
Überholungen von Lang-Lkw - Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf

(Forschungsprojekt: FE 02.0392/2015/ERB)

von

**Ralf Roos
Matthias Zimmermann
Barbara Köhler**

**Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen
Abteilung Straßenentwurf und -betrieb**

Inhalt

1	Einleitung	2
2	Auswahl Untersuchungsstrecken	2
3	Erhebungs- und Untersuchungsmethode	6
4	Überprüfung und Ergänzung von Arbeitshypothesen.....	8
5	Durchführung empirischer Untersuchungen.....	10
6	Datenauswertung – Überholen auf Landstraßen	12
7	Ergebnisse – Überholen auf Landstraßen	15
7.1	Allgemeines	15
7.2	Einfluss des Merkmals „beschleunigt“ bzw. „fliegend“ auf den Überholvorgang.....	16
7.3	Geschwindigkeit des Überholers.....	17
7.4	Sicherheitsabstand in Abhängigkeit von unterschiedlichen Abgrenzungen der relevanten Randbedingungen	18
7.5	Überprüfung der Sicherheitsabstände bei besonderen Randbedingungen.....	19
7.6	Überholwege und Einscherabstände	22
7.7	Beschleunigung des Überholers	23
8	Datenauswertung - Überholen auf drei- und mehrstreifigen Straßen	24
9	Zusammenfassung.....	30
	Literatur	36

1 Einleitung

Seit 2012 wird in Deutschland unter der Federführung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) ein Feldversuch mit Lang-Lkw durchgeführt. Lang-Lkw dürfen lediglich ein definiertes Straßennetz (Positivnetz) befahren und müssen sich dabei an besondere straßenverkehrsrechtliche Regeln halten. Bereits in der ersten Phase der wissenschaftlichen Begleitung des Feldversuchs wurde in einem der externen Forschungsvorhaben von ZIMMERMANN et al. (2015) das Thema Überholen im Zusammenhang mit Lang-Lkw betrachtet. Dabei wurden das Annäherungs-, Ausschler-, Vorbeifahrt- und Einscherverhalten bei Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw auf Landstraßen und Autobahnen untersucht. Diese Daten wurden letztendlich im Vergleich zu Überholungen von Standard-Lkw dahingehend analysiert, inwieweit bei einem künftigen Regeleinsatz von Lang-Lkw ein erhöhtes Sicherheitsrisiko durch Überholvorgänge vor allem auf einbahnigen Landstraßen zu erwarten sei.

Insgesamt konnte auf der Basis von 200 untersuchten Überholungen kein erhöhtes Risiko beim Überholen von Lang-Lkw auf Landstraßen festgestellt werden. Allerdings wurde im Zusammenhang mit dem Zwischenbericht zum Feldversuch (IRZIK et al, 2015) beim Thema Überholen festgehalten, dass weitere Betrachtungen zur Absicherung dieser Ergebnisse auf einer größeren Datenbasis folgen sollten.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung soll daher das Datenkollektiv vergrößert werden, um eine zuverlässigere Aussage bezüglich des Überholens von Lang-Lkw vor allem auf Landstraßen zu erhalten. Dabei wird die Untersuchungsmethode gegenüber ZIMMERMANN et al. (2015) weitestgehend beibehalten.

Neben der Erweiterung der Datenbasis im Landstraßenbereich war ein weiterer Bestandteil der Ausschreibung die Frage, inwieweit durch das etwaige Aufheben des aktuell für Lang-Lkw auch auf Autobahnen bestehenden Überholverbots Nachteile für Verkehrsablauf oder Verkehrssicherheit entstehen. Hierzu ist eine Untersuchungsmethode entwickelt worden, die das umfangreiche Datenkollektiv auch auf Autobahnen für eine theoretische Betrachtung nutzt.

