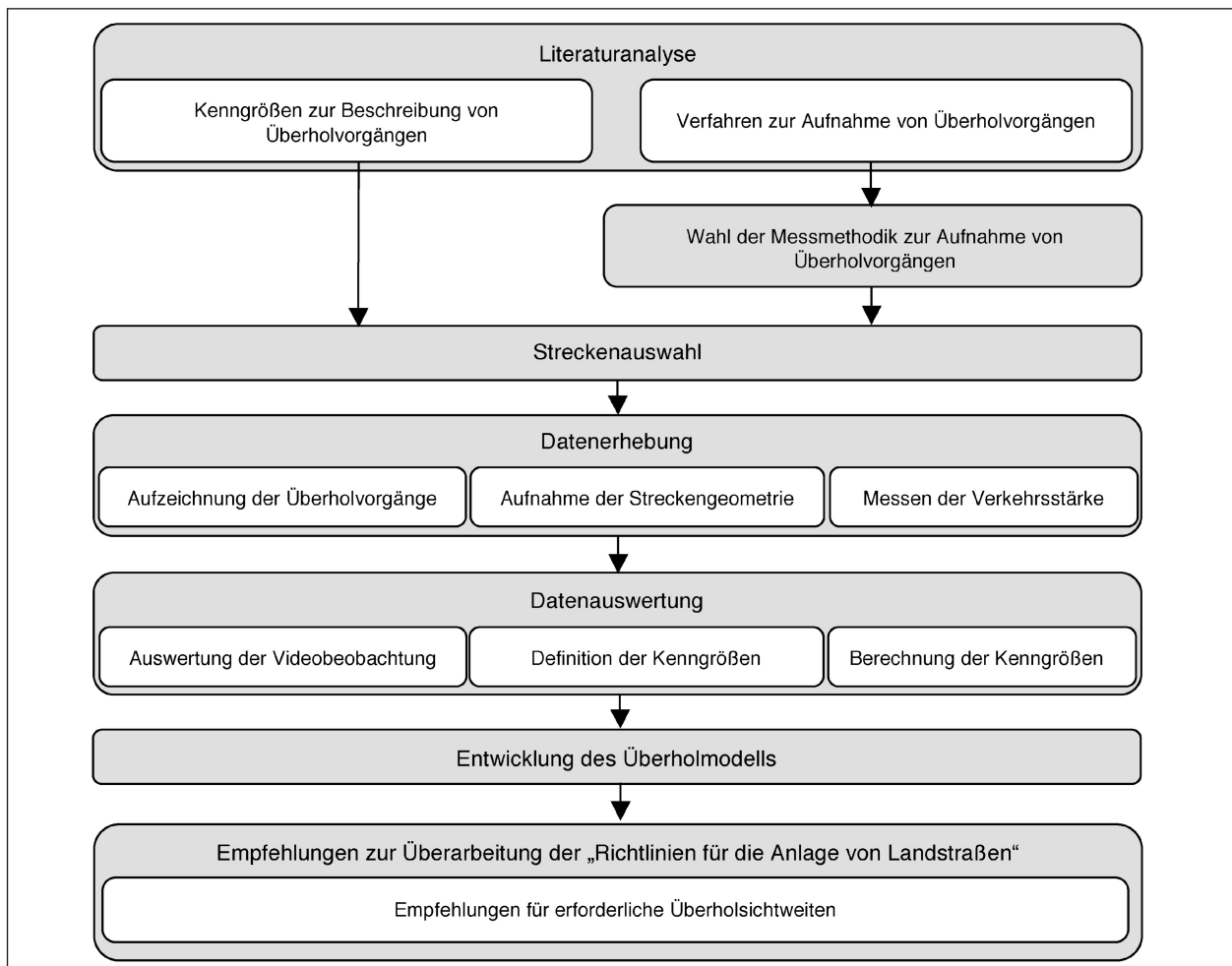


Bild 34: Untersuchungsablauf

rechnet. Mithilfe der Streckenbefahrungen konnten wiederum die Sichtweiten bestimmt werden.

Im Ergebnis wurde ein aktuelles Überholmodell entwickelt, welches bei der Fortschreibung der „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL 2012) als Grundlage dienen soll.

Bild 34 gibt den Untersuchungsablauf schematisch wieder.

## 4.1 Untersuchungsstrecken

### 4.1.1 Anforderungen

Die Auswahl der Messstrecken erfolgte auf der Grundlage der maßgebenden Einflussfaktoren auf das Überholverhalten und der messtechnisch bedingten Voraussetzungen. Die Randbedingungen, die zu Überholvorgängen führen, haben einen unterschiedlichen Einfluss auf das Überholverhalten. Die Literaturrecherche ergab, dass die Haupteinflussfaktoren die Sichtweite (beeinflusst durch die Streckengeometrie) und das Verkehrsaufkommen sind.

Hinsichtlich der Streckengeometrie war eine ausreichende Sicht zum Überholen erforderlich. Insofern mussten Strecken ausgewählt werden, die Sichtweiten im Bereich der bisher in der Literatur diskutierten und im Regelwerk enthaltenen erforderlichen Überholsichtweite vorhalten. Das entsprach Werten ab ca. 500 m bis 1.000 m.

Da aber auch kritische oder gefährliche Situationen überprüft werden sollten, wurden Sichtweiten unterhalb der erforderlichen Überholsichtweite einbezogen. Dies entspricht Sichtweiten in der Größenordnung ab der halben Überholsichtweite (ca. 300 m).

Ausreichende Sichtweiten zum Überholen ergeben sich in der Regel bei gestreckten Linienführungen (Gerade, große Kreisbögen mit innenliegenden, freien Sichtfeldern). Meist treten diese in Kombination mit einer gestreckten Linienführung im Höhenplan auf (wenig Neigungswechsel, flache Gradienten).

Geringere Sichtweiten, etwa im Bereich zwischen der halben und vollen Überholsichtweite, resultieren häufig aus einer dem Gelände angepassten Gradienten mit mittleren Kuppenhalbmessern (siehe auch RAS-L, FGSV 1995, Tabelle 10) und mittleren Längsneigungen.

Neben den Sichtweiten hat das Verkehrsaufkommen auf den Untersuchungsstrecken eine ganz we-

sentliche Bedeutung. Bei Strecken mit einem zu geringen Verkehrsaufkommen war zu erwarten, dass sich nur ein verhältnismäßig geringer Überholdruck aufbaut und Überholvorgänge sehr seltene Ereignisse sind. Dadurch wäre eine wirtschaftliche Versuchsdurchführung in einem angemessenen Zeitraum nicht sichergestellt.

Bei Strecken mit einem zu hohen Verkehrsaufkommen sind erfahrungsgemäß die Zeitlücken im Gegenverkehr so gering, dass Überholvorgänge trotz ausreichender Überholsichtweite nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich sind.

Vorzugsweise sollten daher Strecken mit einer aus der Literatur bekannten und aus der Erfahrung herführenden Größenordnung von ca. 3.000 bis 8.000 Fzg/24h ausgewählt werden. Im Laufe der Untersuchung stellten sich die Grenzen jedoch als zu gering heraus, sodass diese auf 7.000 bis 11.000 Fzg/24h erhöht wurden.

Als Querschnitt kamen einbahnig zweistreifige Landstraßen mit einem Regelquerschnitt in der Größenordnung des RQ 11 nach RAL (2012) bzw. der RQ 10,5 und RQ 9,5 nach RAS-Q in Betracht. Deren befestigte Breiten betragen 8,0 m bzw. 7,5 m und weisen eine Randmarkierung sowie eine Mittelmarkierung auf.

Schmalere Querschnitte, z. B. der RQ 7,5, sind durch ein niedriges Verkehrsaufkommen, geringe Fahrtweiten und einen geringen Überholdruck gekennzeichnet. Solche Strecken schieden deshalb aus.

Weiterhin sollten nur Strecken ohne örtliche Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in die Auswahl einbezogen werden.

Hinsichtlich der Messmethodik (Aufnahme der Überholungen mit der Drohne) galt die Anforderung, dass die Strecken von oben frei einsehbar sind. Strecken im Wald sowie Alleen wurden daher in die Streckenauswahl nicht einbezogen.

Unter Berücksichtigung der definierten Anforderungen kamen vorzugsweise Messstrecken in Betracht, die Kombinationen aus folgenden Parametern aufweisen:

- möglichst lange Geraden,
- sehr große Radien mit freien innen liegenden Sichtfeldern,
- geringe Längsneigungen ( $s < 3 \%$ ),



- sehr große Kuppenhalbmesser,
- Sichtweiten zwischen 300 m bis 1.000 m,
- mittleres Verkehrsaufkommen (3.000 Kfz/24h bis 11.000 Kfz/24h),
- befestigte Fahrbahnbreiten von 7,0 m bis 8,5 m,
- keine örtliche Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und
- keine Walddurchfahrten oder Alleen.

#### 4.1.2 Auswahl der Untersuchungsstrecken

Aus statistischen Gründen sollte eine möglichst hohe Anzahl von Überholvorgängen erfasst werden. Deshalb wurde neben der Prüfung der geometrischen und verkehrlichen Voraussetzungen der Strecken in den eigenen Straßendatenbanken des Lehrstuhls auch in einer Umfrage bei den Straßenbauverwaltungen in Sachsen, Brandenburg und Bayern recherchiert, ob Strecken mit hohem Überholdruck und häufigen Überholvorgängen bekannt sind, die sich für die Messungen eignen. Alle Strecken wurden vorher befahren, um festzustellen, ob diese den geforderten Kriterien entsprechen.

Schließlich wurden zwei Untersuchungsstrecken in Sachsen und eine Strecke in Brandenburg gewählt, die den gestellten Anforderungen entsprechen. Es handelte sich dabei um lange Abschnitte mit großen vorhandenen Sichtweiten. Im Anschluss wurden vier weitere Strecken in Bayern gewählt. Dies sind kürzere Abschnitte mit geringeren Sichtweiten.

#### 4.1.3 Unfallgeschehen

Für die Charakterisierung der Strecken wurde neben den geometrischen und verkehrlichen Parametern auch das Unfallgeschehen erhoben. Insofern ist es bei der Wahl der Strecken berücksichtigt worden, war jedoch kein ausschlaggebendes Kriterium. Im Vordergrund stand die Variation der Überholsichtweiten.

Aufgrund des geringen Streckenumfanges ist eine detaillierte Unfalluntersuchung von vornherein ausgeschlossen. Sie war kein Untersuchungsgegenstand.

## 4.2 Erfassung von Überholvorgängen

### 4.2.1 Anforderungen an das Messsystem

Aus der Literatur waren verschiedene Möglichkeiten bekannt, um Überholvorgänge zu erfassen und daraus Abstände und Geschwindigkeiten zu messen bzw. zu berechnen.

Zunächst lag es nahe, Überholvorgänge von einem erhöhten Standpunkt aus aufzunehmen, z. B. mittels Videotechnik. Bei solchen Aufnahmen, bspw. in den Untersuchungen von NETZER (1966) oder von DURTH/HABERMEHL (1986) hat sich jedoch gezeigt, dass dafür geeignete Strecken nur sehr begrenzt vorhanden sind (z. B. für Messungen von hohen Talbrücken oder von Bergen). Außerdem war die Anzahl der auswertbaren Überholungen im Vergleich zu den insgesamt erfassten gering, da diese im Beobachtungsbereich der Kamera erfolgen müssen.

Eine andere Möglichkeit war die Messung von Abständen bzw. Zeiten aus einem Fahrzeug heraus. Dabei werden durch ein langsam fahrendes Messfahrzeug Überholvorgänge provoziert und das Fahrverhalten der Überholer erfasst (STEIERWALD u. a. 1983). Es kann jedoch nicht mehr von einem unbeeinflussten Fahrerkollektiv ausgegangen werden, da der Fahrer des Messfahrzeugs nicht als repräsentativer „Langsamfahrer“ angesehen werden kann. Der Einsatz von mehreren Probanden als „Langsamfahrer“ zur Variation des Fahrerkollektives schied aus Gründen einer wirtschaftlichen Versuchsdurchführung aus. Außerdem könnten eventuell entgegenkommende Fahrzeuge damit nicht erfasst werden.

Generell konnten aber aus der bisher ausgewerteten Literatur allgemeingültige Randbedingungen und Voraussetzungen für eine erfolgreiche Versuchsdurchführung abgeleitet werden:

- Erfassung von Zeitdauern und von zurückgelegten Wegstrecken aller am Überholvorgang Beteiligten (Überholter, Überholer, ggf. Entgegenkommender) und daraus abgeleitete Geschwindigkeiten und Beschleunigungen,
- kontinuierliche Aufnahme der Messwerte für alle am Überholvorgang beteiligten Fahrzeuge,
- möglichst große Einsehbarkeit von relativ langen Abschnittslängen,

- von den Fahrern nicht wahrnehmbare und das Fahrverhalten nicht beeinflussende Messtechnik,
- lange Aufnahme- und Beobachtungszeiträume, da Überholvorgänge in (vorher festgelegten und mit Messtechnik ausgestatteten) Streckenabschnitten verhältnismäßig seltene Ereignisse sind.

#### 4.2.2 Aufbau des Messsystems

Für die Aufzeichnung von Überholvorgängen auf ausgewählten Überholstrecken kam ein luftgestütztes Messdatenerfassungssystem zum Einsatz, das die Anforderungen nach Kapitel 4.2.1 erfüllte. Das Messsystem wurde vom Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursystemtechnik (IVI) Dresden entwickelt. Es besteht aus der schwebenden Sensorplattform „HORUS – Hovering Remote controlled Ultralight Sensorplatform“ und einem hochauflösenden Kamerasystem. HORUS ist ein 1,00 m x 1,30 m großer Oktokopter, welcher selbstständig in der Lage ist, eine programmierte Position GPS-gestützt anzufliegen und über die Dauer der Messung auf wenige Meter genau zu halten. Angetrieben wird er dabei durch acht Rotoren, die H-förmig angeordnet sind (s. Bild 35).



Für die Messung wurde der Kopter mit einer aktiv nick- und rollkompensierten Kamerahalterung ausgestattet. Die Kamerahalterung glich die steuerprinzipbedingt notwendigen Nick- und Rollbewegungen des Kopters genau so aus, dass die Kamera während der Messdatenerfassung einen konstanten Blickwinkel hielt. Auf diese stabilisierte Haltevorrichtung wurde das Kamerasystem montiert.

Für die Aufzeichnung von Überholvorgängen wurden projektvorbereitend zwei verschiedene Kamerasysteme aufgebaut, an die Drohne montiert und im Einsatz erprobt. Ein Vergleich beider Kamerasysteme ist in Tabelle 31 aufgeführt.

Die Ergebnisse der Testmessungen haben gezeigt, dass die GoPro HERO 3 eine sehr hohe reale optische Auflösung bei geringem Gewicht und guter Bedienbarkeit aufweist. Aus diesen Gründen wurde dieses Kamerasystem für die Datenerfassung im Rahmen des Projekts ausgewählt.



Bild 35: HORUS-Drohne

Kamerasystem	IDS Industriekamera	GoPro HERO 3
Bild		
notwendige Systemkomponenten	Industriekamera Wechselobjektiv Industrie-PC Externe Solid-State-Festplatte WLAN-Schnittstelle	Kamera
Masse	1,2 kg	0,1 kg
resultierende Flugzeit	12 min	25-30 min
max. Auflösung	3.840 x 2.748 Pixel	4.096 x 2.160 Pixel
Objektivwinkel	85°	110°
beobachtbarer Straßenabschnitt	550 m	800 m
Schärfe	schlecht	sehr hoch
Auflösung bei 15 Bildern/s	3.840 x 550 Pixel	3.840 x 2.160 Pixel
Aufzeichnungsdauer	30 min	180 min
Dauer der Datenübertragung an die Bodenstation	30 min	20 sek
Live-Bild-Übertragung	nein	ja

Tab. 31: Vergleich der erprobten Kamerasysteme

### 4.2.3 Ablauf der Messung

Vor dem Start der Drohne wurden mittels der Bodenstations-Software eine für die jeweilige Messstrecke geeignete Sollposition des Kopters ausgewählt und die entsprechenden GPS-Koordinaten des Messpunkts an die Drohne übertragen.

Da ein möglichst großer Straßenabschnitt für die Analyse beobachtet werden sollte, wurde eine Flughöhe von 250 Metern über Grund vorgegeben. Vor dem Abflug löste der Bediener die Aufzeichnung der Kameradaten aus. Nach dem manuellen Start wurde der automatische Flugmodus aktiviert. Die Drohne steuerte innerhalb weniger Sekunden die eingegebenen 3D-Koordinaten des Messpunkts an, an dem sie die nächsten 12 bis 20 Minuten verblieb. Dabei wurde die Position weitgehend unabhängig von äußeren Einflüssen, wie zum Beispiel Wind, automatisch nachgeregelt.

Währenddessen überwachte der Bediener die übertragenen Telemetriedaten und das Live-Bild der Drohne an der Bodenstation. Bei einer Restladung der Flugakkumulatoren von 20 %, wurde vom Bediener der automatische Sinkflug aktiviert und die Drohne erreichte nach wenigen Sekunden die Ausgangsposition. Die Landung wurde dann vom Bediener manuell gesteuert durchgeführt. Ein Schema des Flugablaufs ist in Bild 36 dargestellt.

Danach wurden die Aufzeichnungen der Kamera gestoppt, der Flugakkumulator gewechselt und die Aufnahme wieder gestartet, um die nächste Messung durchzuführen. Dieser Vorgang beanspruchte bis zu fünf Minuten.

Während des Flugs wurden parallel mehrere austauschbare Flugakkumulatoren an der Bodenstation geladen, sodass ein durchgängiger Flugbetrieb ohne zusätzliche Wartezeiten gewährleistet werden konnte.

### 4.2.4 Erfassung der Verkehrsstärke und der Geschwindigkeit

Neben den Überholvorgängen sollten auch die Verkehrsstärken und das Geschwindigkeitsniveau während der Messzeiten aufgezeichnet werden. Dafür kamen Seitenradarmessungen aus Leitpfosten heraus zum Einsatz (Bild 37). Mithilfe des Seitenradars konnten richtungsgetreunt Geschwindigkeiten und die Anzahl der Fahrzeuge zeitlich erfasst werden.

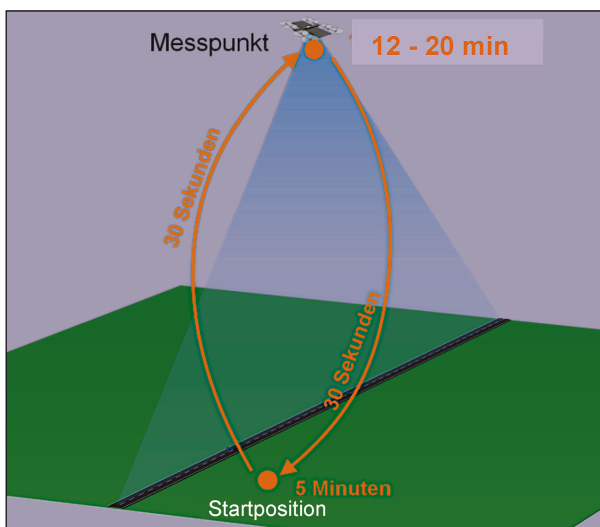


Bild 36: Ablauf der Messung



Bild 37: Seitenradarsystem – in den Leitpfosten integriert

Dafür wurde vor Beginn der Messungen an einem geeigneten Querschnitt auf der Messstrecke ein Leitpfosten aus dem Randstreifen entfernt und durch den Messpfosten ersetzt. So konnten während der gesamten Messung der Überholvorgänge die Verkehrsstärke und die Geschwindigkeiten erfasst werden. Die Aussage zu gefahrenen Geschwindigkeiten beruht dabei auf den Geschwindigkeiten der freifahrenden Fahrzeuge (vgl. Kapitel 4.4.4).

## 4.3 Auswertung der Luftbilder – Bestimmung der Fahrzeugpositionen

Das ausgewählte Kamerasystem lieferte Bilder mit einer guten Qualität in Bezug auf Helligkeit und Fokus. Um die Vibrationen der Kamera und die da-

raus folgende Unschärfe zu minimieren, kamen speziell auf die Eigenfrequenz der Kameraaufhängung angepasste Gel-Pads zum Einsatz, die für eine verbesserte Schwingungsentkopplung sorgten.

Für die Erstellung eines mathematischen Modells von Überholvorgängen waren die Positionen der aufgezeichneten Fahrzeuge zu bestimmen. Daher wurde ein Projektionsmodell formuliert, das die Transformation der Bildkoordinaten in Weltkoordinaten beschreibt. Darauf aufbauend ermöglichte die Entwicklung eines robusten Algorithmus zur Erkennung und Verfolgung von Fahrzeugen in Bildsequenzen eine automatisierte Ermittlung der Fahrzeugtrajektorien.

#### 4.3.1 Projektionsmodell

Zur Bestimmung der Weltkoordinaten der erfassten Fahrzeuge, wurde ein Modell formuliert, das die Projektion von Objektpunkten der Bildebene in die Weltebene beschreibt. In diesem Zusammenhang mussten die externen und internen Kameraparameter bestimmt werden.

Die externen Kameraparameter waren der Translationsvektor  $(X_0, Y_0, Z_0)^T$  und die dreidimensionale Rotationsmatrix  $\mathbf{R}$ . Diese charakterisieren die Transformation zwischen dem Kamerakoordinatensystem  $x, y, z$  und dem übergeordneten Weltkoordinatensystem  $X, Y, Z$  gemäß Gleichung 4.1.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \mathbf{R}(\varphi, \omega, \kappa)^{-1} \begin{pmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{pmatrix} \quad (4.1)$$

Im Rahmen dieses Projektes lag der Ursprung des Weltkoordinatensystems in der Geländeebene und die  $X$ -Achse war parallel zum erfassten Straßenverlauf.

Die internen Kameraparameter enthielten die geometrischen und digitalen Eigenschaften der eingesetzten Kamera und beschrieben die Projektion in das Bildkoordinatensystem  $x' y'$  (TRUCCO/VERRI 1998). Dessen Ursprung war der Bildhauptpunkt  $H'$ . Die  $x'$ - und  $y'$ -Achse waren parallel zu der  $x$ - bzw.  $y$ -Achse (LUHMANN 2010). Die verwendeten Koordinatensysteme sind in Bild 38 veranschaulicht.

Wegen des Fischaugen-Objektivs der verwendeten Kamera waren der Einfallswinkel und der entsprechende Ausfallswinkel verschieden. Im Gegensatz

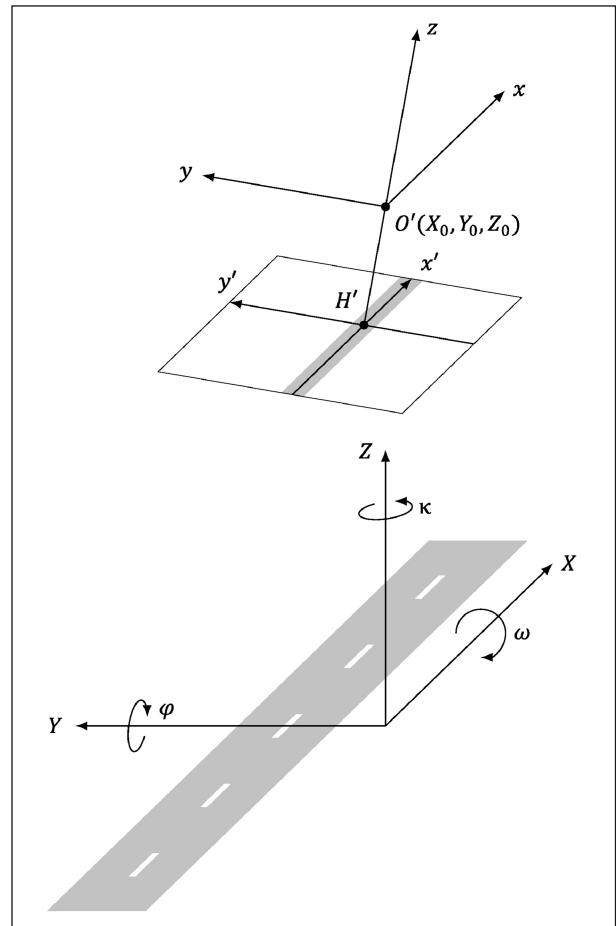


Bild 38: Koordinatensysteme

zur Zentralprojektion wurden die Strahlen in Richtung der optischen Achse gebrochen. Daher fand das äquidistante Projektionsmodell Anwendung (SCHNEIDER/SCHWALBE/MAAS 2009):

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \frac{c \cdot \arctan \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{-z}}{\sqrt{x^2 + y^2}} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \Delta x' \\ \Delta y' \end{pmatrix} \quad (4.2)$$

Dabei sei  $c$  die Kamerakonstante. Die Korrekturterme  $\Delta x'$  und  $\Delta y'$  enthalten zusätzliche Parameter um systematische Effekte wie radiale und tangentiale Verzeichnung (BROWN 1971) sowie Affinität und Scherung (EL-HAKIM 1986) zu beschreiben. Die internen Kameraparameter wurden im Rahmen einer Testfeldkalibrierung ermittelt (HÖBLER 2014).

#### 4.3.2 Automatisierter Algorithmus zur Erkennung und Verfolgung von Fahrzeugen

Die Arbeitsschritte zur automatisierten Auswertung der Luftbilder sind in Bild 39 schematisch dargestellt. Mittels Methoden der Bildverarbeitung

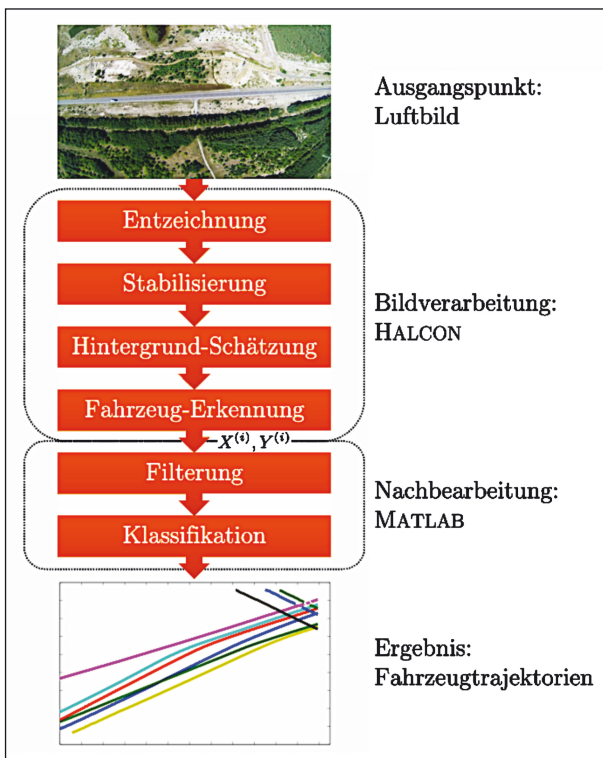


Bild 39: Algorithmus zur Auswertung von Luftbildern

wurden die Positionen  $X^{(i)}$ ,  $Y^{(i)}$  der Fahrzeuge in jedem Einzelbild bestimmt. Ein Nachbearbeitungsprozess fasste die Ergebnisse zu den gesuchten Trajektorien zusammen.

Die Algorithmen der Bildverarbeitung wurden in der Entwicklungsumgebung Halcon realisiert. Nach der Berechnung der unverzeichneten Bilder war eine Stabilisierung nötig, da die Bewegungen des HORUS kompensiert werden mussten. Die anschließende Hintergrund-Schätzung ermöglichte das Erkennen von Fahrzeugen.

Mithilfe von Matlab wurden im Rahmen der Nachbearbeitung Fehldetektionen entfernt und die verbliebenen Koordinaten den entsprechenden Fahrzeugen zugeordnet.

### Entzeichnung

Bei der Entzeichnung wurden die Verzeichniseffekte korrigiert. Das resultierende Bild entsprach somit dem linientreuen Modell der Zentralprojektion. Dieser Vorgang erleichterte die Weiterverarbeitung, da Form und Größe der abgebildeten Objekte unabhängig von der Position im Bild waren.

Die Entzeichnung wurde mithilfe der internen Kameraparameter des äquidistanten Projektionsmodells in der Entwicklungsumgebung Halcon um-

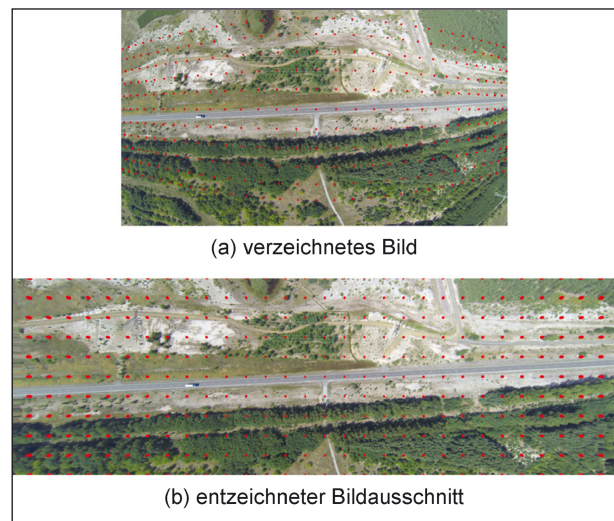


Bild 40: Beispiel Entzeichnung

gesetzt, die beliebige Verzerrungen unterstützt. Die Grauwertzuweisung erfolgte dabei für jedes Pixel im Ausgabebild durch die bilineare Interpolation. Dabei wurden die vier benachbarten Grauwerte einer berechneten Pixelposition in die Interpolation einbezogen.

Bild 40 demonstriert die Entzeichnung an einem Beispiel (HÖßLER 2014). Der in Bild 40a dargestellte Ausschnitt zeigt deutliche Effekte der tonnenförmigen Verzerrung durch das Fischaugen-Objektiv, die Bereiche am Bildrand wirken gestaucht. Daher werden auch die Straße und die Fahrzeuge am Rand kleiner abgebildet als im Zentrum. Das rot markierte Punktgitter dient der Berechnung des entzeichneten Bildausschnittes in Bild 40b.

Der Messbereich umfasste in diesem Projekte die Abbildung einer Straße, die im Vergleich zu der gesamten Projektionsfläche eine geringe Breite aufweist.

### Stabilisierung

Im Gegensatz zu einer stationären Kamera ließen sich leichte Bildbewegungen trotz roll- und nick-kompensierter Aufhängung der Kamera bei der Nutzung eines Multirotor-UAS nicht vermeiden. Diese mussten durch eine Stabilisierung des Bildes weitestgehend kompensiert werden, um eine Bestimmung von Fahrzeugpositionen zu ermöglichen. Dabei waren die Verschiebungen und Dehnungen aufeinanderfolgender Bilder zueinander zu bestimmen und zu korrigieren. Ein möglicher Ansatz war das automatisierte Erkennen und Ausrichten von Referenzbereichen am Straßenrand, die sich über

die Messdauer nicht änderten. Um diese stationären Vergleichsmuster zu finden, bot sich das in Halcon verfügbare korrelationsbasierte Matching an, welches nach HADLEV (2011) zur Bewertung der Übereinstimmung zwischen einem Muster  $t(r, c)$  und einem Suchbereich  $i(r, c)$  die normalisierte Kreuzkorrelationsfunktion

$$ncc(r, c) = \frac{1}{n} \sum_{(u,v) \in R} \frac{t(u, v) - m_t}{\sqrt{s_t^2}} \cdot \frac{i(r + u, c + v) - m_i(r, c)}{\sqrt{s_i^2(r, c)}} \quad (4.3)$$

ermittelte. Hierbei ist  $n$  die Anzahl der Punkte im Muster,  $R$  der Definitionsbereich des Musters,  $m_t$  der mittlere Grauwert des Musters

$$m_t = \frac{1}{n} \sum_{(u,v) \in R} t(u, v), \quad (4.4)$$

$s_t^2$  die Varianz der Grauwerte des Musters

$$s_t^2 = \frac{1}{n} \sum_{(u,v) \in R} (t(u, v) - m_t)^2, \quad (4.5)$$

$m_i(r, c)$  der mittlere Grauwert des Suchbereiches an der Position  $(r, c)$  über alle Punkte im Muster (d. h. die Pixel im Muster sind um  $(u, v)$  verschoben)

$$m_i(r, c) = \frac{1}{n} \sum_{(u,v) \in R} i(r + u, c + v) \quad \text{und} \quad (4.6)$$

$s_i^2(r, c)$  die Varianz der Grauwerte an der Position  $(r, c)$  über alle Punkte im Muster

$$s_i^2(r, c) = \frac{1}{n} \sum_{(u,v) \in R} (i(r + u, c + v) - m_i(r, c))^2. \quad (4.7)$$

Die normalisierte Kreuzkorrelationsfunktion maß, wie gut das Muster und der Suchbereich an einem bestimmten Punkt mit den Koordinaten  $(r, c)$  übereinstimmen und konnte Werte zwischen -1 und 1 annehmen. Ein Wert von 1 bedeutete, dass die Grauwerte im Suchbereich eine lineare Transformation der Grauwerte im Muster sind, sodass für  $a > 0$  und  $b \in \{0, 1, \dots, 255\}$

$$i(r + u, c + v) = at(u, v) + b \quad (4.8)$$

galt. Ein Wert von -1 signalisierte, dass die Grauwerte im Bild eine lineare Transformation der Grauwerte im Muster mit  $a < 0$  waren. Das Muster hatte in diesem Fall im Bild die umgekehrte Polarität. Aufgrund dieser Eigenschaft war die normalisierte Kreuzkorrelation invariant gegenüber linearen Beleuchtungsänderungen (HALSOL 2012).

Allerdings war das Verfahren empfindlich gegenüber Verdeckungen und nicht linearen Beleuchtungsänderungen, beispielsweise aufgrund wech-

selnder Bewölkung. Aus diesem Grund wurden die Referenzmuster in regelmäßigen Abständen automatisch aktualisiert.

Aus den Ergebnissen wurden jeweils die Suchbereiche für das nächste Bild generiert. Dieses Vorgehen reduzierte die Rechenzeit im Vergleich zu konstanten, größeren Suchbereichen.

## Hintergrund – Schätzung

Die Basis für eine automatische Erkennung von bewegten Fahrzeugen war ein Referenzbild, mit dem das zu analysierende Bild verglichen wurde. Der Hintergrund der jeweiligen Szene enthielt keine beweglichen Objekte und bot sich daher als Referenz an. Bei der Ermittlung des Hintergrundbildes wurden folgende Probleme festgestellt (DÖGE 2013):

- Tagsüber waren Bilder ohne Fahrzeuge auf durchschnittlich genutzten Straßen nur gelegentlich zu erfassen.
- Das Hintergrundbild veränderte sich wegen wechselnder Licht- und Sichtbedingungen.

Daraus folgt, dass ein statisches Referenzbild nicht vorhanden war. Der Hintergrund musste demnach geschätzt und automatisch an die wechselnden Umgebungsbedingungen wie Helligkeitsänderungen angepasst werden.

Aus den Bildern, die in die Generierung des Referenzbildes einfließen, wurden für jeden Farbkanal Mehrkanalbilder erstellt. Die Berechnung der pixelweisen Mittelwerte über die entsprechenden Kanäle lieferte das Ergebnis der Hintergrund-Schätzung. Die wurde in der Entwicklungsumgebung Halcon implementiert.

## Fahrzeug – Erkennung

Unter der Annahme, dass nur Fahrzeuge als bewegliche Objekte aufgenommen wurden, lies sich deren Position ermitteln. Dabei wurde das zu analysierende Bild  $B_j$  vom Referenzbild  $B_R$  subtrahiert. Für jedes von  $n$  zu analysierenden Einzelbildern  $B_j$  einer Sequenz ergab sich das Differenzbild

$$D_j = |B_R - B_j| \quad (\text{Gl. 4.9})$$

mit  $j \in \{1, 2, \dots, m\}$ .

Es hat sich gezeigt, dass der Übergang vom RGB- in den HSV-Farbraum Vorteile brachte, denn anstelle des aus dem RGB-Bild ermittelten Grauwerts

lieferte die Nutzung des Helligkeit-Kanals  $V$  im HSV-Raum insbesondere bei farbigen Fahrzeugen eine robuste Detektion (HÖßLER 2014).

Zusammenhängende Regionen im Differenzbild  $D_j$ , die eine größere Helligkeit als ein Schwellenwert aufwiesen, erzeugten das Binärbild  $\hat{D}_j$  und wurden weiter betrachtet. Dabei mussten nach DÖGE (2013) die folgenden allgemeingültigen Merkmale der Einzelregionen berücksichtigt werden:

- ein Fahrzeug kann aus mehreren Regionen bestehen,
- mehrere Fahrzeuge können in einer Region verschmelzen,
- erkannte Regionen können, aber müssen nicht zwangsläufig zu Fahrzeugen gehören.

Weiterhin konnten von Halcon bereitgestellte morphologische Operatoren angewendet werden, um die Gestalt der Regionen zu verändern. Die Operation „Closing“ schloss Lücken in den Regionen, um ein homogenes Fahrzeugabbild zu erzeugen. Dabei folgte intern eine Erosion auf eine Dilatation. Alle gefundenen Regionen wurden auf die Plausibilität geprüft, einem Fahrzeug zu entsprechen. Für die verwendete Auflösung war eine Mindestgröße von  $5 \times 5$  Pixeln und eine maximale Länge von 200 Pixeln sinnvoll.

Für einen beispielhaften entzeichneten Luftbildausschnitt  $B$  von der Messstrecke bei Hoyerswerda veranschaulicht Bild 41 die Arbeitsschritte der Bildverarbeitung. Aus der betragsmäßigen Differenz zwischen dem Luftbildausschnitt  $B$  und dem Referenzbild  $B_R$  resultierte das Differenzbild  $D$ . Dessen Helligkeit-Kanal  $V$  diente zur Segmentierung mit einem Schwellenwert, sodass sich das Binärbild  $\hat{D}$  mit den farbig markierten Fahrzeugregionen ergab.

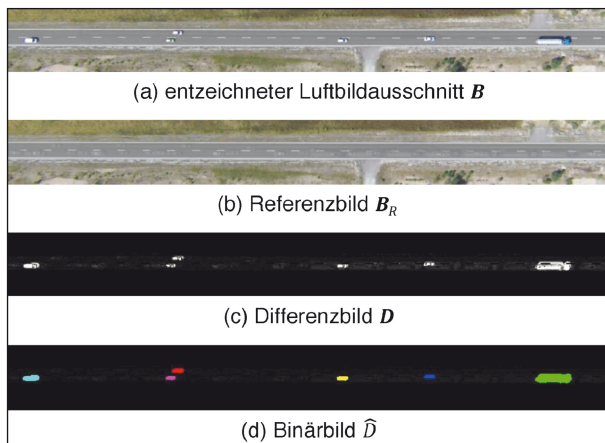


Bild 41: Bilder verschiedener Prozessschritte

## Filter und Klassifikation der Fahrzeugpositionen

Die für jedes Bild unabhängig gespeicherten Positionen wurden im Rahmen einer Nachbearbeitung den entsprechenden Fahrzeugen zugeordnet. Diese Klassifikation wurde in Matlab implementiert und filterte Koordinaten heraus, die sich keinem Fahrzeug zuordnen ließen. Unter der Annahme, dass ein Fahrzeug in dem Zeitintervall zwischen zwei Einzelbildern eine kurze Strecke zurücklegt, konnten die wahrscheinlichsten Positionen gefunden werden, die den Weg eines bestimmten Fahrzeuges beschrieben. Die resultierenden Trajektorien kennzeichneten die Bewegung der Fahrzeuge in der Geländeebene.



Bild 42: Bildausschnitte aus den Messdaten inkl. verfolgter Fahrzeuge

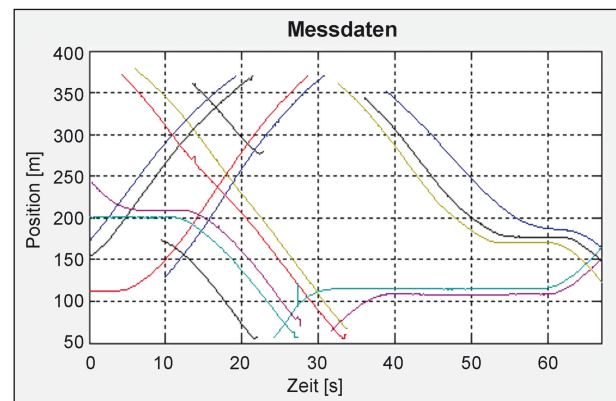


Bild 43: Darstellung der Bewegungsprofile verschiedener Fahrzeuge im Bildausschnitt

Die Speicherung der Fahrzeugkoordinaten in einer ASCII-Datei erlaubte die Weiterverarbeitung der Daten beispielsweise mittels Matlab.

Die Trajektorien der Fahrzeuge wurden auf Basis derer Positionen auf der Fahrbahn ermittelt. Somit konnten Abstände zwischen Fahrzeugen direkt aus den Messdaten abgelesen werden. Zusätzlich dazu konnten die Geschwindigkeiten der Fahrzeuge sowie deren Beschleunigungen robust durch einfache oder zweifache Ableitung der Positionsdaten berechnet werden.

In der oberen Hälfte von Bild 42 ist eine 800 Meter lange Messstrecke im vollen Bildausschnitt der Kamera dargestellt. Im unteren Bereich wird ein vergrößerter Bildausschnitt mit drei erkannten und verfolgten Fahrzeuge gezeigt, deren Trajektorien automatisiert in Messdaten gewandelt werden.

In Bild 43 sind beispielhaft die resultierenden Bewegungsprofile von mehreren Fahrzeugen über einen Zeitraum von ca. 70 Sekunden als Ergebnis von Messungen dargestellt.

## 4.4 Definition der Kenngrößen von Überholvorgängen

### 4.4.1 Videoanalyse

Parallel zu der Auswertung der Fahrzeugpositionen des Fraunhofer IVI wurden die Videodaten durch den „Lehrstuhl Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen“ genutzt, um die Kenngrößen von Überholvorgängen zu bestimmen.

Bild 44 zeigt modellhaft einen Überholvorgang mit Gegenverkehr. Darin sind die einzelnen Bestandteile des Überholvorgangs enthalten.

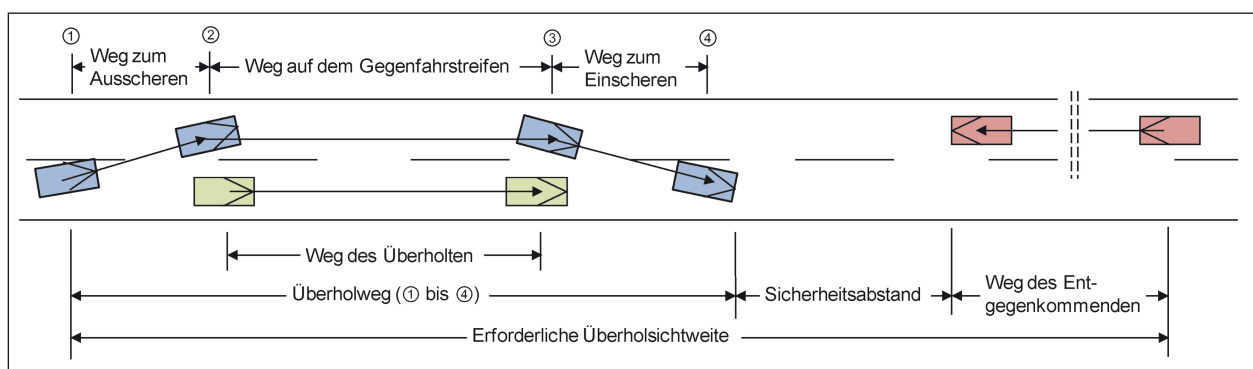
Aus den einzelnen Wegbestandteilen des Überholers wurden die Zeitdauern (Zeitpunkt ① bis ④)

bestimmt, die diese in Anspruch genommen haben. Das sind:

- Zeit des Ausschierens (① Beginn des Ausschervorgangs bis ② Ende des Ausschervorgangs),
- Zeit des Fahrens auf dem Gegenfahrstreifen ((② Ende des Ausschervorgangs bis ③ Anfang des Einschervorgangs) und
- Zeit des Einschierens (③ Anfang des Einschervorgangs bis ④ Ende des Einschervorgangs).
- Daraus ergibt sich die Überholdauer (Zeitpunkt ① bis ④).

Bei der Festlegung des Beginns des Überholvorgangs (① Beginn des Ausschervorgangs) war zu beachten, dass Fahrzeugführer die eigentliche Entscheidung für eine Überholung vor dem Wechsel auf den Gegenfahrstreifen treffen. Dies zeigte sich in einer Geschwindigkeitszunahme des Überholers im eigenen Fahrstreifen. Der Zeitpunkt für diese Entscheidung war jedoch individuell sehr verschieden und sehr schwierig zu erfassen. Aufgrund der Vergleichbarkeit aller auszuwertenden Überholvorgänge wurde deshalb für die Untersuchung der Beginn des Überholvorgangs einheitlich zu dem Zeitpunkt festgelegt, an dem die linke vordere Fahrzeugkante des Überholers die Leitlinie in Fahrbahnmitte berührt. Damit wurde der Weg des Überholers betrachtet, auf dem der Fahrstreifen der Gegenrichtung mitbenutzt wird (sicherheitsrelevant). Aus geometrischer Sicht entsprach dies der unteren Grenze des Überholwegs und somit auch der unteren Grenze der zum Überholen erforderlichen Sichtweite.

Auf der Grundlage dieser Zeitpunkte und den hinterlegten Positionen konnten die Wegstrecken, Abstände und Geschwindigkeiten für den Überholer, für den Überholten und den Entgegenkommenden bestimmt werden (Berechnung Kapitel 4.5).



**Bild 44:** Modell des Überholvorgangs mit Gegenverkehr



Weiterhin konnten durch die Sichtung der Videos unvollständige Trackings entfernt und fehlerhafte Trackings korrigiert werden.

Nachfolgend sind die Wege, Abstände und Geschwindigkeiten im Einzelnen definiert.

#### 4.4.2 Zurückgelegter Weg

Bei den zurückgelegten Wegen des Überholers während eines Überholvorgangs war zu unterscheiden zwischen:

- dem Weg zum Ausscheren (A),
- dem Weg auf dem Gegenfahrstreifen (B) und
- dem Weg zum Einscheren (C) (Bild 47).

Der Weg zum Ausscheren  $s_{\text{Ü,A}}$  [m] wurde definiert als der Weg zu dem Zeitpunkt, zu dem die linke vordere Fahrzeugkante die Mittelleitlinie überfährt (1) bis zu dem Zeitpunkt, zu dem die rechte hintere Fahrzeugkante die Mittelleitlinie überfährt (2) (Bild 46).

Der Weg zum Einscheren  $s_{\text{Ü,C}}$  [m] wurde definiert als der Weg zu dem Zeitpunkt, zu dem die rechte vordere Fahrzeugkante die Mittelleitlinie überfährt (3) bis zu dem Zeitpunkt, zu dem die linke hintere Fahrzeugkante die Mittelleitlinie überfährt und sich das Fahrzeug wieder auf dem rechten Fahrstreifen befindet (4) (Bild 47).

Der Weg auf dem Gegenfahrstreifen  $s_{\text{Ü,B}}$  [m] wurde definiert als der Weg, den das Fahrzeug zurücklegt, nachdem es den Ausschervorgang beendet hat (2) bis zum Beginn des Einschervorgangs (3) (Bild 48).

Der Überholweg  $s_{\text{Ü}}$  [m] setzt sich aus den drei voran genannten Wegen zusammen (A) + (B) + (C) (Bild 45).

Der Weg des Überholten  $s_{\text{t}}$  [m] und der Weg des Entgegenkommenden  $s_{\text{G}}$  [m] sind die Wege, die die jeweiligen Fahrzeuge während der Dauer des Überholwegs zurücklegen (Bild 44).

#### 4.4.3 Abstand

Der Ausschereabstand  $d_{\text{A}}$  [m] ist der Sicherheitsabstand des Überholers zum Überholten zu dem Zeitpunkt, zu dem der Ausschervorgang eingeleitet wird, d. h. wenn die linke vordere Fahrzeugkante die Mittelleitlinie überfährt (Bild 49).

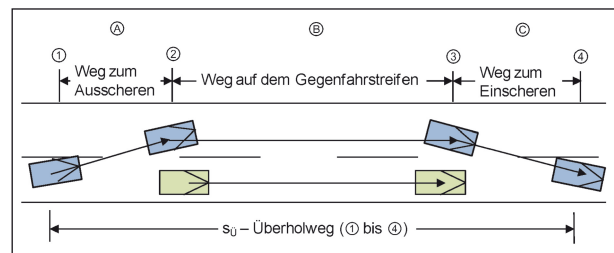


Bild 45: Wege des Überholers

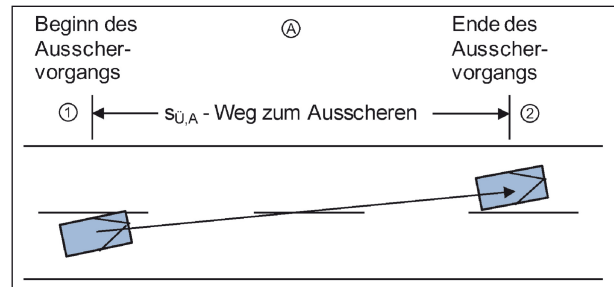


Bild 46: Definition des Weges zum Ausscheren  $s_{\text{Ü,A}}$

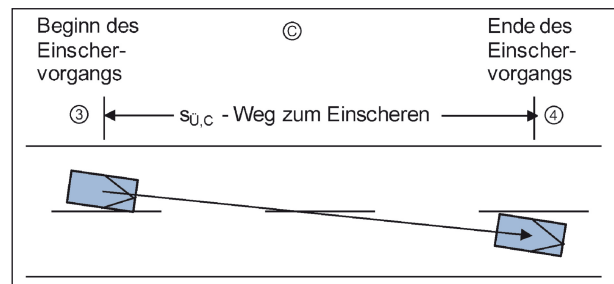


Bild 47: Definition des Weges zum Einscheren

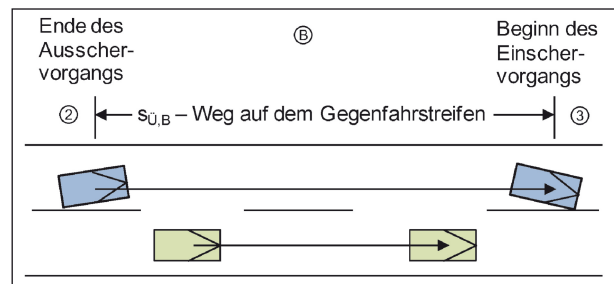


Bild 48: Definition des Weges auf dem Gegenfahrstreifen

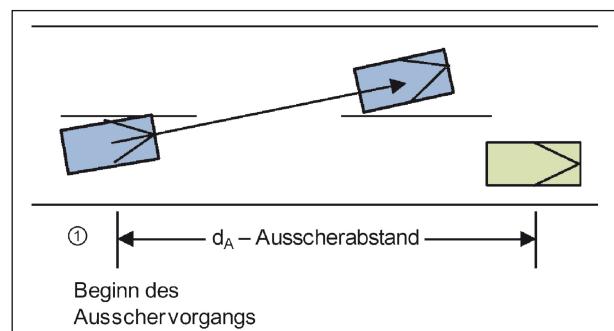


Bild 49: Definition des Ausschereabstands

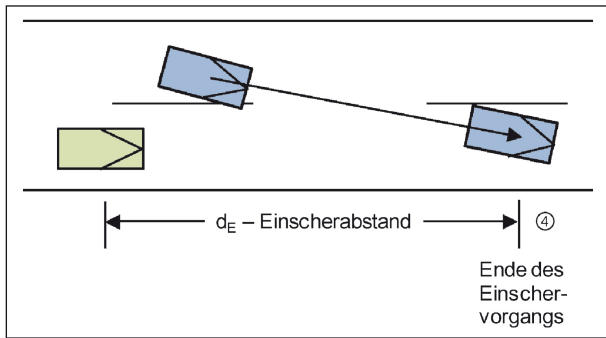


Bild 50: Definition des Einscherabstands

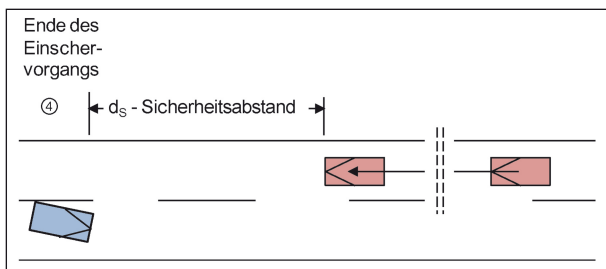


Bild 51: Definition des Sicherheitsabstands

Der Einscherabstand  $d_E$  [m] ist der Sicherheitsabstand des Überholers zum Überholtem zu dem Zeitpunkt, zu dem der Einschervorgang beendet wird, d. h. wenn die linke hintere Fahrzeugkante die Mittellinie überfährt. (Bild 50).

Der Sicherheitsabstand  $d_S$  [m] ist der Abstand zwischen dem Überholer und dem Entgegenkommen am Ende des Überholvorgangs. Dies ist der Zeitpunkt, zu dem der Einschervorgang beendet ist (Bild 51).

#### 4.4.4 Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeiten der Überholer und der Überholten wurden jeweils ermittelt:

- am Beginn des Ausschervorgangs ( $V_{\ddot{U},1}$ ,  $V_{t,1}$ ),
- am Ende des Ausschervorgangs ( $V_{\ddot{U},2}$ ,  $V_{t,2}$ ),
- am Beginn des Einschervorgangs ( $V_{\ddot{U},3}$ ,  $V_{t,3}$ ) und
- am Ende des Einschervorgangs ( $V_{\ddot{U},4}$ ,  $V_{t,4}$ ).

Dadurch konnte die Geschwindigkeit des Überholers im Verlauf des Überholvorgangs untersucht werden. Auch konnte ermittelt werden, ob der Überholer Einfluss auf die Wahl der Geschwindigkeit des Überholten hat bzw. ob die Geschwindigkeit des Überholten Einfluss auf die Geschwindigkeit des Überholers hat.

Zusätzlich wurde die mittlere Geschwindigkeit des Überholers und des Überholten zwischen den Zeitpunkten ① und ④ ermittelt ( $V_{\ddot{U}}$  und  $V_t$ ).

Die mittlere Geschwindigkeit ist dabei der Mittelwert aus allen erfassten Geschwindigkeiten zwischen den Zeitpunkten ① und ④. Diese liegen für jede sekundlich erfasste Position des Fahrzeugs vor.

Weiterhin wurde die mittlere Geschwindigkeit des Entgegenkommenen während des Überholvorgangs (Zeitpunkt ① bis ④) ermittelt ( $V_G$ ). Dabei wurde unterstellt, dass diese während der Überholung annähernd konstant bleibt (Bild 52).

Für die Untersuchungsstrecken wurden außerdem die Perzentil-Geschwindigkeiten aller freifahrenden Fahrzeuge bestimmt. Diese wurden an allen Messtagen parallel zu den Messungen der Überholungen aufgenommen (vgl. Kapitel 4.2.4). Nach LAMM (1973) gelten als frei fahrende Fahrzeuge diejenige, die eine Zeitlücke von  $\geq 7$  s zum vorausfahrenden und  $\geq 4$  s zum nachfolgenden Fahrzeug aufweisen.

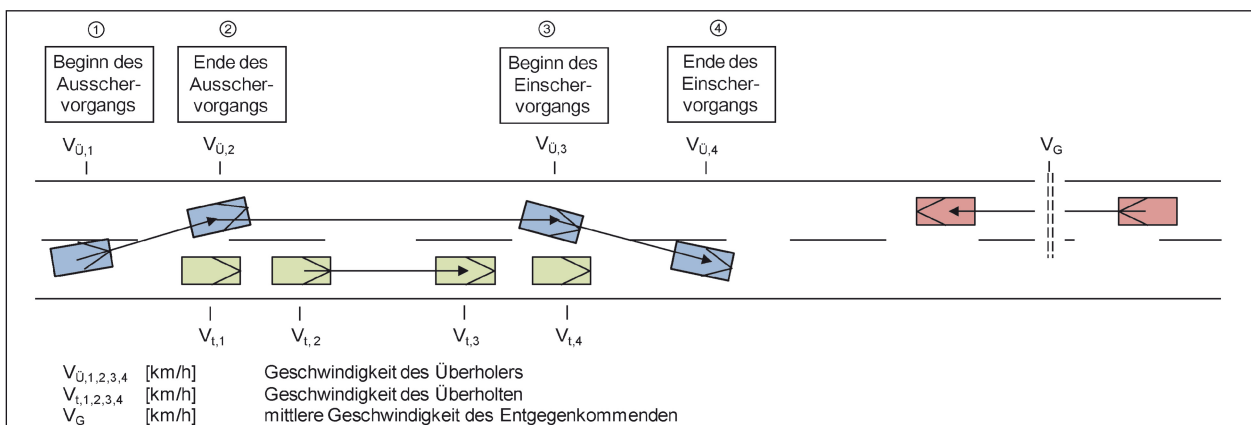


Bild 52: Definition der erhobenen Geschwindigkeiten beim Überholvorgang

### 4.4.5 Geschwindigkeitsdifferenz

Die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholer und Überholtem wurden jeweils zum Beginn ( $\Delta v_{\ddot{U}-t,1}$ ) und am Ende des Überholvorgangs ( $\Delta v_{\ddot{U}-t,4}$ ) ausgewertet (Bild 53).

### 4.4.6 Beschleunigung

Zusätzlich wurde noch die Beschleunigung des Überholers während des Überholvorgangs bestimmt. Diese wurde getrennt berechnet nach der Beschleunigung:

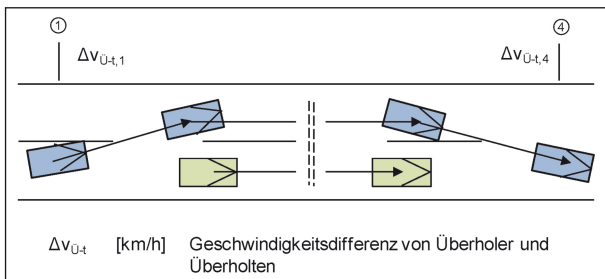


Bild 53: Definition der erhobenen Geschwindigkeitsdifferenz

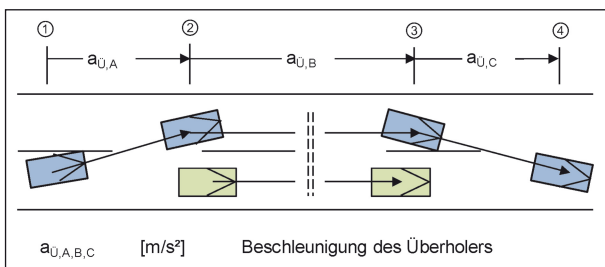


Bild 54: Definition der Beschleunigungen

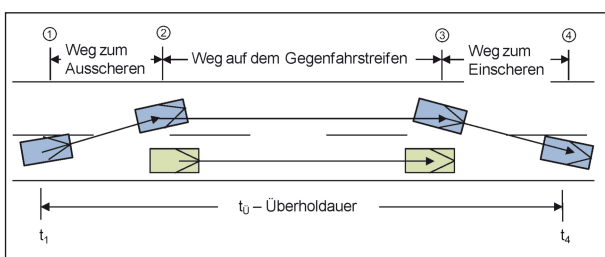


Bild 55: Definition der Überholdauer

- während des Ausschervorgangs  $a_{\ddot{U},A}$  [m],
- während der Fahrt auf dem Gegenfahrstreifen  $a_{\ddot{U},B}$  [m] und
- während des Einschervorgangs  $a_{\ddot{U},C}$  [m] (Bild 54).

### 4.4.7 Angenommene Zeitlücke

Des Weiteren wurden die zeitlichen Abstände zum Gegenverkehr ausgewertet, bei denen die Überholvorgänge begonnen wurden.

Für die angenommene Zeitlücke wurde die dynamische Zeitlücke nach Bild 56 herangezogen. Diese beginnt zu dem Zeitpunkt, zu dem ein entgegenkommender an dem Überholer vorbeifährt ( $t_0$ ) und endet, wenn sich der Überholer auf der Höhe des nächsten entgegenkommenden befindet ( $t_5$ ). Zwischen diesen beiden Zeitpunkten kann der Überholer den Überholvorgang durchführen (Gl. 4.10).

$$t_{ang} = t_5 - t_0 \tag{Gl. 4.10}$$

Als Grenzzeitlücke diente die angenommene Zeitlücke, die 50 % aller Überholer genutzt haben (LLORCA u. a. 2011).

LLORCA u. a. 2011 werteten in ihrer Untersuchung dabei nur Zeitlücken  $\leq 30$  s aus, da größere Zeitlücken aufgrund der begrenzten Streckenlängen für den Überholer nicht zu beobachten waren. Diese Zeitlücke von max. 30 s war auch für die vorliegende Untersuchung sinnvoll und wurde daher als obere Grenze verwendet.

### 4.4.8 Überholdauer

Die Überholdauer  $t_{\ddot{U}}$  wurde bestimmt ab dem Beginn des Ausschervens ① bis zum Ende des Einschervens ④ (Bild 55) (Gl. 4.11).

$$t_{\ddot{U}} = t_4 - t_1 \tag{Gl. 4.11}$$

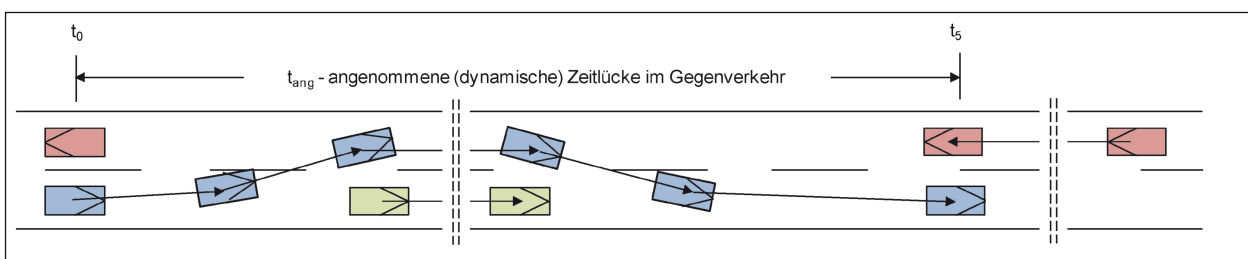


Bild 56: Definition der angenommenen Zeitlücke im Gegenverkehr

#### 4.4.9 Vorhandene Sichtweite zu Beginn des Überholvorgangs

Für die Bestimmung des Einflusses der Sichtweite auf die Kenngrößen des Überholvorgangs wurde die vorhandene Sichtweite zu Beginn der Überholung ermittelt. Diese konnte sich durch den Abstand zum Entgegenkommenden ergeben oder begrenzt sein durch Kuppen, Kurven sowie durch Sichthindernisse im Seitenraum wie Bepflanzung oder Böschungen.

Dafür wurden die Messstrecken mit dem Messfahrzeug UNO des Lehrstuhls „Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen“ der Technischen Universität Dresden befahren (Bild 57).

Das Fahrzeug ist ausgestattet mit dem hochgenauen Applanix POS-LV610-System, bestehend aus zwei GPS-Receivern, einem Inertialsystem und einem Wegstreckensensor. Dadurch kann auch bei GPS-Ausfällen von bis zu 5 Minuten eine genaue Positionsbestimmung gewährleistet werden. Unter optimalen Voraussetzungen beträgt die Genauigkeit absolut 1 dm.

Für eine exakte Bestimmung der Trassierungsparameter wurden die Messstrecken in Hin- und Rückrichtung befahren. Durch das Einrechnen von Korrekturdaten (über ein Postprocessing) wurde die Positionierungsgenauigkeit verbessert. Im Ergebnis lagen die Fahrbahnrandpunkte in einem Abstand von 1 m vor. Diese dienen als Grundlage für die Nachtrassierung. Dafür wurde das Straßenentwurfsprogramm CARD/1 herangezogen.

Für die Bestimmung der vorhandenen Sichtweiten war neben der Lage- und Höhenplangeometrie auch die Höhe des umliegenden Geländes notwendig. Dafür wurden die digitalen Geländemodelle der jeweiligen Landesvermessungsämter angefordert.

Zusätzlich wurde mittels der aufgenommenen Bilder bzw. Videos während der Streckenbefahrungen der Seitenraum der Messstrecken in CARD/1 nachgebildet.



Bild 57: Messfahrzeug UNO

Im Ergebnis konnten somit in CARD/1 die vorhandenen Sichtweiten auf den Messstrecken bestimmt werden.

Für die bayrischen Streckenabschnitte (B 22, B 279, B 289, St 2665) konnten die lokalen Koordinaten der aufgezeichneten Fahrzeuge transformiert und auf das Bezugskordinatensystem der Strecken in CARD/1 bezogen werden.

Für die einzelnen Überholvorgänge wurden die Koordinaten bei Beginn der Überholung bestimmt, als Punkt in CARD/1 eingelesen und an der jeweiligen Station die vorhandene Sichtweite abgelesen.

Für die Strecken in Sachsen (B 172, B 97) und Brandenburg (B 87) konnte dieses Vorgehen nicht angewendet werden, da die Fahrzeuge nicht einheitlich unter einem festen lokalen Koordinatensystem aufgezeichnet wurden, sondern sich dieses bei jedem einzelnen Überholvorgang änderte. Ein Bezug der Koordinaten auf die Streckengeometrie war somit nicht möglich. Aus diesem Grund wurden in CARD/1 die Luftbilder des Landesvermessungsamtes eingelesen. Durch einen Abgleich der Stationen zu Überholbeginn in den Videos mit den Luftbildern konnte so ebenfalls die Station in CARD/1 abgeschätzt werden und für diese die vorhandene Sichtweite bestimmt werden.

#### 4.4.10 Anzahl der Überholungen in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke

Parallel zur Aufzeichnung der Überholvorgänge durch die Drohne wurde die Verkehrsstärke mithilfe des Seitenradarsystems im Leitpfosten aufgenommen (Kapitel 4.2.4). Anhand dieser Daten konnte die Anzahl der Überholungen in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke untersucht werden. Als Zeitintervall wurde dabei 10 Minuten gewählt. Diese Aufnahmezeit war bei jedem Flug mindestens vorhanden und dient daher als sinnvolle Vergleichsgröße der Strecken untereinander.

### 4.5 Bestimmung der Kenngrößen von Überholvorgängen

Nach der Aufnahme der Zeitpunkte/Zeitdauern gemäß Kapitel 4.4 für die Berechnung der Wegstrecken, Abstände und Geschwindigkeiten wurden im nächsten Schritt die Textdateien (vgl. Kapitel 4.3) in das Programm Matlab importiert. Für jeden Flug und somit für jeden aufgenommenen Video-

ausschnitt stand eine Textdatei zur Verfügung. Darin waren die Fahrzeugpositionen über die Zeit hinterlegt, anhand derer die Fahrzeugtrajektoren darstellbar waren.

Für jede Textdatei wurden die folgenden Variablen abgefragt:

- Anzahl der Überholungen im Videoausschnitt,
- Fahrzeugnummern der beteiligten Fahrzeuge,
- Zeitpunkt des Beginns des Überholvorgangs,
- Dauer des Ausschervorgangs,
- Zeitpunkt Bug/Heck-Stellung,
- Dauer der Belegung des Gegenfahrstreifens und
- Dauer des Einschervorgangs.

Da manche Überholvorgänge aufgrund von Bäumen oder Schattenbereichen (verursacht durch Wolken oder Bäume) vereinzelt nicht durchgängig automatisch verfolgt werden konnten, wurden für alle Strecken mit einer Geraden im Lageplan die Trajektorien durch Polynome dritten Grades interpoliert. So war eine bestmögliche Anpassung an den Bewegungsverlauf der Fahrzeuge möglich. Außerdem konnten die fehlenden Fahrzeugpositionen ergänzt werden.

Die Bewegungsabläufe der Strecken mit Lageplan-Kurven wurden durch Polynome dritten Grades in X-Richtung und durch Polynome siebten Grades in Y-Richtung interpoliert. Die Änderung der Bewegung in X- bzw. Y-Richtung ( $\Delta X$  und  $\Delta Y$ ) wurde jede pro Zeitschritt ( $= \frac{1}{15}$  – Sekunde) bestimmt. Die Wegänderungen berechneten sich je Zeitschritt nach:

$$\Delta s = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (4.12)$$

Durch Addition der Wegänderungen ergaben sich Vektoren mit Wegstücken, welche mit einem Polynom dritten Grades interpoliert wurden.

Die Wegstrecken nach Kapitel 4.4.2 konnten anschließend mithilfe der jeweiligen Polynome und den eingegebenen Zeitpunkten bestimmt werden.

Die Abstände nach Kapitel 4.4.3 ergaben sich bei den geraden Strecken aus den absoluten Beträgen der Fahrzeugpositionen vom Überholer, Überholten und Entgegenkommenden.

Zur Berechnung der Geschwindigkeiten wurden die Polynome nach der Zeit differenziert. Dadurch konnten die Momentangeschwindigkeiten des Überholers und des Überholten sowie die mittleren Geschwindigkeiten des Entgegenkommenden, des Überholers und des Überholten bestimmt werden (vgl. Kapitel 4.4.4).

Durch nochmaliges Differenzieren der Polynome konnten die Beschleunigungen nach Kapitel 4.4.6 berechnet werden.

## 4.6 Auswertung der Überholvorgänge

Für die Auswertung wurden alle auswertbaren Einfachüberholungen in verschiedene Gruppen aufgeteilt. Diese beruhten auf folgenden Merkmalen:

- Überholung mit oder ohne Gegenverkehr,
- Überholart (beschleunigte oder fliegende Überholung),
- Fahrzeugart des Überholten und
- vorhandene Sichtweite zu Beginn des Überholvorgangs.

Für die Auswertung der Überholvorgänge in Abhängigkeit vom Gegenverkehr wurden insgesamt zwei Gruppen unterschieden. Eine Überholung ohne Gegenverkehr ist dabei definiert als ein Überholvorgang, bei dem der Entgegenkommende für den Überholer frühestens zu Beginn des Einschervorgangs sichtbar wird. Eine Überholung mit Gegenverkehr ist ein Überholvorgang, bei dem der Entgegenkommende für den Überholer spätestens während der Fahrt auf dem Gegenverkehrsfahrstreifen sichtbar wird.

Weiterhin wurde überprüft, ob der Gegenverkehr den Überholer bei der Durchführung des Überholvorgangs beeinflusst. Dafür wurden die Überholungen mit Gegenverkehr in Abhängigkeit von der Länge des Sicherheitsabstandes des Überholers zum Entgegenkommenden am Ende der Überholung in zwei Gruppen unterschieden. Bei Überholvorgängen mit Sicherheitsabständen  $d_S \leq 200$  m am Ende der Überholung wurde angenommen, dass der Gegenverkehr den Überholer bei der Durchführung des Überholvorgangs beeinflusst. Bei Sicherheitsabständen von  $d_S > 200$  m wurde davon ausgegangen, dass dies nicht der Fall ist.

Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Länge des Sicherheitsabstandes kaum Einfluss auf das Über-

holverhalten hat. Es wird daher auf eine gesonderte Auswertung verzichtet, die Kenngrößen in Abhängigkeit vom Sicherheitsabstand  $d_S \leq 200$  m und  $d_S > 200$  m sind jedoch im jeweiligen Anhang dargestellt.

Die Überholart wurde nach der in der Literatur gebräuchlichen Definition (z. B. NETZER 1966, DURTH/HABERMEHL 1986, STEIERWALD 1986) (vgl. Kapitel 2.1) in beschleunigte und fliegende Überholungen unterteilt. Danach gilt eine Überholung als beschleunigt, wenn der Überholer vor der Einleitung der Überholung mit annähernd gleicher Geschwindigkeit wie der Überholte fährt. Bei ausreichender Distanz zu einem erkennbaren oder noch nicht sichtbaren Entgegenkommenden beschleunigt er und überholt. Eine Überholung gilt dann als fliegend, wenn sich der Überholer mit einer höheren Geschwindigkeit dem Überholten annähert und diesen ohne wesentliche Geschwindigkeitsänderung überholt.

Bei der Unterteilung nach Fahrzeugarten des Überholten wurde in drei Gruppen unterschieden:

- Pkw überholt Pkw,
- Pkw überholt Lkw und
- Pkw überholt landwirtschaftlichen Verkehr.

Diese drei Gruppen traten am häufigsten auf und lieferten statistisch gesicherte Werte.

Bei der Fahrzeuggruppe des landwirtschaftlichen Verkehrs wird zusätzlich zwischen Fahrzeugen mit Geschwindigkeiten  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h und  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h unterschieden. Grund dafür ist die gesonderte Aussage für das Überholen langsamer Fahrzeuge in den RAL (2012). Demnach ist für eine sichere Überholung eines langsamen Fahrzeugs (ein Fahrzeug mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h) eine Sichtweite von mindestens 300 m erforderlich.

Anhand der Luftbilder konnte jedoch nicht festgestellt werden, ob es sich bei den überholten Fahrzeugen um langsame Fahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von 25 km/h handelt. Es wurde daher die gefahrene Höchstgeschwindigkeit für die Auswertung herangezogen.

Es konnte jedoch nur eine geringe Anzahl Überholungen von Fahrzeugen mit einer gefahrenen Höchstgeschwindigkeit  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h beobachtet werden. Da aber zahlreiche Überholungen von

landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit Höchstgeschwindigkeiten von  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h auftraten, wurden diese ebenfalls in die Auswertungen einbezogen.

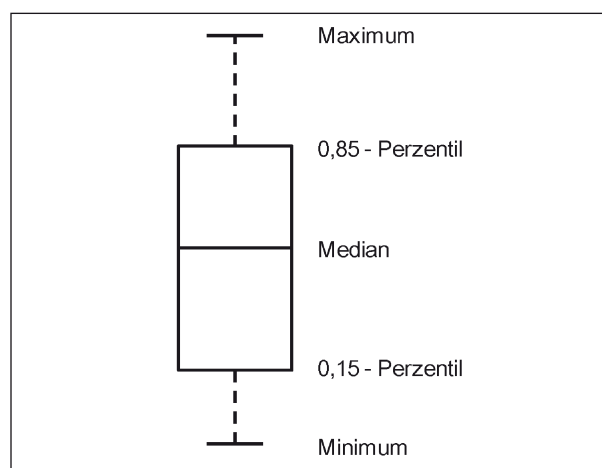
Da die Überholungen auf Strecken mit sehr unterschiedlichen Sichtweiten gemessen wurden, fand bei der Auswertung nochmals eine Unterteilung der Ergebnisse in Abhängigkeit von der Sichtweite des Überholers bei Beginn des Überholvorgangs statt. Bei Überholungen mit Gegenverkehr, bei denen der Entgegenkommende schon beim Ausscheren sichtbar ist, wird der Abstand zum Entgegenkommen als maßgebende Sichtweite herangezogen. Bei allen anderen Überholungen ist die vorhandene Sichtweite auf die Strecke maßgebend. Ausgewertet wurden Überholungen je nach Stichprobenumfang für die Sichtweitenbereiche  $SW_{vorh} \leq 600$  m und  $SW_{vorh} > 600$  m.

Weiterhin wurde untersucht, ob es Unterschiede zwischen den Überholungen gibt, bei denen der Überholer bereits zu Überholbeginn Sicht auf den Gegenverkehr hatte und bei denen die Sicht des Überholers durch den Streckenverlauf begrenzt wurde.

#### 4.7 Aufbereitung und Darstellung der Kenngrößen

Zur Darstellung der verschiedenen ermittelten Kenngrößen boten sich Box-Whisker-Diagramme an (Bild 58, TUKEY 1977).

Die Box wurde dabei so angepasst, dass die obere Grenze das 0,85-Perzentil und die untere Grenze das 0,15-Perzentil wiedergibt. Der Median ist eben-



**Bild 58:** Darstellung der Ergebnisse in Box-Whisker-Diagrammen

falls in der Box gekennzeichnet. Die Whisker bzw. Antennen der Diagramme bilden das Maximum und Minimum ab.

Eine Bereinigung der Daten wurde mittels der Kenngröße „Geschwindigkeit“ durchgeführt. Dafür wurde der Interquartilsabstand IQR (Interquartile range) nach TUKEY (1977) berechnet. Dieser stellt die Datenmenge dar, die zwischen dem 0,25-Perzentil und dem 0,75-Perzentil liegen. Die maximale obere Grenze der Antenne wird bestimmt, indem das 1,5-fache von IQR zum 0,75-Perzentil addiert wird. Die minimale untere Antenne berechnet sich aus dem 0,25-Perzentil minus dem 1,5-fachen von IQR. Die Whisker enden jedoch nicht an dem berechneten Wert sondern beim letzten Wert, der noch in diese Grenzen fällt.

Die Überholungen, deren Geschwindigkeitswerte außerhalb dieser Grenze lagen („milde Ausreißer“ nach TUKEY (1977)), wurden in dieser Arbeit von der Untersuchung ausgeschlossen.

Bei der Überprüfung linearer Zusammenhänge wurden diese mit dem Korrelationskoeffizient bewertet. Je höher der Betrag des Korrelationskoeffizienten ist, desto höher ist der lineare Zusammenhang. Nach BROSIUS (1998) kann ab einem Wert des Korrelationskoeffizienten von 0,6 von einer starken, ab einem Wert von 0,8 von einer sehr starken Korrelation ausgegangen werden.

## 5 Auswertung und Ergebnisse

### 5.1 Untersuchungsstrecken

Die acht Untersuchungsstrecken befinden sich in Brandenburg, Sachsen und Bayern. Die Lage der Strecken ist in Bild 59 dargestellt, Tabelle 32 gibt

die Streckeneigenschaften wieder. Die Eigenschaften variieren innerhalb der geforderten Grenzen nach Kapitel 4.1.1 hinsichtlich der Fahrbahnbreite, des DTV und des Schwerverkehrsanteils sowie der Sichtweiten. Die Sichtweiten liegen zwischen 130 m und 1.960 m. Somit kann überprüft werden, wie sich die Kraftfahrer bei unterschiedlichen Sichtweiten verhalten und ob bei geringen Sichtweiten Überholungen stattfinden.

Tabelle 33 gibt die Perzentile der frei fahrenden Fahrzeuge auf den einzelnen Strecken wieder. Die  $V_{85}$  aller Fahrzeuge liegt zwischen  $V_{85} = 102$  km/h und  $V_{85} = 110$  km/h. Die Geschwindigkeit der Pkw ist mit  $V_{85} = 103$  km/h und  $V_{85} = 112$  km/h nur geringfügig höher. Lkw haben eine  $V_{85}$  zwischen  $V_{85} = 78$  km/h und  $V_{85} = 84$  km/h.

Strecke	DTV [Fzg/24h]	SV-Anteil [%]	mittlere FB-Breite [m]	Sichtweitenbereiche [m]
B 172 (SN) Prima	9.600	4,6	7,25	380-1.200
B 97 (SN) Hoyerswerda	10.700	8,3	8,00	680-1.460
B 87 (BB) Luckau	4.700	19,1	6,60	430-1.960
B 22 (BY) Lehen	10.400	7,3	8,10	200-780
B 289 (BY) Burgkunstadt	9.000	10,4	7,50	130-480
B 279 (BY) Bad Neustadt	9.000	15,9	8,50	160-550
St 2665 (BY) Kastl	7.200	10,0	8,50	150-450
B 93 (SN) Borna	10.100	9,0	7,50	max. 400

Tab. 32: Merkmale der Strecken zur Untersuchung des Überholverhaltens

Strecke	$V_{85}$ [km/h]	$V_{50}$ [km/h]	$V_{15}$ [km/h]	Anzahl gesamt	$V_{85}$ Pkw [km/h]	Anzahl Pkw	$V_{85}$ Lkw [km/h]	Anzahl Lkw
B 172	102	89	76	2.734	102	2.140	84	120
B 97	110	97	75	1.929	112	1.224	84	339
B 87	105	91	73	1.691	106	1.177	84	244
B 22	103	91	74	1.368	104	959	78	164
B 289	103	90	75	4.675	104	3.387	82	481
B 279	106	94	76	3.111	107	2.193	82	354
S 2665	102	90	72	3.174	103	2.184	79	274

Tab. 33: Geschwindigkeiten frei fahrender Fahrzeuge je Strecke



Bild 59: Lage der Untersuchungsstrecken in Brandenburg, Sachsen und Bayern (OpenStreetMap)

### 5.1.1 B 172 zwischen Pirna und Krietzschwitz

Die Bundesstraße B 172 liegt im Osten Sachsens und verläuft von Dresden über Pirna zum Grenzübergang Schmilka. Dort geht sie auf tschechischer Seite in die Straße 62 Richtung Decin über.

Der Messabschnitt liegt auf der Strecke Pirna – Krietzschwitz zwischen den Netzknoten 5049082 und 5049083 (Bild 60) und hat einen DTV von 9.600 Fzg/24h sowie einen Schwerververkehrsanteil von 4,6 %.

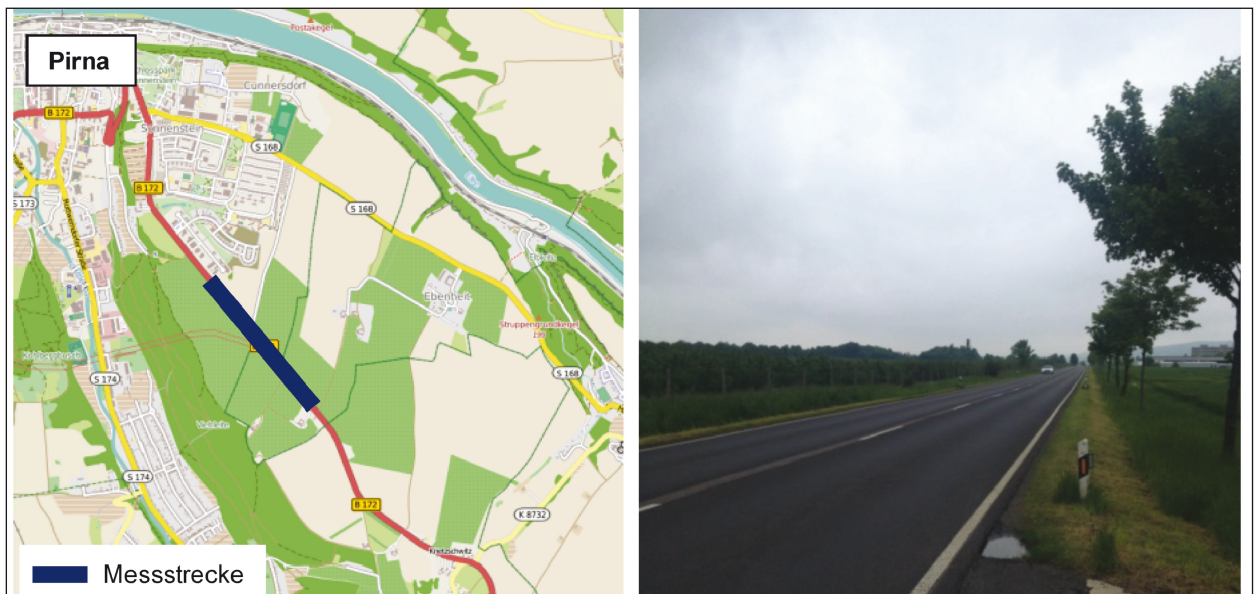


Bild 60: Lage der Messstrecke (blau) auf der B 172 zwischen Pirna und Krietzschwitz (links, Kartengrundlage: OpenStreetMap) und Streckenbild (rechts)



Auf dem Abschnitt ist eine hohe Sichtweite von 380 m bis 1.200 m vorhanden. Die Längsneigung ist mit max. 2,2 % gering. Die Fahrbahnbreite beträgt 7,25 m.

Aus Richtung Pirna kommend weist die B 172 eine Längsneigung von 4,9 % auf. Zusätzlich ist innerhalb der Ortschaft eine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h vorhanden. Dadurch ist das Überholen nur schwer möglich ist. Auch aus der entgegenkommenden Richtung bieten sich nur wenige Überholmöglichkeiten. Auf dem Abschnitt vor der Ortschaft Krietzschwitz ist zudem die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h beschränkt. Auf dem Messabschnitt selbst ist daher ein hoher Überholdruck vorhanden.

### 5.1.2 B 97 zwischen Hoyerswerda und Spremberg

Die Bundesstraße B 97 verläuft von Dresden Richtung Nordosten über Hoyerswerda, Cottbus und endet in Gubin an der deutsch-polnischen Grenze. Der Messabschnitt liegt auf der Strecke von Hoyerswerda nach Spremberg zwischen den Netzknoten 4552 031 und 4552 004 und weist einen DTV = 10.700 Fzg/24h mit einem SV-Anteil von 8,3 % auf (Bild 61).

Auf dem Streckenabschnitt liegen hohe Sichtweiten von 680 m bis 1.460 m vor. Die Längsneigung beträgt  $s = 1,8 \%$ . Die Fahrbahn ist  $B = 8,00$  m breit und entspricht damit der exakten Fahrbahnbreite der EKL 3 nach RAL (2012).

Im Norden der Messstrecke befindet sich eine lange Kurve. Dort ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit aufgrund des dort vorhandenen angrenzenden Kohleabbaugebiets auf 30 km/h beschränkt. Im Süden ist ein plangleicher Knotenpunkt mit der K 9218 angeordnet. In diesem Bereich beträgt die zulässige Höchstgeschwindigkeit 70 km/h. Durch die die Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit in den zwei angrenzenden Bereichen ist ein gesteigertes Überholbedürfnis im Messabschnitt vorhanden.

### 5.1.3 B 87 zwischen Luckau und Langengrassau

Die B 87 verläuft von Leipzig über Torgau nach Frankfurt an der Oder. Der gemessene Streckenabschnitt befindet sich zwischen Luckau und Langengrassau auf dem Netzknotenabschnitt 4148 029 bis 4147 010 (Bild 62). Auf der Messstrecke beträgt der DTV = 4.684 Fzg/24h und der SV-Anteil liegt bei 19,10 %. Der DTV ist damit im Vergleich zu den anderen Strecken sehr gering, der SV-Anteil jedoch sehr hoch.

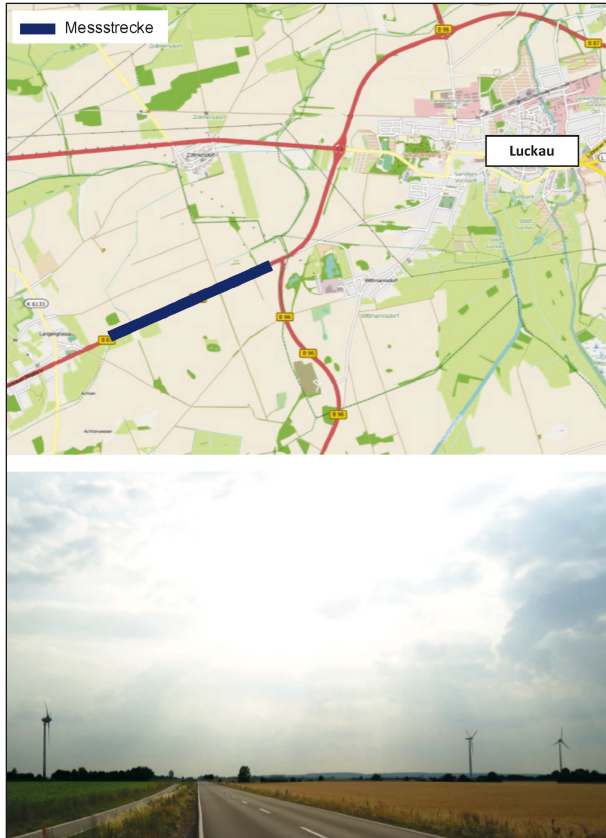
Die Sichtweite beträgt zwischen 430 m und 1.960 m. Die Längsneigung ist  $s = 1,4 \%$ . Die Fahrbahnbreite liegt mit  $B = 6,60$  m unter dem geforderten Wert von 7,00 m. Trotz der geringeren Fahrbahnbreite konnte eine hohe Zahl an Überholungen aufgenommen werden.

Im Osten wird die Strecke durch einen plangleichen Knotenpunkt mit LSA begrenzt. Dort ist die zuläs-



**Bild 61:** Lage der Messstrecke (blau) auf der B 97 zwischen Hoyerswerda und Spremberg (links, Kartengrundlage: OpenStreet-Map) und Streckenbild (rechts)

sige Höchstgeschwindigkeit auf 70 km/h beschränkt. Im Westen ist im Höhenplan eine Kuppe angeordnet, die die Sicht auf den weiteren Streckenverlauf verhindert.



**Bild 62:** Lage der Messstrecke (blau) auf der B 87 zwischen Luckau und Langengrassau (oben, Kartengrundlage: OpenStreetMap) und Streckenbild (unten)

#### 5.1.4 B 22 zwischen Lehen und Neunkirchen am Main

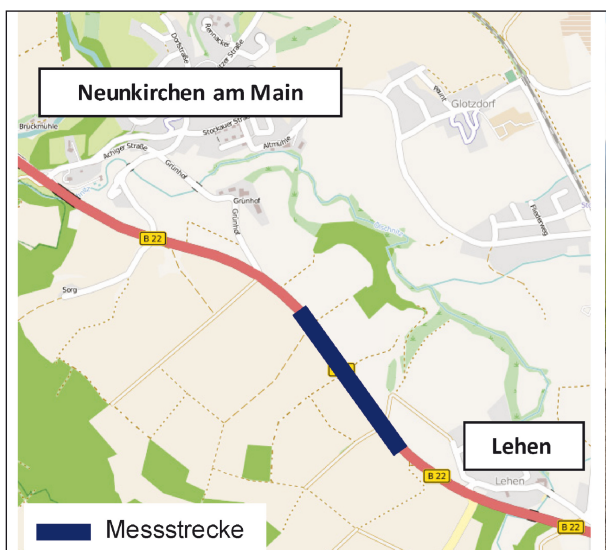
Die B 22 verläuft in Bayern von Würzburg über Bayreuth nach Cham. Der für die Untersuchung verwendete Abschnitt liegt auf der Strecke von Lehen nach Neunkirchen am Main und liegt zwischen den Netzknoten 6035 027 und 6035 021 (Bild 63). Der DTV beträgt 10.400 Fzg/24h, der SV- Anteil ist 7,3 %.

Die Sichtweiten des Überholabschnitts liegen zwischen 200 m und 780 m. Die Längsneigung liegt bei  $s = 0,5 \%$  und die Fahrbahnbreite beträgt  $B = 8,1 \text{ m}$ . Diese liegt damit nahe an dem nach RAL (2012) geforderten Wert von 8,0 m auf Straßen der EKL 3.

Im Norden des Messabschnitts ist die Strecke durch eine hohe Kurvigkeit geprägt. Im Süden befindet sich ein plangleicher Knotenpunkt. In diesem ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf  $V_{\text{zul}} = 80 \text{ km/h}$  beschränkt. Im weiteren Streckenverlauf liegt ein Überholverbot vor. Es konnte daher mit einem erhöhten Überholbedarf gerechnet werden.

#### 5.1.5 B 289 zwischen Burgkunstadt und Theisau

Die B 289 führt von Coburg Richtung Osten nach Rehau nahe der tschechischen Grenze, wo sie an die BAB A 93 anbindet. Die Messstrecke liegt zwischen den Orten Burgkunstadt und Theisau im Netzknotenabschnitt 5833027 – 5833019 (Bild 64). Der DTV liegt bei 9.000 Fzg/24h und der Schwerverkehrsanteil beträgt 10,4 %.



**Bild 63:** Lage der Messstrecke (blau) auf der B 22 zwischen Lehen und Neunkirchen am Main (links, Kartengrundlage: OpenStreetMap) und Streckenbild (rechts)



**Bild 64:** Lage der Messstrecke (blau) auf der B 289 zwischen Burgkunstadt und Mainklein (links, Quelle: OpenStreetMap) und Streckenbild (rechts)

Die vorhandene Sichtweite liegt zwischen 130 m und 480 m. Die Längsneigung beträgt  $s \leq 0,9 \%$  und die Fahrbahnbreite  $B = 7,5$  m.

Im Osten des Messabschnittes befindet sich der Ort Burgkunstadt, wo die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 50 km/h beschränkt ist.

Im Westen wird die B 289 als Ortsumgehung des Ortes Burgkunstadt geführt. Dort ist die Geschwindigkeit auf 80 km/h beschränkt.