2 Auswahl Untersuchungsstrecken

Bereits bei der Routenfestlegung für ZIMMERMANN et al. (2015) bestand die Hauptproblematik darin, für die erforderliche messtechnische Ausrüstung von Fahrzeugen geeignete Routen zu finden, die eine wirtschaftliche Datenerfassung einer ausreichend großen Menge von Überholvorgängen im Landstraßenbereich ermöglichen würde. Haupt-Hinderungsgrund ist bei den allermeisten regelmäßig befahrenen Routen, dass die Autobahnanteile der Befahrung bei fast 100% liegen. Bei den damaligen Routenanalysen ergab sich bei weiteren Lang-Lkw-Betreibern die Problematik, dass nur an einzelnen Tagen und nur bei Bedarf der Lang-Lkw genutzt wurde. Aufgrund der guten Erfahrungen mit Betreiber A aus ZIMMERMANN et al. (2015), der gleichzeitigen relativ geringen Erfassungsquote bei Betreiber B sowie des Mangels an weiteren Betreibern mit nennenswertem Landstraßenanteil wurde für die vorliegende Untersuchung angesichts des weiter ausgeweiteten Streckennetzes von Betreiber A eine Konzentration auf diesen angeboten. Gleichzeitig konnte mit diesem Betreiber eine Ausweitung der Messtechnik auch auf eine Fronterfassung vereinbart und somit die Aussage-sicherheit erhöht werden.

Das gewählte Untersuchungsgebiet befindet sich in Bayern und erstreckt sich von Straubing (nord-östlich von München) bis nach Landsberg (süd-westlich von München). In Bild 1 sind die durch die Lang-Lkw verbundenen Lager der Spedition rot gekennzeichnet. Folgende Routen wurden von den Lang-Lkw befahren. In Klammern sind dabei einmalig die Landstraßenabschnitte benannt, die zwischen den entsprechenden Anschlussstellen und den Lagern befahren werden:

Straubing – Landsberg – Straubing (Route 1a/b)

- B 20 südlich von Straubing
- BAB A 92 ab AS Landau a.d. Isar
- BAB A 99
- BAB A 96 bis AS Landsberg am Lech-West
- (Verschiedene kurze Landstraßenabschnitte nördlich von Landsberg)

Straubing – Landsberg – Straubing (Route 1c/d; nur Vergleichs-Lkw)

- St. 2141 Straubing - Ettenkofen
- St. 2111 südlich Mengkofen-Ettenkofen

- BAB A 92 ab AS Dingolfing (weiter wie Route 1a/b) 3a/b)
 - (Verschiedene kurze Landstraßenabschnitte nördlich von Ingolstadt)
- Landsberg – Gaimersheim (Route 2a)
- B 17 Landsberg - Königsbrunn
 - Verschiedene Staatsstraßen südöstlich von Augsburg
 - B 300 Dasing bzw. Friedberg – Langenbruck
 - BAB A 9 AS Langenbruck bis AS Lenting
 - (Verschiedene kurze Landstraßenabschnitte nördlich von Ingolstadt)
- Landsberg – Kempten - Landsberg (Route 4a/b; nur Vergleichs-Lkw)
- BAB A 96 bis AS Jengen/Kaufbeuren
 - B 12 bis AS Kempten (BAB A 7)
- Gaimersheim – Landsberg (Route 2b)
- (Verschiedene kurze Landstraßenabschnitte nördlich von Ingolstadt)
 - BAB A 9 ab AS Lenting
 - BAB A 92
 - BAB A 99
 - BAB A 96 bis AS Landsberg am Lech-West
- Gaimersheim – Straubing – Gaimersheim (Route
- Die Spedition befährt standardmäßig je zweimal täglich die Routen 1a/1b. Hierbei wird eine Strecke von ca. 25 km auf Landstraßen (2-streifige Abschnitte mit Leit- bzw. Fahrstreifenbegrenzungslinie sowie Querschnitt RQ 15,5 (2+1)) sowie ca. 180 km auf dem Bundesautobahnnetz zurückgelegt. Die Landstraßenbereiche unterteilen sich in zwei grundsätzlich unterschiedliche Streckenzüge: Ein Streckenzug mit überregionalem Charakter (vergleichbar mit Verbindungsfunktionsstufe LS II gemäß RIN (2008)) weist teilweise planfreie Führungen und einige bauliche Überholmöglichkeiten auf, zwischen denen aber auch längere hier vor allem untersuchte zweistreifige Abschnitte (Leitli-