#### 5.1.6 B 279 zwischen Bad Neustadt an der Saale und Schönau an der Brend

Die B 279 führt von vom Landkreis Fulda in Hessen nach Bayern über Bad Neustadt an der Saale bis hin zu Breitengüßbach im Landkreis Bamberg. Der Messabschnitt befindet sich zwischen den Orten Bad Neustadt a. d. Saale und Schönau a. d. Brend

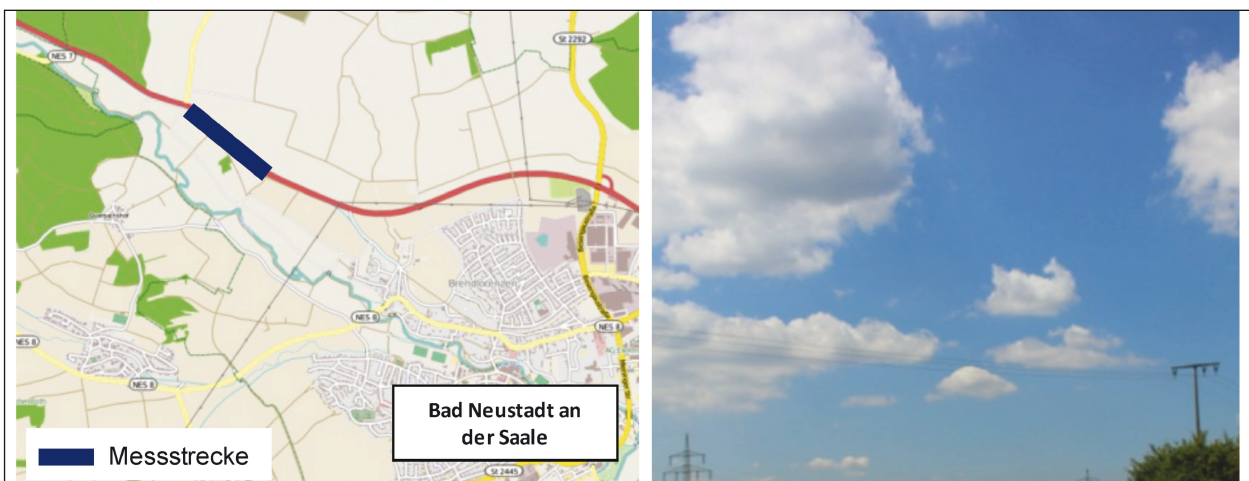
im Netzknotenabschnitt 5627 017 bis 5627 035 (Bild 65). Der DTV beträgt auf dem Streckenabschnitt 9.000 Fzg/24h, der SV-Anteil liegt bei 15,9 %.

Die Sichtweiten liegen zwischen 160 m und 550 m. Die Längsneigung ist  $s \leq 1,0 \%$  und die Fahrbahnbreite  $B = 8,5$  m.

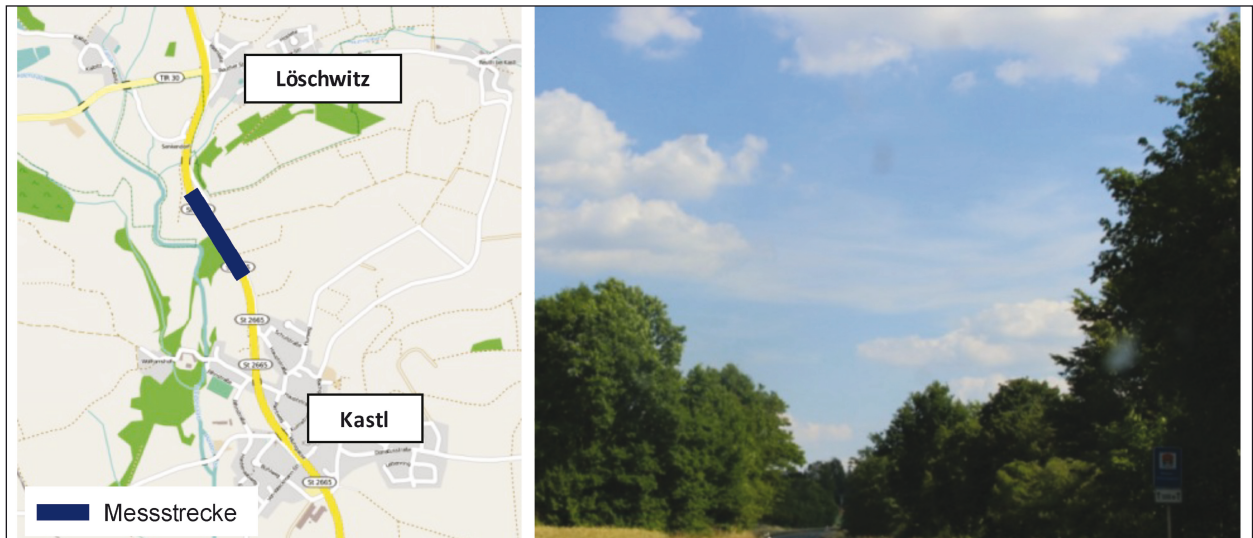
Die Messstrecke ist im Osten und im Westen durch zwei plangleiche Knotenpunkte ohne LSA begrenzt. Im Osten führt sie weiter nördlich Bad Neustadt und bindet dann an die BAB A 71 an. Im Westen führt sie durch einen bewaldeten Abschnitt.

#### 5.1.7 St 2665 zwischen Kastl und Löschwitz

Die St 2665 führt in Bayern, östlich von Bayreuth von dem Ort Pressath über Kemnath nach Thiersheim. Die Messstrecke liegt im Netzknotenabschnitt 6137 017 und 6137 013 zwischen den Ort-



**Bild 65:** Lage der Messstrecke (blau) auf der B 279 zwischen Bad Neustadt und Schönau an der Brend (links, Kartengrundlage: OpenStreetMap) und Streckenbild (rechts)



**Bild 66:** Lage der Messstrecke (blau) auf der St 2665 zwischen Kastl und Löschwitz (links, Kartengrundlage: OpenStreetMap) und Streckenbild (rechts)

schaften Kastl und Löschwitz (Bild 66). Der DTV der Strecke beträgt 7.200 Fzg/24h und der SV-Anteil liegt bei 10,0 %.

Die Sichtweite der Strecke liegt zwischen 150 m und 450 m. Die Steigung ist  $s = 2,9 \%$  und die Fahrbahnbreite  $B = 8,5 \text{ m}$ .

Im Süden grenzt die Messstrecke an einen plan-gleichen Knotenpunkt ohne LSA in Kuppenlage mit Überholverbot an. Im Norden ist im Anschluss an den Messabschnitt die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h beschränkt.

Vor allem Fahrer mit Ortskenntnis nutzen den Streckenabschnitt, um Überholungen durchzuführen. Beim Einfahren in die Kurve beschleunigen die

Fahrzeugführer bereits, um bei freier Strecke zu überholen. Ist ein Fahrzeug im Gegenverkehr zu sehen, wird der Überholvorgang nicht begonnen.

### 5.1.8 B 93 zwischen Borna und Blumroda

Die B 93 verläuft von Borna nahe Leipzig über Meerane nach Schneeberg. Die Messstrecke liegt am Beginn der B 93 zwischen Borna und Blumroda, im Netzknotenabschnitt 4940 007 bis 4840 014 (Bild 67). Die Strecke hat einen DTV von 10.100 Fzg/24h mit einem Schwerverkehrsanteil von 9,0 %.

Die Sichtweiten betragen  $s \leq 400 \text{ m}$ . Die Fahrbahnbreite ist  $B = 7,5 \text{ m}$ .



**Bild 67:** Lage der Messstrecke (blau) auf der B 93 zwischen Borna und Blumroda (links, Kartenmaterial: OpenStreetMap) und Streckenbild (rechts)

Auf dieser Strecke konnten im Laufe der Messung über 4,5 Stunden keine Überholvorgänge aufgezeichnet werden. Daher entfällt die Strecke in der Auswertung.

## 5.2 Kenngrößen der Überholvorgänge

Während der Messungen konnten in knapp 90 Flugstunden insgesamt 1.159 auswertbare Überholvorgänge aufgenommen werden. Davon sind 79,5 % (n = 920) Einfachüberholungen, bei denen ein Pkw einen Lkw, einen anderen Pkw oder ein landwirtschaftliches Fahrzeug überholt hat. Die übrigen Überholvorgänge sind Einfachüberholungen mit anderer Fahrzeugbeteiligung (z. B. Krad, Pkw mit Anhänger) oder Mehrfachüberholungen. Die Stichproben der Einfachüberholungen mit anderer Fahrzeugbeteiligung sind für eine gesonderte Auswertung zu klein. Mehrfachüberholungen werden im Folgenden nicht weiter betrachtet, da sie nur bei sehr großen Sichtweiten auftreten. Ziel des Projektes ist es jedoch, erforderliche Sichtweiten für sichere Einfachüberholungen festzulegen, weil diese die Bemessungsgrundlage für Überholsichtweiten im Straßenentwurf darstellen.

Wie in Kapitel 4.4.1 beschrieben, erfolgt die Auswertung der Einfachüberholungen jeweils getrennt nach:

- der Überholart (beschleunigt, fliegend),
- der Fahrzeugart des Überholten (Pkw, Lkw, landwirtschaftlicher Verkehr (LW)) und
- Auftreten von Gegenverkehr (mit oder ohne Gegenverkehr).

Von den insgesamt 920 Einfachüberholungen sind 66 % Überholungen ohne Gegenverkehr und 34 % Überholungen mit Gegenverkehr. Da für die Festlegung der erforderlichen Überholsichtweite auch der Entgegenkommende berücksichtigt werden muss, sind für die Auswertung Überholvorgänge mit Gegenverkehr maßgebend. In der vorliegenden Untersuchung sind das 312 Überholvorgänge.

In Bild 68 ist die Verteilung der 312 Einfachüberholungen mit Gegenverkehr nach Überholart und Fahrzeugbeteiligung dargestellt, bei denen der Überholer jeweils ein Pkw war. Diese teilen sich in 92,0 % beschleunigte und 8,0 % fliegende Einfachüberholungen mit Gegenverkehr auf. Bei den beschleunigten Überholungen wird bei 54,5 % ein Lkw

überholt, bei 23,1 % ein Pkw und bei 14,4 % ein landwirtschaftliches Fahrzeug.

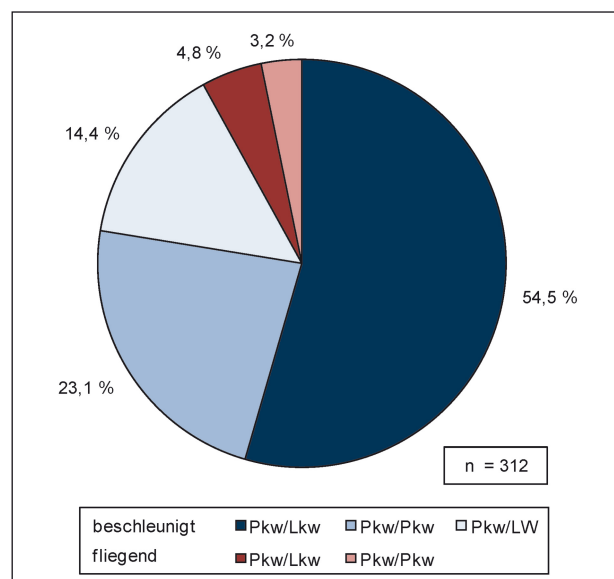
Beschleunigte Überholungen stellen die häufigste Art einer Überholung auf Landstraßen dar und sind daher für die Ableitung eines Überholmodells maßgebend. Aus diesem Grund werden im Folgenden hauptsächlich beschleunigte Überholungen mit Gegenverkehr betrachtet.

Wie bereits erwähnt, werden bei den beschleunigten Überholungen diejenigen ohne Gegenverkehr ausgenommen, weil sie für die Ableitung des Überholmodells keine Bedeutung haben.

Fliegende Überholungen sind wegen ihrer geringen Anzahl ebenfalls von untergeordneter Bedeutung für die Ableitung von Empfehlungen und können aufgrund des Stichprobenumfanges ohnehin nur für Überholungen ohne Gegenverkehr ausgewertet werden.

Anschließend werden die Kenngrößen folgender Gruppen von Überholvorgängen ausgewertet und miteinander verglichen:

- beschleunigte Pkw/Lkw- und Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr,
- beschleunigte Pkw/Lkw- und Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr,
- fliegende Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr und
- beschleunigte Pkw/LW-Überholungen (mit und ohne Gegenverkehr zusammengefasst).



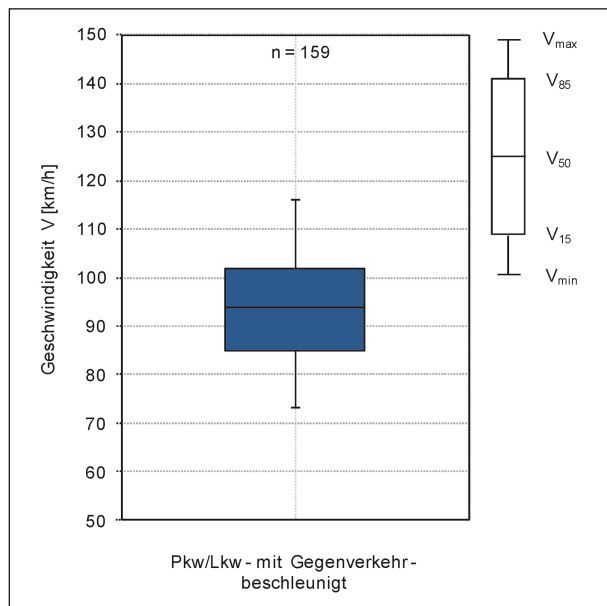
**Bild 68:** Einfachüberholungen mit Gegenverkehr nach Überholart und Beteiligung

### 5.2.1 Beschleunigte Überholungen mit Gegenverkehr

#### Geschwindigkeit

- Pkw/Lkw-Überholungen

Bild 69 zeigt die mittlere Geschwindigkeit während des gesamten Überholvorgangs aller Überholer von beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr. Diese beträgt  $V_{\ddot{U},50} = 94$  km/h.



**Bild 69:** Mittlere Geschwindigkeit der Überholer während des Überholvorgangs bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{vorh}$

In Bild 70 sind die Geschwindigkeiten der Überholer getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn dargestellt. Dabei wird jeweils die mittlere Geschwindigkeit während der Überholung und die punktuell aufgenommen Geschwindigkeiten zu den in Kapitel 4.4.4 definierten Zeitpunkten gezeigt.

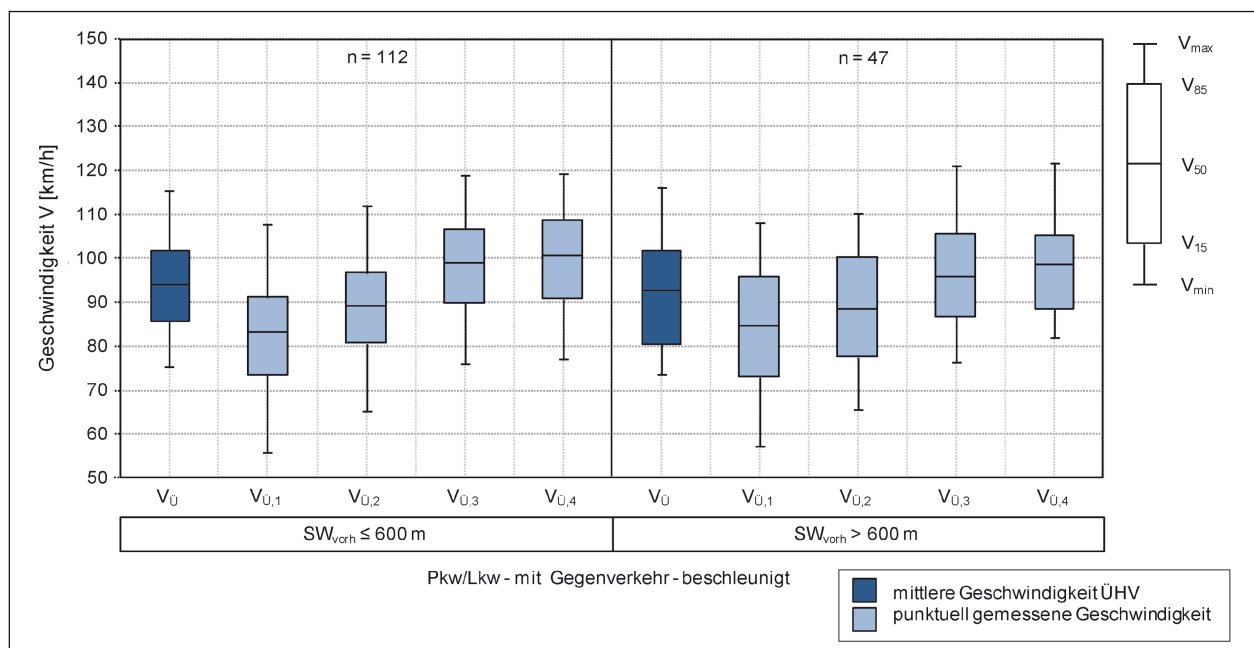
Bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m beginnen die Überholer den Überholvorgang mit  $V_{\ddot{U},1,50} = 83$  km/h. Diese steigen im Verlauf der Überholung bis zum Ende des Einschervorgangs auf  $V_{\ddot{U},4,50} = 101$  km/h an. Die Geschwindigkeit der Überholer nimmt somit während der Überholung um 18 km/h zu.

Weiterhin wird aus Bild 70 deutlich, dass 50 % der Überholer die zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h am Ende der Überholung überschreiten.

Bei  $SW_{vorh} > 600$  m beginnen die Überholungen mit Geschwindigkeiten von  $V_{\ddot{U},1,50} = 85$  km/h. Diese nehmen jedoch während der Überholung nur um 14 km/h zu. Am Ende der Überholungen betragen sie  $V_{\ddot{U},4,85} = 99$  km/h.

Bei  $SW_{vorh} > 600$  m ist das Bestreben der Überholer, den Überholvorgang zu beenden, offensichtlich nicht so hoch wie bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m. Die Überholer beschleunigen weniger stark (vgl. Bild 83) und die Überholgeschwindigkeiten sind geringer.

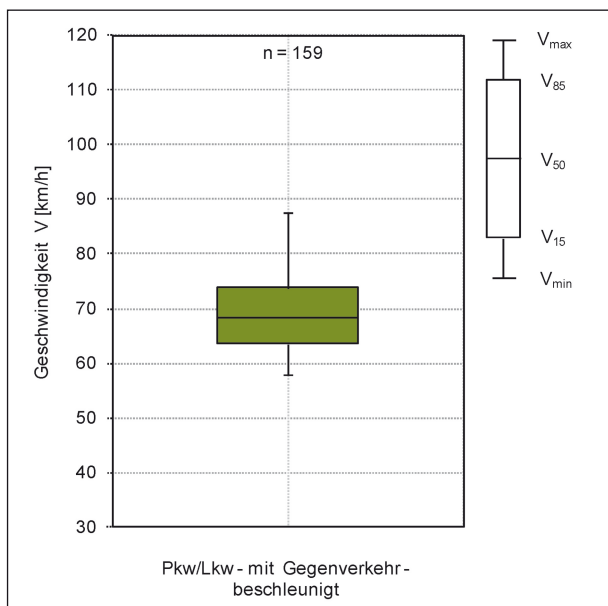
Die mittleren Geschwindigkeiten aller Überholten während des Überholvorgangs bei beschleunigten



**Bild 70:** Geschwindigkeiten der Überholer bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr sind in Bild 71 dargestellt. Die Überholten fahren mit einer Geschwindigkeit von  $V_{t,50} = 68$  km/h.

Bild 72 zeigt die Geschwindigkeiten der Überholten bei Pkw/Lkw-Überholungen getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn. Es werden wiederum die mittlere Geschwindigkeit während der Überholung und die punktuell aufgenommenen Geschwindigkeiten zu den in Kapitel 4.4.4 definierten Zeitpunkten abgebildet.



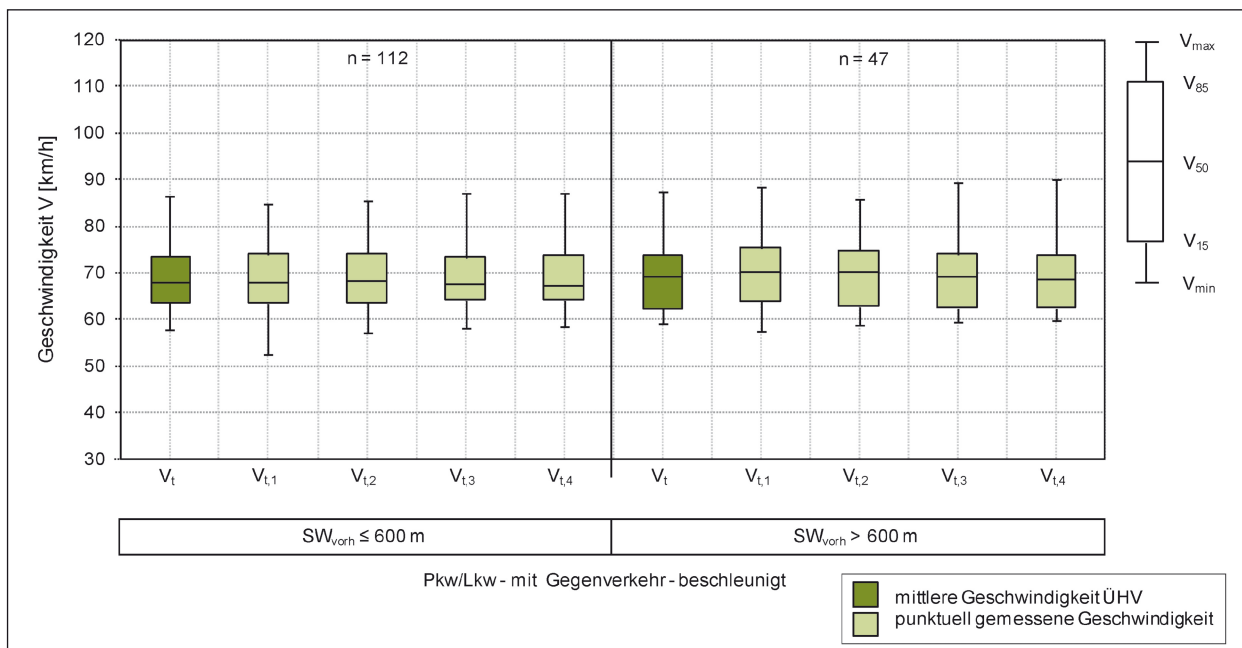
**Bild 71:** Mittlere Geschwindigkeit der Überholten während des Überholvorgangs bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{vorh}$

Die Lkw halten während der Überholung die Geschwindigkeit konstant. Jedoch ist ein geringer Unterschied in Abhängigkeit von der Sichtweite festzustellen. Bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m fahren die Überholten mit einer Geschwindigkeit von  $V_{t,50} = 68$  km/h. Bei  $SW_{vorh} > 600$  m werden auch geringfügig schnellere Lkw überholt. Deren Geschwindigkeit beträgt  $V_{t,50} = 69$  km/h.

Die Geschwindigkeiten der Überholten werden für alle Überholungen mit Gegenverkehr auf eine Abhängigkeit von der  $V_{50}$  der frei fahrenden Lkw auf den einzelnen Strecken überprüft (Tabelle 34). Auf den Abschnitten der B 87 und der S 2665 sind beide Geschwindigkeiten identisch. Auf den übrigen fünf Abschnitten fahren die überholten Lkw im Vergleich zu allen anderen Lkw, die die jeweilige Strecke befahren, um 1 km/h bis 7 km/h langsamer.

Strecke	$V_{Lkw,50}$ [km/h]	Anzahl	$V_{t,50}$ [km/h]	Anzahl
B 172	73	120	66	14
B 97	71	339	69	47
B 87	70	244	70	4
B 22	70	164	69	9
B 289	70	481	67	20
B 279	70	354	67	22
S 2665	68	274	68	35

**Tab. 34:**  $V_{50}$  der Überholten bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr und der frei fahrenden Lkw je Strecke

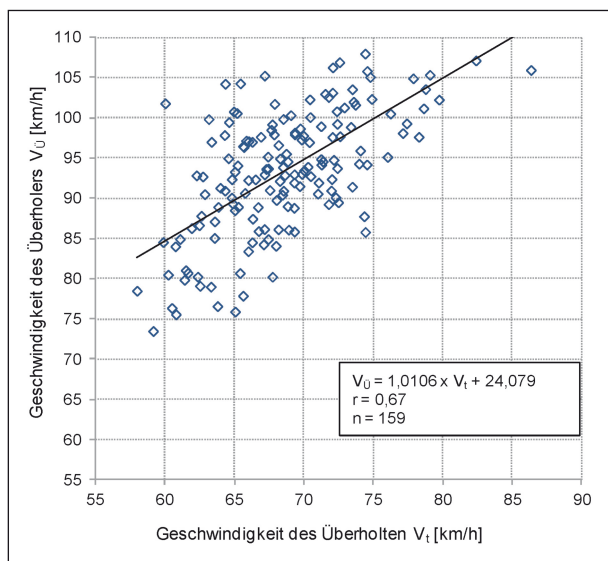


**Bild 72:** Geschwindigkeiten der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

Jedoch ist zu beachten, dass der Stichprobenumfang auf den Strecken B 172, B 87 und B 22 sehr gering ist.

Für alle Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr wird geprüft, ob die Geschwindigkeiten der Überholer von den Geschwindigkeiten der Überholten abhängen (Bild 73). Der Zusammenhang wird durch Gleichung 5.1 beschrieben. Es ergibt sich ein hoher linearer Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,56$ .

$$V_{\dot{U}} \left[ \frac{km}{h} \right] = 1,0106 \times V_t \left[ \frac{km}{h} \right] + 24,079 \quad (5.1)$$



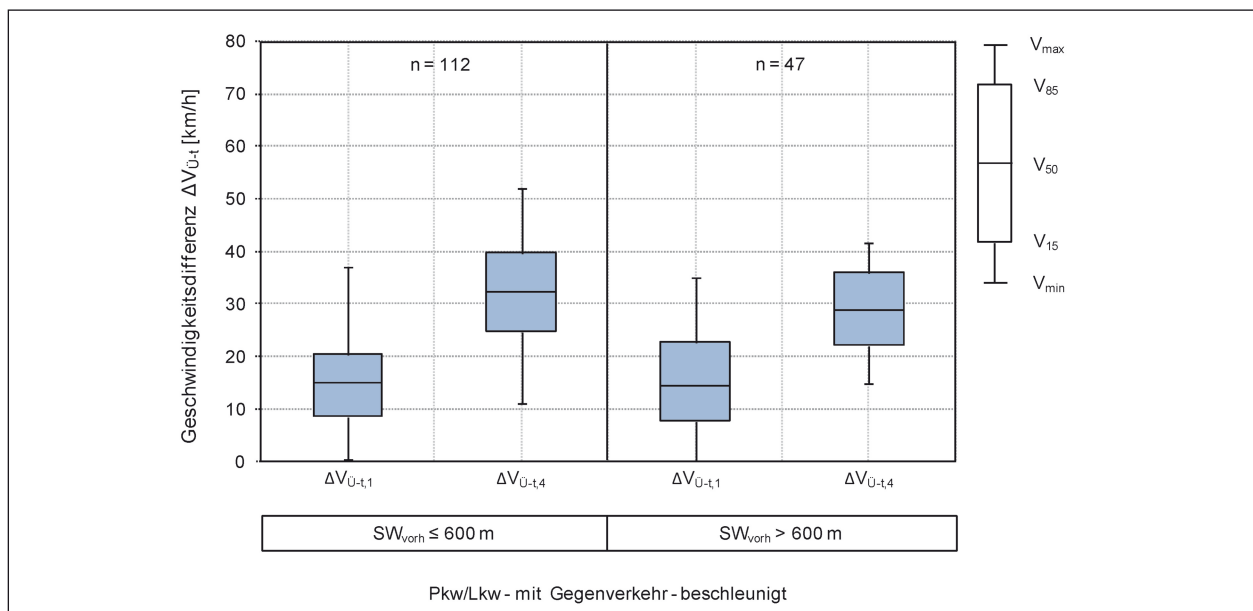
**Bild 73:** Geschwindigkeit der Überholer in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

Bild 74 zeigt die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholern und Überholten zu Überholbeginn und am Überholende, getrennt nach der Sichtweite zu Beginn der Überholung (vgl. Kapitel 4.4.5).

Obwohl es sich bei den dargestellten Überholungen um beschleunigte Überholungen handelt, sind die Geschwindigkeiten zu Beginn des Ausschervorgangs von Überholern und Überholten nicht identisch. Es ergeben sich Geschwindigkeitsdifferenzen von  $\Delta V_{\dot{U}-t,50} = 15 \text{ km/h}$ . Grund dafür ist der in Kapitel 4.4.1 erläuterte Zusammenhang zwischen dem eigentlichen und dem im Forschungsprojekt definierten Beginn der Überholung. Die Überholer beschleunigen bereits im eigenen Fahrstreifen, bevor sie ausscheren.

Am Überholende liegen Geschwindigkeitsdifferenzen von  $\Delta V_{\dot{U}-t,50} = 32 \text{ km/h}$  bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600 \text{ m}$  und  $\Delta V_{\dot{U}-t,50} = 29 \text{ km/h}$  bei  $SW_{\text{vorh}} > 600 \text{ m}$  vor. Der Grund für die geringere Geschwindigkeitsdifferenz bei  $SW_{\text{vorh}} > 600 \text{ m}$  ist die geringere Geschwindigkeit der Überholer am Überholende (vgl. Bild 70).

Ein Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit der Überholten und den mittleren Geschwindigkeitsdifferenzen von Überholern und Überholten während des gesamten Überholvorganges konnte nicht festgestellt werden. Die Geschwindigkeitsdifferenzen schwanken, unabhängig von der Geschwindigkeit des Überholten, zwischen 10 km/h und 40 km/h. Werden jedoch die Geschwindigkeiten der Überholten in Schritten von  $\Delta V = 5 \text{ km/h}$  klassiert und die mittlere Geschwindigkeitsdifferenz



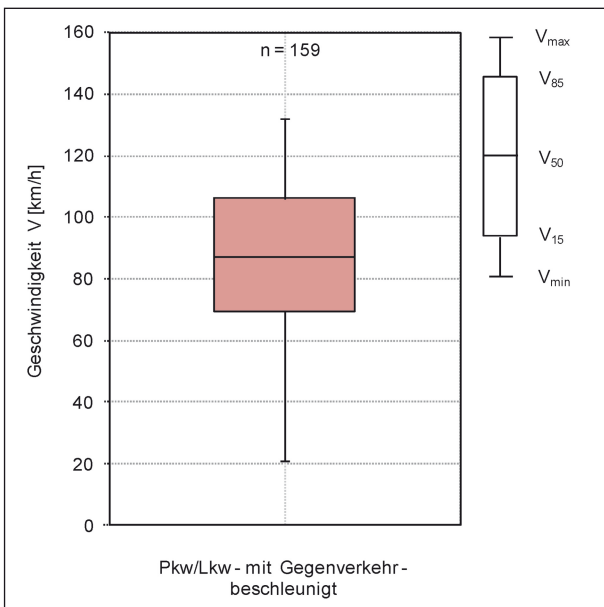
**Bild 74:** Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholern und Überholten zu Überholbeginn und am Überholende bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



zugeordnet, zeigt sich, dass das 0,50-Perzentil für die einzelnen Klassen zwischen 24,4 km/h und 25,8 km/h liegt (Tabelle 35).

$V_t$ [km/h]	$\Delta V_{\dot{U}-t,50}$ [km/h]	Anzahl n
$60 \leq V_t < 65$	25,2	31
$65 \leq V_t < 70$	25,8	63
$70 \leq V_t < 75$	24,4	44

**Tab. 35:** Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



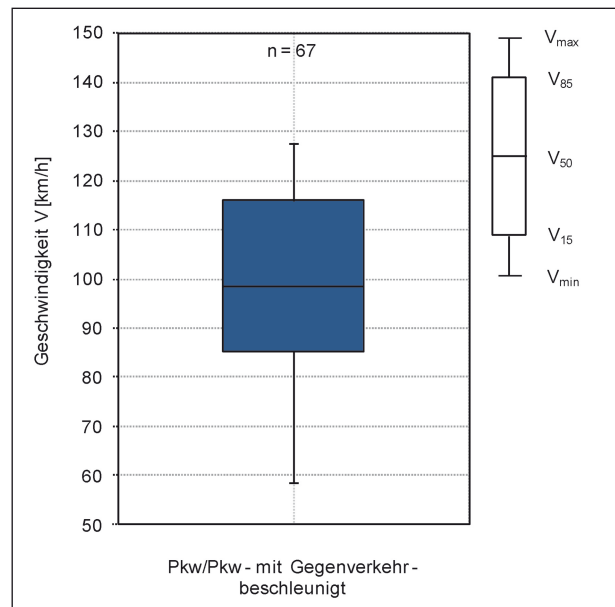
**Bild 75:** Geschwindigkeiten der Entgegenkommenden bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{\text{vorh}}$

Die Geschwindigkeit der Entgegenkommenden ist in Bild 75 dargestellt. Das 0,50-Perzentil beträgt  $V_{G,50} = 87$  km/h.

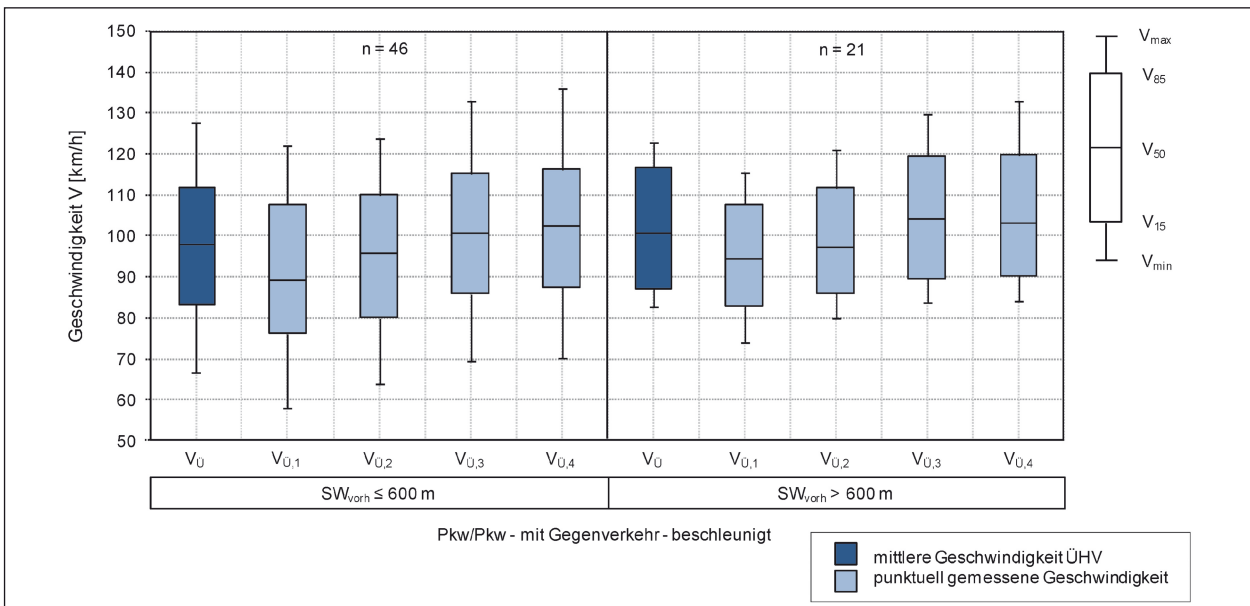
• **Pkw/Pkw-Überholungen**

Die mittleren Geschwindigkeiten während des Überholvorgangs der beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr sind in Bild 76 enthalten. Das 0,50-Perzentil beträgt  $V_{\dot{U},50} = 98$  km/h.

Bild 77 zeigt die Geschwindigkeiten der Überholer von beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn.



**Bild 76:** Mittlere Geschwindigkeit der Überholer während des Überholvorgangs bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw – alle  $SW_{\text{vorh}}$



**Bild 77:** Geschwindigkeiten der Überholer bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

Im Gegensatz zu den Pkw/Lkw-Überholungen sind dabei die Geschwindigkeiten bei kleineren Sichtweiten geringer als bei großen Sichtweiten. Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beträgt die mittlere  $V_{\dot{U},50} = 98$  km/h. Im Verlauf der Überholung steigt die Geschwindigkeit von  $V_{\dot{U},1,50} = 89$  km/h zu Beginn der Überholung auf  $V_{\dot{U},4,50} = 102$  km/h am Ende der Überholung an.

Bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m sind die Geschwindigkeiten höher. Die mittlere  $V_{50}$  liegt bei 102 km/h, zu Be-

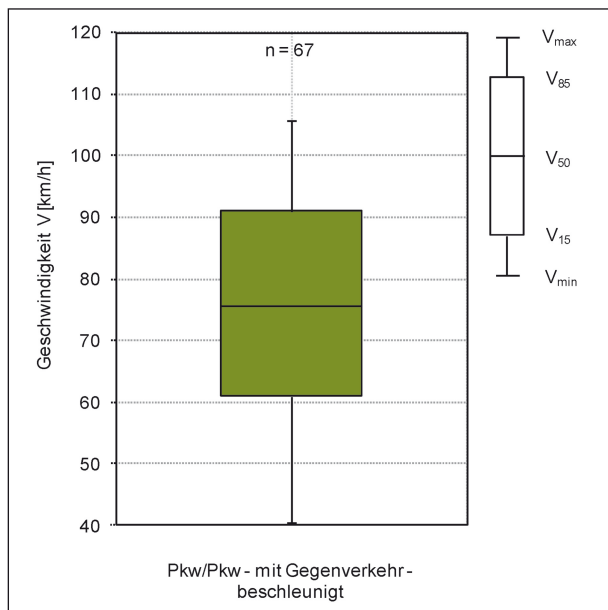
ginn beträgt die Geschwindigkeit  $V_{\dot{U},1,50} = 94$  km/h und am Ende der Überholung  $V_{\dot{U},4,50} = 103$  km/h.

Die mittlere Geschwindigkeit während des Überholvorgangs aller überholten Pkw bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr ist in Bild 78 dargestellt. Sie beträgt  $V_{t,50} = 76$  km/h.

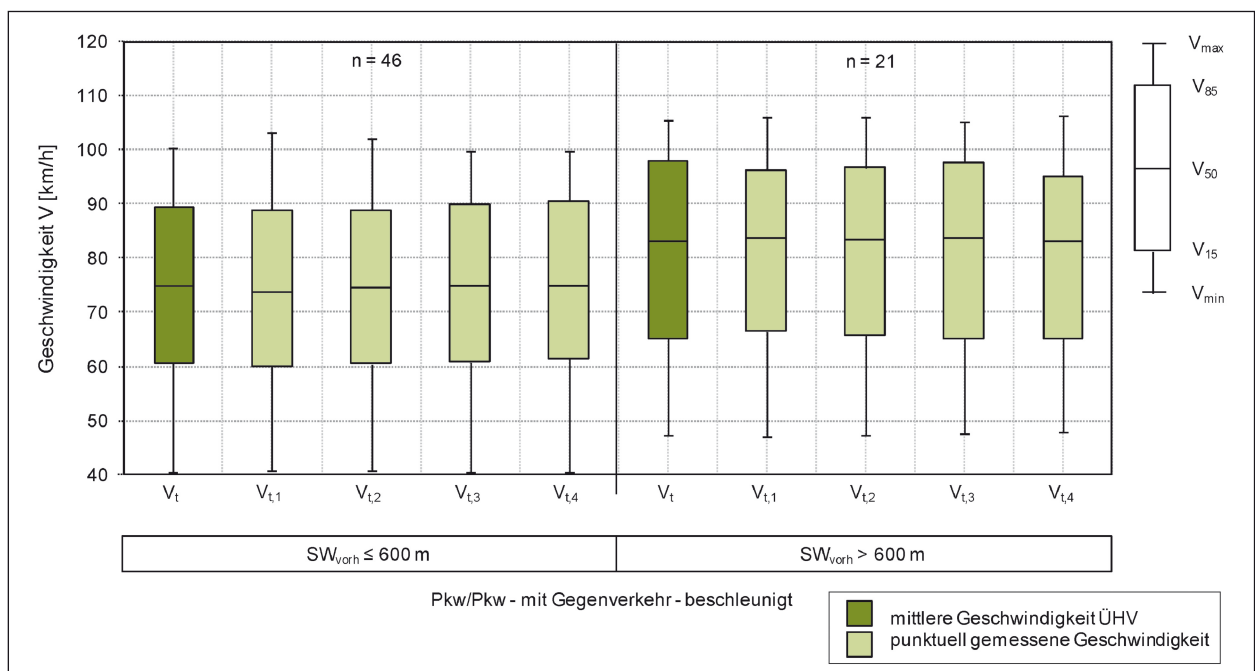
Bild 79 zeigt die Geschwindigkeiten der Überholten während Pkw/Pkw-Überholungen, getrennt nach den Sichtweiten zu Beginn der Überholung. Wie auch bei den Pkw/Lkw-Überholungen sind die Geschwindigkeiten der Überholten während des Überholvorgangs nahezu konstant. Jedoch sind diese bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m mit  $V_{t,50} = 75$  km/h deutlich geringer als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Dort betragen sie  $V_{t,50} = 83$  km/h. Sind große Sichtweiten zu Überholbeginn vorhanden, werden auch schnellfahrende Pkw von Pkw überholt. Die Überholten weisen maximale Geschwindigkeiten bis  $V_{t,\text{max}} = 106$  km/h auf. Die Überholer fahren dabei Geschwindigkeiten bis zu  $V_{\dot{U},\text{max}} = 136$  km/h.

Damit erklären sich auch die höheren Geschwindigkeiten der Überholer bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m im Vergleich zu  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m. Die Ausgangsgeschwindigkeiten der Überholer zu Überholbeginn sind bereits deutlich höher als bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m

In Bild 80 wird der Zusammenhang zwischen den Geschwindigkeiten der Überholer und der Geschwindigkeiten der Überholten bei Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr dargestellt. Die Ge-



**Bild 78:** Mittlere Geschwindigkeit der Überholten während des Überholvorgangs bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw – alle  $SW_{\text{vorh}}$



**Bild 79:** Geschwindigkeiten der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

schwindigkeiten korrelieren stark mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,88$ . Der Zusammenhang wird durch Gleichung 5.2 beschrieben.

$$V_{\ddot{U}} \left[ \frac{km}{h} \right] = 0,9047 \times V_t \left[ \frac{km}{h} \right] + 29,345 \quad (5.2)$$

Bild 81 zeigt die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholern und Überholten bei Pkw/Pkw-Überholungen zu Überholbeginn und am Überholende, getrennt nach der vorhandenen Sichtweite zu Beginn der Überholung (vgl. Kapitel 4.4.5). Bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m ergeben sich Geschwindigkeitsdifferenzen von  $\Delta V_{\ddot{U}-t,50} = 16$  km/h, bei  $SW_{vorh}$

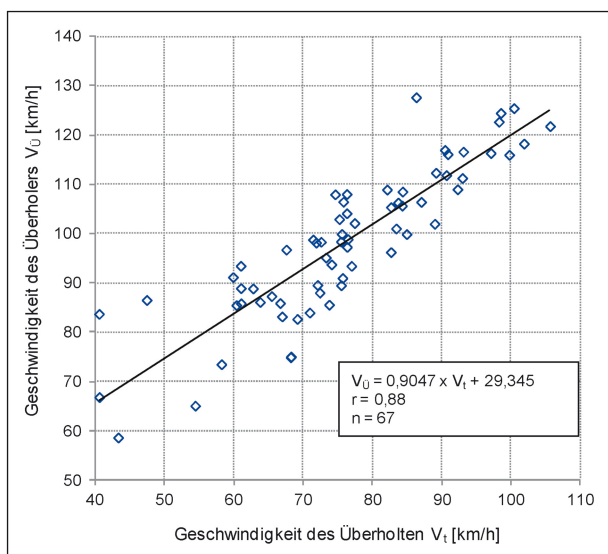
$> 600$  m beträgt die Differenz  $\Delta V_{\ddot{U}-t,50} = 14$  km/h zu Überholbeginn. Sie unterscheiden sich kaum und gleichen damit denen der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr.

Am Ende der Überholung betragen die Geschwindigkeitsdifferenzen  $\Delta V_{\ddot{U}-t,50} = 28$  km/h bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m und  $\Delta V_{\ddot{U}-t,50} = 19$  km/h  $SW_{vorh} > 600$  m. Liegen größere Sichtweiten vor, beschleunigen die Überholer am Ende der Überholung nur noch geringfügig und haben damit auch geringere Geschwindigkeitsdifferenzen zum Überholten. Das liegt vermutlich daran, dass die Überholer zu diesem Zeitpunkt bereits schon sehr hohe Geschwindigkeiten erreicht haben (vgl. Bild 77).

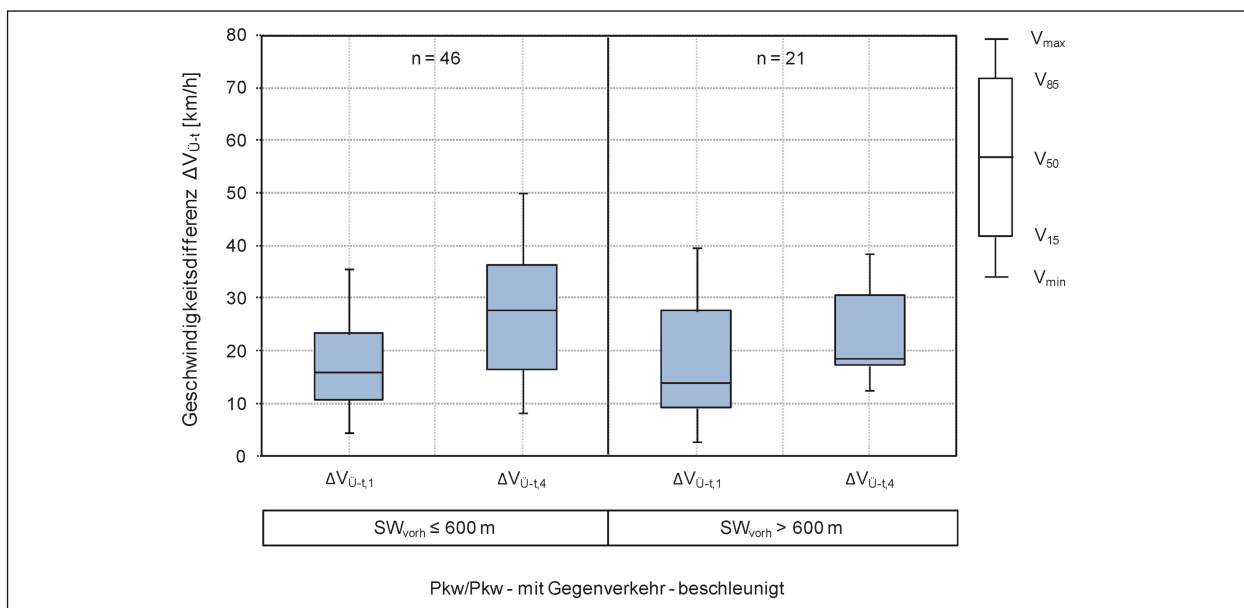
Im Vergleich zu den beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen sind die Geschwindigkeitsdifferenzen am Ende der Überholung kleiner. Grund dafür sind die hohen Geschwindigkeiten der überholten Pkw.