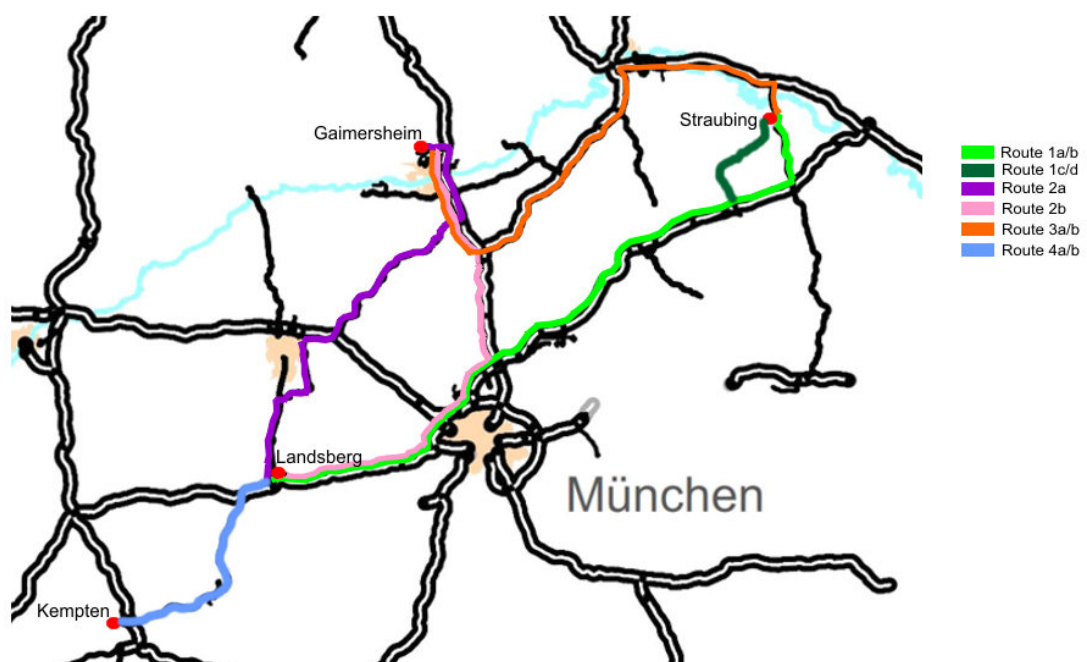


Bild 1 Routen im Untersuchungsgebiet, Basiskarte Positivnetz rund um München (Bayern)

nienlängen zwischen 850 m und 3.800 m) liegen. Außerdem umfassen die Routen auch am anderen Ende kurze Landstraßenabschnitte zwischen der Autobahnanschlussstelle und dem bedienten Lager. Diese sind den Verbindungsfunktionsstufen LS III bzw. IV zuzuordnen, jedoch durchgängig als zweistreifige Landstraße markiert.

Die Variante 1c/1d wurde von den Vergleichs-Lkw in einer der beiden Phasen befahren, in denen die Messeinrichtungen an einem Sattelfahrzeug befestigt waren. Ursprünglich war vorgesehen, dass diese Vergleichsfahrten auf den gleichen Routen durchgeführt würden wie die Lang-Lkw-Fahrten. Erst beim Auslesen der Daten zu Projektende konnte festgestellt werden, dass in einem Teilschnitt der Route 1 nicht der – im Positivnetz befindliche - Landstraßenanteil der Lang-Lkw-Fahrten genutzt worden war, Stattdessen wurde ein anderer Streckenzug mit Staatsstraßen befahren, der zwar eine größere Landstraßenlänge mit mehr Leitlinienabschnitten mit sich brachte, allerdings auch einen eher regionalen Charakter mit vereinzelt Ortsdurchfahrten aufweist.

Route 2a wird wegen eines Zwischenziels lediglich einmal täglich und in einer Richtung befahren, der Rückweg erfolgt über Autobahnen. Die markanteste Eigenschaft dieser Route ist der sehr hohe Landstraßenanteil mit über 80 von 130 km. Davon liegen ca. 50 km auf der B 300 zwischen Dasing und Ingolstadt und damit einer Verbindung mit sehr hoher Verbindungsfunktion. Diese zeigt sich durch sukzessiven Ausbau mit drei- und vierstreifigen Querschnitten, gleichwohl sind noch etliche zweistreifige Abschnitte mit Leitlinie vorhanden. Ein zweiter größerer Landstraßenteil dieser Route liegt mit ca. 30 km Länge im regionalen Landstraßennetz östlich von Augsburg.