Die mittlere Geschwindigkeitsdifferenz während der Überholung beträgt  $\Delta V_{\ddot{U}-t,50} = 22$  km/h. Eine Klassierung der Geschwindigkeiten der Überholten ist aufgrund der zu geringen Anzahl je Klasse nicht sinnvoll.

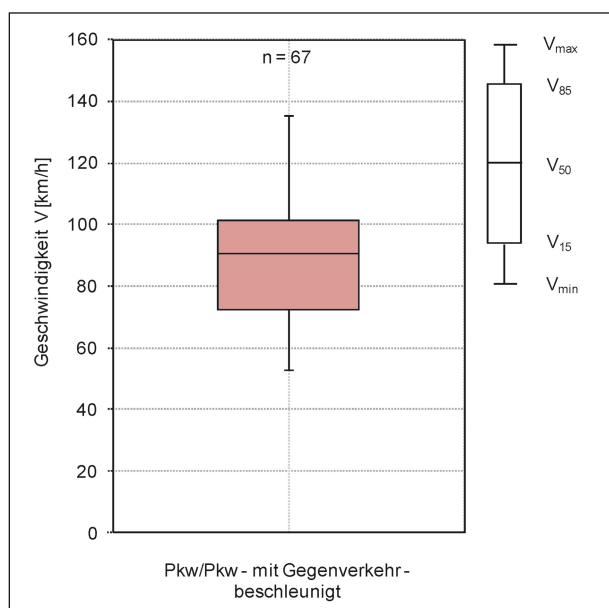
In Bild 82 sind die Geschwindigkeiten der Entgegenkommenden bei Pkw/Pkw-Überholungen dargestellt. Die Entgegenkommenden weisen Geschwindigkeiten von  $V_{G,50} = 91$  km/h auf. Größtmäßig ordnen sich die Ergebnisse in die der Pkw/Lkw-Überholungen ein.



**Bild 80:** Geschwindigkeit der Überholer in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 81:** Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholern und Überholten zu Überholbeginn und am Überholende bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 82:** Mittlere Geschwindigkeiten der Entgegenkommenden bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw – alle  $SW_{\text{vorh}}$

#### • Vergleich der Ergebnisse mit vorangegangenen Untersuchungen

In Tabelle 36 sind die gemessenen Geschwindigkeiten im Vergleich zu früheren Untersuchungen dargestellt. DURTH/HABERMEHL (1986) werteten die Geschwindigkeiten der Überholer für die Messstrecken getrennt aus. Es ergaben sich Geschwindigkeiten  $V_{\dot{U},50}$  zwischen ca. 75 km/h und 95 km/h. Die Geschwindigkeiten der schnell befahrenen Strecken sind mit den hier ermittelten Geschwindigkeiten der Überholer vergleichbar.

HARWOOD (2009) ermittelte auf Strecken mit einer  $V_{\text{zul}} = 97$  km/h und  $V_{\text{zul}} = 89$  km/h eine  $V_{\dot{U},50} = 106$  km/h. Diese ist wesentlich höher als in der vorliegenden Untersuchung.

Die von LLORCA/GARCIA (2011) ermittelten Geschwindigkeiten von beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ordnen sich dagegen gut in die vorliegenden Ergebnisse ein. Gleichmaßen verhält es sich mit den Geschwindigkeiten des Überholten (Tabelle 37).

In den Untersuchungen von KLEINSCHMIDT (1975) und POLUS (2000) wurden die Geschwindigkeitsdifferenzen von Überholer und Überholten ausgewertet. Im Vergleich zu den hier vorliegenden Ergebnissen sind diese vergleichsweise gering (Tabelle 38). Die Ergebnisse von HARWOOD (2009) und LLORCA/GARCIA (2011) zeigen dagegen eine sehr gute Übereinstimmung mit den Messwerten aus der vorliegenden Untersuchung.

Untersuchung	$V_{\dot{U},50}$ [km/h]
DURTH/HABERMEHL (1986)	75-95
HARWOOD (2009)	106
LLORCA/GARCIA (2011) Pkw/Lkw – beschleunigt	92
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt	94

**Tab. 36:** Vergleich der Geschwindigkeiten der Überholer mit vorangegangenen Untersuchungen

Untersuchung	$V_{t,50}$ [km/h]
LLORCA/GARCIA (2011) Pkw/Lkw – beschleunigt	69
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt	68

**Tab. 37:** Vergleich der Geschwindigkeiten der Überholten mit vorangegangenen Untersuchungen

Untersuchung	$V_{D,50}$ [km/h]	
	Pkw/Lkw	Pkw/Pkw
KLEINSCHMIDT (1975)	14,6	12,3
POLUS (2000) – beschleunigt	14,5	13,0
HARWOOD (2009)	22	
LLORCA/GARCIA (2011)	23	-
vorliegende Untersuchung: mit GV – beschleunigt	25	23

**Tab. 38:** Vergleich der Geschwindigkeitsdifferenzen mit vorangegangenen Untersuchungen

POLUS (2000) stellte fest, dass die Geschwindigkeitsdifferenz mit zunehmender Geschwindigkeit des Überholers abnimmt. Bei HARWOOD (2009) zeigte sich dagegen keine Abhängigkeit der beiden Größen. Gleichmaßen verhält es sich in der vorliegenden Untersuchung.

#### • Zusammenfassung

Hinsichtlich der beobachteten Geschwindigkeiten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr können zusammenfassend folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die mittlere Geschwindigkeit der Überholer bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen beträgt  $V_{\dot{U},50} = 94$  km/h.
- Bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ist die mittlere Geschwindigkeit bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m zu Überholbeginn höher als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m.

Zudem steigt bei kleineren Sichtweiten die Geschwindigkeit im Verlauf der Überholung stärker an.

- Während beschleunigter Pkw/Lkw-Überholungen findet eine mittlere Geschwindigkeitszunahme von 17 km/h statt.
- Die mittlere Geschwindigkeit der Überholer bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen und  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beträgt  $V_{\dot{U},50} = 98$  km/h.
- Bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m ist die Geschwindigkeit der Überholer höher. Die mittlere Geschwindigkeit beträgt  $V_{\dot{U},50} = 101$  km/h.
- Während beschleunigter Pkw/Pkw-Überholungen beträgt die mittlere Geschwindigkeitszunahme 11 km/h. Diese ist damit geringer als bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen.
- Die Überholten haben während der Überholung eine konstante Geschwindigkeit.
- Bei Pkw/Lkw-Überholungen beträgt die Geschwindigkeit der Überholten  $V_{t,50} = 68$  km/h. Bei großen Sichtweiten  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m liegt die Geschwindigkeit der Überholten bei  $V_{t,50} = 69$  km/h.
- Die mittlere Geschwindigkeit überholter Lkw ist 2 km/h geringer als die mittlere Geschwindigkeit aller frei fahrenden Lkw.
- Bei Pkw/Pkw-Überholungen unterscheiden sich die Geschwindigkeiten der Überholten in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn. Bei

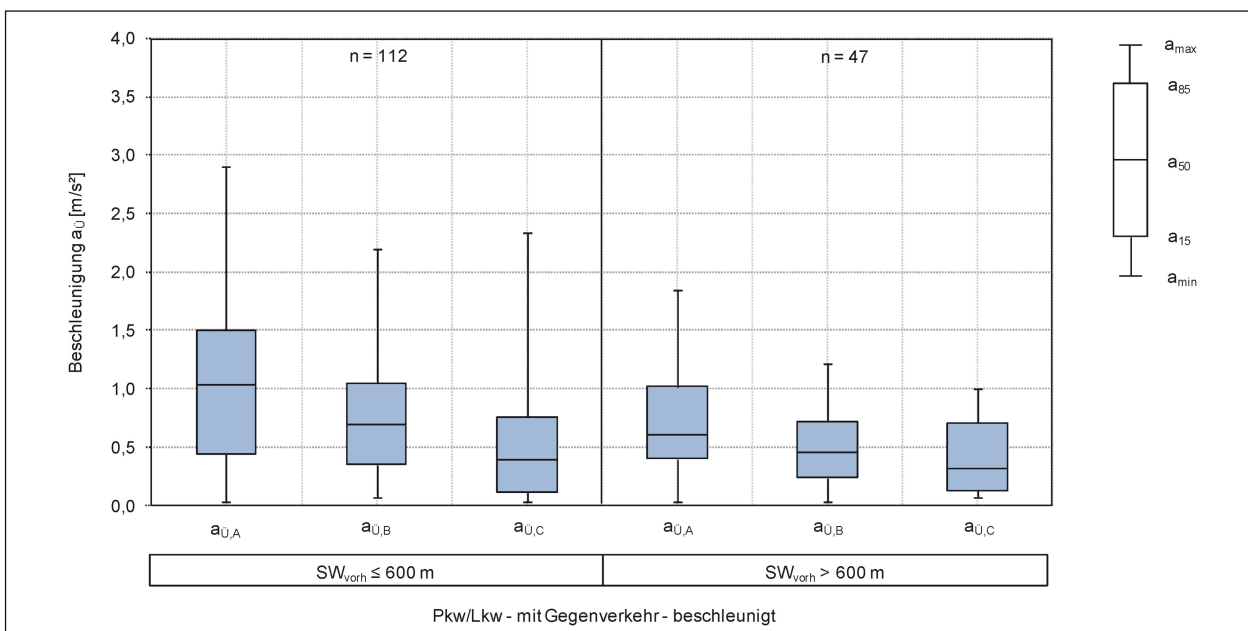
$SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beträgt die mittlere Geschwindigkeit  $V_{t,50} = 75$  km/h, bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m liegt diese bei  $V_{t,50} = 83$  km/h.

- Bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr hängt die Geschwindigkeit der Überholer generell von der Geschwindigkeit der Überholten ab.
- Obwohl es sich um beschleunigte Überholungen handelt, gibt es zu Beginn der Überholungen Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholern und Überholten. Grund dafür ist, dass die Überholer bereits im eigenen Fahrstreifen beschleunigen (vgl. Kapitel 4.4.1).
- Die mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholten beträgt bei Pkw/Lkw-Überholungen  $\Delta V_{\dot{U}-t,50} = 25$  km/h, bei Pkw/Pkw-Überholungen  $\Delta V_{\dot{U}-t,50} = 22$  km/h.

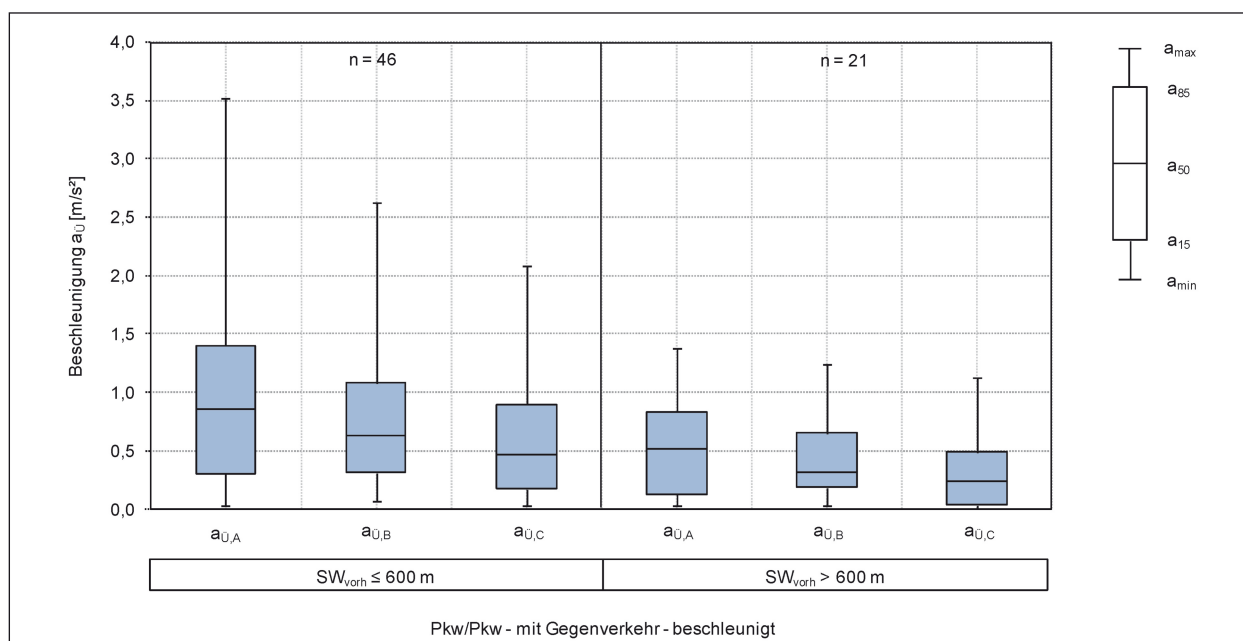
**Beschleunigung**

• **Pkw/Lkw-Überholungen**

In Bild 83 sind die Beschleunigungen der Überholer bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr getrennt für die Überholvorgänge mit vorhandenen Sichtweiten zu Überholbeginn  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m dargestellt. Dabei wird nach der Beschleunigung beim Ausseren  $a_{\dot{U},A}$ , während der Fahrt auf dem Gegenfahrstreifen  $a_{\dot{U},B}$  und beim Einscheren  $a_{\dot{U},C}$  unterschieden.



**Bild 83:** Beschleunigungen der Überholer bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 84:** Beschleunigungen der Überholer bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Überholer während des gesamten Überholvorgangs beschleunigen, die Beschleunigungswerte jedoch sehr gering sind. Das kann definitionsbedingt vor allem darauf zurückgeführt werden, dass der Beginn der Beschleunigung im eigenen Fahrstreifen liegt (vgl. Kapitel 4.4.1). Die Höhe der Beschleunigung während der Überholung wird dadurch geringer.

Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m sind beim Ausscheren und während der Fahrt auf dem Gegenfahrstreifen die Beschleunigungen der Überholer höher als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Beim Einscheren ist dagegen kein Unterschied festzustellen.

Die geringeren Beschleunigungswerte und die in Bild 70 dargestellten Geschwindigkeiten bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m zeigen, dass Fahrzeugführer bei großen Sichtweiten weniger stark beschleunigen und geringere Überholgeschwindigkeiten erreichen als bei Überholungen mit  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m.

#### • Pkw/Pkw-Überholungen

In Bild 84 sind die Beschleunigungen aller Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn dargestellt. Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m sind während der drei Bewegungsvorgänge (vgl. Kapitel 4.4.6) höhere Beschleunigungen vorhanden als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Ist der Gegenverkehr weiter entfernt, scheint das Bedürfnis, die Überholung zügig

zu beenden, kleiner zu sein. Somit sind die Beschleunigungen geringer.

Im Vergleich zu den Beschleunigungswerten bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen sind die der beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen zu Beginn der Überholung deutlich kleiner. Zwar nimmt die Beschleunigung in beiden Fahrzeuggruppen ab, die Abnahme ist jedoch bei Pkw/Pkw-Überholungen geringer.

#### • Zusammenfassung

Hinsichtlich der Beschleunigungen lässt sich folgendes zusammenfassen:

- Die Beschleunigungen der Überholer sind bei Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr geringer als bei Pkw/Lkw-Überholungen.
- Die Beschleunigung nimmt im Verlauf des Überholvorgangs ab.
- Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beschleunigen die Fahrzeugführer stärker als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m.

#### Überholdauer

##### • Pkw/Lkw-Überholungen

Die Überholdauer aller beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt  $t_{\dot{U},50} = 8$  s (Bild 85).

Bei Differenzierung der Überholungen nach der Sichtweite zu Überholbeginn ergibt sich das 0,50-Perzentil mit  $t_{\bar{U},50} = 7$  s bei den Überholungen mit  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m. Bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m zu Überholbeginn ist die Überholdauer mit  $t_{\bar{U},50} = 9$  s zwei Sekunden länger (Bild 86). Der Grund dafür liegt in den unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Überholten in Abhängigkeit von der Sichtweite. Bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m zu Überholbeginn werden auch noch geringfügig schneller fahrende Lkw überholt. Die Überholgeschwindigkeit liegt zudem unterhalb der bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m zu Überholbeginn gemessenen (vgl. Bild 70). Somit benötigen die Überholer auch eine längere Zeit, um den Überholvorgang zu beenden.

senen (vgl. Bild 70). Somit benötigen die Überholer auch eine längere Zeit, um den Überholvorgang zu beenden.

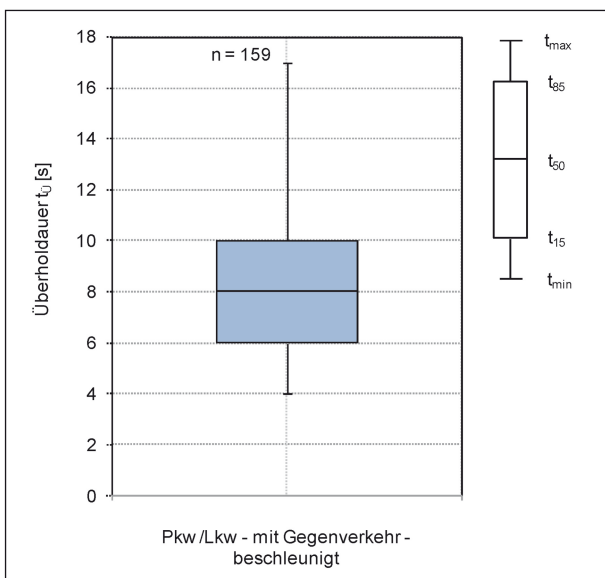
Eine Abhängigkeit der Überholdauer von der Geschwindigkeit des Überholers und der Geschwindigkeit der Überholten ist jedoch nicht vorhanden.

• **Pkw/Pkw-Überholungen**

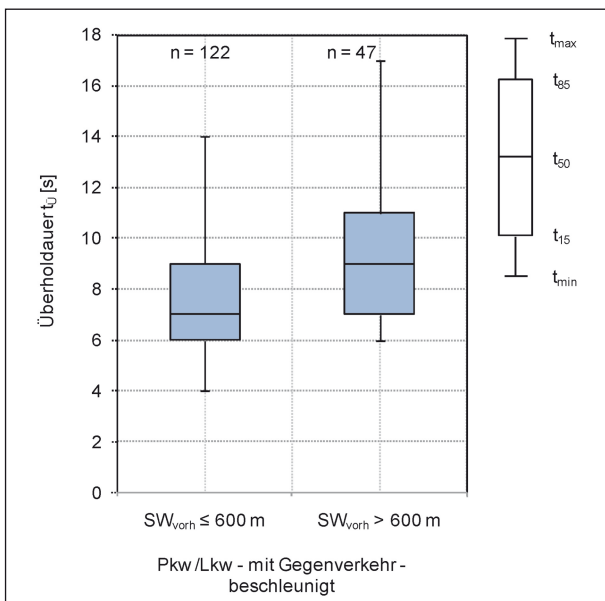
Die Überholdauer aller beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt  $t_{\bar{U},50} = 6$  s (Bild 87). Durch die Differenzierung der Überholungen in Abhängigkeit von der vorhandenen Sichtweite zu Überholbeginn zeigt sich, dass die Überholdauer bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m mit  $t_{\bar{U},50} = 8$  s größer ist als bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m ( $t_{\bar{U},50} = 6$  s) (Bild 88).

Der Grund dafür ist die Geschwindigkeit der Überholer und der Überholten (vgl. Bild 77 und Bild 79). Zwar haben hier die Überholer bei großen Sichtweiten auch höhere Geschwindigkeiten, bei den Pkw/Pkw-Überholungen werden jedoch bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m auch deutlich schnellere Fahrzeuge überholt. Dies schlägt sich in einer längeren Überholdauer nieder.

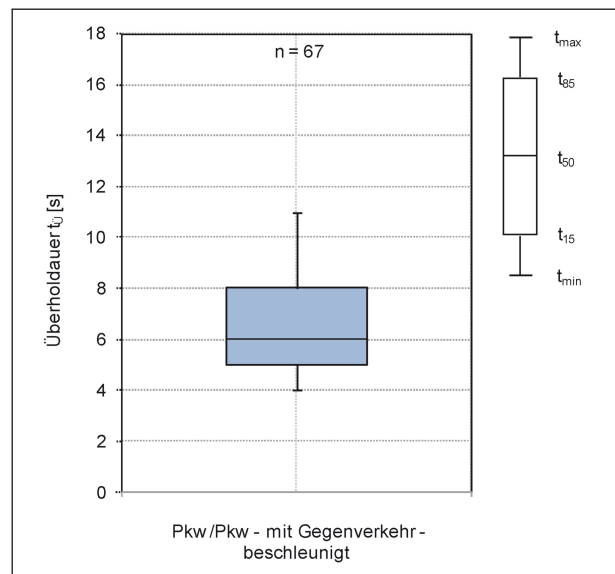
Trotz der geringeren Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholten im Vergleich zu den Pkw/Lkw-Überholungen ist die Überholdauer der Pkw/Pkw-Überholungen je nach Sichtweitenbereich um eine Sekunde kürzer. Der Grund dafür ist die kürzere Fahrzeuglänge des überholten Pkw im Vergleich zum Lkw.



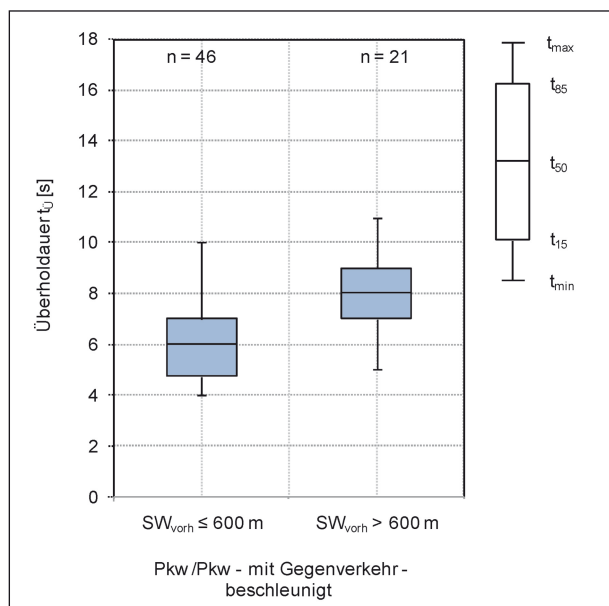
**Bild 85:** Überholdauer der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{\text{vorh}}$



**Bild 86:** Überholdauer bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 87:** Überholdauer der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw – alle  $SW_{\text{vorh}}$



**Bild 88:** Überholdauer bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

#### • Vergleich der Ergebnisse mit vorangegangenen Untersuchungen

In Tabelle 39 werden die ermittelten Überholdauern mit denen vorangegangener Untersuchungen verglichen. Dafür eignet sich das 0,85-Perzentil der Überholdauer.

Es zeigt sich, dass die Überholdauern von GRABE/STOLZ (1968) und DURTH/HABERMEHL (1986) mit denen der vorliegenden Untersuchung bei Pkw/Lkw-Überholungen bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m übereinstimmen. Im Vergleich zu den Überholdauern aller Pkw/Lkw-Überholung mit Gegenverkehr sind sie um eine Sekunde geringer.

HARWOOD u. a. (2009) ermittelten mit  $t_{\text{Ü},85} = 12$  s eine längere Überholdauer. Diese ist wesentlich höher als die in der vorliegenden Untersuchung bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr ermittelten Werte. Sie sind eher vergleichbar mit der  $t_{\text{Ü},85}$  der fliegenden Überholungen (vgl. Kapitel 5.2.3).

DURTH/HABERMEHL (1986) stellten eine Abhängigkeit der Überholdauer von der Geschwindigkeit des Überholers fest. Eine solche liegt in der vorliegenden Untersuchung nicht vor. Damit bestätigt sich jedoch die Aussage von HARWOOD (2009), der ebenfalls keinen Zusammenhang der beiden Größen fand.

Untersuchung	0,85-Perzentil
GRABE/STOLZ (1968)	9 s
DURTH/HABERMEHL (1986)	9 s
HARWOOD u. a. (2009)	12 s
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt, alle $SW_{\text{vorh}}$	10 s
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt, $SW_{\text{vorh}} \leq 600$ m	9 s

**Tab. 39:** Vergleich der Überholdauern mit vorangegangenen Untersuchungen

#### • Zusammenfassung

Hinsichtlich der Überholdauer lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen:

- Die Überholdauer bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt  $t_{\text{Ü},50} = 8$  s.
- Überholer benötigen für die Überholung eines Lkw eine Sekunde länger als für die Überholung eines Pkw.
- Bei Sichtweiten  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m ist die Überholdauer kürzer als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Dies gilt für Pkw/Lkw- und Pkw/Pkw-Überholungen gleichermaßen.
- Die Überholdauer hängt nicht von der Geschwindigkeit der Überholten und der Überholer ab.

#### Zurückgelegter Weg

##### • Pkw/Lkw-Überholungen

Der Überholweg aller Überholer bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt  $s_{\text{Ü},50} = 200$  m (Bild 89).

Bild 90 zeigt die Überholwege der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn. Es ist zu erkennen, dass bei geringeren Sichtweiten auch der Überholweg kürzer ist. Das 0,50-Perzentil bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beträgt  $s_{\text{Ü},50} = 190$  m und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $s_{\text{Ü},50} = 225$  m.

Bei Betrachtung der Ausscherwege, der Wege auf dem Gegenfahrstreifen und der Einscherwege in Bild 91 ist zu erkennen, wie sich die Unterschiede im Überholweg in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn aufteilen.



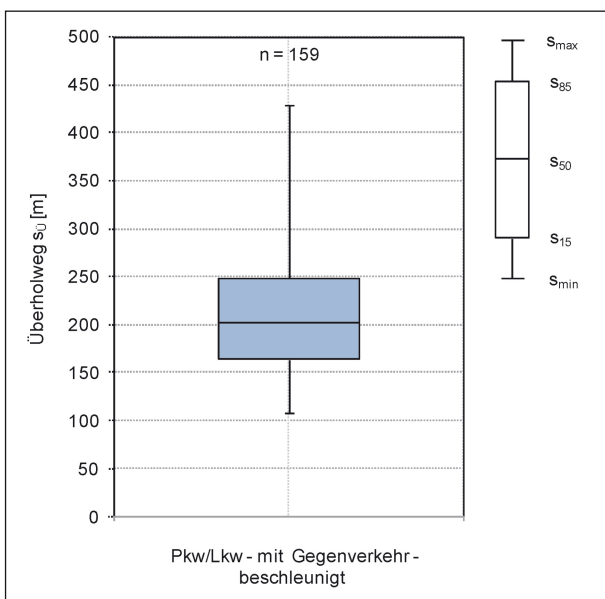
Die Ausscherwege sind bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m um  $\Delta s_{\ddot{U},A,50} = 17$  m kürzer als bei  $SW_{vorh} > 600$  m. Das 0,50-Perzentil beträgt  $s_{\ddot{U},A,50} = 26$  m bzw.  $s_{\ddot{U},A,50} = 43$  m. Die 0,15- und 0,85-Perzentile unterscheiden sich jedoch nur geringfügig.

Die Wege auf dem Gegenfahrstreifen betragen bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m  $s_{\ddot{U},B,50} = 106$  m und bei  $SW_{vorh} > 600$  m  $s_{\ddot{U},B,50} = 127$  m.

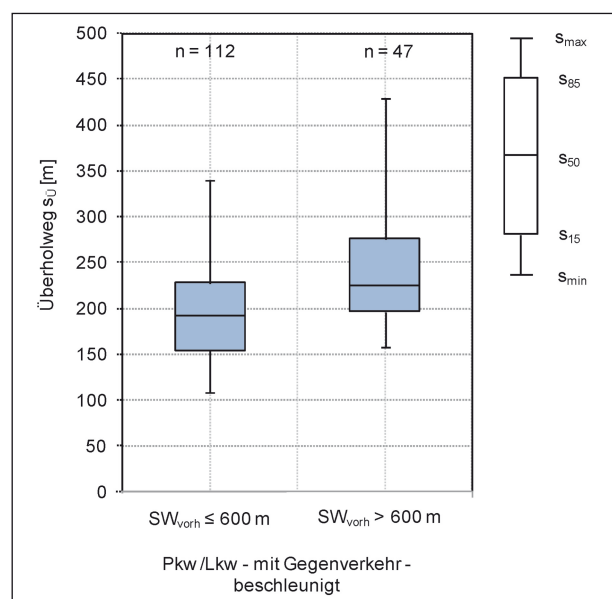
Die 0,50-Perzentile der Einscherwege unterscheiden sich dagegen nur gering. Diese liegen bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m bei  $s_{\ddot{U},C,50} = 54$  m und bei

$SW_{vorh} > 600$  m bei  $s_{\ddot{U},C,50} = 57$  m. Das 0,15- und das 0,85-Perzentil bei  $SW_{vorh} \leq 600$  sind dagegen ca.  $\Delta s_{\ddot{U},C,50} = 20$  m kleiner als bei  $SW_{vorh} > 600$  m. Die geringeren Sicherheitsabstände bei Überholungen mit  $SW_{vorh} \leq 600$  m motivieren die Überholer, schneller wieder auf den „eigenen“ Fahrstreifen einzuscheren (vgl. Bild 102).

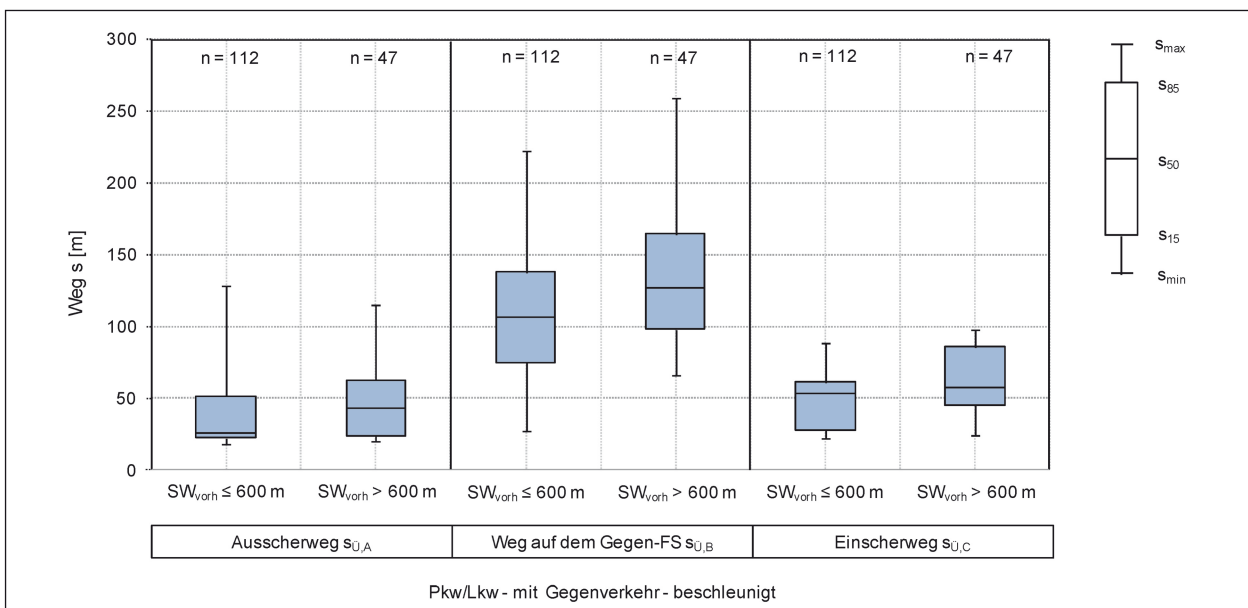
In Bild 92 wird die Abhängigkeit des Überholwegs von der Geschwindigkeit der Überholten anhand aller beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr überprüft. Die lineare Abhängigkeit ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,24$



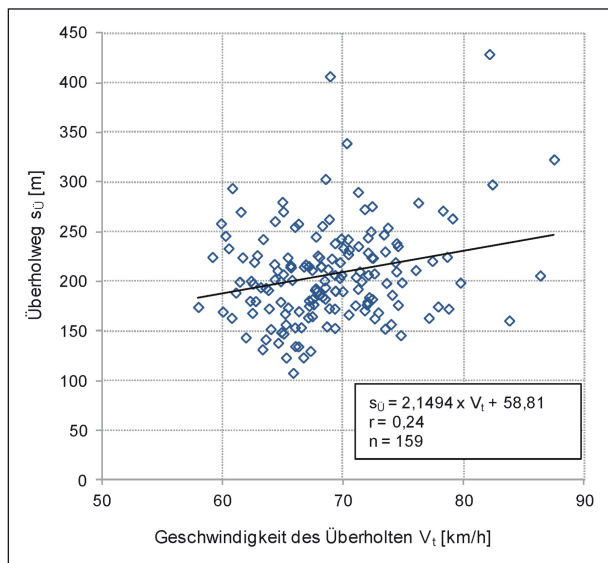
**Bild 89:** Überholwege bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{vorh}$



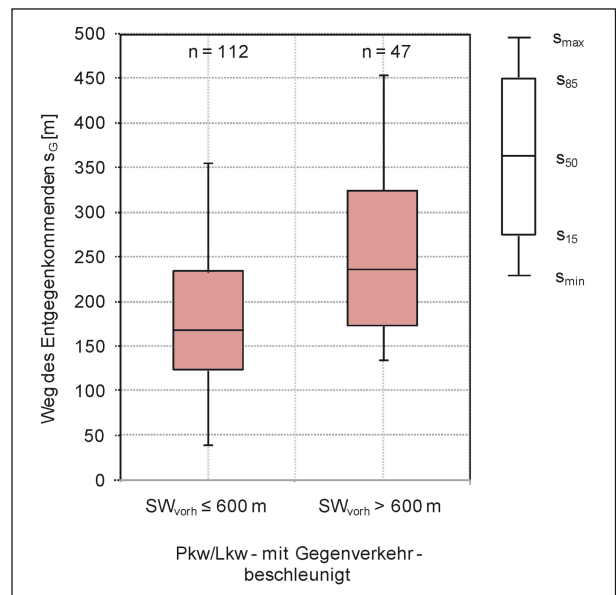
**Bild 90:** Überholwege bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



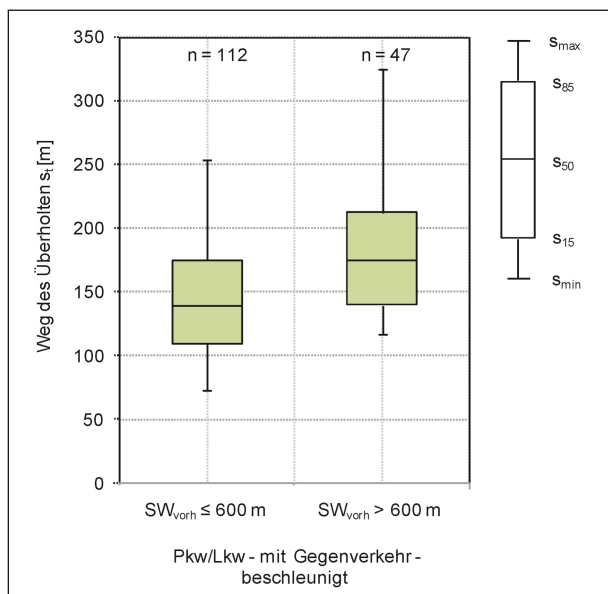
**Bild 91:** Ausscherwege, Wege auf dem Gegenfahrstreifen und Einscherwege bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 92:** Überholweg in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 94:** Wege der Entgegenkommenden bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 93:** Wege der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

nur schwach ausgeprägt. Es zeigt sich somit kein Zusammenhang der beiden Kenngrößen.

Die zurückgelegten Wege der Überholten sind in Bild 93 getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m dargestellt. Es ergeben sich Wege von  $s_{t,50} = 140$  m bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $s_{t,50} = 175$  m bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Grund dafür sind die verschiedenen Überholdauern in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn (vgl. Bild 86).

Bild 94 zeigt die Wege der Entgegenkommenden während beschleunigter Pkw/Lkw-Überholungen,

getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn. Auch hier ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Überholdauern kürzere Wege bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m ( $s_{G,50} = 170$  m) als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m ( $s_{G,50} = 235$  m). Das 0,50-Perzentil aller Entgegenkommenden bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt  $s_{G,50} = 185$  m.

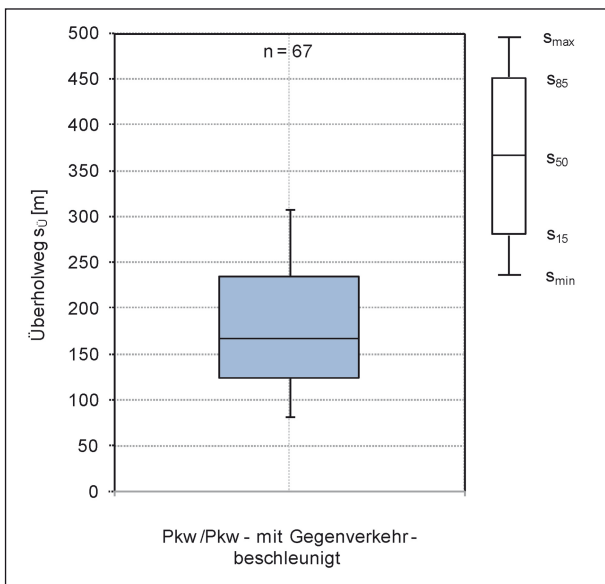
#### • Pkw/Pkw-Überholungen

Der Überholweg bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr ist  $s_{\text{Ü},50} = 165$  m lang (Bild 95). Getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn zeigt sich, wie auch bei den Pkw/Lkw-Überholungen, dass bei geringeren Sichtweiten die Überholwege kürzer sind. Das 0,50-Perzentil bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beträgt  $s_{\text{Ü},50} = 155$  m und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $s_{\text{Ü},50} = 230$  m (Bild 96).

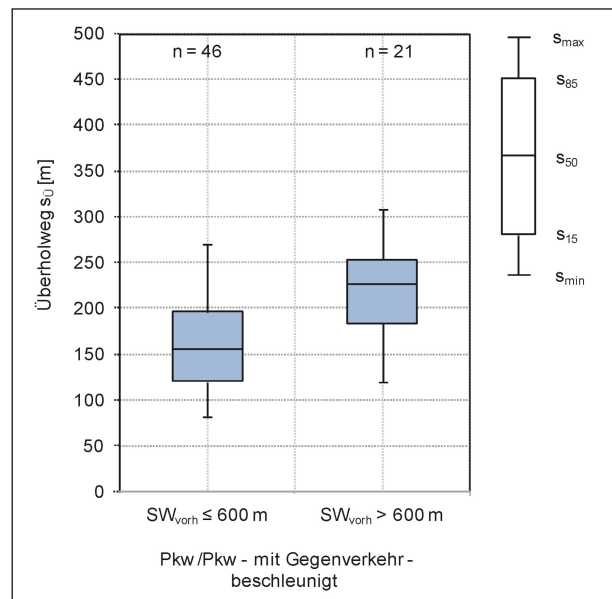
Bild 97 zeigt die Ausscherwege, die Wege auf dem Gegenfahrstreifen und die Einscherwege aller Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn. Diese sind bei kleineren Sichtweiten auch jeweils kürzer als bei größeren.

Die Ausscherwege sind bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m um  $\Delta s_{\text{Ü},A,50} = 12$  m kürzer als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Die 0,50-Perzentile betragen  $s_{\text{Ü},A,50} = 41$  m bzw.  $s_{\text{Ü},A,50} = 53$  m.

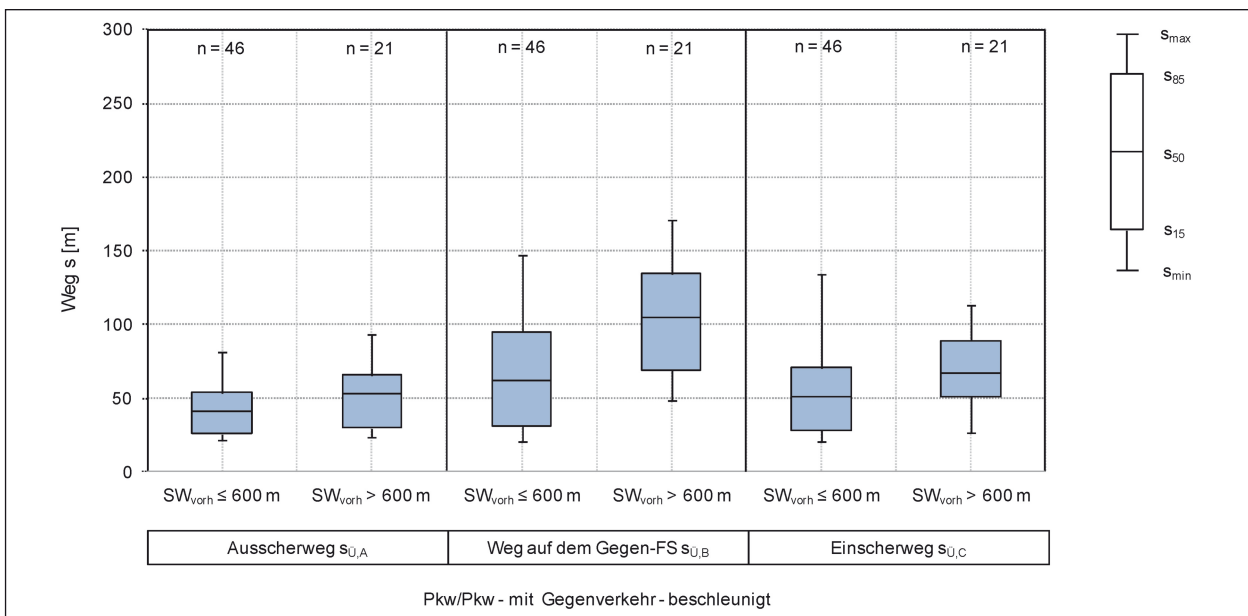
Die Wege auf dem Gegenfahrstreifen unterscheiden sich sehr deutlich. Der Median der Überholwege mit  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m liegt bei  $s_{\text{Ü},B,50} = 62$  m,



**Bild 95:** Überholwege bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw – alle  $SW_{vorh}$



**Bild 96:** Überholwege bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 97:** Ausscherwege, Wege auf dem Gegenfahrstreifen und Einscherwege bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

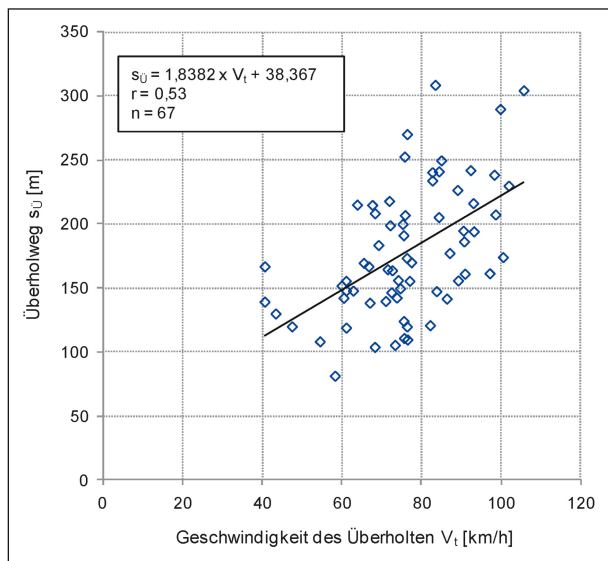
bei  $SW_{vorh} > 600$  m beträgt er  $s_{Ü,B,50} = 104$  m. Bei Sichtweiten  $SW_{vorh} \leq 600$  m ist der Median der Wege auf dem Gegenfahrstreifen im Vergleich zu den Pkw/Lkw-Überholungen damit aufgrund der kürzeren Fahrzeuglängen der überholten Pkw um  $\Delta s_{Ü,B,50} = 65$  m kürzer.

Die Einscherwege betragen  $s_{Ü,C,50} = 51$  m bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m und  $s_{Ü,C,50} = 67$  m bei  $SW_{vorh} > 600$  m.

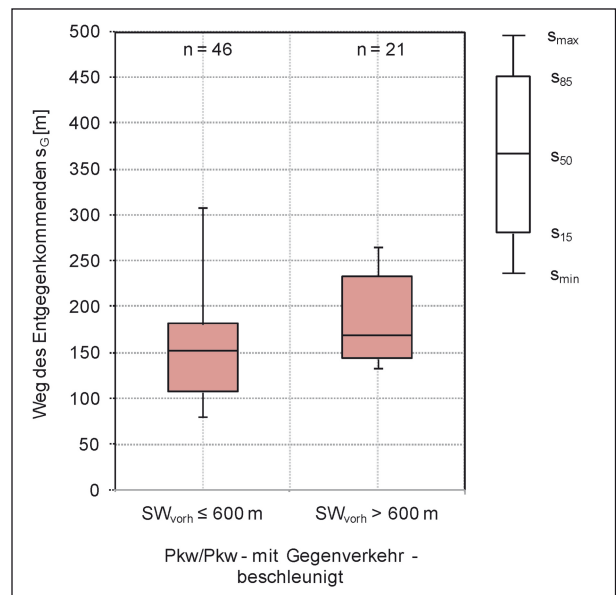
Insgesamt ist zu beachten, dass der Stichprobenumfang der Überholwege bei  $SW_{vorh} > 600$  m mit

einer Anzahl von 21 Überholungen relativ gering ist. Stichprobenbedingte Abweichungen sind daher möglich.

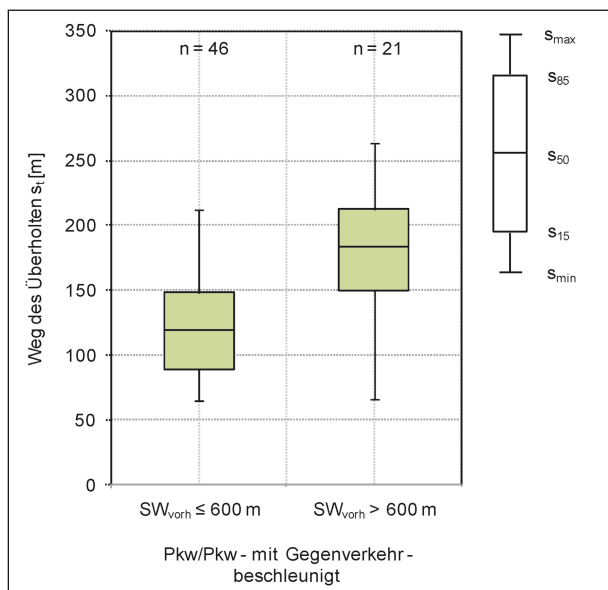
In Bild 98 wird für die Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr der Zusammenhang des Überholwegs und der Geschwindigkeit der Überholten überprüft. Im Gegensatz zu den beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ergibt sich bei den Pkw/Pkw-Überholungen eine lineare Abhängigkeit mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,53$ . Ein Grund dafür könnte sein, dass wegen der un-



**Bild 98:** Überholweg in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 100:** Wege der Entgegenkommenden bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 99:** Wege der Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

terschiedlichen Geschwindigkeiten der Überholten eine größere Geschwindigkeitsspanne vorliegt, die zu einem besseren linearen Zusammenhang führt.

Bild 99 zeigt die Wege der Überholten getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn. Diese betragen bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m  $s_{t,50} = 120$  m und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $s_{t,50} = 185$  m.

Die Unterschiede ergeben sich durch die Überholdauer und die Geschwindigkeit der Überholten. Die Überholdauer bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m ist zwei Sekunden kürzer als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Auch die Ge-

schwindigkeiten der überholten Pkw variieren bei den beiden Überholgruppen. Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m betragen diese  $V_{t,50} = 75$  km/h und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $V_{t,50} = 83$  km/h.

Die Wege der Entgegenkommenden in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn sind in Bild 100 dargestellt. Die Mediane unterscheiden sich um ca.  $\Delta s_G = 20$  m und betragen  $s_{G,50} = 150$  m bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $s_{G,50} = 170$  m bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Bei den 0,85-Perzentilen, aber vor allem bei den 0,15-Perzentilen, sind größere Unterschiede in Abhängigkeit von der Größe des Sicherheitsabstandes am Ende der Überholungen festzustellen. Bei Betrachtung aller Entgegenkommenen bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt das 0,50-Perzentil  $s_{G,50} = 155$  m.

#### • Vergleich der Ergebnisse mit vorangegangenen Untersuchungen

Ein Vergleich der Überholwege dieser Untersuchungen mit denen vorangegangener Untersuchungen ist in Tabelle 40 dargestellt.

In den Untersuchungen von HEUSCH/BOESFELDT (1994) und HARWOOD (2009) wurden wesentlich höhere Überholwege ermittelt als in der vorliegenden Untersuchung. In diesen Untersuchungen wurde jedoch nicht nach beschleunigten und fliegenden Überholungen unterschieden.

Untersuchung	$s_{\bar{0},50}$ [m]
HEUSCH/BOESFELDT (1994)	254
POLUS u. a. (2000) – Pkw/Pkw – beschl.	240
POLUS u. a. (2000) – Pkw/Lkw – beschl.	273
HARWOOD (2009)	302
LLORCA/GARCIA (2011) – Pkw/Lkw – beschl.	222
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mGV – beschleunigt – alle $SW_{\text{vorh}}$	200
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mGV – beschleunigt, $SW_{\text{vorh}} \leq 600$ m / $SW_{\text{vorh}} > 600$ m	190/225
vorliegende Untersuchung: Pkw/Pkw – mGV – beschleunigt – alle $SW_{\text{vorh}}$	170

Tab. 40: Vergleich der Überholwege mit vorangegangenen Untersuchungen

POLUS u. a. (2000) werteten in ihrer Untersuchung beschleunigte Überholungen getrennt nach Pkw/Pkw- und Pkw/Lkw-Überholungen aus. Im Vergleich zu den beschleunigten Pkw/Pkw- und Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr in dieser Untersuchung sind die Überholwege von POLUS u. a. (2000) ca. 70 m länger.

LLORCA/GARCIA (2011) bestimmten die Überholwege für beschleunigte Pkw/Lkw-Überholungen. Die Ergebnisse liegen in der gleichen Größenordnung wie die der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m der vorliegenden Untersuchung. LLORCA/GARCIA (2011) betrachteten jedoch Überholungen mit und ohne Gegenverkehr.

#### • Zusammenfassung

Insgesamt lassen sich hinsichtlich der Überholwege folgende Ergebnisse festhalten:

- Der mittlere Überholweg bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen beträgt  $s_{\bar{0},50} = 200$  m.
- Bei Pkw/Lkw-Überholungen ist der Überholweg bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m zu Überholbeginn kürzer als bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m.
- Bei Pkw/Lkw-Überholungen ist keine Abhängigkeit des Überholwegs von der Geschwindigkeit des Überholten nachweisbar.
- Der Überholweg bei Pkw/Pkw-Überholungen ist kürzer als bei Pkw/Lkw-Überholungen.
- Der mittlere Überholweg bei Pkw/Pkw-Überholungen beträgt  $s_{\bar{0},50} = 170$  m.

- Bei Pkw/Pkw-Überholungen ist bei geringen Sichtweiten ( $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m) zu Überholbeginn auch der Überholweg kürzer.
- Der zurückgelegte Weg auf dem Gegenfahrstreifen, der Ausscherweg und der Einscherweg sind bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m länger als bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m.

#### Abstand

##### • Sicherheitsabstand zum Entgegenkommenden am Ende der Überholung

In Bild 101 ist die Verteilung der Sicherheitsabstände zwischen Überholer und Entgegenkommenden am Ende der Überholung für alle Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr dargestellt.

Das 0,50-Perzentil beträgt  $d_{S,50} = 185$  m. Bei nur 15 % der Überholungen war der Sicherheitsabstand kleiner als  $d_{S,15} = 115$  m. Der kleinste gemessene Sicherheitsabstand betrug  $d_{S,\text{min}} = 5$  m.

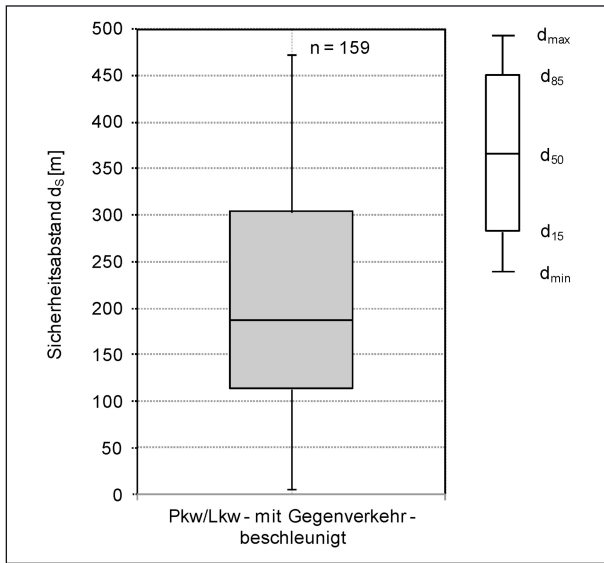
Bild 102 zeigt die Sicherheitsabstände bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn. Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beträgt der Sicherheitsabstand  $d_{S,50} = 170$  m, bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m liegt das 0,50-Perzentil bei  $d_{S,50} = 250$  m. Sind größere Sichtweiten zu Überholbeginn vorhanden, halten die Fahrzeugführer auch höhere Sicherheitsabstände ein.

Bei den beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr ergibt sich ein Median von  $d_{S,50} = 205$  m (Bild 103). Auch hier traten sehr kurze Sicherheitsabstände von  $d_{S,\text{min}} = 5$  m auf. Insgesamt unterscheiden sich die Sicherheitsabstände nur gering von denen der Pkw/Lkw-Überholungen.

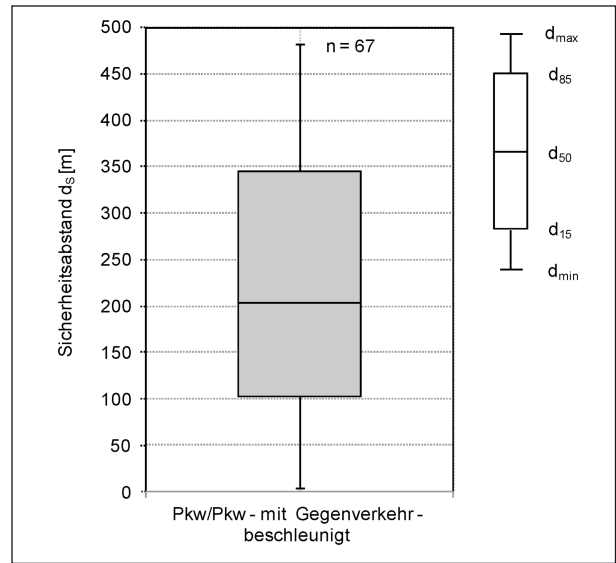
Wie auch bei den Pkw/Lkw-Überholungen sind die Sicherheitsabstände der Pkw/Pkw-Überholungen in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn unterschiedlich. Hier ist ebenfalls deutlich zu erkennen, dass Überholungen bei geringeren Sichtweiten auch kürzere Sicherheitsabstände am Ende der Überholung aufweisen (Bild 104).

Der Vergleich der Sicherheitsabstände zwischen der vorliegenden und vorangegangenen Untersuchungen nach Tabelle 41 zeigt, dass sich unterschiedliche Werte ergeben.

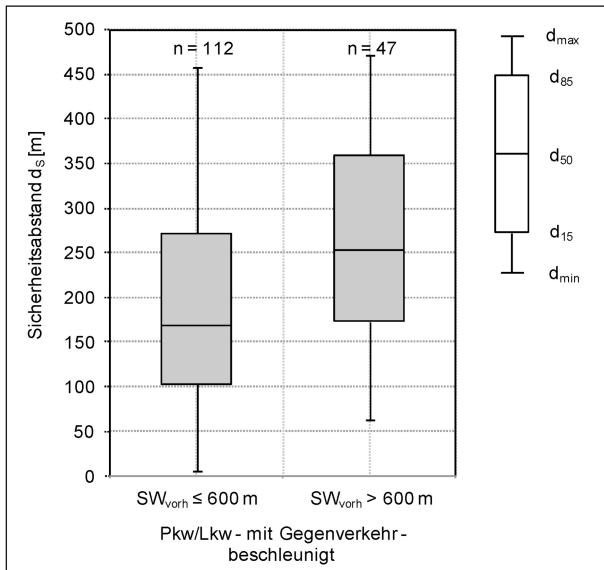
GRABE/STOLZ (1968) gaben an, dass die Entscheidung zum Überholen so getroffen wird, dass



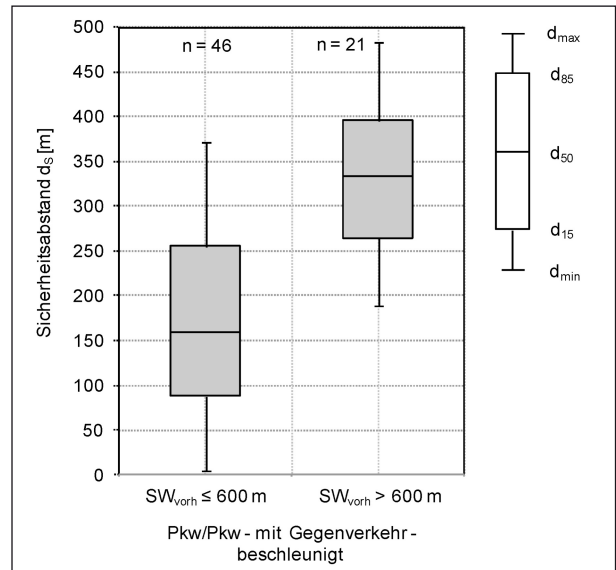
**Bild 101:** Sicherheitsabstände zwischen Überholer und Entgegenkommenden am Ende der Überholung bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{vorh}$



**Bild 103:** Sicherheitsabstände zwischen Überholer und Entgegenkommenden am Ende der Überholung bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw – alle  $SW_{vorh}$



**Bild 102:** Sicherheitsabstände zwischen Überholer und Entgegenkommenden am Ende der Überholung bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 104:** Sicherheitsabstände zwischen Überholer und Entgegenkommenden am Ende der Überholung bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

Untersuchung	$d_{s,50}$ [m]
GRABE/STOLZ (1968)	160
LEUTZBACH u. a. (1989) Pkw/langsames Fahrzeug – beschleunigt	168
DURTH/HABERMEHL (1986): $d_s < 150$	90
LLORCA/GARCIA (2011)	163
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt, alle $SW_{vorh}$	185
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt, $SW_{vorh} \leq 600$ m	170
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt, $SW_{vorh} > 600$ m	250
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt, $SW_{vorh} \leq 600$ m - $d_s \leq 150$ (n = 49)	115

**Tab. 41:** Vergleich der Sicherheitsabstände mit vorangegangenen Untersuchungen

am Ende der Überholung noch Sicherheitsabstände  $d_S > 160$  m vorhanden sind. Die Überprüfung des Anteils der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m ergibt, dass 56 % dieser Überholungen einen Sicherheitsabstand von mehr als 160 m haben, bei Betrachtung aller Sichtweitenbereiche sind es 65 %.

LEUTZBACH u. a. (1989) untersuchten das Verhalten beim Überholen von langsamen Fahrzeugen. Für beschleunigte Überholungen ergab sich ein mittlerer Sicherheitsabstand von 168 m. Dieser ist vergleichbar mit den in der vorliegenden Untersuchung festgestellten Werten bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m.

DURTH/HABERMEHL (1986) wählten als Obergrenze für ihre Berechnung einen Grenzwert von 150 m. Bei Berechnung der Perzentile von beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr mit einem maximalen Abstand von 150 m ergeben sich in der hier vorliegenden Untersuchung Sicherheitsabstände von  $d_{S,50} = 115$  m. Die Werte sind damit immer noch um etwa 25 m größer als die von DURTH/HABERMEHL (1986).

In der Untersuchung von LLORCA/GARCIA (2011) wurden die maßgebenden Perzentile aller Überholungen (fliegend und beschleunigt, Pkw/Lkw und Pkw/Pkw) unabhängig von der vorhandenen Sichtweite zu Überholbeginn und ohne Begrenzung des maximalen Sicherheitsabstandes ausgewertet. Es ergaben sich Werte von  $d_{S,15} = 98$  m,  $d_{S,50} = 163$  m und  $d_{S,85} = 243$  m. Diese Werte haben eine geringere Streuung als die in der vorliegenden Untersuchung. Jedoch liegen die Perzentile in der gleichen Größenordnung wie die der beschleunigten Pkw/Lkw- und Pkw/Pkw-Überholungen bei Sichtweiten zu Überholbeginn von  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m.

Letztlich scheint der Sicherheitsabstand im hohen Maße von dem untersuchten Fahrzeugkollektiv, der jeweiligen Untersuchungsstrecken, der einbezogenen Überholarten und der Festlegung eines zu untersuchenden Maximalwertes abzuhängen.

Ein Zusammenhang zwischen dem Sicherheitsabstand am Ende der Überholung und der Geschwindigkeit der Überholer oder der Geschwindigkeit des Überholten ist nicht vorhanden.

Zusammenfassend lässt sich hinsichtlich der Sicherheitsabstände folgendes festhalten:

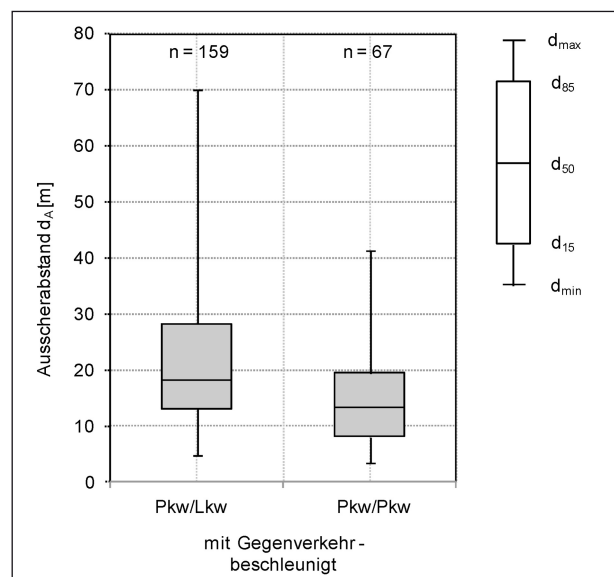
- Die Sicherheitsabstände zwischen Überholer und Entgegenkommenden am Ende der Überholung hängen nicht von der Fahrzeugart des Überholten ab – Pkw oder Lkw.
- Die Sicherheitsabstände am Ende der Überholung sind bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m zu Überholbeginn größer als bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m.

#### • Ausscherabstand

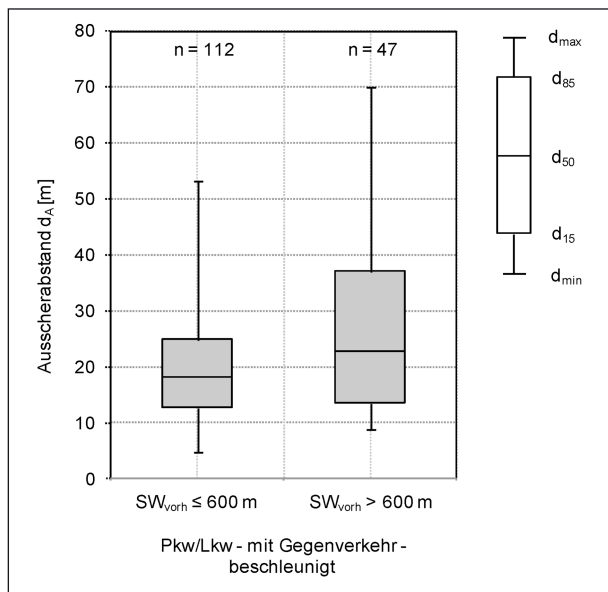
Der Median der Ausscherabstände aller beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr, unabhängig von der Sichtweite zu Überholbeginn, beträgt  $d_{A,50} = 18$  m (Bild 105). In Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn betragen die Ausscherabstände  $d_{A,50} = 18$  m bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $d_{A,50} = 23$  m bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m (Bild 106). Die Streuung bei den Überholvorgängen mit  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m ist größer als bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m.

Die Ausscherabstände aller beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr sind in Bild 105 dargestellt. Das 0,50-Perzentil liegt bei  $d_{A,50} = 13$  m. Die Differenz zwischen den Medianen der Ausscherabstände in Abhängigkeit vom Sicherheitsabstand am Ende der Überholung beträgt  $\Delta d_{A,50} = 3$  m. Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m ist  $d_{A,50} = 12$  m und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $d_{A,50} = 15$  m (Bild 107).

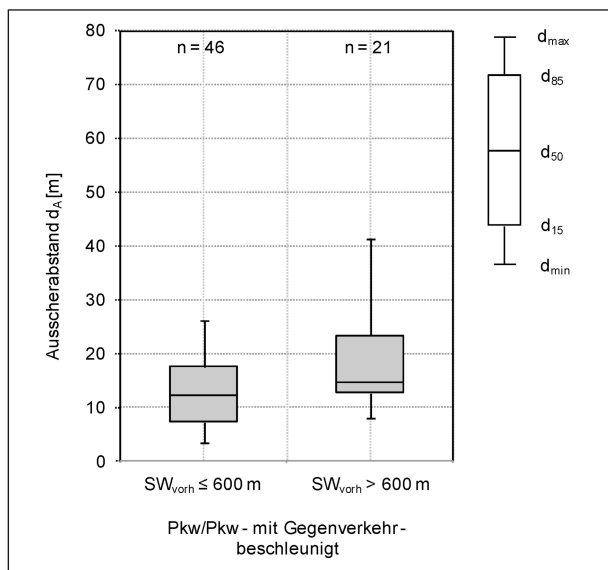
Generell werden bei Pkw/Pkw-Überholungen kürzere Ausscherabstände gewählt als bei Pkw/Lkw-Überholungen. Offenbar wird diese Differenz durch die schlechteren Sichtverhältnisse hinter einem Lkw verursacht.



**Bild 105:** Ausscherabstände bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – alle  $SW_{\text{vorh}}$



**Bild 106:** Ausscherabstände bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 107:** Ausscherabstände bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

Ein Vergleich der Ergebnisse mit früheren Untersuchungen ist in Tabelle 42 dargestellt.

Im Vergleich zu den Werten von GRABE/STOLZ (1968) und DURTH/HABERMEHL (1986) sind die ermittelten Werte deutlich höher. Jedoch ist zu beachten, dass bei diesen Untersuchungen die Fahrzeuglänge vom Abstand abgezogen wurde. In der vorliegenden Untersuchung wird dagegen vom Mittelpunkt des Fahrzeuges ausgegangen. Wird also von einer Lkw-Länge von ca. 16 m ausgegangen, müssten etwa 8 m von den Abständen abgezogen werden. Dann haben die Ergebnisse der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegen-

Untersuchung	$d_{A,50}$ [m]	$d_{A,50}$ [m] (abzüglich Fz-Länge)
GRABE/STOLZ (1968)	-	8
KLEINSCHMIDT (1975)	14/17	-
LEUTZBACH u. a. (1989): Pkw/langsames Fz – beschleunigt/fliegend	17/44	-
DURTH/HABERMEHL (1986)	-	8,6
POLUS u. a. (2000): Pkw/Pkw und Pkw/Lkw	6,8/7,4	-
LLORCA/GARCIA (2011) beschleunigt	13	-
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt, $SW_{vorh} \leq 600$ m	18	10
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschleunigt, $SW_{vorh} > 600$ m	23	15
vorliegende Untersuchung: Pkw/Pkw – mit GV – beschleunigt, alle $SW_{vorh}$	13	-

**Tab. 42:** Vergleich der Ausscherabstände mit vorangegangenen Untersuchungen

verkehr die gleiche Größenordnung wie die von GRABE/STOLZ (1968) und DURTH/HABERMEHL (1986).

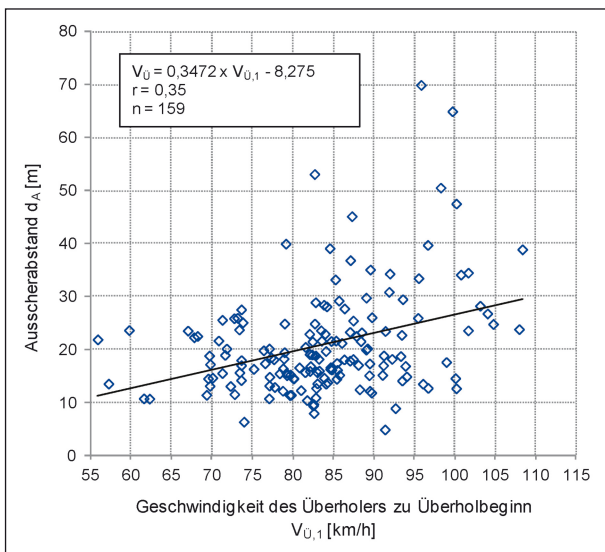
Ausgehend vom Fahrzeugmittelpunkt ermittelte KLEINSCHMIDT (1975) auf zwei Untersuchungsstrecken Ausscherabstände von 14 m bzw. 17 m. Diese Werte ordnen sich in die der beschleunigten Überholungen von Pkw/Pkw und Pkw/Lkw ein.

LEUTZBACH u. a. (1989) differenzierten zwischen mittleren Ausscherabständen von fliegenden und beschleunigten Überholungen von Pkw. Der Wert der beschleunigten Überholungen wird durch die vorliegende Untersuchung bestätigt. Ebenso verhält es sich mit der Untersuchung von LLORCA/GARCIA (2011), die die Perzentile von beschleunigten Überholungen bestimmten.

Die Ergebnisse von POLUS (2000) basieren auf fliegenden und beschleunigten Überholungen, die die Fahrzeuglänge nicht berücksichtigen. Die Werte sind, auch im Vergleich zu den anderen Untersuchungen, sehr gering.

Die vorangegangenen Untersuchungen zeigten weiterhin einen Zusammenhang zwischen den Ausscherabständen und den Geschwindigkeiten der Überholer zu Überholbeginn. Für beschleunigte Überholungen von Pkw/Lkw mit Gegenverkehr ist dieser in Bild 108 dargestellt. Mit einem Korrela-





**Bild 108:** Ausscherabstand in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholer zu Beginn der Überholung bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

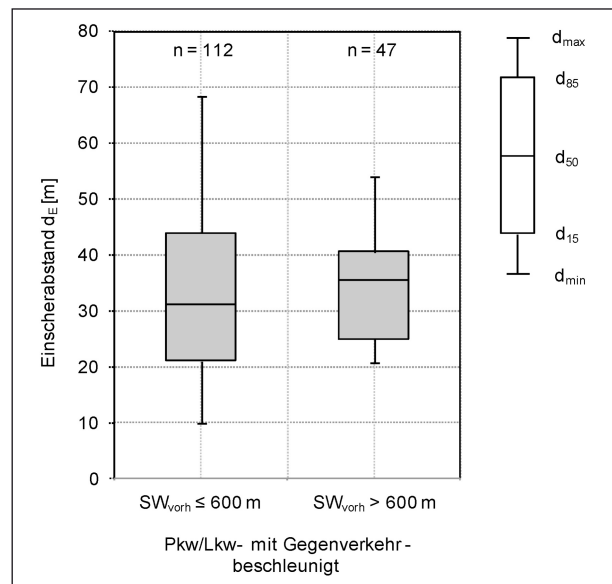
tionskoeffizienten von  $r = 0,35$  zeigt sich jedoch nur eine schwache Korrelation. Eine Abhängigkeit des Ausscherabstandes von der Ausschergeschwindigkeit kann durch die vorliegende Untersuchung also nicht bestätigt werden.

Zusammenfassend lässt sich für die Ausscherabstände folgendes feststellen:

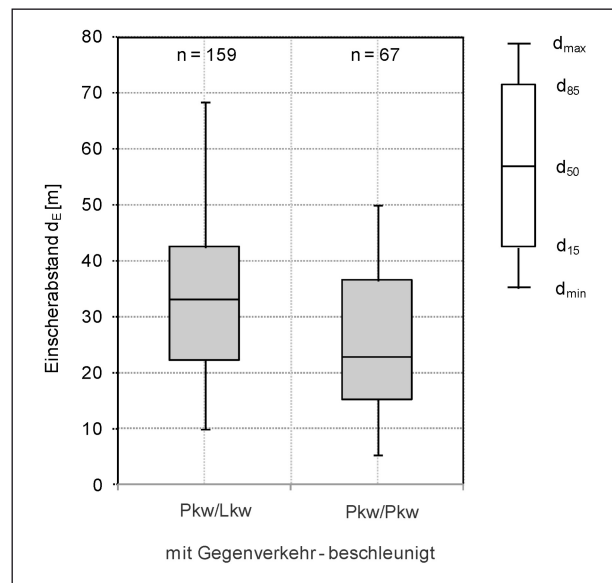
- Der Ausscherabstand bei Pkw/Lkw-Überholungen beträgt  $d_{A,50} = 18$  m.
- Die Ausscherabstände sind bei Pkw/Lkw-Überholungen größer als bei Pkw/Pkw-Überholungen.
- Bei Pkw/Pkw-Überholungen beträgt der Ausscherabstand  $d_{A,50} = 13$  m.
- Eine Abhängigkeit des Ausscherabstandes von der Sichtweite zu Überholbeginn konnte nur bei den Pkw/Lkw-Überholungen festgestellt werden. Dort ist der Ausscherabstand bei  $SW_{vorh} > 600$  m größer als bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m.

• **Einscherabstand**

Der Einscherabstand bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt bei Sichtweiten zu Überholbeginn von  $SW_{vorh} \leq 600$  m  $d_{E,50} = 31$  m und bei  $SW_{vorh} > 600$  m  $d_{E,50} = 36$  m (Bild 109). Der Median aller beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr liegt bei  $d_{E,50} = 33$  m (Bild 110).



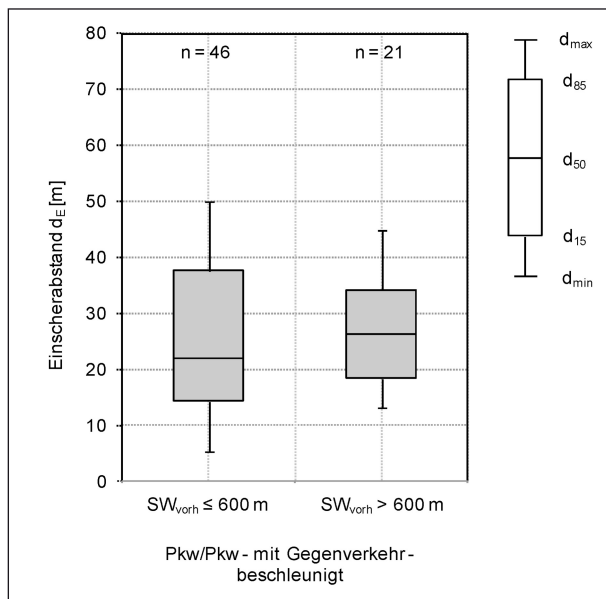
**Bild 109:** Einscherabstände bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



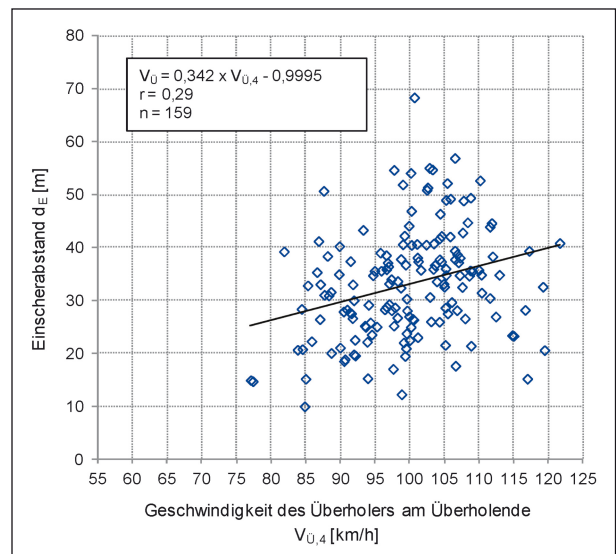
**Bild 110:** Einscherabstände bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – alle  $SW_{vorh}$

Bei den beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt der Einscherabstand  $d_{E,50} = 22$  m bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m und  $d_{E,50} = 26$  m bei  $SW_{vorh} > 600$  m (Bild 110). Für alle beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen beträgt der Einscherabstand  $d_{E,50} = 23$  m (Bild 111). Im Vergleich zu den Pkw/Lkw-Überholungen ist der Einscherabstand um ca. 10 Meter geringer.

Der Vergleich der Ergebnisse mit denen von KLEINSCHMIDT (1975) und LEUTZBACH (1989) zeigt, dass deren Werte deutlich höher sind als die hier ermittelten (Tabelle 43).



**Bild 111:** Einscherabstände bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 112:** Einscherabstände in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholer zu Beginn der Überholung bei beschleunigte Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

Untersuchung	$d_{A,50}$ [m]	$d_{A,50}$ [m] (abzüglich Fz-Länge)
KLEINSCHMIDT (1975)	36/47,5	-
DURTH/HABERMEHL (1986)	-	23
LEUTZBACH u. a. (1989): Pkw/langsames Fz – beschleunigt/fliegend	39/43,9	-
POLUS u. a. (2000): Pkw/Pkw u. Pkw/Lkw	20/23	-
LLORCA/GARCIA (2011): beschleunigt	12	-
vorliegende Untersuchung: Pkw/Lkw – mit GV – beschl., alle $SW_{vorh}$	33	25
vorliegende Untersuchung: Pkw/Pkw – mit GV – beschl., alle $SW_{vorh}$	23	-

**Tab. 43:** Vergleich der Einscherabstände mit vorangegangenen Untersuchungen

Die Einscherabstände von DURTH/HABERMEHL (1986) gleichen nahezu denen beschleunigter Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr in der vorliegenden Untersuchung. Bei Pkw/Lkw-Überholungen sind die Abstände höher. Dies ist mit der Fahrzeuglänge zu erklären. Wird die halbe Fahrzeuglänge von den Abständen abgezogen, stimmen auch diese Ergebnisse mit den von DURTH/HABERMEHL (1986) überein. Die Ergebnisse von DURTH/HABERMEHL (1986) werden somit durch diese Untersuchung bestätigt.

Die Werte von POLUS (2000) sind geringfügig, die von LLORCA/GARCIA (2011) deutlich kleiner

als die in der vorliegenden Untersuchung ermittelten.

Weiterhin wird in Bild 112 der Zusammenhang zwischen dem Einscherabstand und der Geschwindigkeit der Überholer am Ende von beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr dargestellt. Der Korrelationskoeffizient beträgt  $r = 0,29$ . Eine Abhängigkeit des Ausscherabstandes von der Geschwindigkeit des Überholten am Überholende kann somit nicht festgestellt werden.

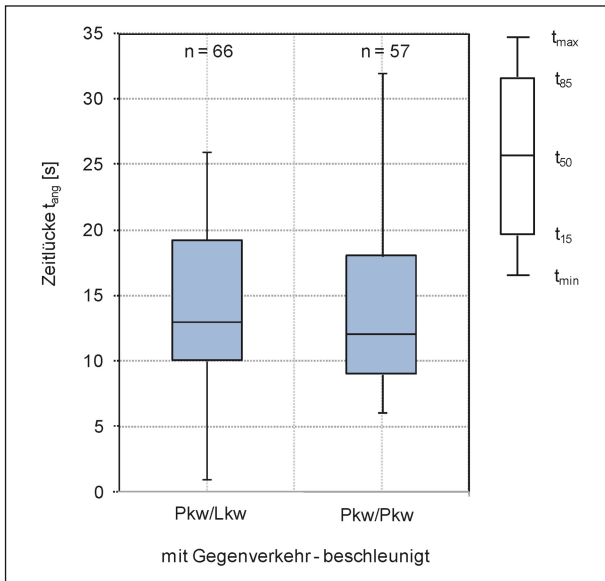
Für die Einscherabstände lassen sich zusammenfassend folgende Aussagen treffen:

- Der Einscherabstand beträgt bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr  $d_{E,50} = 33$  m und bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr  $d_{E,50} = 23$  m.
- Ein Zusammenhang zwischen Einscherabstand und Geschwindigkeit der Überholer am Überholende kann nicht festgestellt werden.

### Angenommene Zeitlücke

In Bild 113 sind die angenommenen Zeitlücken aller beschleunigten Pkw/Lkw- und Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr dargestellt.

Da einige Überholungen begonnen wurden, ohne dass zu Beginn der Überholung ein entgegenkommendes Fahrzeug zu erkennen war, ist der Stichprobenumfang geringer als bei den bereits ausgewerteten Kenngrößen.



**Bild 113:** Angenommene Zeitlücken bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr

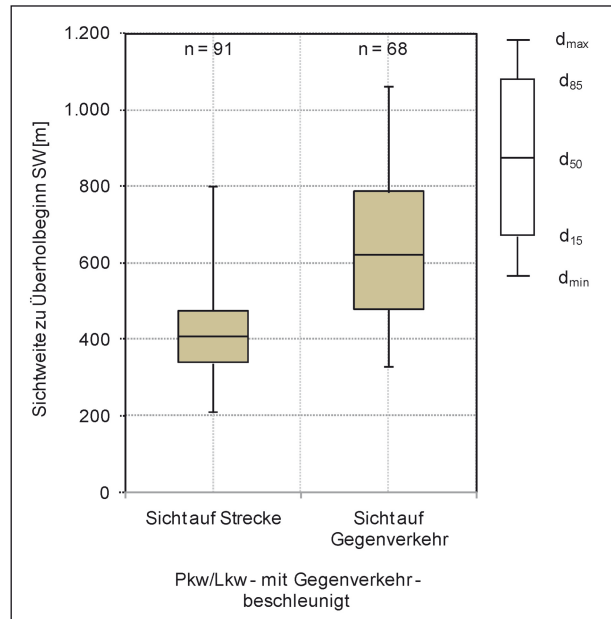
Wird ein Lkw überholt, werden Zeitlücken von  $t_{ang,50} = 13$  s bzw.  $t_{ang,15} = 10$  s genutzt. Bei Pkw/Pkw-Überholungen sind die angenommenen Zeitlücken etwas geringer. Diese betragen  $t_{ang,50} = 12$  s bzw.  $t_{ang,15} = 9$  s.

**Sichtweite zu Überholbeginn**

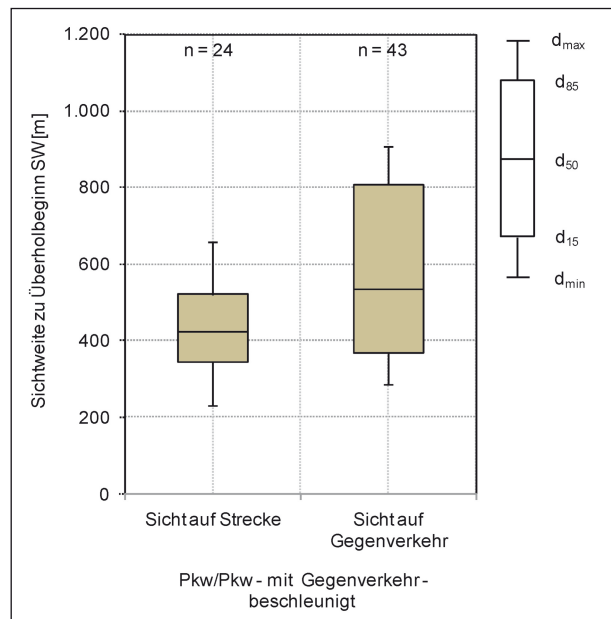
Bild 114 zeigt die Verteilung der Sichtweiten bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen zu Überholbeginn in Abhängigkeit davon, ob der Überholer Sicht auf den Streckenverlauf oder den Entgegenkommenden hat. Ist der Entgegenkommende zum Zeitpunkt des Überholbeginns bereits sichtbar, nutzen die Überholer Sichtweiten von  $SW_{vorh,50} = 620$  m. Hat der Überholer zu Überholbeginn noch keine Sicht auf den Entgegenkommenden, werden kürzere Sichtweiten für den Überholvorgang von  $SW_{vorh,50} = 405$  m genutzt.

Gleichermaßen verhält es sich bei den beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr (Bild 115). Sieht der Überholer bereits zu Beginn der Überholung den Entgegenkommenden, nutzt dieser Sichtweiten von  $SW_{vorh,50} = 535$  m. Begrenzt der Streckenverlauf die Sichtweite, wird bei kürzeren Sichtweiten von  $SW_{vorh,50} = 425$  m überholt.

Demnach ist die Überholentscheidung abhängig von der direkten Wahrnehmung eines Entgegenkommenden, der eine unmittelbare Gefahr darstellt. Die Akzeptanz kürzer Sichtweiten, wenn zum Über-



**Bild 114:** Sichtweiten der Überholer zu Überholbeginn bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 115:** Sichtweiten der Überholer zu Überholbeginn bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Pkw

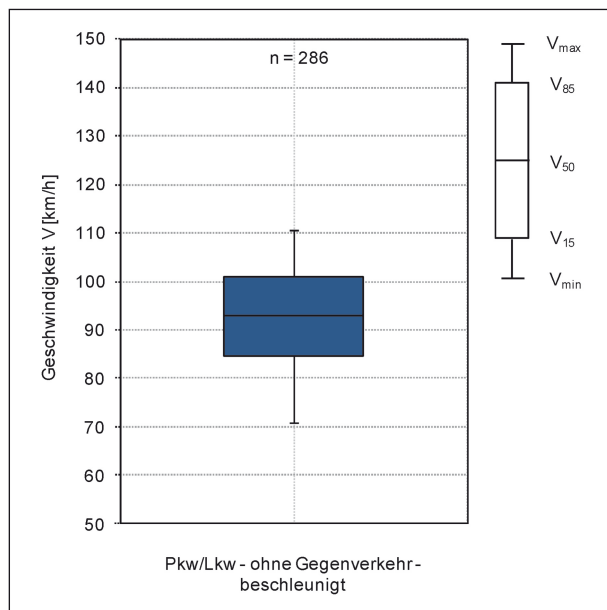
holbeginn noch kein Gegenverkehr sichtbar ist, zeigt, dass bei der Überholentscheidung die Wahrscheinlichkeit des Nichtauftauchens von Gegenverkehr während der Überholung großen Einfluss hat. Dies wird vor allem bei Pkw/Lkw-Überholungen deutlich, bei denen ein längeres Fahrzeug überholt werden muss.

### 5.2.2 Beschleunigte Überholungen ohne Gegenverkehr

#### Geschwindigkeit

- Pkw/Lkw-Überholungen

Bild 116 zeigt die mittlere Überholgeschwindigkeit während des Überholvorgangs aller beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr. Diese beträgt  $V_{\dot{U},50} = 93$  km/h.



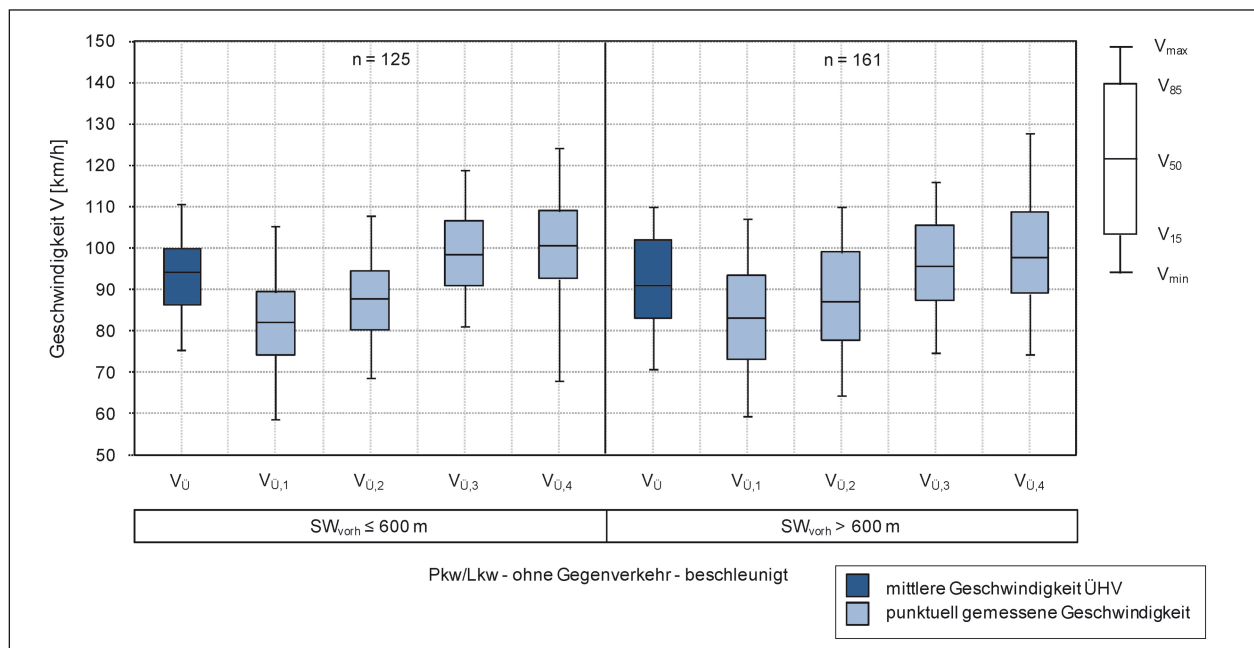
**Bild 116:** Mittlere Geschwindigkeit der Überholer während des Überholvorgangs bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{vorh}$

In Bild 117 sind die Geschwindigkeiten der Überholer bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn dargestellt.

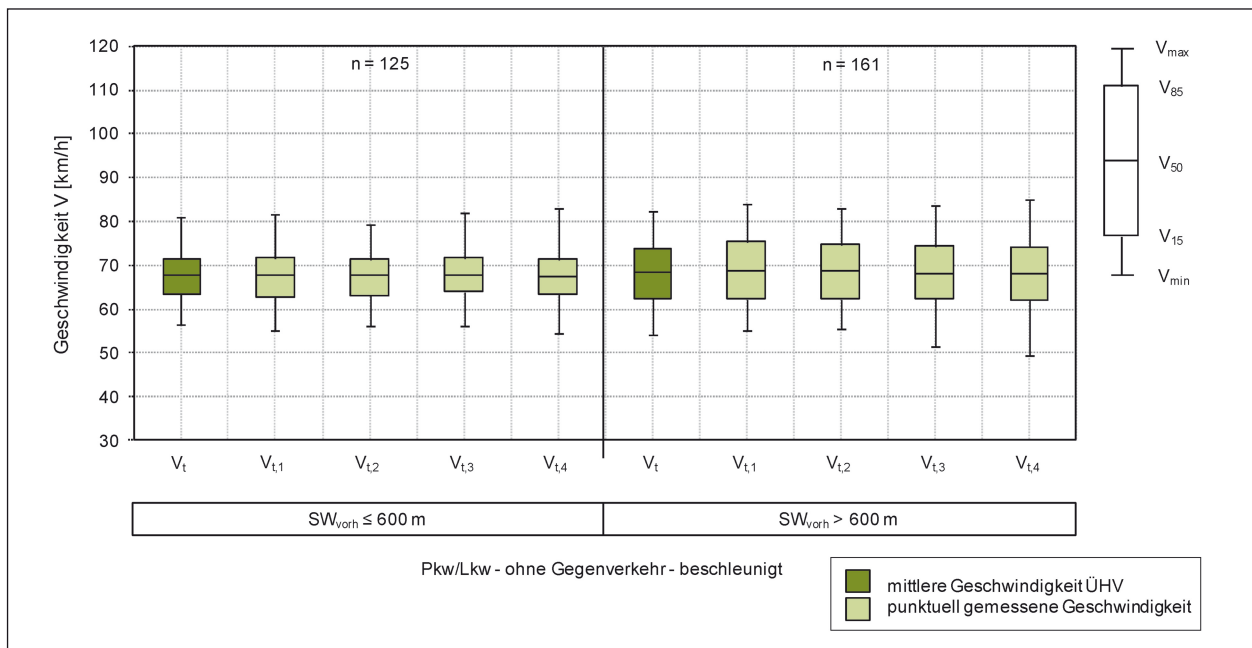
Bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m zu Überholbeginn fahren die Überholer während des Überholvorgangs im Mittel  $V_{\dot{U},50} = 94$  km/h. Zu Überholbeginn beträgt die Geschwindigkeit  $V_{\dot{U},50,1} = 82$  km/h und am Ende  $V_{\dot{U},50,4} = 100$  km/h. Bei  $SW_{vorh} > 600$  m liegt die mittlere Geschwindigkeit bei  $V_{\dot{U},50} = 91$  km/h. Während des Überholvorgangs wird die Geschwindigkeit von  $V_{\dot{U},50,1} = 83$  km/h zu Beginn der Überholung auf  $V_{\dot{U},50,4} = 98$  km/h am Ende der Überholung gesteigert.