Route 3a/3b wird zwischen Straubing und Gaimersheim unregelmäßig angefahren.

Innerhalb der Routen 2a/2b sowie 3a/3b liegt auch ein Landstraßenstreckenzug (vergleichbar mit Verbindungsfunktionsstufe LS III gemäß RIN (2008)), der mehrere sehr große Gewerbeflächen an eine Autobahn anbindet, innerhalb dessen liegen außerhalb der Knotenpunkte ausnahmslos zweistreifige Leitlinien-Abschnitte mit Längen zwischen 300 und 1.700 m..

Die Routen 4a/b wurden nur in einem Teil der Vergleichsfahrten genutzt und führte zum großen Teil über einen Landstraßenstreckenzug mit Fernverkehrscharakter, der neben umgebauten dreistreifigen Abschnitten auch eine nennenswerte Anzahl an zweistreifigen Leitlinienabschnitten aufweist.

Insgesamt wurden 176 Routenbefahrungen mit dem Lang-Lkw aufgezeichnet, 51 mit dem Standard-Lkw.

Aufgrund von Wartungsarbeiten am Lang-Lkw entstand ein Teilausfall von ca. 4 Wochen im Februar / März 2016.

Diese Zeit wurde für Vergleichsfahrten mit dem Standard-Lkw auf der Route 1a/b zwischen Straubing und Landsberg genutzt. Da das Zugfahrzeug samt Messbox in der Werkstatt war, wurden diese Befahrungen lediglich mit der Messbox am Heck des Sattelanhängers durchgeführt. Als Basis vor allem für Aussagen zu den Autobahnüberholungen sind diese Daten allerdings uneingeschränkt verwertbar.

Die erfolgreich aufgezeichneten Daten teilen sich gemäß Tabelle 1 auf die beschriebenen Routen, Tageszeiten und Fahrzeugarten auf.

Vor allem, weil bei den genannten Vergleichsfahrten im Februar/März nur die Daten aus Heckradar und -kamera zur Verfügung standen, wurde ab Juni 2016 eine weitere Vergleichserhebung vorgenommen. Wegen Störungen am Spannungswandler wurden zwar Radardateien erzeugt, jedoch ohne Objekte. Dieser Umstand konnte erst bei einem späten Auswerteschritt festgestellt werden. Daraufhin wurde eine weitere 10-tägige Erhebungsphase bis zum 15.07.2016 angeschlossen, die eine nennenswerte Anzahl an vollständigen Daten- und Videosätzen erbracht hat. An dieser Stelle ist anzumerken, dass anders als in der ersten Phase der Vergleichserhebungen die Landstraßenanteile zwar noch größer waren (Route 1c/d sowie 4a/b) als beim Lang-Lkw (1a/1b), jedoch vollständig andere Landstraßen befahren wurden. Insbesondere für die Verbindung Straubing – A 92 wurden Staatsstraßen genutzt, die auch außerhalb des Positivnetzes der Lang-Lkw liegen.

Route	Alle	1a	1b	1c	1d	2a	2b	3a	3b	4a	4b
Summe Fahrten	176 +51	59 +19	79 +14	0 +5	0 +7	10	17	6	5	0 +3	0 +3
00:00 bis 03:00 Uhr	22 +9	22 +9									
03:00 bis 06:00 Uhr	33	2	15				16				
06:00 bis 09:00 Uhr	22 +12		22 +8	0 +4							
09:00 bis 12:00 Uhr	17 +8	6 +1	2	0 +1		9				0 +3	0 +3
12:00 bis 15:00 Uhr	20 +9	15 +9					1	4			
15:00 bis 18:00 Uhr	31 +9		25 +2		0 +7			2	4		
18:00 bis 21:00 Uhr	16 +4		14 +4			1			1		
21:00 bis 24:00 Uhr	15	14	1								

Tabelle 1 Übersicht über die aufgezeichneten Routenbefahrungen und deren Zuordnung im Tagesverlauf (allein stehende Werte: Lang-Lkw, durch „+x“ gekennzeichnete: Standard-Lkw)

3 Erhebungs- und Untersuchungsmethode

Die im Forschungsvorhaben von ZIMMERMANN et al. (2015) verwendete Untersuchungsmethode wird erweitert und in verbesserter Form auch in diesem Forschungsvorhaben eingesetzt.