Es zeigt sich, dass bei kleineren Sichtweiten die Überholgeschwindigkeiten auch ohne Gegenverkehr höher sind als die bei großen Sichtweiten. Demnach führt bereits die jeweils vorhandene Sichtweite zu einem unterschiedlichen Geschwindigkeitsverhalten.

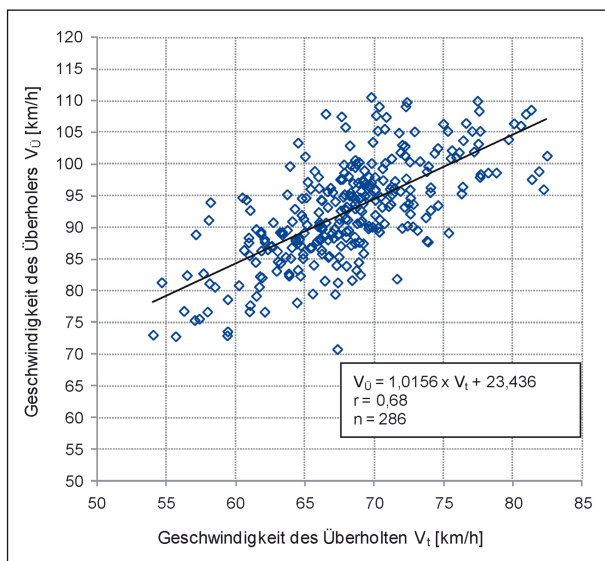
Die Überholten fahren bei den Überholungen mit einer konstanten Geschwindigkeit von  $V_{t,50} = 68$  km/h (Bild 118). Diese hängt nicht von der Sichtweite zu Überholbeginn ab. Allerdings zeigen sich Unterschiede in der Geschwindigkeitsverteilung. So werden bei  $SW_{vorh} > 600$  m auch schneller fahrende Lkw ( $V_{t,85} = 74$  km/h) überholt, bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m beträgt dieser Wert nur  $V_{t,85} = 71$  km/h.



**Bild 117:** Geschwindigkeiten der Überholer bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 118:** Geschwindigkeiten der Überholten bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 119:** Geschwindigkeit der Überholer in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Überholten bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

Maßgebende Unterschiede zwischen den Geschwindigkeiten der Überholer und der Überholten bei Überholungen ohne und mit Gegenverkehr wurden nicht festgestellt.

Die Geschwindigkeiten der Überholer werden auf einen Zusammenhang mit den Geschwindigkeiten der Überholten geprüft (Bild 119). Dafür werden alle beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr herangezogen, unabhängig von der Sichtweite zu Überholbeginn. Wie auch bei den beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegen-

$V_t$ [km/h]	$V_{t,50}$ [km/h]	$\Delta V_{\text{Ü-t},50}$ [km/h]	Anzahl n
$60 \leq V_t < 65$	63,2	<b>24,3</b>	59
$65 \leq V_t < 70$	67,9	<b>24,8</b>	117
$70 \leq V_t < 75$	71,9	<b>24,6</b>	64
$75 \leq V_t < 80$	77,0	<b>25,5</b>	21

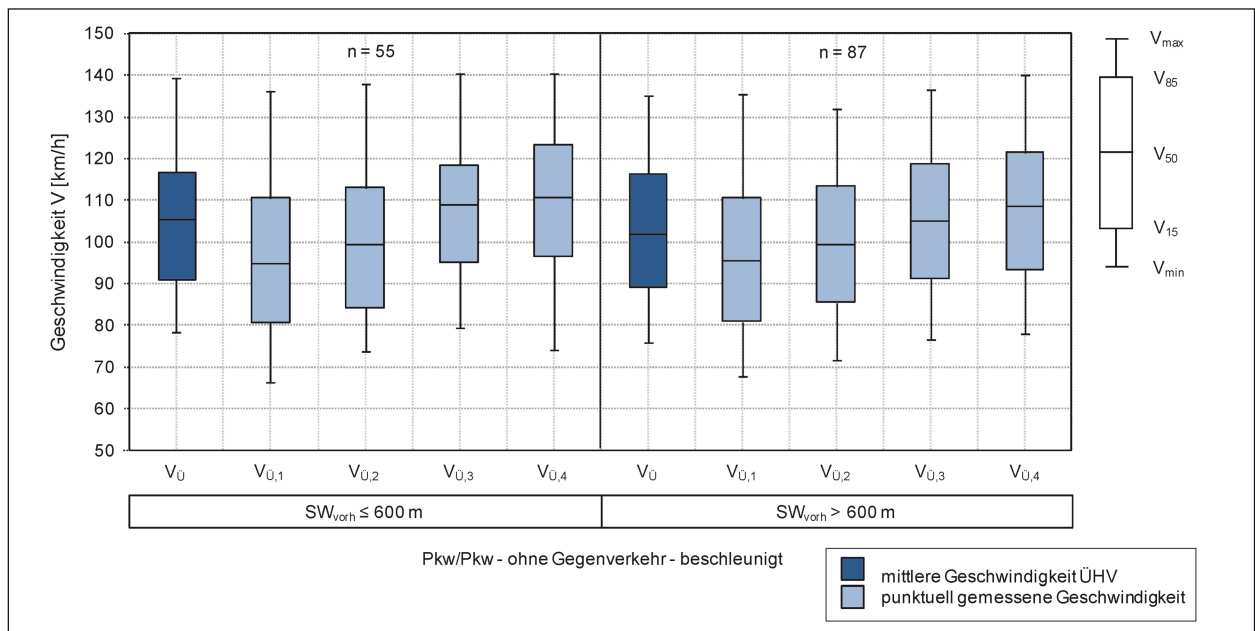
**Tab. 44:** Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

verkehr wird der lineare Zusammenhang durch eine starke Korrelation der beiden Kenngrößen bestätigt.

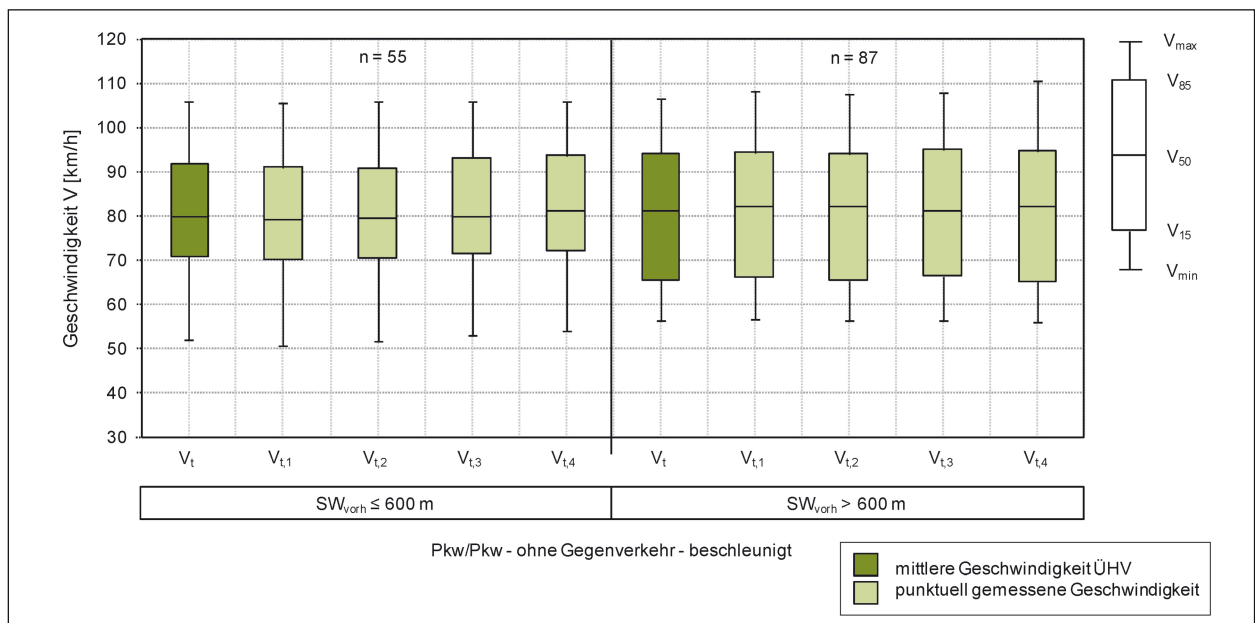
Werden die Geschwindigkeiten der Überholten in Schritten von  $\Delta V = 5$  km/h klassiert und den Klassen die Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholer und Überholten zugeordnet, zeigt sich je Klasse eine Differenz von  $\Delta V_{\text{Ü-t},50} \approx 25$  km/h (Tabelle 44). Dies entspricht der gleichen Geschwindigkeitsdifferenz wie bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr.

• **Pkw/Pkw-Überholungen**

Die mittlere Geschwindigkeit der Überholer bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt  $V_{\text{Ü},50} = 103$  km/h. Im Vergleich zu den beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen (vgl. Bild 76) mit Gegenverkehr ist diese  $\Delta V = 5$  km/h höher.



**Bild 120:** Geschwindigkeiten der Überholer bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 121:** Geschwindigkeiten der Überholten bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw

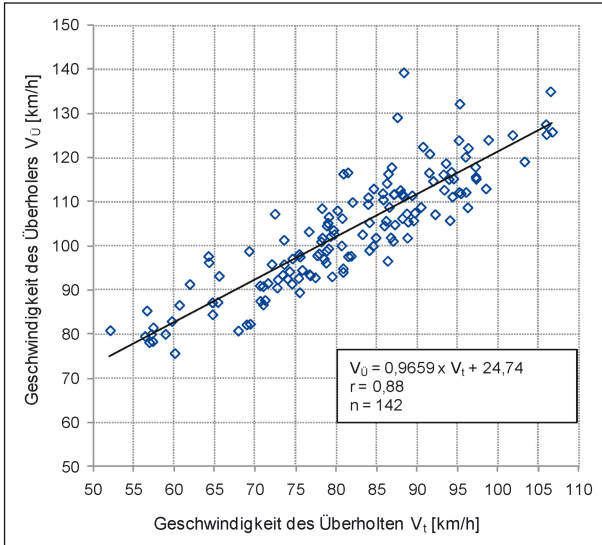
Bild 120 zeigt die Geschwindigkeiten bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr bei Sichtweiten von  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m. Die mittlere Geschwindigkeit der Überholer während des Überholvorgangs beträgt bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m  $V_{\dot{U},50} = 105$  km/h und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $V_{\dot{U},50} = 102$  km/h. Wie auch bei den beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit und ohne Gegenverkehr sind die Geschwindigkeiten bei großen Sichtweiten etwas geringer.

Die überholten Pkw halten die Geschwindigkeit während des Überholvorgangs konstant. Diese

beträgt  $V_{\dot{U},50} = 81$  km/h, bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m liegt sie bei  $V_{\dot{U},50} = 80$  km/h und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m ist die Geschwindigkeit  $V_{\dot{U},50} = 81$  km/h (Bild 121).

Bei Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr werden also auch Pkw überholt, die selbst schon relativ hohe Geschwindigkeiten, zum Teil auch oberhalb der zulässigen Höchstgeschwindigkeit aufweisen. Im Vergleich zu den beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr werden jedoch in beiden Sichtweitengruppen ähnlich schnelle Pkw überholt.

Bild 122 zeigt den Zusammenhang der Geschwindigkeiten der Überholer und der Geschwindigkeiten der Überholten. Beide Größen korrelieren sehr stark.



**Bild 122:** Geschwindigkeit der Überholer in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten bei beschleunigte Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw

$V_t$ [km/h]	$V_{t,50}$ [km/h]	$\Delta V_{\dot{U}-t,50}$ [km/h]	Anzahl n
$60 \leq V_t < 70$	64,7	22,5	13
$70 \leq V_t < 80$	75,7	20,2	42
$80 \leq V_t < 90$	86,2	22,1	45
$90 \leq V_t < 100$	94,5	20,8	27

**Tab. 45:** Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholten bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw

Die mittleren Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholer und Überholten bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr sind in Tabelle 45 dargestellt. Sie sind um ca. 3 km/h geringer als bei Pkw/Lkw-Überholungen und entsprechen den gleichen Geschwindigkeitsdifferenzen der beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr (vgl. Kapitel 5.2.1).

**Beschleunigung**

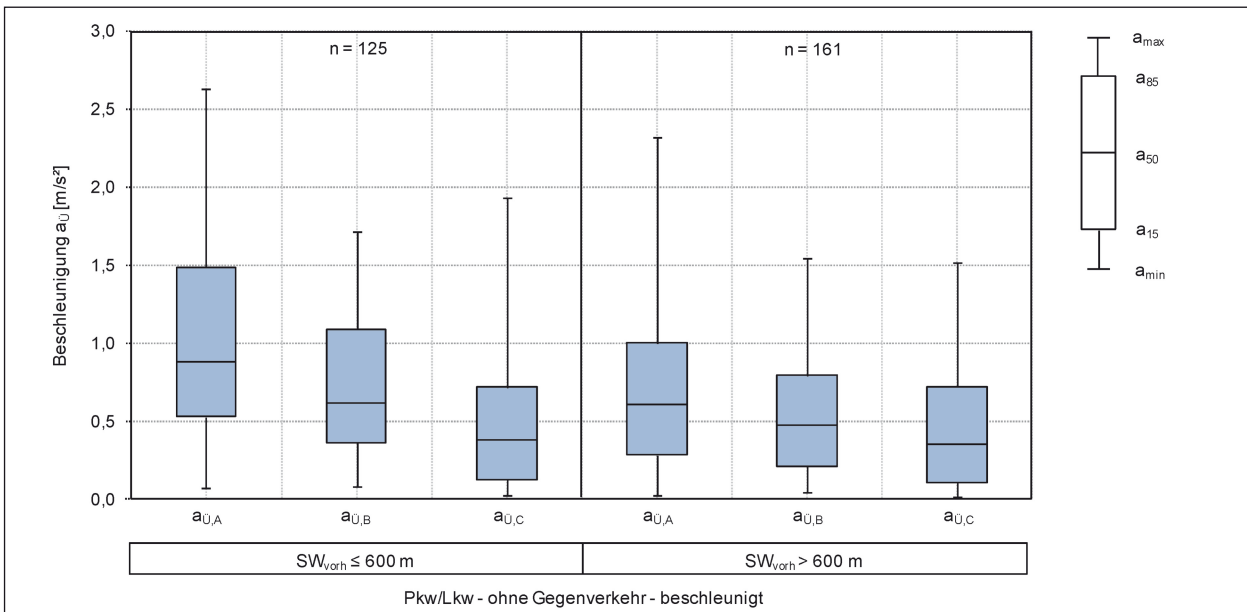
• **Pkw/Lkw-Überholungen**

Die Beschleunigungen bei Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn sind in Bild 123 dargestellt. Diese weisen die gleiche Verteilung in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn und auch die gleiche Größenordnung auf, wie bei Überholungen mit Gegenverkehr. Das Bestreben, den Überholvorgang bei kleineren Sichtweiten  $SW_{vorh} \leq 600$  m schnellstmöglich zu beenden, ist auch bei den Überholungen ohne Gegenverkehr vorhanden.

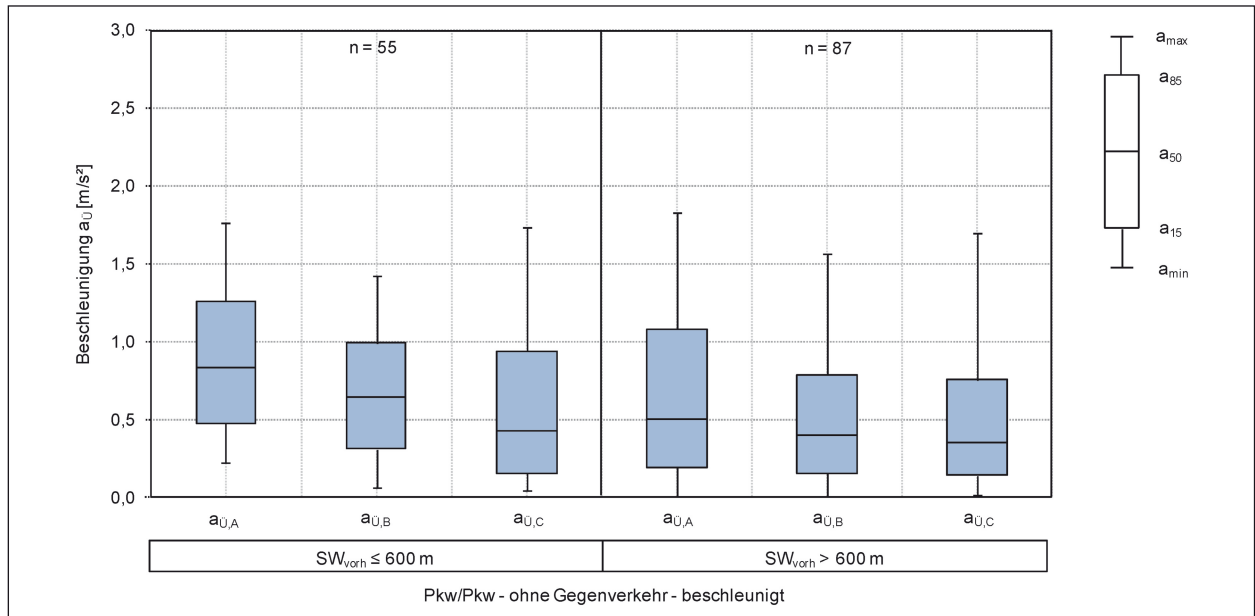
• **Pkw/Pkw-Überholungen**

Auch bei den Pkw/Pkw-Überholungen mit und ohne Gegenverkehr zeigen sich die gleichen Größenordnungen und Verteilungen der Beschleunigung in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn (Bild 124).

Bei großen Sichtweiten  $SW_{vorh} > 600$  m sind Beschleunigungen weniger stark und der Vorgang an



**Bild 123:** Beschleunigungen der Überholer bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw



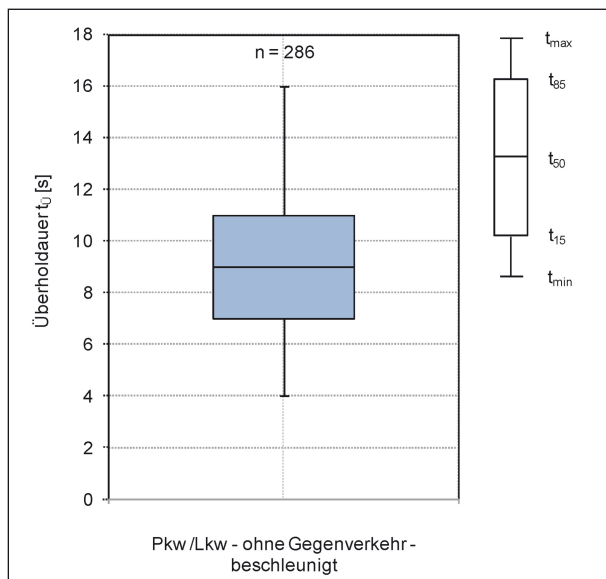
**Bild 124:** Beschleunigungen der Überholer bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw

sich weniger lang ausgeprägt, da erkennbar ist, dass die Überholung ohne Gegenverkehr sicher beendet werden kann.

**Überholdauer**

• **Pkw/Lkw-Überholungen**

Bild 125 zeigt die Überholdauern aller beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr. Das 0,50-Perzentil beträgt  $t_{\dot{U},50} = 9$  s. Die Überholdauer ist damit eine Sekunde länger als bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr.

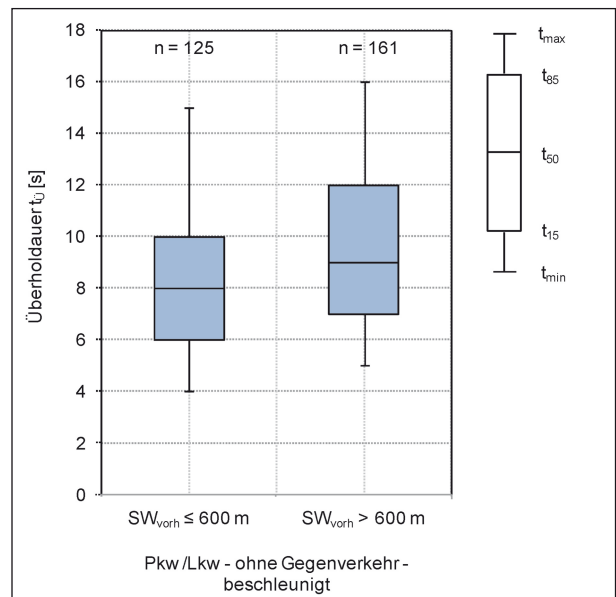


**Bild 125:** Überholdauer bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{vorh}$

In Bild 126 sind die Überholdauern in Abhängigkeit von der Sichtweite zu Überholbeginn dargestellt. Bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m beträgt die Überholdauer  $t_{\dot{U},50} = 8$  s und bei  $SW_{vorh} > 600$  m  $t_{\dot{U},50} = 9$  s.

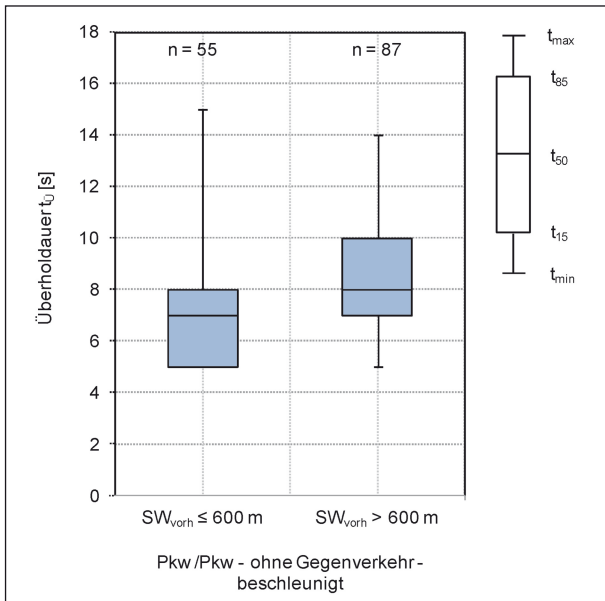
Der Grund für die längere Überholdauer bei  $SW_{vorh} > 600$  m ist die geringere Geschwindigkeit der Überholer während des Überholvorgangs. (vgl. Bild 120). Bei der gleichen Geschwindigkeit der Überholten benötigen die Überholer eine längere Zeit, um den Überholvorgang zu beenden.

Im Vergleich zu den Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr ist die Überholdauer getrennt nach



**Bild 126:** Überholdauer bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw





**Bild 127:** Überholdauer bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw

Sichtweiten  $SW_{vorh} \leq 600$  m und  $SW_{vorh} > 600$  m jeweils eine Sekunde länger.

• **Pkw/Pkw-Überholungen**

Die Überholdauer aller Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr beträgt  $t_{Ü,50} = 7$  s. In Bild 127 sind die Überholdauern getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn dargestellt. Auch hier ist die Überholdauer bei  $SW_{vorh} > 600$  m eine Sekunde länger als bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m. Die Überholdauer beträgt  $t_{Ü,50} = 8$  s bzw.  $t_{Ü,50} = 7$  s. Im Vergleich zu den Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr sind diese bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m eine Sekunde länger und bei  $SW_{vorh} > 600$  m gleich.

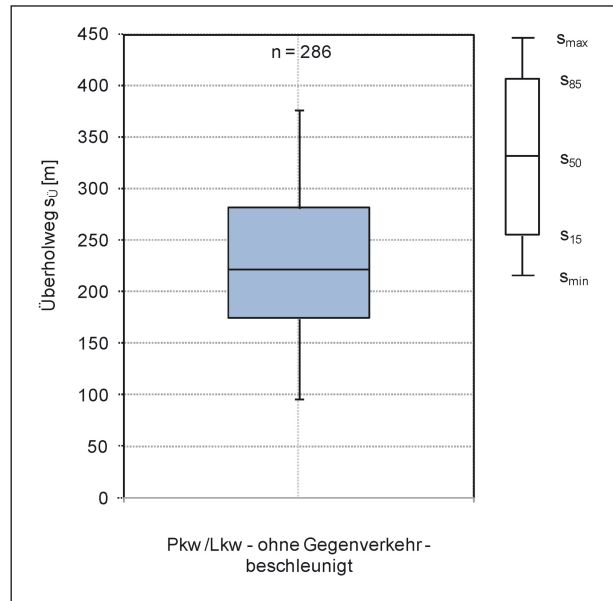
Auch hier ist die längere Überholdauer bei großen Sichtweiten mit der geringeren Geschwindigkeit der Überholer zu begründen.

**Zurückgelegter Weg**

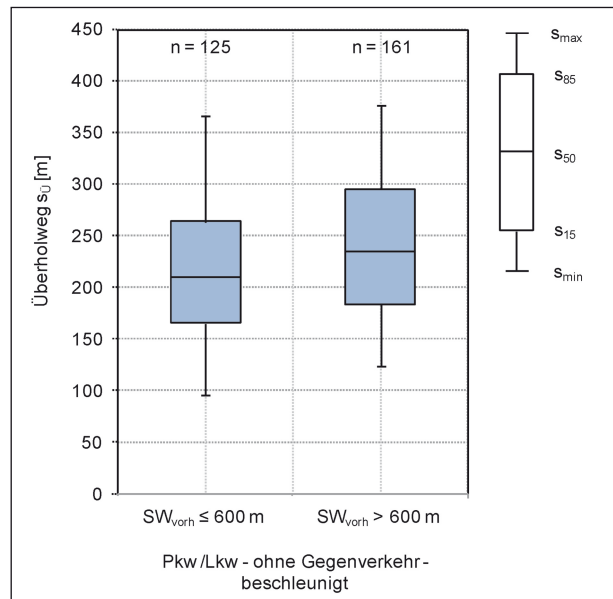
• **Pkw/Lkw-Überholungen**

Der Überholweg aller beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr beträgt  $s_{Ü,50} = 220$  m (Bild 128). Dieser ist  $\Delta s_{Ü,50} = 20$  m länger als der Überholweg beschleunigter Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr.

Die Überholwege getrennt nach dem Sicherheitsabstand zu Überholbeginn sind in Bild 129 dargestellt. Bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m beträgt der Überholweg



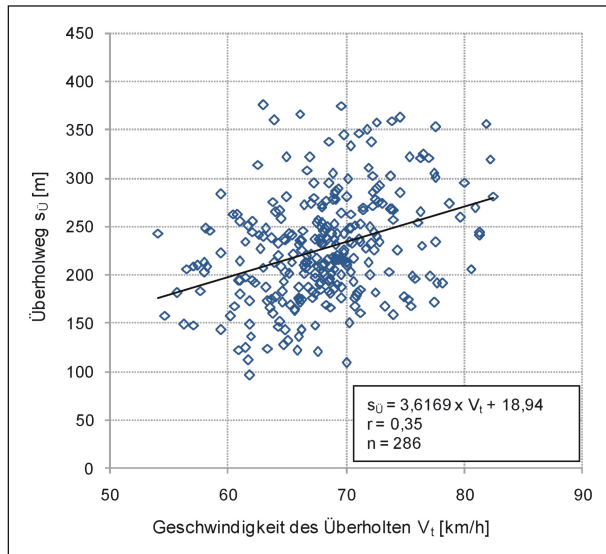
**Bild 128:** Überholweg bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw – alle  $SW_{vorh}$



**Bild 129:** Überholweg bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

$s_{Ü,50} = 210$  m und bei  $SW_{vorh} > 600$  m hat er eine Länge von  $s_{Ü,50} = 235$  m.

In Bild 130 sind die Überholwege der Pkw/Lkw-Überholungen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten dargestellt. Der Korrelationskoeffizient beträgt  $r = 0,35$ . Der Zusammenhang ist, wie auch bei den Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr, nur schwach ausgeprägt.



**Bild 130:** Überholweg in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

• **Pkw/Pkw-Überholungen**

Der Überholweg aller beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt  $s_{Ü,50} = 215$  m. Der Überholweg ist im Vergleich zu den beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr  $\Delta s_{Ü,50} = 50$  m länger.

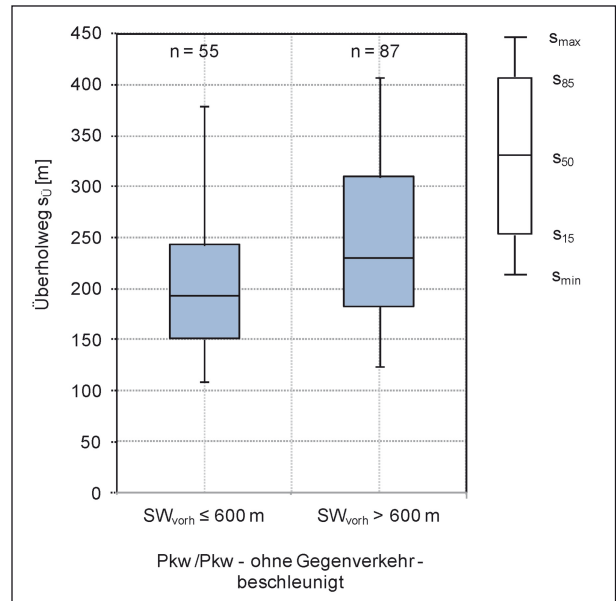
Die Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn sind in Bild 131 dargestellt. Es werden Überholwege von  $s_{Ü,50} = 195$  m bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m bzw.  $s_{Ü,50} = 230$  m bei  $SW_{vorh} > 600$  m benötigt.

**Abstand**

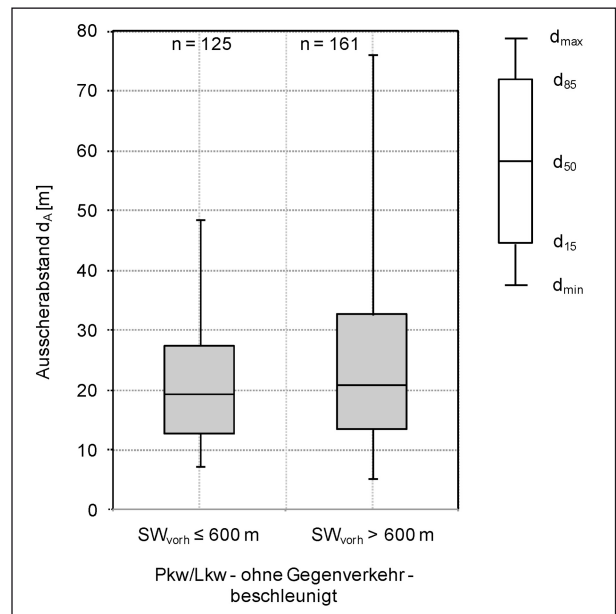
Bild 132 zeigt die Ausschereabstände für beschleunigte Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr. Diese betragen  $d_{A,50} = 20$  m. Im Vergleich zu den Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr sind die Abstände etwa zwei Meter länger.

Getrennt nach der Sichtweite zu Überholbeginn ergeben sich Abstände von  $d_{A,50} = 19$  m bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m und  $d_{A,50} = 21$  m bei  $SW_{vorh} > 600$  m.

Die Ausschereabstände der Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr sind in Bild 133 dargestellt. Der Abstand beträgt  $d_{A,50} = 12$  m bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m und  $d_{A,50} = 14$  m bei  $SW_{vorh} > 600$  m. Bei Betrachtung aller Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr ergibt sich ein Abstand von  $d_{A,50} = 13$  m.



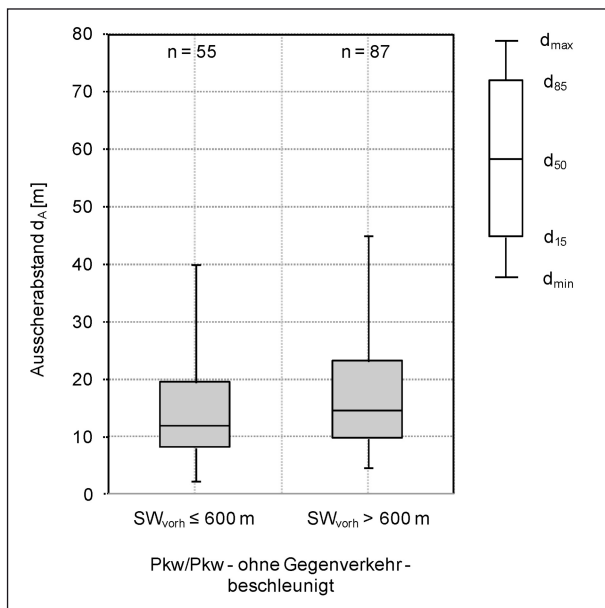
**Bild 131:** Überholweg bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw



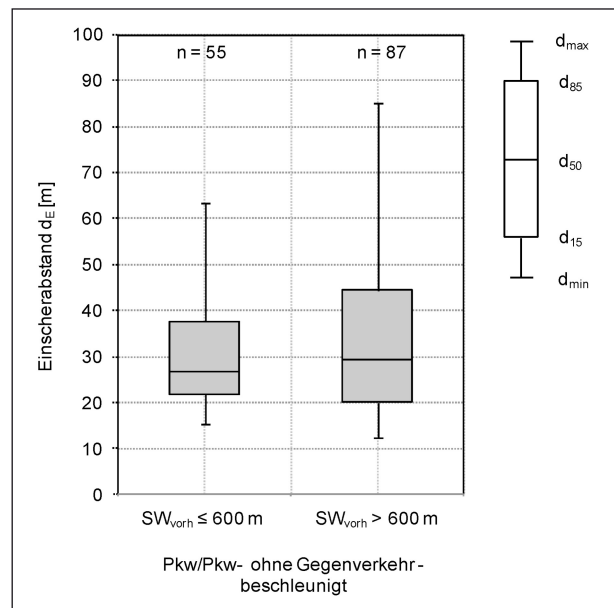
**Bild 132:** Ausschereabstand bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

Die Ausschereabstände sind in der gleichen Größenordnung wie bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr.

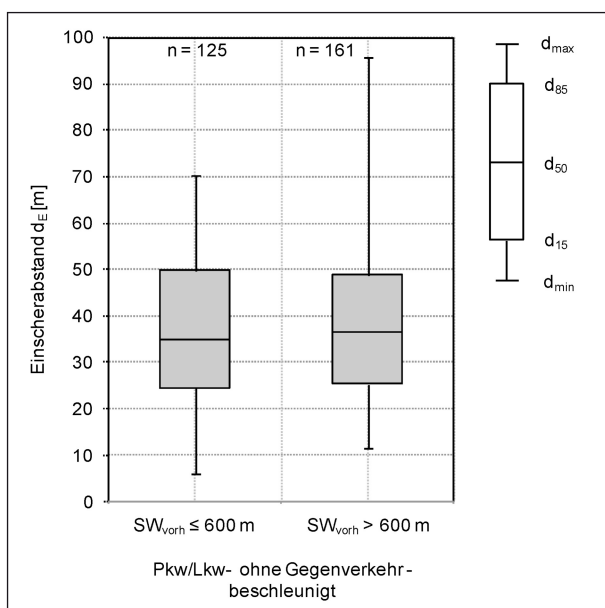
Der Einschereabstand aller beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr ist  $d_{E,50} = 36$  m lang. Dieser Abstand liegt auch bei  $SW_{vorh} > 600$  m vor. Bei  $SW_{vorh} \leq 600$  m beträgt der Einschereabstand  $d_{E,50} = 35$  m (Bild 134). Im Vergleich zu den Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr ist der Abstand bei kleinen Sichtweiten



**Bild 133:** Ausscherabstand bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 135:** Einscherabstand bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Pkw



**Bild 134:** Einscherabstand bei beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

vier Meter länger, bei großen Sichtweiten unterscheiden sich die Abstände nicht.

Die Einscherabstände der Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr sind in Bild 135 dargestellt. Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beträgt der Abstand  $d_{E,50} = 27$  m und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $d_{E,50} = 29$  m. Diese sind damit um 3 m bis 5 m länger als bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr.

Insgesamt zeigt sich, dass bei Überholungen ohne Gegenverkehr größere Einscherabstände vorhan-

den sind als bei Überholungen mit Gegenverkehr. Da die Fahrzeugführer keinen Entgegenkommen sehen, ist vermutlich das Bestreben geringer, den Überholvorgang schnellstmöglich zu beenden.

Die Ausscherabstände unterscheiden sich dagegen nur geringfügig.

### Zusammenfassung

Für die beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr kann folgendes zusammengefasst werden:

- Bei Pkw/Lkw-Überholungen beträgt die mittlere Geschwindigkeit der Überholer  $V_{\dot{U},50} = 94$  km/h bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $V_{\dot{U},50} = 91$  km/h bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m.
- Die  $V_{t,50}$  der überholten Lkw beträgt 68 km/h. Die Geschwindigkeit unterscheidet sich damit nicht von der Geschwindigkeit der überholten Lkw bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr.
- Zwischen überholten Lkw und Überholern beträgt die mittlere Geschwindigkeitsdifferenz  $\Delta V_{\dot{U}-t,50} = 25$  km/h und entspricht somit der bei Überholungen mit Gegenverkehr.
- Bei Pkw/Pkw-Überholungen fahren die Überholer mit einer Geschwindigkeit von  $V_{\dot{U},50} = 105$  km/h bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $V_{\dot{U},50} = 102$  km/h bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m.

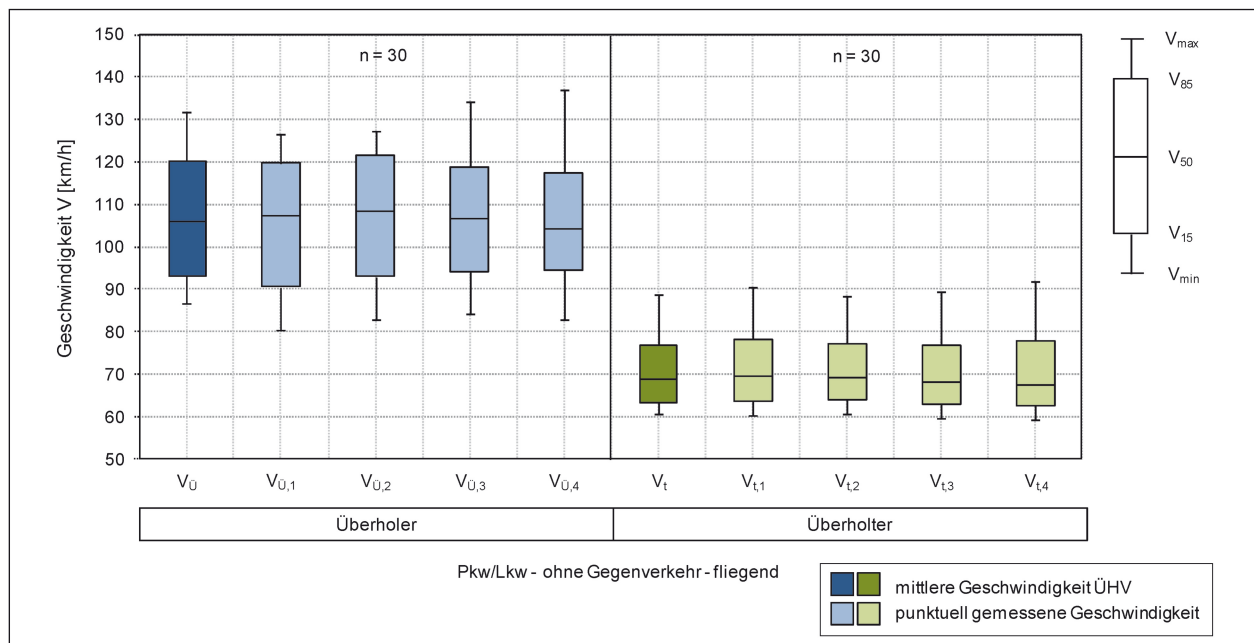
- Die überholten Pkw weisen eine Geschwindigkeit von etwa  $V_{t,50} = 80$  km/h auf.
- Die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen überholten Pkw und Überholern beträgt  $\Delta V_{\dot{U},50} = 23$  km/h. Diese entspricht der Geschwindigkeitsdifferenz bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen mit Gegenverkehr.
- Die Überholdauer bei Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr beträgt  $t_{\dot{U},50} = 8$  s bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $t_{\dot{U},50} = 9$  s bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m.
- Pkw/Pkw-Überholungen dauern  $t_{\dot{U},50} = 7$  s bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m und  $t_{\dot{U},50} = 8$  s bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m.
- Die Überholwege bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr sind 20 m länger als bei Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr. Bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m beträgt der Überholweg  $s_{\dot{U},50} = 210$  m und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $s_{\dot{U},50} = 235$  m.
- Die Überholwege bei beschleunigten Pkw/Pkw-Überholungen ohne Gegenverkehr sind bei  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m  $s_{\dot{U},50} = 195$  m und bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m  $s_{\dot{U},50} = 230$  m lang.
- Der Ausscherrabstand bei Pkw/Lkw-Überholungen beträgt  $d_{A,50} = 19$  m ( $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m) bzw.  $d_{A,50} = 21$  m ( $SW_{\text{vorh}} > 600$  m). Der Einscherrabstand ist  $d_{E,50} = 35$  m bzw.  $d_{E,50} = 36$  m.
- Bei Pkw/Pkw-Überholungen beträgt der Ausscherrabstand  $d_{A,50} = 12$  m ( $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m) bzw.  $d_{A,50} = 14$  m ( $SW_{\text{vorh}} > 600$  m). Der Einscherrabstand ist  $d_{E,50} = 27$  m bzw.  $d_{E,50} = 29$  m.
- Die Einscherrabstände sind im Vergleich zu den Überholungen mit Gegenverkehr länger. Ohne Entgegenkommenden ist das Bestreben geringer, den Überholvorgang schnellstmöglich zu beenden.

### 5.2.3 Fliegende Überholungen ohne Gegenverkehr

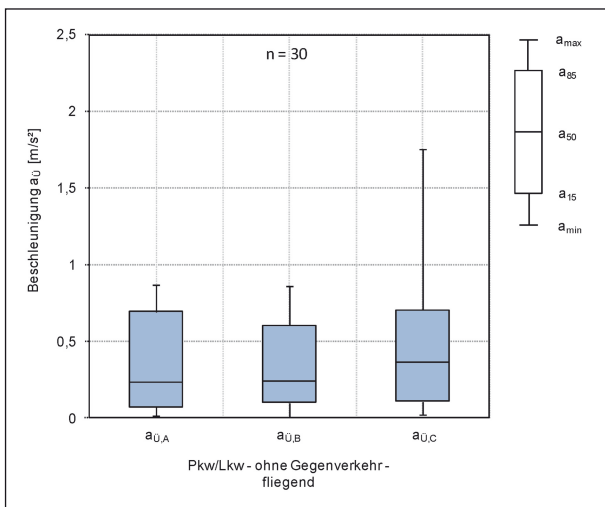
#### Geschwindigkeit

Bild 136 zeigt die Geschwindigkeiten der Überholer und der Überholten während einer fliegenden Überholung ohne Gegenverkehr. Diese fanden zu 67 % bei  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m statt.

Die Durchschnittsgeschwindigkeit während der Überholungen liegt bei  $V_{\dot{U},50} = 106$  km/h. Der Verlauf der Geschwindigkeiten während der Überholungen nach Kapitel 4.4.4 zeigt, dass die  $V_{50}$  bis zum Ende des Ausschervorgangs leicht ansteigt, jedoch bis zum Ende des Einschervorgangs wieder abnimmt. Im Vergleich zu den beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ist die Geschwindigkeit des Überholers bei fliegenden Überholungen während des gesamten Überholvorgangs sehr hoch.



**Bild 136:** Geschwindigkeiten der Überholer und der Überholten bei fliegenden Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw



**Bild 137:** Beschleunigungen der Überholer bei fliegenden Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

Die Geschwindigkeit der überholten Lkw liegt im Bereich der überholten Lkw von beschleunigten Überholungen. Das 0,50-Perzentil beträgt ca.  $V_{t,50} = 69 \text{ km/h}$ .

Die mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholten beträgt  $\Delta V_{\dot{U}-t,50} = 36 \text{ km/h}$ . Bei den fliegenden Pkw/Lkw-Überholungen liegen somit wesentlich größere Geschwindigkeitsdifferenzen als bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen vor.

**Beschleunigung**

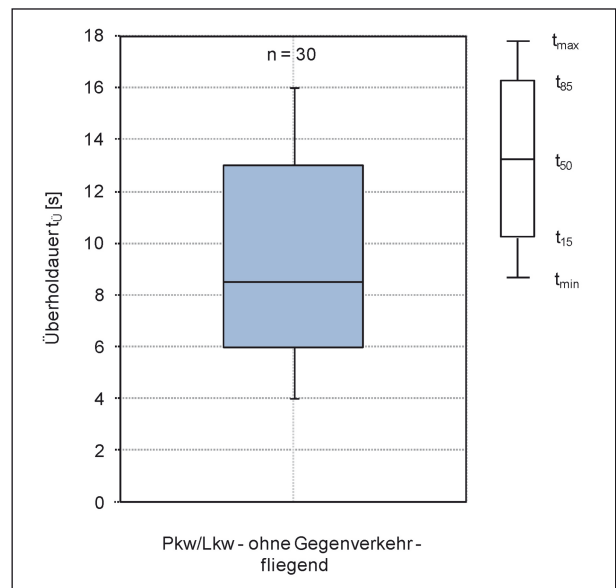
Auch bei fliegenden Pkw/Lkw-Überholungen wurden Beschleunigungen während des Überholvorgangs festgestellt (Bild 137), wenngleich die Geschwindigkeitsänderungen im Vergleich zu den beschleunigten Überholungen unwesentlich sind. Eine Aussage zum Beschleunigungsverhalten kann daher nicht abgeleitet werden.

**Überholdauer**

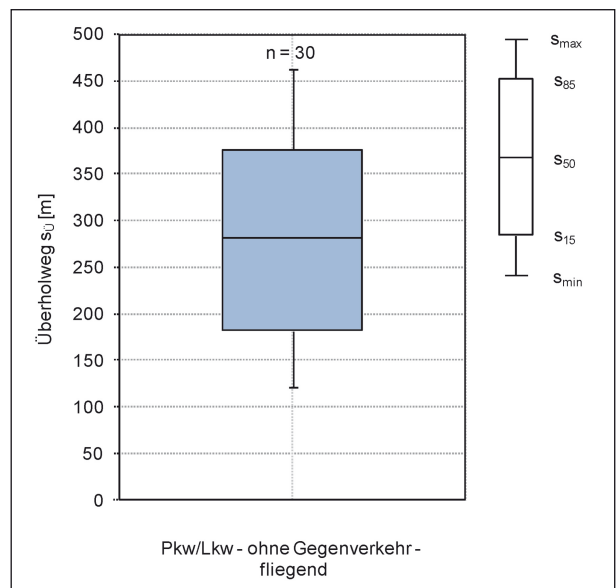
Die Überholdauer der fliegenden Pkw/Lkw-Überholungen ist in Bild 138 dargestellt. Der Median beträgt  $t_{\dot{U},50} = 8 \text{ s}$ . Dieser Wert entspricht etwa dem bei beschleunigten Überholungen. Jedoch ist die Spanne der Überholdauern vergleichsweise hoch, so beträgt das 0,15-Perzentil  $t_{\dot{U},15} = 6 \text{ s}$  und das 0,85-Perzentil  $t_{\dot{U},85} = 13 \text{ s}$ .

**Zurückgelegter Weg**

Bild 139 zeigt den Überholweg von fliegenden Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr für



**Bild 138:** Überholdauer bei fliegenden Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

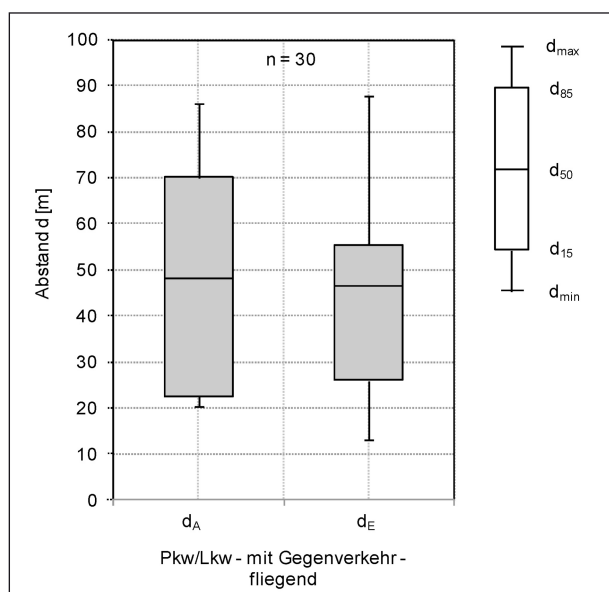


**Bild 139:** Überholweg bei fliegenden Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

alle Sichtweiten. Im Vergleich zu den beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr werden wesentlich längere Wege in Anspruch genommen, diese betragen  $s_{\dot{U},50} = 280 \text{ m}$ . Allerdings haben die fliegenden Überholungen eine wesentlich höhere Streuung. Das 0,15-Perzentil des Überholwegs liegt bei  $s_{\dot{U},15} = 180 \text{ m}$ , das 0,85-Perzentil beträgt  $s_{\dot{U},85} = 375 \text{ m}$ .

**Abstand**

In Bild 140 ist der Ausscherabstand und der Einschereabstand von fliegenden Pkw/Lkw-Überholun-



**Bild 140:** Ausscher- und Einscherabstand bei fliegenden Überholungen ohne Gegenverkehr – Pkw/Lkw

gen ohne Gegenverkehr dargestellt. Diese sind wesentlich höher als die Abstände der beschleunigten Überholungen ohne Gegenverkehr.

Der Ausscherabstand beträgt  $d_{A,50} = 48$  m. Dieser Wert ist damit knapp  $\Delta d_{A,50} = 30$  m größer als der der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr. Damit kann das Ergebnis von DURTH/HABERMEHL (1986) nicht bestätigt werden, wonach der Ausscherabstand unabhängig von der Überholart ist.

Der Einscherabstand für fliegende Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr beträgt  $d_{E,50} = 47$  m. Der Abstand ist damit um  $\Delta d_{E,50} = 11$  m länger als bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr.

### Zusammenfassung

Für fliegende Überholungen lässt sich folgendes zusammenfassen:

- Die Überholer weisen bei fliegenden Pkw/Lkw-Überholungen deutlich höhere Geschwindigkeiten auf als bei beschleunigten Überholungen. Die  $V_{\dot{U},50}$  beträgt 106 km/h.
- Die Geschwindigkeit der Überholer ist im Verlauf fliegender Überholungen nahezu konstant.
- Die Überholten fahren mit einer konstanten Geschwindigkeit von  $V_{t,50} = 69$  km/h und damit vergleichbare Geschwindigkeiten wie bei beschleunigten Überholungen.

- Die Geschwindigkeitsdifferenzen von Überholern und Überholten betragen bei fliegenden Pkw/Lkw-Überholungen  $V_{\dot{U},50} = 36$  km/h.
- Die Überholdauer beträgt  $t_{\dot{U},50} = 8$  s.
- Der Überholweg bei fliegenden Überholungen ohne Gegenverkehr beträgt  $s_{\dot{U},50} = 280$  m. 15 % aller beobachteten Überholwege waren jedoch noch länger als 375 m ( $s_{\dot{U},85} = 375$  m).
- Die Aus- und Einscherabstände sind deutlich länger als bei beschleunigten Überholungen. Der Ausscherabstand beträgt 48 m und der Einscherabstand 47 m.

### 5.3 Überholen von landwirtschaftlichem Verkehr

Wie in Kapitel 4.6 beschrieben, werden im Folgenden Überholungen betrachtet, bei denen landwirtschaftliche Fahrzeuge mit gefahrenen Geschwindigkeiten bis zu  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h von einem Pkw überholt wurden. Außerdem werden die Überholungen untersucht, bei denen ein Pkw landwirtschaftliche Fahrzeuge mit einer gefahrenen Geschwindigkeit von bis zu  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h überholt.

Es handelt sich ausschließlich um beschleunigte Überholvorgänge mit und ohne Gegenverkehr.

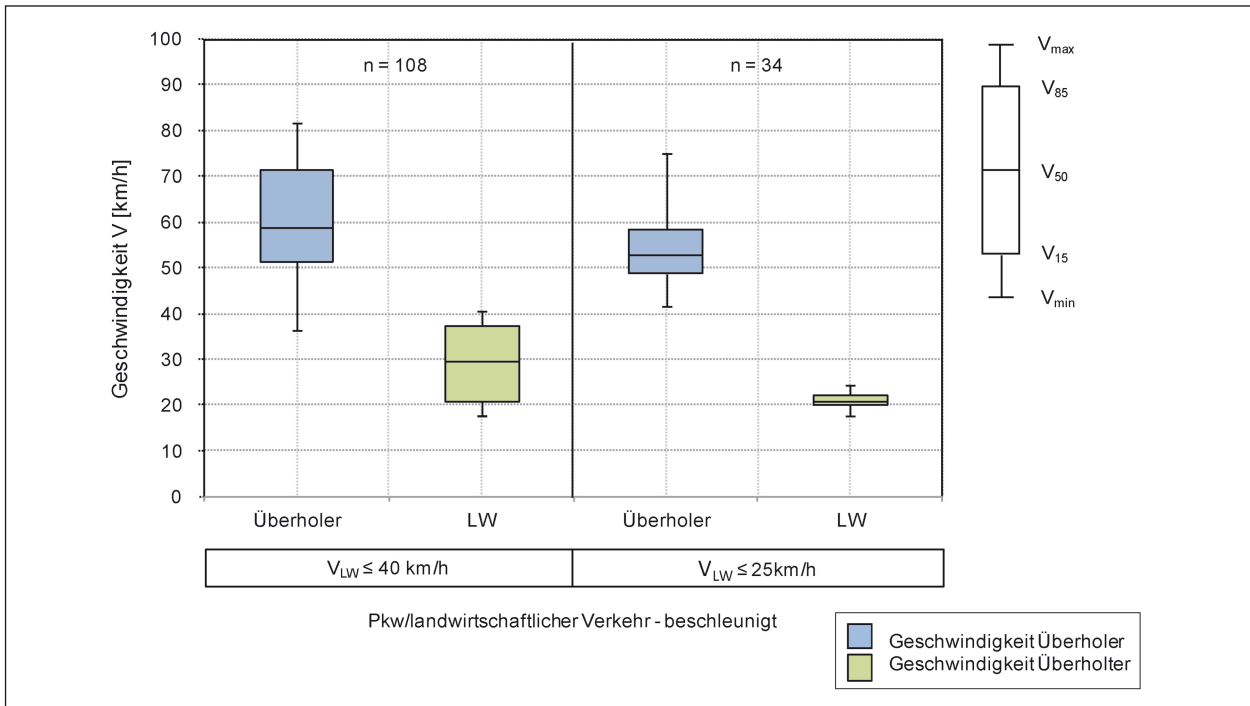
#### Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeiten von Überholern und Überholten beider Fahrzeuggruppen sind in Bild 141 dargestellt.

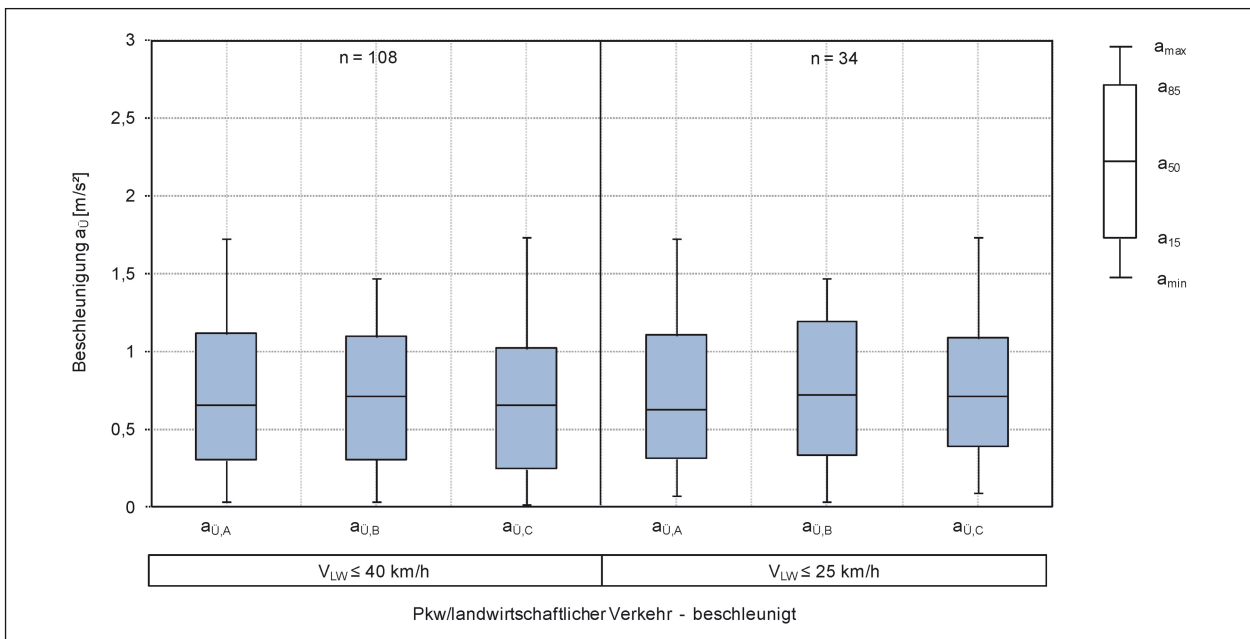
Bei Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr liegen für die Überholten Geschwindigkeiten zwischen  $17 \text{ km/h} \leq V_{t,LW} < 40 \text{ km/h}$  vor. Die  $V_{50}$  beträgt  $V_{t,LW,50} = 30$  km/h. Die mittlere  $V_{50}$  der Überholer liegt bei  $V_{\dot{U},LW,50} = 59$  km/h.

Werden nur die landwirtschaftliche Fahrzeuge mit  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h betrachtet, liegen Geschwindigkeiten der Überholten von  $17 \text{ km/h} \leq V_{t,LW} < 25 \text{ km/h}$  vor. Die  $V_{50}$  liegt bei  $V_{t,LW,50} = 21$  km/h.

Da es sich um beschleunigte Überholungen handelt, ist die Geschwindigkeit der Überholer dementsprechend geringer. Diese weisen eine Geschwindigkeit von  $V_{\dot{U},LW,50} = 52$  km/h auf.



**Bild 141:** Geschwindigkeiten der Überholer und Überholten bei beschleunigten Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit  $V_{t,LW} \leq 40 \text{ km/h}$  und  $V_{t,LW} \leq 25 \text{ km/h}$



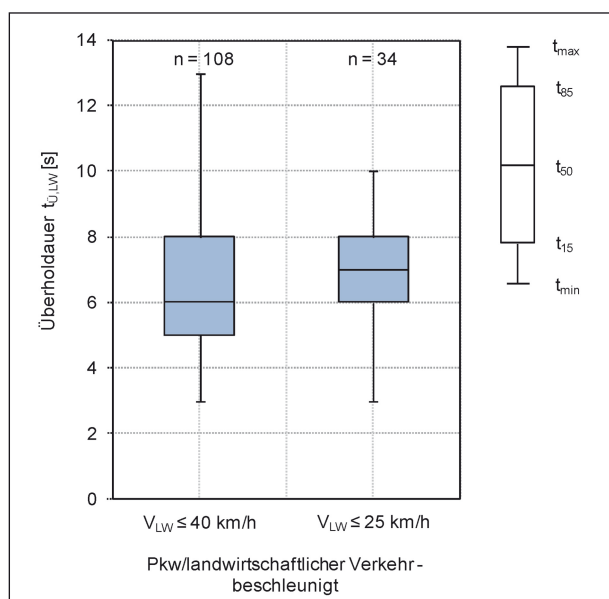
**Bild 142:** Beschleunigung der Überholer bei beschleunigten Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit  $V_{t,LW} \leq 40 \text{ km/h}$  und  $V_{t,LW} \leq 25 \text{ km/h}$

### Beschleunigung

Die Beschleunigungen bei Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr sind in Bild 142 dargestellt. Diese haben einen Wert von ca.  $a_{\ddot{U},LW,85} = 1,1 \text{ m/s}^2$ . Zwischen den beiden Geschwindigkeitsklassen sind keine Unterschiede erkennbar.

### Überholdauer

Die Überholdauer bei Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit Geschwindigkeiten von  $V_{t,LW} \leq 40 \text{ km/h}$  liegt bei  $t_{\ddot{U},LW,50} = 6 \text{ s}$ . Werden Fahrzeuge mit  $V_{t,LW} \leq 25 \text{ km/h}$  überholt, beträgt die Überholdauer  $t_{\ddot{U},LW,50} = 7 \text{ s}$  (Bild 143).



**Bild 143:** Überholdauern bei beschleunigten Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h und  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h

Die Überholdauern sind damit ca. eine Sekunde geringer als bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr bzw. zwei Sekunden geringer als bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ohne Gegenverkehr. Obwohl sehr langsame Fahrzeuge überholt werden, ist die Überholdauer vergleichsweise lang. Der Grund dafür ist, dass es sich um beschleunigte Überholungen mit geringen Ausgangsgeschwindigkeiten handelt.

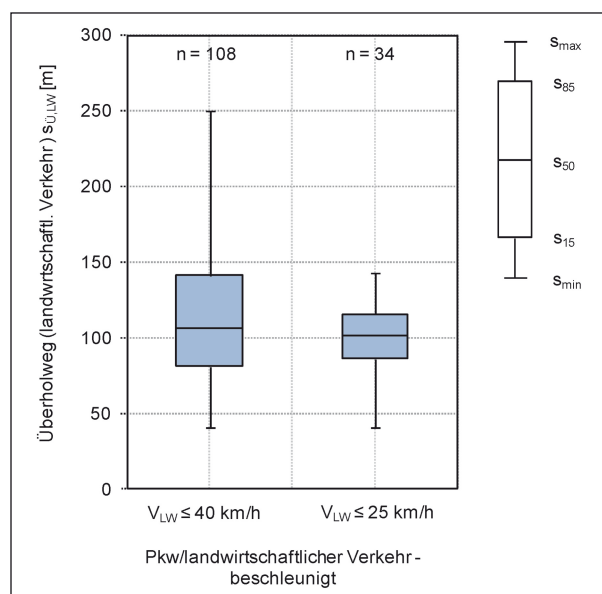
### Zurückgelegter Weg

Während Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h werden Wege von  $s_{Ü,LW,50} = 105$  m zurückgelegt. Bei Überholungen von Fahrzeugen mit  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h sind diese nur etwa 5 m geringer und betragen  $s_{Ü,LW,50} = 100$  m. Die 0,85-Perzentile beider Fahrzeuggruppen unterscheiden sich jedoch um 20 m (Bild 144).

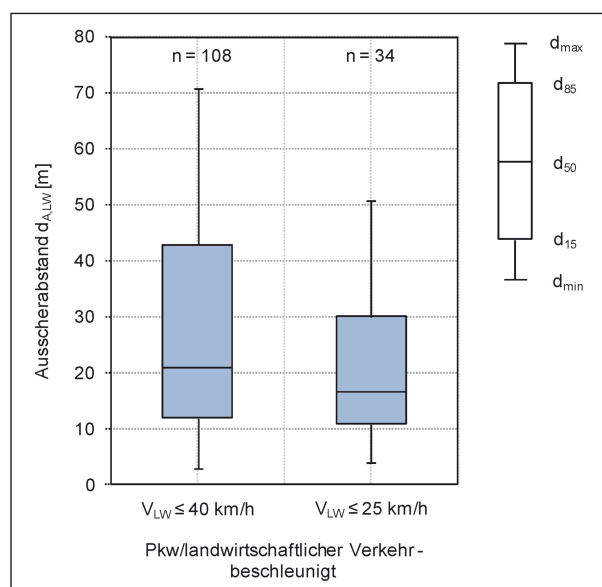
Im Vergleich zu den beschleunigten Überholungen von Pkw/Lkw-Überholungen sind die Werte damit um 100 m geringer.

### Abstand

Bild 145 zeigt die Ausscherabstände der Überholungen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Die Ausscherabstände bei Überholungen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h betra-



**Bild 144:** Überholweg bei beschleunigten Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h und  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h

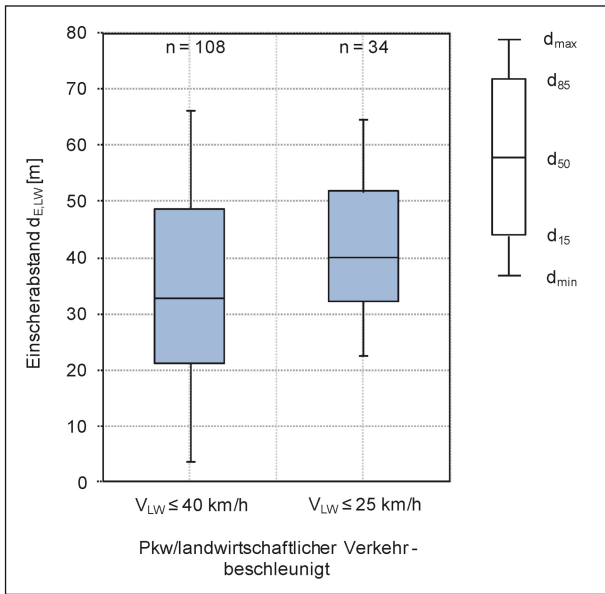


**Bild 145:** Ausscherabstände bei beschleunigten Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h und  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h

gen  $d_{A,LW,50} = 20$  m. Bei Überholungen von Fahrzeugen mit  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h liegt der Ausscherabstand bei  $d_{A,LW,50} = 16$  m.

Die Einscherabstände sind in Bild 146 dargestellt. Wird ein landwirtschaftliches Fahrzeug mit  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h überholt, beträgt der Einscherabstand  $d_{E,LW,50} = 33$  m. Bei Überholvorgängen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h liegt dieser bei  $d_{E,LW,50} = 40$  m.





**Bild 146:** Einscherabstände bei beschleunigten Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h und  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h

**Zusammenfassung**

Für Überholungen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen kann Folgendes festgehalten werden:

- Bei beschleunigten Überholungen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen betragen die mittleren Geschwindigkeiten der Überholer  $V_{\ddot{U},LW,50} = 59$  km/h bei  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h bzw.  $V_{\ddot{U},LW,50} = 52$  km/h bei  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h.
- Die Überholdauer bei Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr beträgt  $t_{\ddot{U},LW,50} = 6$  s bzw.  $t_{\ddot{U},LW,50} = 7$  s.

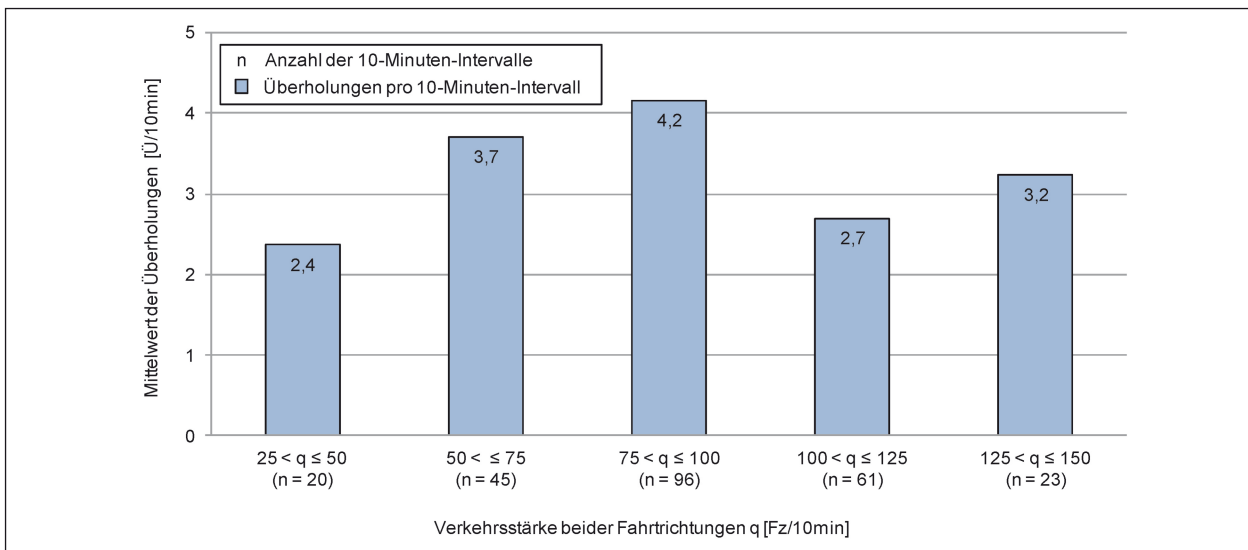
- Die Überholwege sind  $s_{\ddot{U},LW,50} = 105$  m bei  $V_{t,LW} \leq 40$  km/h und  $s_{\ddot{U},LW,50} = 100$  m bei  $V_{t,LW} \leq 25$  km/h. Sie unterscheiden sich nur gering.

**5.4 Anzahl der Überholungen in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke**

In Bild 147 ist die mittlere Anzahl der Überholungen in Abhängigkeit von der vorhandenen Verkehrsstärke dargestellt. Dabei wird die Summe der Verkehrsstärke beider Fahrtrichtungen betrachtet. Als betrachteter Zeitraum werden Intervalle von zehn Minuten gewählt.

Die meisten Überholungen werden bei Verkehrsstärken zwischen 75 Fzg/10 min und 100 Fzg/10 min durchgeführt. Im Mittel sind dies 4,2 Überholungen je 10-Minuten-Intervall. Nimmt die Verkehrsstärke ab oder zu, wird in beiden Fällen die Anzahl der Überholungen geringer.

MORENO u. a. (2012) stellten fest, dass die höchste Überholfrequenz bei Verkehrsstärken von 600 Fzg/h bis 700 Fzg/h liegt. In dieser Untersuchung fanden die meisten Überholungen bei einer Verkehrsstärke zwischen 450 Fzg/h bis 600 Fzg/h im Querschnitt statt.



**Bild 147:** Mittelwert der Überholungen in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke beider Fahrtrichtungen pro gemessenem 10-Minuten-Intervall

## 5.5 Ableitung eines Modells zur Beschreibung des Überholvorgangs

Das Überholmodell auf Landstraßen bildet die Grundlage zur Berechnung der erforderlichen Sichtweite, die ein Überholer benötigt, um die Überholung eines langsamer fahrenden Fahrzeugs einleiten und sicher beenden zu können. Diese erforderliche Sichtweite setzt sich zusammen aus dem Überholweg, dem Weg des Entgegenkommenden sowie einem Sicherheitsabstand zwischen dem Überholer und dem Entgegenkommenden am Ende der Überholung (Bild 148). Im Folgenden werden alle drei Komponenten diskutiert.

Für die Entwicklung eines Überholmodells wird die beschleunigte Überholung von Pkw/Lkw mit Gegenverkehr zugrunde gelegt. Der Grund für die Wahl dieser Überholgruppe ist, dass beschleunigte Pkw/Lkw-Überholungen 55 % aller beobachteten Einfachüberholungen ausmachen. Diese Überholungen treten somit am häufigsten auf. Darüber hinaus sind die benötigten Überholwege bei Pkw/Lkw-Überholungen länger als bei Pkw/Pkw-Überholungen. Letztere, am zweithäufigsten aufgetretene Überholgruppe (23 %), wird somit sicherheitsmäßig ebenfalls durch das Überholmodell auf der Basis von Pkw/Lkw-Überholungen abgedeckt.

Des Weiteren wird das Kollektiv auf die Überholungen mit Gegenverkehr beschränkt. Die in Kapitel 5.2 vorgestellten Ergebnisse haben gezeigt, dass die Entgegenkommenden das Fahrverhalten der Überholer beeinflussen. Da bei der Festlegung der erforderlichen Überholweite der Entgegenkommende berücksichtigt wird, sind die Überholungen mit Gegenverkehr auch maßgebend für die Ableitung des Überholmodells. Die Verwendung der Überholungen mit Gegenverkehr führt dazu, dass die Anforderungen an die erforderlichen Sichtweiten nicht zu groß werden, da bei Gegenverkehr kürzere Überholwege bzw. -dauern in Anspruch genommen werden.

Für die Ermittlung der erforderlichen Überholweite werden deshalb alle beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr einbezogen.

Dem Modell wird weiterhin der 50%-Wert der beobachteten Geschwindigkeiten der Überholer zugrunde gelegt. Es wird davon ausgegangen, dass 50 % der Überholer schneller fahren und somit 50 % der Überholer einen kürzeren Überholweg benötigen.

Das Gleiche gilt auch für die zugrunde gelegte Überholdauer. Hier wird für das Kollektiv der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr der 50%-Wert der beobachteten Überholdauern mit  $t_{ü,50} = 8$  s einbezogen.

### Überholweg

Der erforderliche Überholweg wird maßgeblich von der Geschwindigkeit des Überholten bestimmt. Die Herleitung kann unterschiedlich erfolgen. Nachfolgend werden zwei verschiedene Ansätze beschrieben und diskutiert:

- (1) Ansatz einer einheitlichen Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholern und Überholten und
- (2) Ansatz der tatsächlich beobachteten Geschwindigkeiten der Überholer und der Überholten.

Wie in Kapitel 5.2.1 festgestellt, liegen die Geschwindigkeiten der überholten Lkw unter denen aller bei den Querschnittsmessungen erfassten Lkw. Für die Modellbildung werden die 50%-Lkw-Geschwindigkeiten ( $V_t$ ) aus den Querschnittsmessungen verwendet. Sie betragen gemittelt über alle Strecken  $V_{t,50} = 70$  km/h (vgl. Tabelle 34, Kapitel 5.2.1).

Zu (1) Berechnete einheitliche Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den Überholern und den Überholten

Die Geschwindigkeiten der überholten Lkw wurden in drei Klassen zwischen  $60 \text{ km/h} \leq V_t < 75 \text{ km/h}$  in

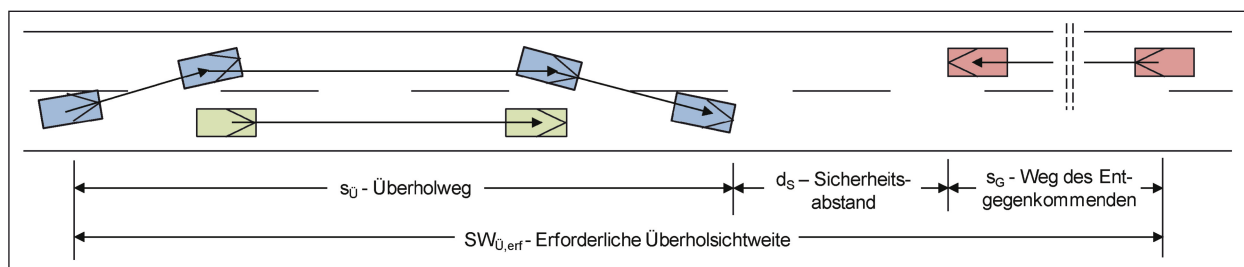


Bild 148: Definition des erforderlichen Überholwegs

$V_t$ [km/h]	$V_{t,50}$ [km/h]	$\Delta V_{\ddot{u}-t,50}$ [km/h]	Anzahl n
$60 \leq V_t < 65$	63,3	25,2	31
$65 \leq V_t < 70$	67,7	25,8	63
$70 \leq V_t < 75$	72,3	24,4	44

**Tab. 46:** Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen Überholern und Überholten in Abhängigkeit von den Geschwindigkeiten der Überholten

5-km/h-Schritten untergliedert. Diesen Klassen wurden jeweils die mittleren Geschwindigkeitsdifferenzen zugeordnet. Für jede Klasse wurde das 0,50-Perzentil bestimmt.

Anhand der Ergebnisse lässt sich bei diesem Ansatz für alle Geschwindigkeitsklassen der überholten Lkw eine einheitliche Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholern und Überholten von  $\Delta V_{\ddot{u}-t,50} = 25 \text{ km/h}$  ableiten (Tabelle 46).

Durch Gleichung 5.3 und die Geschwindigkeit der Überholten von  $V_t = 70 \text{ km/h}$  ergibt sich die Geschwindigkeit der Überholer zu  $V_{\ddot{u},50} = 95 \text{ km/h}$ .

$$V_{\ddot{u},50} \left[ \frac{km}{h} \right] = V_{t,50} \left[ \frac{km}{h} \right] + \Delta V_{\ddot{u}-t,50} \left[ \frac{km}{h} \right] \quad (5.3)$$

Anhand der ermittelten Überholdauer von  $t_{\ddot{u},50} = 8 \text{ s}$  wird der Überholweg nach Gleichung 5.4 bestimmt.

$$s_{\ddot{u},50} [m] = \frac{V_{\ddot{u},50} [km/h]}{3,6} \times t_{\ddot{u},50} [s] \quad (5.4)$$

Nach Ansatz 1 ergibt sich ein Überholweg von  $s_{\ddot{u},50} = 211 \text{ m}$ .

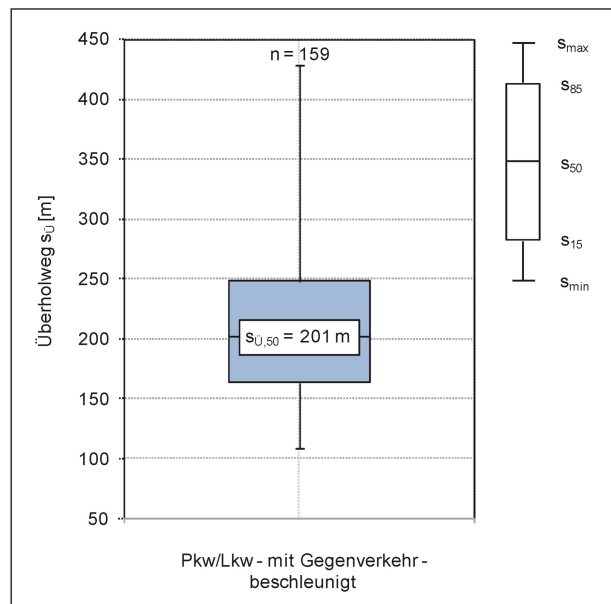
Zu (2) Beobachtete Geschwindigkeiten der Überholer und der Überholten

Die Geschwindigkeiten der Überholer hängen linear von den Geschwindigkeiten der Überholten ab (vgl. Kapitel 5.2.1, Bild 73). Der Zusammenhang wird durch Gleichung 5.5 mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,56$  wiedergegeben.

$$V_{\ddot{u}} \left[ \frac{km}{h} \right] = 1,0106 \times V_t \left[ \frac{km}{h} \right] + 24,079 \quad (5.5)$$

Anhand von Gleichung 5.5 kann die Geschwindigkeit der Überholer  $V_{\ddot{u},50}$  berechnet werden. Diese beträgt  $V_{\ddot{u},50} = 95 \text{ km/h}$ .

Mittels Gleichung 5.4 und der Überholdauer von  $t_{\ddot{u},85} = 8 \text{ s}$  ergibt sich ebenfalls ein Überholweg von  $s_{\ddot{u},50} = 211 \text{ m}$ .



**Bild 149:** Überholwege der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr

**Vergleich der berechneten Überholwege mit den empirischen Werten**

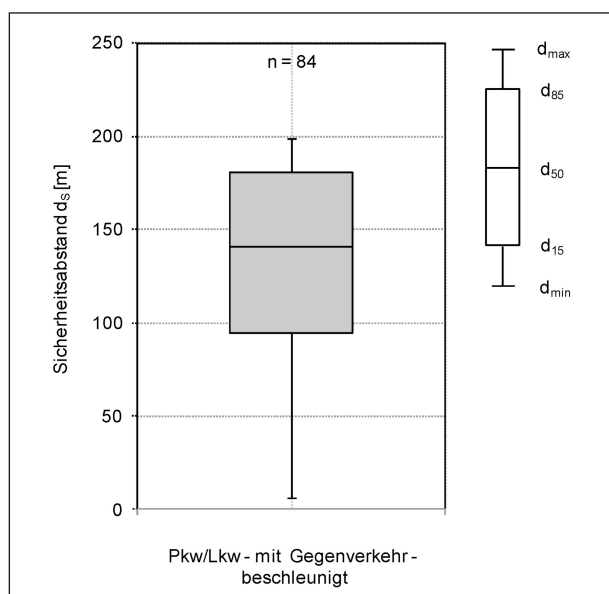
Die zwei erläuterten Ansätze zur Bestimmung des Überholwegs ergeben denselben Überholweg von  $s_{\ddot{u},50} = 211 \text{ m}$ .

Für den Vergleich der modellmäßig berechneten mit den tatsächlich beobachteten Überholwegen sind Letztere nochmals in Bild 149 dargestellt. Der beobachtete Überholweg, in dem 50 % aller Überholungen beendet werden, beträgt  $s_{\ddot{u},50} = 201 \text{ m}$ . Der Grund für die Differenz des vorher auf zwei Wegen berechneten Überholwegs von  $s_{\ddot{u},50} = 211 \text{ m}$  zu diesem beobachteten Wert ist die Wahl der Geschwindigkeit von  $V_t = 70 \text{ km/h}$  bei der Modellbildung statt der beobachteten Geschwindigkeit überholter Lkw von  $V_{t,50} = 68 \text{ km/h}$ .

Für das Überholmodell wird der berechnete Überholweg auf  $s_{\ddot{u}} = 210 \text{ m}$  gerundet.

**5.5.1 Sicherheitsabstand**

Im Modell wird für den Sicherheitsabstand ebenfalls das 0,50-Perzentil der beobachteten Sicherheitsabstände bei Überholungen zugrunde gelegt. Aufgrund der sehr hohen gemessenen Sicherheitsabstände werden jedoch nur diejenigen in die Berechnung einbezogen, die  $d_s \leq 200 \text{ m}$  sind. Dies entspricht dem Sicherheitsabstand, der von 50 % der Überholer bei Überholungen mit Gegenverkehr unterschritten wurde (Anhang 13). Das 0,50-Perzentil



**Bild 150:** Sicherheitsabstände zwischen Überholer und Entgegenkommenden am Ende der Überholung bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw –  $d_S \leq 200$  m

des Sicherheitsabstands bei Überholungen mit  $d_S \leq 200$  m beträgt  $d_{S,50} = 140$  m (Bild 150).

Dieser Wert liegt über den früheren modellmäßigen Betrachtungen von  $d_S = 100$  m und bietet somit ein vergleichsweise höheres Maß an Sicherheit.

### 5.5.2 Weg der Entgegenkommenden

Der Weg der Entgegenkommenden kann aus dem 0,50-Perzentil der Geschwindigkeit der Entgegenkommenden abgeleitet werden. Die Geschwindigkeit der Entgegenkommenden entspricht etwa der V50 aller freifahrenden Fahrzeuge je Strecke. Auf den Untersuchungsstrecken wurden Geschwindigkeiten von frei fahrenden Fahrzeugen von  $89 \text{ km/h} \leq V_{50} \leq 97 \text{ km/h}$  gemessen (Tabelle 47).

Da die Geschwindigkeiten der frei fahrenden Fahrzeuge je nach Fahrzeugart und nach Strecke variieren, wird der Berechnung des Wegs der Ent-

Strecke	$V_{50}$ [km/h]	Anzahl
B 172	89	2.273
B 97	97	1.929
B 87	91	1.691
B 22	91	1.368
B 289	90	4.675
B 279	94	3.111
S 2665	90	3.174

**Tab. 47:**  $V_{50}$  der frei fahrenden Fahrzeuge auf den Untersuchungsstrecken

gegenkommenden während der Überholung die generell zulässige Höchstgeschwindigkeit von  $V_{zul} = 100 \text{ km/h}$  zugrunde gelegt. Mit der Wahl dieser Geschwindigkeit gewinnt das Modell weiter an Sicherheit.

Nach Gleichung 5.6 ergibt sich damit ein Weg der Entgegenkommenden von  $s_G = 222$  m.

$$s_G [m] = \frac{V_{zul} [km/h]}{3,6} \times t_{\bar{u}} [s] \quad (5.6)$$

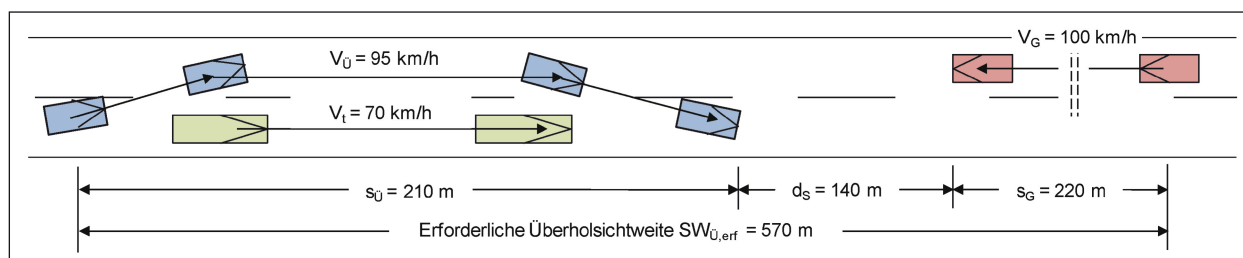
Für das Überholmodell wird der Weg des Entgegenkommenden auf  $s_G = 220$  m gerundet.

### 5.5.3 Ableitung des Überholmodells

Die erforderliche Überholsichtweite  $SW_{\bar{u},erf}$  ergibt sich in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten ( $V_t = 70 \text{ km/h}$ ) als Summe der Wege von Überholer ( $s_{\bar{u}} = 210 \text{ m}$ ) und Entgegenkommenden ( $s_G = 220 \text{ m}$ ) sowie dem Sicherheitsabstand zwischen beiden am Ende des Überholvorgangs ( $d_S = 140 \text{ m}$ ) (Bild 151).

Es ergibt sich eine erforderliche Überholsichtweite von  $SW_{\bar{u},erf} = 570 \text{ m}$ .

Dieser Modellwert gilt aufgrund der generellen zulässigen Höchstgeschwindigkeit von  $100 \text{ km/h}$  für alle einbahnig zweistreifigen Straßen.



**Bild 151:** Überholmodell zur Festlegung der erforderlichen Überholsichtweite

Die Angabe einer erforderlichen Überholsichtweite in den RAL (2012) mit 600 m wird somit durch die vorliegenden empirischen Ergebnisse dieser Untersuchung grundsätzlich bestätigt.

#### 5.5.4 Überholen von landwirtschaftlichem Verkehr

In den RAL (2012) wird angegeben, dass eine Sichtweite von  $SW_{\text{vorh}} \geq 300$  m erforderlich ist, um langsame Fahrzeuge mit einer bauartbedingten Höchstgeschwindigkeit von  $V \leq 25$  km/h überholen zu können. Diese Festlegung soll anhand der erfassten Daten dieses Forschungsprojektes geprüft werden. Dafür werden die überholten landwirtschaftlichen Fahrzeuge mit einer maximal gefahrenen Geschwindigkeit von  $V_{\text{max}} = 25$  km/h herangezogen.

Es hat sich jedoch gezeigt, dass landwirtschaftliche Fahrzeuge auch weitaus höhere Geschwindigkeiten als 25 km/h aufweisen. In der vorliegenden Untersuchung nahmen sie Geschwindigkeitswerte bis 40 km/h an. Es wird daher überprüft, wie sich eine Anhebung der Geschwindigkeit der landwirtschaftlichen Fahrzeuge auf  $V_{\text{max}} = 40$  km/h auf die erforderliche Überholsichtweite auswirken würde.

Für die Berechnung werden die erhobenen Daten beschleunigter Überholungen mit und ohne Gegenverkehr von Pkw/LW herangezogen (vgl. Kapitel 5.3). Aufgrund des begrenzten Datensatzes sind die Ergebnisse jedoch nicht statistisch abgesichert und haben daher einen tendenziellen Charakter.

Auch den Überholungen landwirtschaftlicher Fahrzeuge wird das Überholmodell nach Bild 148 zugrunde gelegt, d. h., die erforderliche Sichtweite setzt sich zusammen aus dem Weg des Überholers, dem Weg eines Entgegenkommenden und einem notwendigen Sicherheitsabstand zwischen beiden am Ende der Überholung. Es wird dabei ebenfalls das 0,50-Perzentil der Überholdauer und der Geschwindigkeit des Überholers zugrunde gelegt.

Für den Überholweg werden die erhobenen Wege für die Überholung eines landwirtschaftlichen Fahrzeuges herangezogen (s. Tabelle 48, vgl. Kapitel 5.3).

Der Sicherheitsabstand wird in der gleichen Größe wie für die Überholungen von Lkw mit  $d_S = 140$  m angesetzt.

	$V_{\text{max}} = 25$ km/h	$V_{\text{max}} = 40$ km/h
$s_{\text{Ü,LW},50}$ [m]	100	105
$d_{\text{S,LW},0}$ [m]	140	140
$t_{\text{Ü,LW}}$ [s]	7	6
$V_{\text{G,LW}}$ [km/h]	100	100
$s_{\text{G,LW}}$ [m]	194	167
<b><math>SW_{\text{Ü-LW,erf}}</math> [m]</b>	<b>434</b>	<b>412</b>

Tab. 48: Zusammensetzung der erforderlichen Überholsichtweiten bei Überholungen von landwirtschaftlichem Verkehr mit  $V_{\text{max}} = 25$  km/h und  $V_{\text{max}} = 40$  km/h

Der Weg des Entgegenkommenden wird gemäß der in Kapitel 5.3 ermittelten Überholdauer nach Gleichung 5.4 berechnet. Ausgehend von der Geschwindigkeit der Entgegenkommenden ( $V_{\text{zul}}$ ) von  $V_{\text{G,LW}} = 100$  km/h ergeben sich die Wege des Entgegenkommenden nach Tabelle 48.

Folglich ist eine Überholsichtweite von  $SW_{\text{Ü-LW,erf}} = 434$  m erforderlich, um landwirtschaftliche Fahrzeuge mit  $V_{\text{max}} = 25$  km/h sicher überholen zu können. Für das Überholen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen mit  $V_{\text{max}} = 40$  km/h berechnet sich eine erforderliche Sichtweite von  $SW_{\text{Ü-LW,erf}} = 412$  m.

Es wird empfohlen, die erforderliche Sichtweite für das Überholen langsamer Fahrzeuge in den RAL (2012) zu überprüfen. Anhand der Ergebnisse dieses Projektes kann der dort angegebene Wert nicht bestätigt werden.

Weiterhin wird empfohlen zu beraten, für welche überholten Fahrzeuge das Modell ausgelegt werden soll. Landwirtschaftliche Fahrzeuge weisen heute weitaus höhere Geschwindigkeiten als  $V = 25$  km/h auf. In der vorliegenden Untersuchung nahmen diese Geschwindigkeiten bis  $V = 40$  km/h an.

## 6 Passiersichtweite

Derzeit wird im zuständigen Arbeitskreis 3.6.3 „Richtlinien für die Markierung von Straßen“ und in weiteren Gremien der FGSV diskutiert, unter welchen Randbedingungen die Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen (Z 295 StVO) in der Fahrbahnmitte von zweistreifigen Straßen empfohlen werden soll, wenn die Sichtweiten auf der freien Strecke eingeschränkt sind.

Es wird dabei erwogen den Überholvorgang als maßgebendes Kriterium in Ansatz zu bringen und diejenige Sichtweite zugrunde zu legen, die ein Überholer noch einsehen kann, wenn er sich mit seiner Front genau auf der Höhe des Hecks eines Überholten befindet. Diese alternative Überlegung beruht auf der Annahme, dass der Überholer zu diesem Zeitpunkt beim überraschenden Auftauchen eines Entgegenkommenden noch in der Lage ist, zu entscheiden, ob er den Überholvorgang sicher beenden oder ihn durch Verzögerung abbrechen soll. Diese Strecke wird in der Literatur häufig mit dem Begriff „reduzierte Überholstrecke“ bezeichnet. Zur besseren Unterscheidung wird jedoch im Folgenden hierfür der von ZIMMERMANN (2014) genannte Begriff „Passiersichtweite“ gewählt. Entsprechend wird dieser verkürzte Überholweg als „Passierweg“ und die Stelle, bei der sich die Front des Überholers auf der Höhe des Hecks des Überholten befindet, als „Passierzeitpunkt“ bezeichnet (Bild 152).

Das vorliegende Forschungsvorhaben soll den Arbeitskreis bei der Quantifizierung der Passiersichtweite unterstützen und einen Vorschlag für die zweckmäßige Lage von Anfang und Ende einer Fahrstreifenbegrenzung liefern.

Die ermittelten Kenngrößen beim Passieren können in Abhängigkeit von der weiteren Diskussion in den Regelwerken auch für die Festlegung von Überholverböten in Form von Z 276 , Z 277 StVO verwendet werden.

## 6.1 Datenerhebung

Für die Ermittlung der Passiersichtweite wurden die beobachteten beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr herangezogen.

Neben dem Passierweg wurden weiterhin die mittlere Geschwindigkeit des Überholers während des Zurücklegens des Passierwegs (Passiergeschwindigkeit) und die Passierdauer ermittelt (Bild 152).

## 6.2 Ergebnisse

### Passiergeschwindigkeit

Die Passiergeschwindigkeiten bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr sind in Bild 153 dargestellt. Die Passiergeschwindigkeit beträgt  $V_{P,50} = 96 \text{ km/h}$ .