Die neue Generation der Radarmessbox ist mit dem Format von 180 mm x 120 mm x 90 mm deutlich kompakter und damit leichter am Fahrzeug zu montieren. Die Boxen werden über die Stromzufuhr des Lang-Lkw bei Anlassen der Zündung gestartet. Die Aufzeichnung der Daten erfolgt kontinuierlich über die gesamte Fahrt.

Die Messboxen werden an der Front und am Heck des Lang-Lkw angebracht (vgl. Bild 2). Zusätzlich zur bisherigen Ausstattung ist eine Kamera in die Messbox eingebaut. Die Aufzeichnung der Daten aus Radar, Video und GPS erfolgt synchron und wird intern auf einem USB-Stick gespeichert. Durch regelmäßiges Tauschen der USB-Sticks ist eine kontinuierliche Datenaufzeichnung möglich. Aus datenschutzrechtlichen Gründen und zur Begrenzung des Datenvolumens genügt die Qualität der Videos lediglich der visuellen Überprüfung der Radardaten.

Ergänzend zur Erhebung von ZIMMERMANN et al. (2015) wird eine zweite Messbox eingesetzt, die an der Front des Zugfahrzeuges in der Trittläche angebracht ist, die zum Erreichen höher gelegener Flächen der Fahrzeugfront eingelassen ist (vgl. Bild 2 unten).

Durch die genannte technische Weiterentwicklung ist es möglich, die Vorzüge sowohl einer kontinuierlichen Datenaufzeichnung an beiden Fahrzeugenden als auch der Bereitstellung von Videomaterial bei gleichzeitig überschaubarem Datenvolumen zu nutzen.

Der (Lang-)Lkw¹ der begleiteten Spedition ist zur Erhebung relevanter Daten mit einem zweistufigen System aus Radartechnik - zur datenmäßigen Auswertung aller relevanten Überholvorgänge und der Bereitstellung von relativen Geschwindigkeitsinformationen - sowie digitaler Videotechnik - für die qualitative Beobachtung der Fahrvorgänge - ausgestattet. Grundlage zur Verortung der beobachteten Situationen im Straßennetz und der Geschwindigkeit des (Lang-)Lkw bildet die Positions- und Geschwindigkeitsschätzung mittels GPS mit

¹ Der Ausdruck (Lang-)Lkw meint sowohl den Lang-Lkw als auch den herkömmlichen Vergleichs-Lkw.



Bild 2 Anbringung der Messboxen am Lang-Lkw

einem Sensor je Erfassungssystem. Der eingesetzte (Lang-)Lkw bzw. das konkrete Vergleichsfahrzeug ohne Zentralachsanhänger (Sattelkraftfahrzeugmaschine mit Sattelanhänger) ist fahrzeugseitig sowohl an der Zugmaschine als auch am Sattelanhänger für die Anbringung der Radarmessbox vorbereitet, insbesondere was die Stromversorgung angeht.

Für den Teilaspekt Überholen auf Landstraßen ist die Erhebungskonstellation in **Bild 3** dargestellt. Die Annäherung eines potenziellen Überholers wird per Radarsensor ab einer Entfernung von ca. 150 m registriert und dessen Geschwindigkeitsverlauf aufgezeichnet. Maximal können 32 Objekte (Fahrzeuge) parallel erfasst werden. Zeitgleich zeichnet die Kamera CAM 1 die Fahrzeugannäherung sowie den Beginn der Vorbeifahrt auf. Nach Abschluss des Überholvorgangs wird das Zurückkehren des überholenden Fahrzeugs auf den Fahrstreifen durch die Kamera CAM 2 erfasst. Ferner zeichnet die Kamera CAM 2 sich dem (Lang-)Lkw nähernde Fahrzeuge im Gegenverkehr auf und bietet hierdurch die qualitative Bewertung der zeitlichen sowie räumlichen Abstände zwischen dem überholenden und entgegenkommenden Fahrzeug bei eventuell kritischen Situationen sowie die Zuordnung von Fahrzeugarten, falls erforderlich. Weiterhin werden auch über CAM 1 dem (Lang-)Lkw entgegenkommende Fahrzeuge aufgezeichnet.