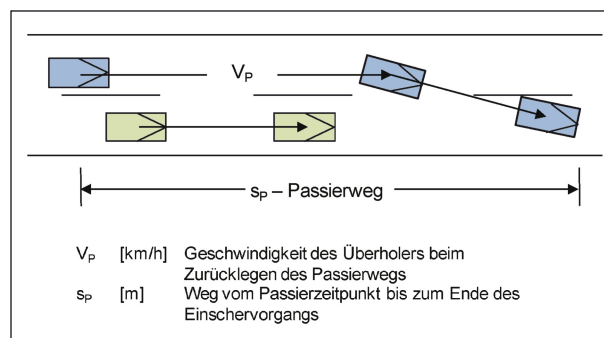


Bild 152: Definition des Passierzeitpunktes und des Passierwegs

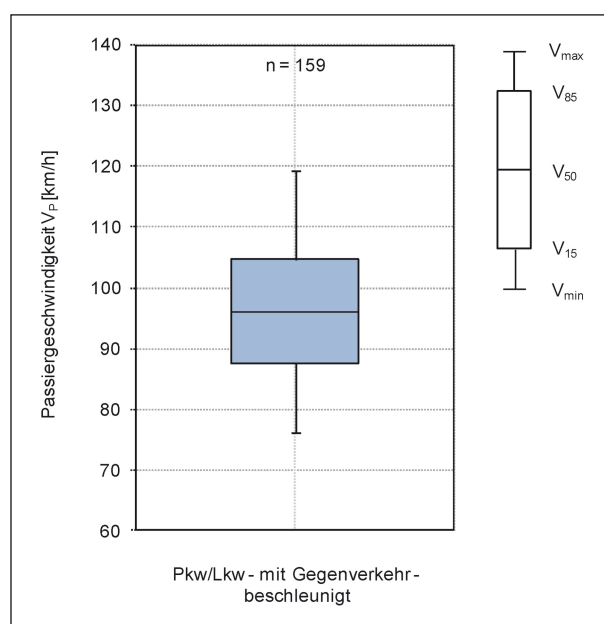


Bild 153: Passiergeschwindigkeiten der Überholer bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

### Passierweg

Die Passierwege bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr betragen  $s_{P,50} = 155 \text{ m}$  (Bild 154).

Weiterhin wurde der Anteil des Passierwegs am gesamten Überholweg berechnet. Bei 50 % der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt der Anteil des Passierwegs am Überholweg 75 %.

### Passierdauer

Bild 155 zeigt die Passierdauern von beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr. Das 0,50-Perzentil beträgt  $t_{P,50} = 6 \text{ s}$ .

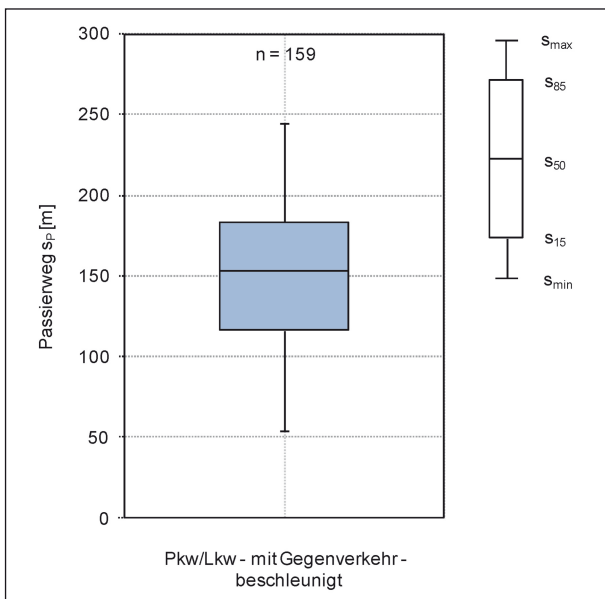


Bild 154: Passierwege bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

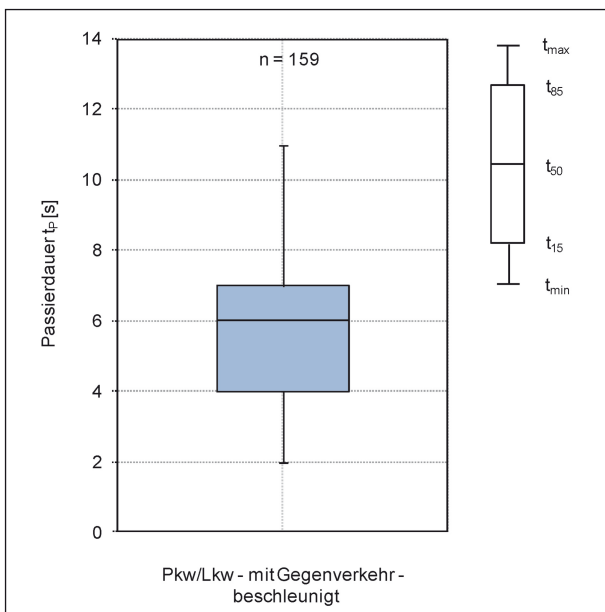


Bild 155: Passierdauern bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

**Zusammenfassung**

Hinsichtlich des Passierens lassen sich folgende Aussagen treffen:

- Bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr beträgt die Passiergeschwindigkeit  $V_{P,50} = 96$  km/h.
- Der Passierweg bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr ist  $s_{P,50} = 150$  m lang.
- Die Passierdauer bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen beträgt  $t_{P,50} = 6$  s.

**6.3 Empfehlungen für die Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen auf zweistreifigen Straßen bei eingeschränkter Sichtweite**

Als Grundlage für die nachfolgenden Empfehlungen wird der Überholvorgang als maßgebendes Kriterium in Ansatz gebracht, weil dieser das sicherheitskritischste Fahrmanöver unter Nutzung des Gegenverkehrsfahrstreifens darstellt.

Vorübergehend wurde erwogen, für Straßen der EKL 2 und EKL 3 unterschiedliche Modelle für die Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen zu entwickeln (vgl. ZIMMERMANN 2014). Jedoch hat sich der Arbeitskreis 3.6.3 zwischenzeitlich entschlossen, ein einheitliches Modell für die Straßen der EKL 2 und ELK 3 zugrunde zu legen. Dies soll auf beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr beruhen. Als erforderliche Sichtweite soll die Passiersichtweite zugrunde gelegt werden (Bild 156).

Damit sind für das Modell folgende Größen maßgebend:

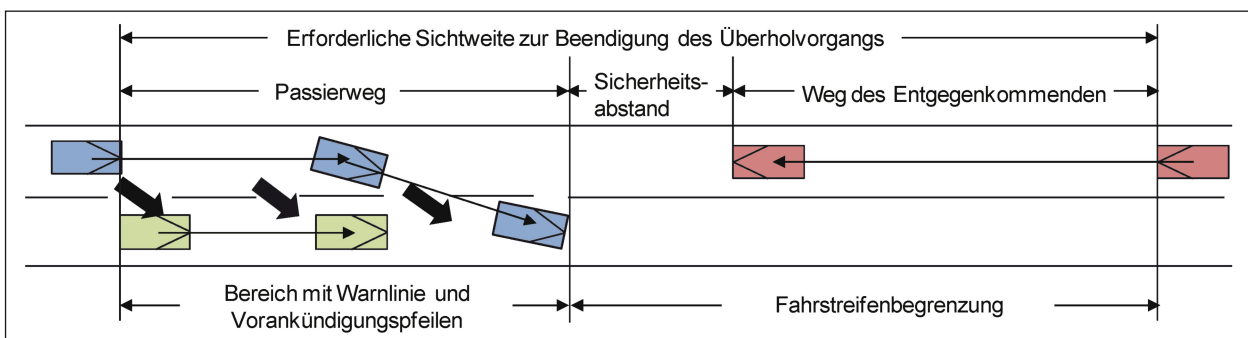


Bild 156: Modell zur Anordnung einer Fahrstreifenbegrenzung auf zweistreifigen Straßen (basierend auf einer beschleunigten Pkw/Lkw-Überholung)

- der Passierweg einer beschleunigten Überholung von Pkw/Lkw mit Gegenverkehr,
- der Sicherheitsabstand und
- der Weg des Entgegenkommenden während der Überholer den Passierweg zurücklegt.

Das Modell zur Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen auf zweistreifigen Straßen soll auf der Geschwindigkeit des Überholten basieren. Dabei soll hier keine konstante Geschwindigkeit zugrunde gelegt, sondern die Spanne der beobachteten Geschwindigkeit der Überholten abgebildet werden.

Der Passierweg wird daher anhand des Zusammenhangs der Passiergeschwindigkeit der Überholer in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten ermittelt (Bild 157). Dieser wird durch Gleichung 6.1 beschrieben:

$$V_P \left[ \frac{km}{h} \right] = 0,09631 \times V_t \left[ \frac{km}{h} \right] + 29,825 \quad (6.1)$$

Mit der in Kapitel 6.2 ermittelten Passierdauer von  $t_{P,50} = 6$  s berechnen sich nach Gleichung 6.2 die Passierwege in Tabelle 49.

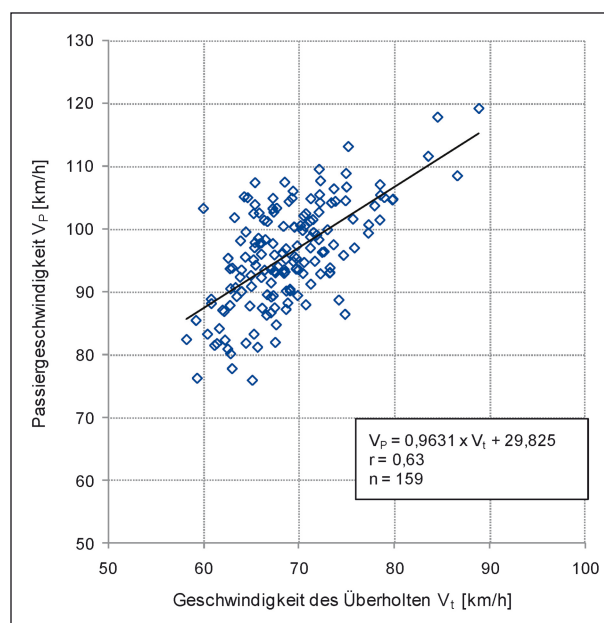
$$s_{P,50} [m] = \frac{V_{P,50} [km/h]}{3,6} \times t_{P,50} [s] \quad (6.2)$$

Der Sicherheitsabstand kann von dem in Kapitel 5.5 entwickelten Überholmodell übernommen werden. Daher geht der Sicherheitsabstand mit  $d_S = 140$  m in das Modell zur Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen auf zweistreifigen Straßen ein.

Der Weg der Entgegenkommenden wird mit der Geschwindigkeit der Überholten und der Passierdauer nach Gleichung 6.3 berechnet. Für die Geschwindigkeit der Entgegenkommenden wird, wie auch für das Überholmodell, die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf Landstraßen von  $V_{zul} = 100$  km/h angenommen. Aus der Passierdauer von  $t_{P,50} = 6$  s resultiert somit ein Weg von  $s_G = 167$  m, der auf  $s_G = 170$  m gerundet wird.

$$s_G [m] = \frac{V_{zul} [km/h]}{3,6} \times t_{\bar{U}} [s] \quad (6.3)$$

Anhand der ermittelten Wege der passierenden Fahrzeuge und der Entgegenkommenden sowie des Sicherheitsabstandes können die erforderlichen Sichtweiten zum Passieren eines Lkw  $SW_{P,erf}$  abgeleitet werden (Tabelle 50).



**Bild 157:** Passiergeschwindigkeit der Überholer in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des Überholten bei beschleunigten Überholungen mit Gegenverkehr – Pkw/Lkw

$V_t$ [km/h]	60	65	70	75	80
$V_P$ [km/h]	87,6	92,4	97,2	102,1	106,9
$s_P$ [m]	145	155	165	170	180

**Tab. 49:** Passierwege bei beschleunigten Überholungen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit der Überholten – Pkw/Lkw

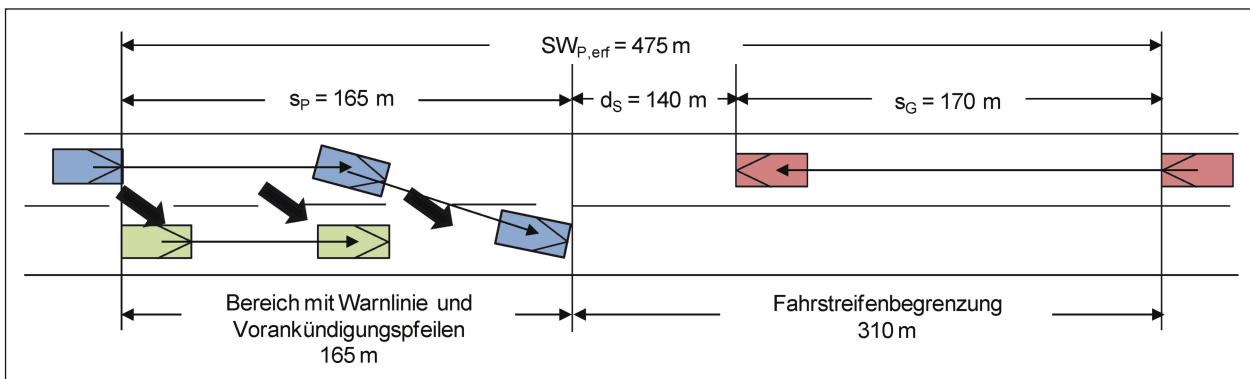
$V_t$ [km/h]	60	65	70	75	80
$s_P$ [m]	145	155	165	170	180
$d_S$ [m]	140				
$s_G$ [m]	170				
$SW_{P,erf}$ [m]	455	465	475	480	490

**Tab. 50:** Erforderliche Passiersichtweite für die Markierung von Fahrstreifenbegrenzungen

Beispielhaft ist in Bild 158 das Modell zur Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen auf zweistreifigen Straßen für die Geschwindigkeit des Überholten mit  $V_t = 70$  km/h dargestellt. Dies ist die Geschwindigkeit, die dem Überholmodell zugrunde liegt.

Es ergibt sich eine erforderliche Passiersichtweite von  $SW_{P,erf} = 475$  m. Wird also der Punkt erreicht, an dem die vorhandene Sichtweite von  $SW_{vorh} = 475$  m unterschritten wird, sollte nach diesem Modell die Anordnung einer Warnlinie mit Vorankündigungspfeilen auf einer Länge von 165 m





**Bild 158:** Modell zur Anordnung einer Fahrstreifenbegrenzung bei zweistreifigen Straßen (basierend auf einer beschleunigten Pkw/Lkw-Überholung)

beginnen. Anschließend würde die Fahrstreifenbegrenzung folgen, die an der Stelle enden kann, an der die Bedingungen für das Zulassen eines erneuten Überholvorgangs erfüllt sind.

## 7 Zusammenfassung

Im Jahr 2013 wurden die „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL 2012) vom damaligen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung eingeführt. Da das Unfallgeschehen auf Landstraßen von einer besonders hohen Unfallschwere geprägt ist, stand bei der Bearbeitung der Richtlinien auch die Verbesserung der Verkehrssicherheit im Vordergrund. Ein Ansatz war dabei, die Unfälle im Längsverkehr zu reduzieren, indem u. a. die Überholvorgänge sicherer gestaltet werden. Dafür wurde jeder der vier Entwurfsklassen (EKL) ein Überholprinzip zugrunde gelegt.

Auf Straßen der Entwurfsklasse 1 (EKL 1) soll ein gesichertes Überholen auf der gesamten Streckenlänge durch einen durchgängig dreistreifigen Querschnitt gewährleistet werden. Der dritte Fahrstreifen ist für den Verkehr wechselseitig als Überholfahrstreifen nutzbar.

Auf Straßen der EKL 2 soll ein gesichertes Überholen durch abschnittsweise dreistreifige Querschnitte gewährleistet werden. Auf den übrigen Streckenabschnitten sollte das Überholen nicht bzw. nur in Abschnitten mit ausreichend Überhol-sichtweiten zugelassen werden.

Straßen der EKL 3 sind zweistreifige Straßen, auf denen Überholvorgänge weiterhin in der Regel unter Nutzung des Fahrstreifens der Gegenrichtung erfolgen. Bei unzureichenden Sichtweiten sollten

auf diesen Straßen Fahrbahnbegrenzungslinien oder Überholverbote angeordnet werden.

Bei Straßen der EKL 4 ist das Überholen aufgrund der geringen Fahrbahnbreite die Ausnahme. Durch das geringe Verkehrsaufkommen und den geringen Schwerverkehrsanteil ist das Überholbedürfnis allerdings als gering einzuschätzen.

Auch nach Einführung der neuen RAL (2012) wird es Überholungen unter Nutzung des Fahrstreifens für den Gegenverkehr geben. Dies betrifft vor allem die Straßen der EKL 3, die jedoch den größten Anteil an Landstraßen einnehmen. Aber auch in den einbahnig zweistreifigen Streckenabschnitten von Straßen der EKL 2 müssen weiterhin Überholvorgänge berücksichtigt werden.

In den RAL (2012) wurde mangels aktueller Untersuchungsergebnisse zunächst eine erforderliche Überhol-sichtweite von 600 m auf einbahnig zweistreifigen Straßen anhand eines theoretischen Überholmodells festgelegt. Grundlage dafür ist eine fliegende Überholung, bei der ein Lkw mit einer Geschwindigkeit von 70 km/h von einem Pkw überholt wird, der mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h fährt. Der Entgegenkommende fährt ebenfalls mit der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Am Ende der Überholung beträgt der Sicherheitsabstand zwischen dem Überholer und dem Entgegenkommenden 100 m. Dieses Modell wird jedoch in den RAL (2012) nicht weiter beschrieben. Es überträgt das Überholmodell der RAS-L (1995) auf die Eingangsgrößen der RAL (2012) und beruht letztendlich damit weitgehend auf den Ergebnissen von DURTH/HABERMEHL (1986).

In der vorliegenden Untersuchung sollte das verwendete Überholmodell sowie die Eingangsgrößen überprüft und aktualisiert werden. Dabei stand, un-

abhängig vom zugrunde gelegten Modell, auch die Überprüfung der Gültigkeit des Wertes von 600 m im Fokus, der in den RAL (2012) für einen vollständigen Überholvorgang genannt ist.

Daraus leiteten sich im einzelnen folgende Arbeitsschritte ab:

- Erarbeitung eines Untersuchungskonzeptes,
- Auswahl von Messstrecken,
- Erhebung von Überholvorgängen an einbahnig zweistreifigen Landstraßen,
- Auswertung der Überholvorgänge hinsichtlich ihrer Kenngrößen und Ableitung relevanter Modellgrößen,
- Ableitung eines Modells in Abhängigkeit von entwurfstechnischen und verkehrlichen Randbedingungen (Sichtweite, Fahrzeugbeteiligung) zur Beschreibung maßgebender Überholvorgänge.

Neben der Aktualisierung des Überholmodells wurde außerdem das Ziel verfolgt, Empfehlungen zu formulieren, unter welchen Bedingungen (vorhandene Sichtweite) das Überholen unter Benutzung des Fahrstreifens der Gegenrichtung durch verkehrsrechtliche Maßnahmen unterbunden werden sollte.

### Untersuchungsmethodik

Auf der Grundlage von Erfahrungen aus vorangegangenen Untersuchungen wurden folgenden Anforderungen an die Untersuchungsstrecken gestellt:

- geringe Längsneigungen ( $s < 3 \%$ ),
- große Sichtweiten (bis 1.000 m),
- Sichtweiten im Bereich der halben Überholsichtweite (300 m bis 500 m),
- mittleres Verkehrsaufkommen (3.000 Kfz/24h bis 11.000 Kfz/24h),
- befestigte Fahrbahnbreiten von 7,0 m bis 8,5 m und
- keine Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit.

Für die Aufzeichnung von Überholvorgängen auf sieben ausgewählten Überholstrecken kam ein luftgestütztes Messdatenerfassungssystem des

Fraunhofer-Instituts für Verkehrs- und Infrastruktursystemtechnik zum Einsatz. Es besteht aus der schwebenden Sensorplattform „HORUS – Hovering Remote controlled Ultralight Sensorplattform“ und einem hochauflösenden Kamerasystem.

Die Luftbilder der Drohne wurden automatisch ausgewertet. Im Ergebnis lagen Fahrzeugtrajektorien vor. Anhand der Koordinaten der am Überholvorgang beteiligten Fahrzeuge und des Bildmaterials wurden folgende Kenngrößen von Überholungen bestimmt:

- Sichtweiten am Beginn der Überholung,
- Geschwindigkeiten des Überholers, des Überholten und des Entgegenkommenden,
- Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem,
- Beschleunigung des Überholers,
- Weg des Überholers, des Überholten und des Entgegenkommenden,
- Abstände (Ausscherabstand, Einscherabstand, Sicherheitsabstand),
- Überholdauer,
- angenommene Zeitlücken und
- am Überholvorgang beteiligte Fahrzeugart.

Zusätzlich wurden die Verkehrsstärke und die Geschwindigkeiten der freifahrenden Fahrzeuge auf den Messstrecken erfasst.

Bei der Auswertung der Überholvorgänge wurde unterschieden zwischen:

- Überholungen mit oder ohne Gegenverkehr,
- der Überholart (beschleunigt oder fliegend),
- der Fahrzeugart des Überholten (Pkw, Lkw oder landwirtschaftlicher Verkehr) und
- der vorhandenen Sichtweite zu Beginn des Überholvorgangs.

### Ergebnisse

Insgesamt konnten 1.158 Überholungen aufgenommen werden. Davon waren 79,5 % Einfachüberholungen, bei denen ein Pkw einen anderen Pkw, einen Lkw oder ein landwirtschaftliches Fahrzeug überholt hat. Mehr als die Hälfte aller Überholungen sind beschleunigte Pkw/Lkw-Überholungen.

Anhand der beobachteten Überholvorgänge können folgende Ergebnisse festgehalten werden.

- Geschwindigkeit
  - Die Überholten fahren während der Überholung mit konstanter Geschwindigkeit.
  - Die Geschwindigkeit der Überholer hängt von der Geschwindigkeit der Überholten ab.
  - Bei beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen ist eine konstante mittlere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholten und Überholern vorhanden. Diese beträgt bei Überholungen mit und ohne Gegenverkehr etwa 25 km/h.
- Beschleunigung
  - Die ermittelten Beschleunigungen sind selbst bei der Einleitung des Überholvorgangs sehr gering.
  - Die Beschleunigung nimmt im Verlauf beschleunigter Überholvorgänge noch weiter ab.
  - Bei Überholungen mit Gegenverkehr ist die Beschleunigung geringfügig höher als bei Überholungen ohne Gegenverkehr.
- Überholdauer
  - Überholungen mit Gegenverkehr haben eine kürzere Überholdauer als Überholungen ohne Gegenverkehr.
  - Die Überholdauer hängt nicht von der Geschwindigkeit des Überholten und des Überholers ab.
- Weg
  - Die Überholwege sind bei Pkw/Lkw-Überholungen aufgrund der größeren Fahrzeuglänge länger als diejenigen bei Pkw/Pkw-Überholungen.
  - Die Überholwege bei Überholungen mit Gegenverkehr sind kürzer als bei Überholungen ohne Gegenverkehr.
  - Die Überholwege bei Sichtweiten zu Überholbeginn  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m sind kürzer als bei Sichtweiten  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m.

Kenngröße		
Geschwindigkeit der Überholten	$V_{t,50}$	68 km/h
Geschwindigkeit der Überholer	$V_{\text{Ü},50}$	94 km/h
Überholdauer	$t_{\text{Ü},50}$	8 s
Überholweg	$s_{\text{Ü},50}$	200 m
Sicherheitsabstand	$d_{s,50}$	185 m
Angenommene Zeitlücke	$t_{\text{ang}}$	13 s
Passierweg	$s_{p,50}$	155 m

Tab. 51: Kenngrößen der beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr

- Abstand
  - Die Sicherheitsabstände zwischen Überholern und Entgegenkommenden am Ende der Überholung hängen nicht von der überholten Fahrzeugart – Pkw oder Lkw – ab.
  - Die Sicherheitsabstände sind bei Sichtweiten  $SW_{\text{vorh}} > 600$  m zu Überholbeginn größer als bei Sichtweiten  $SW_{\text{vorh}} \leq 600$  m.
- Passieren von Fahrzeugen
  - Die Passierwege beschleunigter Pkw/Lkw-Überholungen haben einen Anteil von 75 % am Überholweg.

Für die beschleunigten Pkw/Lkw-Überholungen mit Gegenverkehr wurden die nachfolgend genannten Kenngrößen ermittelt (Tabelle 51).

### Empfehlungen

Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse wurde ein Modell zur Bestimmung der erforderlichen Überholsichtweite entwickelt.

Die Überholsichtweite setzt sich aus dem Weg des Überholers, dem Weg des Entgegenkommenden und einem Sicherheitsabstand zwischen beiden Fahrzeugen am Ende der Überholung zusammen.

Dem Modell wird die beschleunigte Überholung eines Lkw durch einen Pkw zugrunde gelegt, da diese Überholgruppe auf Landstraßen am häufigsten auftritt und die längsten Überholwege erfordert. Für die Modellentwicklung sind dabei die Überholvorgänge mit Gegenverkehr maßgebend, da die Entgegenkommenden Einfluss auf das Fahrverhalten der Überholer haben.

Die Grundlage für das Modell ist der erhobene Zusammenhang zwischen den Geschwindigkeiten von Überholten und Überholern. Es konnten zwei gleichberechtigte Ansätze abgeleitet werden, die zur gleichen Größe des Überholwegs führen.

Für den Überholten wird eine konstante Geschwindigkeit von  $V_t = 70$  km/h angenommen. Diese entspricht der Geschwindigkeit, die von 50 % der frei fahrenden Lkw nicht überschritten wird. Daraus berechnet sich die Geschwindigkeit der Überholer  $V_{\bar{U}} = 95$  km/h. Ausgehend von der Überholdauer von  $t_{\bar{U}} = 8$  s beträgt der Überholweg  $s_{\bar{U}} = 210$  m.

Der Entgegenkommende legt während der Überholung bei einer Geschwindigkeit von  $V_G = 100$  km/h einen Weg von  $s_G = 220$  m zurück. Zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von  $d_S = 140$  m ergibt sich eine erforderliche Überholsichtweite von  $SW_{\bar{U},\text{erf}} = 570$  m.

Die Angabe einer erforderlichen Überholsichtweite in den RAL (2012) mit 600 m wird somit durch die Ergebnisse dieser Untersuchung grundsätzlich bestätigt.

Für das Überholen von landwirtschaftlichen Fahrzeugen wurde dieselbe Modellannahme getroffen wie für schnelle Fahrzeuge. Die sich dabei ergebenden Sichtweiten liegen über denen, die derzeit im Regelwerk für das Überholen langsamer Fahrzeuge vorgegeben werden. Es wird daher empfohlen, die zugrunde gelegte Fahrzeugklasse sowie die erforderliche Sichtweite für das Überholen langsamer Fahrzeuge umfassender zu überprüfen.

Im Rahmen der derzeitigen Überarbeitung der Richtlinien für die Markierung von Straßen (RMS) wird diskutiert, wie die Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen aufgrund geringer Sichtweiten erfolgen soll. Dabei wird erwogen, den Überholvorgang als maßgebendes Kriterium der Gefährdungslage in Ansatz zu bringen und dieser die sogenannte Passiersichtweite zugrunde zu legen. Die Passiersichtweite ist die Sichtweite, bei der ein Überholer beim überraschenden Auftauchen eines Entgegenkommenden noch in der Lage ist, zu entscheiden, ob er den Überholvorgang sicher beenden oder ihn durch Verzögerung abbrechen soll.

Die hier ermittelten Kenngrößen beim Passieren sowie die abgeleitete Passiersichtweite sollen als Diskussionsgrundlage für die Anordnung von Fahrstreifenbegrenzungen (Z 295 StVO) dienen. Gleich-

maßen können sie auch für die Anordnung von Überholverböten (Z 276, Z277 StVO) auf einbahnig zweistreifigen Straßen genutzt werden.

## 8 Literatur

- AASHTO (2011): A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6<sup>th</sup> Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (Hrsg.), Washington D. C., 2011
- BARK, A.; LIPPOLD, Ch.; CHALES-DE BEAULIEU, C.; HEINE, A.; VETTERS, A.; ZÖSCH, J. (2015): Empfehlungen zur Vermeidung von Zusammenstößen mit dem Gegenverkehr auf Landstraßen, Schlussbericht zum Projekt FE 03.475/2011/ARB im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Gießen 2014
- BERGH, T.; LÖFQVIST, Å. (2014): Erfahrungen aus dem Gespräch mit Torsten Bergh und Åke Löfqvist beim 5<sup>th</sup> Rural Road Meeting in Kopenhagen, Dänemark 2014
- BOENDER, J. (2014): Erfahrungen aus dem Gespräch mit John Boender beim 5<sup>th</sup> Rural Road Meeting in Kopenhagen, Dänemark 2014
- BOMAVO (2015): Bodenmarkierungsverordnung, Berücksichtigter Stand der Gesetzgebung: 01.08.2015; Internetauftritt: [http://www.jusline.at/Bodenmarkierungsverordnung\\_\(BoMaVO\).html](http://www.jusline.at/Bodenmarkierungsverordnung_(BoMaVO).html)
- BRILON, W. (1976): Unfallgeschehen und Verkehrsablauf. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 201. Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau (Hrsg.), Bonn, Bad Godesberg 1976
- BROSIUS, F. (1998): SPSS 8 – Professionelle Statistik unter Windows. International Thomson Publishing; USA, 1998
- BROWN, D. C. (1971): Close-range camera calibration. Photogrammetric Engineering, Vol. 37 (8), 1971
- BUB, H.; REUTER, K.-H.; WAGNER, O. (1968): Amtlich technische Richtlinien für die Anlage von Landstraßen. Erich Schmidt Verlag, Bonn – Bielefeld 1968
- CROW (2002): Handboek Wegontwerp – Gebiedsontsluitingswegen. CROW (Hrsg.), Ede 2002

- DESTATIS (2014): Verkehrsunfälle. Fachserie 8, Reihe 7. Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Wiesbaden 2014
- DURTH, W.; HABERMEHL, K. (1986): Überholvorgänge auf einbahnigen Straßen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 489. Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau (Hrsg.), Bonn, Bad Godesberg 1986
- EGGEN, R. I.; GIÆVER, T. (2014): Erfahrungen aus dem Gespräch mit Torsten Bergh und Åke Löfqvist beim 5<sup>th</sup> Rural Road Meeting in Kopenhagen, Dänemark 2014
- EL-HAKIM, S. F. (1986): Real-time image meteorology with ccd cameras. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 52 (11), 1986
- FGSV (1963): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Teil II: Linienführung, Abschnitt 1: Elemente der Linienführung (RAL-L-1). Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 1979
- FGSV (1973): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Teil II: Linienführung, Abschnitt 1: Elemente der Linienführung (RAL-L-1). Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 1979
- FGSV (1979): Kommentar zu den Richtlinien für die Anlage von Landstraßen, Teil: Linienführung, Abschnitt: Elemente der Linienführung. Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 1979
- FGSV (1980A): Richtlinien für die Markierung von Straßen, Teil 1: Abmessungen und geometrische Anordnung von Markierungszeichen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 1980
- FGSV (1980B): Richtlinien für die Markierung von Straßen, Teil 2: Anwendung von Fahrbahnmarkierungen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 1980
- FGSV (1984): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Linienführung, Abschnitt 1: Elemente der Linienführung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 1984
- FGSV (1993): Richtlinien für die Markierung von Straßen, Teil 1: Abmessungen und geometrische Anordnung von Markierungszeichen. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 1993
- FGSV (1995): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil Linienführung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 1995
- FGSV (2012): Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen – Trassierung, Teil: Linienführung (RVS 3.23). Forschungsgesellschaft Straße – Schiene Verkehr (Hrsg.). Wien 2001
- FSV (2001): Richtlinien für die Anlage von Landstraßen – Entwurf 2012. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Arbeitsgruppe Straßenentwurf. Köln 2012
- GRABE, W.; STOLZ, M. (1968): Ein Beitrag zur Frage der erforderlichen Überholsichtweiten auf zweispurigen Straßen. Straße und Autobahn, Heft 4/1968; Kirschbaum Verlag; Bonn, Bad Godesberg, 1968
- HALDEV (2011): HALCON/Develop Version 9.0.4 – Referenzhandbuch. MVTec Software GmbH, 2011
- HALSOL (2012): HALCON Solution Guide II-B – Matching. MVTec Software GmbH, 2012
- HARWOOD, D. W.; GILMORE, D. K.; RICHARD, K. R.; DUNN, J. M. (2008): Passing Sight Distance Criteria. National Cooperative Highway Research Program – NCHRP Report 605. Transportation Research Board, Washington 2008
- HARWOOD, D. W.; GILMORE, D. K.; RICHARD, K. R. (2009): Passing Sight Distance Criteria for Roadway Design and Marking. Paper für das Annual Meeting of the TRB 2010; Kansas City, 2009
- HASSAN, Y.; ABD EL HALIM, A. O.; EASA, S. M. (1998): Design Considerations for Passing Sight Distance and Passing Zones. Transportation Research Board; Texas, 1998

- HESUCH, H.; BOESEFELDT, J. (1994): Analyse des Überholdrucks zur Sicherheitsbewertung auf Landstraßen. Forschungsbericht zum FE-Projekt 02.148 G92F im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Abteilung Straßenbau. Bonn 1994
- HÖBLER, T. (2014): Automatische Auswertung von Überholvorgängen aus Luftbilddaufnahmen der Flugdrohne HORUS. Diplomarbeit, Dresden 2014
- Imaging Development Systems GmbH – IDS (2012): Internetauftritt der Firma. (<http://www.ids-imaging.de/>), Zugriff: 12.06.2012, 11:30
- KAYSER, J.; STRUIF, R. (1994): Maßnahmen zur Beeinflussung des Überholverhaltens. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 690. Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau (Hrsg.), Bonn, Bad Godesberg, 1994
- KJEMTRUP, K. (2014): Erfahrungen aus dem Gespräch mit Kenneth Kjemtrup beim 5<sup>th</sup> Rural Road Meeting in Kopenhagen, Dänemark 2014
- KLEINSCHMIDT, P. (1975): Der Überholvorgang und sein Einfluss auf Sicherheit und Leistungsfähigkeit des Verkehrsflusses. Dissertation an der Fakultät für Bau-, Wasser-, und Forstwesen der TU Dresden. Dresden, 1973
- LAMM, R. (1973): Fahrdynamik und Streckencharakteristik – Ein Beitrag zum Entwurf von Straßen unter besonderer Berücksichtigung der Geschwindigkeit. Veröffentlichung des Instituts für Straßenbau und Eisenbahnwesen der Universität Karlsruhe, Heft 11; Karlsruhe, 1973
- LEUTZBACH, W.; BRANNOLTE, U.; SCHMIDT, M.; BAUMANN, N. (1989): Untersuchung des Verkehrsablaufs auf einbahnigen Straßen unter besonderer Berücksichtigung langsamer Fahrzeuge. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 551. Bundesministerium für Verkehr und der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.), Bonn, Bad Godesberg 1989
- LIPPOLD, Ch.; KRÜGER, H.-P.; DIETZE, M.; SCHEUCHENPFLUG, R. (2005): Einfluss der Straßenbepflanzung und Straßenraumgestaltung auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer und auf die Sicherheit im Straßenverkehr auf Außerortsstraßen (Pilotstudie). Forschungsauftrag 02.0217/2002/LGB der BAST. Dresden, 2005
- LIPPOLD, Ch.; WEISE, G.; KUCZORA, V.; JÄHRIG, Th. (2006): Ganzheitliche auf Entwurfsklassen beruhende Entwurfsrichtlinien für Straßen außerhalb bebauter Gebiete (Landstraßen); Forschungsauftrag 02.226/2002/ARB der BAST; Dresden 2006
- LIPPOLD, Ch.; KRÜGER, H.-P.; SCHULZ, R.; SCHEUCHENPFLUG, R. (2007): Einfluss der Straßenbepflanzung auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit (Hauptstudie); Forschungsauftrag FE 82.296/2005/AGB der BAST. Dresden, 2007
- LIPPOLD, Ch.; BARK, A.; ENZFELDER, K.; KUCZERA, V. (2012): Wirkung, Akzeptanz und Dauerhaftigkeit von Elementen zur Fahrtrichtungstrennung auf Landstraßen; FE 02.281/2007/AGB im Auftrag der BAST. Dresden, 2012
- LIPPOLD, Ch.; WEISE, G.; JÄHRIG, Th. (2012): Sicherheit zweistreifiger Bundesstraßen – Bewertung der Maßnahmen (AOSI-Teil 4). Forschungsauftrag 82.355/2008 der BAST, Dresden 2012
- LLORCA, C.; GARCIA, A. (2011): Evaluation of passing process on two-lane rural highways in Spain with new methodology based on video data. Paper und Poster des 90<sup>th</sup> Annual Meeting of the TRB; Valencia, 2011
- LLORCA, C.; GARCIA, A.; PEREZ-ZURIAGA, A. M.; MORENO, A. T. (2011): New Experimental Approach for Passing Gap Acceptance. Paper for the Annual Meeting of the TRB 2012, Valencia 2011
- LLORCA, C.; MORENO, A. T.; GARCIA, A.; PEREZ-ZURIAGA, A. M. (2012A): Observations of daytime and nighttime passing maneuvers on a two-lane rural road in Spain. Paper for the Annual Meeting of the TRB 2013. Valencia, 2012
- LUHMANN, Th. (2010): Nahbereichsphotogrammetrie – Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Wichmann, Berlin 2010
- MORENO, A. T.; LLORCA, C.; GARCIA, A.; PEREZ-ZURIAGA, A. M. (2012): Operational effectiveness of passing zones depending on their length and traffic volume. Paper for the

- Annual Meeting of the TRB 2013. Valencia, 2012
- NETZER, M. (1966): Der Überholvorgang auf Landstraßen unter Berücksichtigung der Verkehrssicherheit. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 50. Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau (Hrsg.), Bonn 1966
- NRA (2002): Design Manual for Roads and Bridges – Volume 6: Road Geometry. National Roads Authority (Hrsg.), Dublin 2002
- OTTEN, N.; HABERMEHL, K. (1989): Vergleich der Ergebnisse von Feld- und Simulatorexperimenten zum Überholverhalten von Kraftfahrern. Bericht zum Forschungsbericht 8527/8 der Bundesanstalt für Straßenwesen. Bergisch Gladbach, 1989
- OTTEN, N.; HAHN, S. (1987): Simulatorversuche zum Überholverhalten. Straße und Autobahn, Heft 6/1987; Kirschbaum Verlag; Bonn, 1987
- POLUS, A.; LIVNEH, M.; FRISCHER, B. (2000): Evaluation of the Passing Process on Two-Lane Rural Highways. Transportation Research Record, Paper no. 00-3256
- ROQUE de ALMEIDA, C. (2009): Criteria for uniform designing and signing of no-passing zones in Portugal. Paper submitted to the 4<sup>th</sup> International Symposium on Highway Geometric Design. Alges, 2009
- RUNKEL, M. (2012): Die Bedeutung der Sichtbehinderung durch Lastkraftwagen für Überholvorgänge auf zweispurigen Landstraßen. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 97 Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau (Hrsg.), Bonn 2012
- SCHLAG, B.; LIPPOLD, Ch.; ENZFELDER, K.; VOIGT, J. (2012): Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen. FE 02.82.0335/2007/AGB im Auftrag der BAST; Dresden (laufende Arbeit)
- STEIERWALD, G.; JACOBS, F.; FEIER, H. (1986): Überholverhalten und Qualität auf zweispurigen Landstraßen mit Gegenverkehr. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 472. Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau (Hrsg.), Bonn, Bad Godesberg 1986
- STEINAUER, B.; KRÜGER, H.-P.; BECHER, T.; BAIER, M.; SCHEUCHENPFLUG, R. (2006): Berücksichtigung psychologischer Aspekte im Entwurf von Landstraßen – Grundlagenstudie. FE 02.230/2003/AGB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Schlussbericht; Aachen, 2006
- StVO (2013): Straßenverkehrsordnung vom 06.03.2013
- TRAPP, K.-H.; KRAUS, B. (1983): Messung und Überprüfung der Einflüsse: Steigungsklassen, Kurvigkeit, Überholmöglichkeit und Fahrstreifenbreite im Bemessungsverfahren RAS-Q. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 381. Bundesministerium für Verkehr, Abt. Straßenbau (Hrsg.), Bonn, Bad Godesberg 1983
- TRUCCO, E.; VERRI, A. (1998): Introductory Techniques for 3-D Computer Vision. Prentice Hall, Upper Saddle River 1998
- VSS (1992): Schweizer Norm 640 090a – Projektierung, Grundlagen, Sichtweiten. Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (Hrsg.). Zürich, 1992
- VwV-StVO: Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrsordnung, Verkehrsblatt-Verlag, Dortmund 1999
- ZIMMERMANN, M. (2014): Modellbildung zur Beurteilung von Überholvorgängen unter Nutzung des Gegenfahrstreifens auf Landstraßen – Teil 1 und Teil 2. Straßenverkehrstechnik 05./06.2015, Kirschbaumverlag (Hrsg.), Bergisch Gladbach 2015

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2014

V 235: **Dynamische Messung der Nachtsichtbarkeit von Fahr-  
bahnmarkierungen 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](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.

V 237: **Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nach-  
weis 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 Straßenbetriebs-  
dienst – Sommerdienst**

Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00

V 239: **Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmar-  
kierungen**

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 Bodenin-  
dikatoren 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 Knotenpunk-  
te 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 – Grundlage-  
ermittlung**

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 längs-  
gerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Land-  
straßen**

Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 250: **Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen  
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 251: **Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumge-  
staltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken**

Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50

V 252: **Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose  
für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen**

Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx,

Peters, Reimer, Zipf € 15,00

V 253: **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den  
Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen**

Baier, Kemper

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 254: **Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-  
Lkw**

Wellner, Uhlig

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 255: **Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssi-  
cherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw**

Zimmermann, Riffel, Roos

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 256: **Grundlagen für die Einbeziehung der sonstigen Anlagen-  
teile von Straßen in die systematische Straßenerhaltung als Vor-  
aussetzung eines umfassenden Asset Managements**

Zander, Birbaum, Schmidt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 257: **Führung des Radverkehrs im Mischverkehr auf innerörtli-  
chen Hauptverkehrsstraßen**

Ohm, Fiedler, Zimmermann, Kraxenberger, Maier

Hantschel, Otto € 18,00

V 258: **Regionalisierte Erfassung von Straßenwetter-Daten**

Holldorb, Streich, Uhlig, Schäuferle € 18,00

V 259: **Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellie-  
rung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten**

Geistefeldt, Sievers

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 260: **Berechnung der optimalen Streudichte im Straßenwinter-  
dienst**

Hausmann

€ 15,50



V 261: Nutzung von Radwegen  
in Gegenrichtung - Sicherheitsverbesserungen  
Alrutz, Bohle, Busek € 16,50

V 262: Verkehrstechnische Optimierung des Linksabbiegens  
vom nachgeordneten Straßennetz auf die Autobahn zur Vermeidung  
von Falschfahrten  
Maier, Pohle, Schmotz, Nirschl, Erbsmehl € 16,00

V 263: Verkehrstechnische Bemessung von Landstraßen – Weiterentwicklung  
der Verfahren  
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff € 16,50

V 264: Qualitätsstufenkonzepte zur anlagenübergreifenden Bewertung  
des Verkehrsablaufs auf Außerortsstraßen  
Weiser, Jäger, Riedl, Weiser, Lohoff € 17,00

V 265: Entwurfstechnische Empfehlungen für Autobahntunnelstrecken  
Bark, Kutschera, Resnikow, Baier, Schuckließ  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden

V 266: Verfahren zur Bewertung der Verkehrs- und Angebotsqualität  
von Hauptverkehrsstraßen  
Baier, Hartkopf € 14,50

V 267: Analyse der Einflüsse von zusätzlichen Textanzeigen im Bereich  
von Streckenbeeinflussungsanlagen  
Hartz, Saighani, Eng, Deml, Barby  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 268: Motorradunfälle – Einflussfaktoren der Verkehrsinfrastruktur  
Hegewald, Fürneisen, Tautz  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

## 2016

V 269: Identifikation von unfallauffälligen Stellen motorisierter Zweiradfahrer  
innerhalb geschlossener Ortschaften  
Pohle, Maier € 16,50

V 270: Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Straßenbetriebsdienst  
(KliBet)  
Holldorb, Rumpel, Biberach, Gerstengarbe, Österle, Hoffmann € 17,50

V 271: Verfahren zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeitskriterien bei der  
Ausschreibung von Elementen der Straßeninfrastruktur  
Offergeld, Funke, Eschenbruch, Fandrey, Röwekamp  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 272: Einsatzkriterien für Baubetriebsformen  
Göttgens, Kemper, Volkenhoff, Oeser, Geistefeldt, Hohmann € 16,00

V 273: Autobahnverzeichnis 2016  
Kühnen € 25,50

V 274: Liegedauer von Tausalzen auf Landstraßen  
Schulz, Zimmermann, Roos € 18,00

V 275: Modellversuch für ein effizientes Störfallmanagement auf Bundesautobahnen  
Grahl, Skottke  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 276: Psychologische Wirkung von Arbeitsstellen auf die Verkehrsteilnehmer  
Petzoldt, Mair, Krems, Roßner, Bullinger € 30,50

V 277: Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen  
Kathmann, Roggendorf, Scotti  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 278: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2014  
Fitschen, Nordmann € 30,50

V 279: HBS-konforme Simulation des Verkehrsablaufs auf Autobahnen  
Geistefeldt, Giuliani, Busch, Schendzielorz, Haug, Vortisch, Leyn, Trapp € 23,00

## 2017

V 280: Demografischer Wandel im Straßenbetriebsdienst – Analyse der möglichen  
Auswirkungen und Entwicklung von Lösungsstrategien  
Pollack, Schulz-Ruckriegel in Vorbereitung

V 281: Entwicklung von Maßnahmen gegen Unfallhäufungsstellen – Weiterentwicklung  
der Verfahren  
Maier, Berger, Kollmus € 17,50

V 282: Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen  
Lippold, Veters, Steinert € 19,50

---

Fordern Sie auch unser kostenloses Gesamtverzeichnis aller lieferbaren Titel an! Dieses sowie alle Titel der Schriftenreihe können Sie unter der folgenden Adresse bestellen:

Fachverlag NW in der Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen  
Tel. + (0)421/3 69 03-53 · Fax + (0)421/3 69 03-63

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)