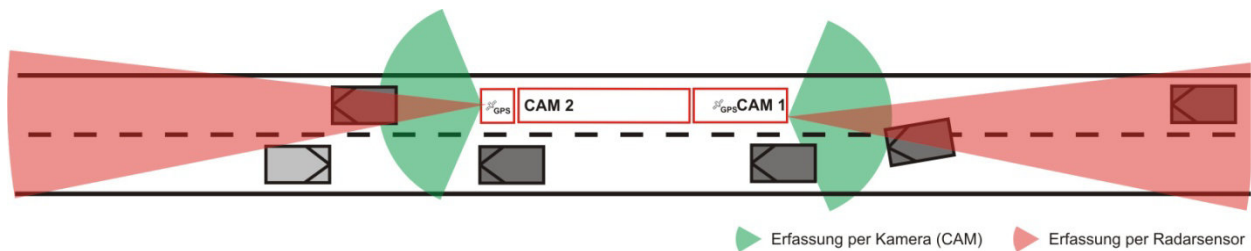


Bild 3 Erhebungslayout für den Teilaspekt „Überholvorgänge auf Landstraßen“ am Beispiel Lang-Lkw

Alle Daten werden kontinuierlich und zeitsynchronisiert während der Fahrt erhoben und aufgezeichnet. Da eine dauerhafte fahrzeugeigene Spannungsversorgung zur Verfügung steht, können die Systeme im Dauereinsatz betrieben werden. Die verwendeten Speichermedien ermöglichen den autarken Betrieb über mind. 4 Wochen, um bei Ausfällen schneller reagieren zu können, werden die Speichermedien in der Regel alle 2 Wochen getauscht.

Die Bestimmung der Geschwindigkeit des (Lang-)Lkw erfolgt auf Basis der GPS-Erfassung. Durch Überlagerung mit den erfassten Geschwindigkeiten (Radarsensor) der sich dem (Lang-)Lkw nähernden (oder auch entfernenden) Fahrzeuge werden die Geschwindigkeitsverläufe der überholenden Fahrzeuge im Annäherungsbereich ermittelt. Ferner wird über die GPS-Ortung die in dieser Zeit zurückgelegte Wegstrecke des (Lang-)Lkw bestimmt und durch die zeitsynchrone Überlagerung der Informationen aus beiden Radarmessboxen der Geschwindigkeitsverlauf des Überholenden abgeleitet. Weiterhin wird der zeitliche bzw. geschätzte räumliche Abstand zu entgegenkommenden Fahrzeugen ermittelt. Basierend auf der GPS-Ortung fließen auch örtliche Randbedingungen der Trassierung in die Beurteilungen mit ein.

Aufgrund der sehr guten Datenqualität aus den Vorbetrachtungen war davon ausgegangen worden, dass zumindest für den Regelfall eine reine Radarauswertung ausreichen würde und die Videobilder nur zur Klärung der Randbedingungen einzelner Überholungen herangezogen werden müssten.

Bei der detaillierten Analyse mit dem wie beschrieben modifizierten Messsystem zeigte sich jedoch, dass die Erhebungssicherheit der Daten bei den entgegenkommenden Fahrzeugen deutlich schlechter ist als bei den Überholern. Hintergrund sind vermutlich die extrem unterschiedlichen Differenzgeschwindigkeiten und die Dauer der Erfassung des jeweiligen Fahrzeugs im Radarkegel: Das überholende Fahrzeug wird deutlich länger im Radarbereich erfasst und bewegt sich in der Regel

auch nur mit einer Differenzgeschwindigkeit von max. 30 km/h zum Radar am Erfassungs-Lkw. Die entgegenkommenden Fahrzeuge weisen demgegenüber zwangsläufig Geschwindigkeitsdifferenzen in Höhe der betragsmäßigen Summe der Geschwindigkeiten der beiden aufeinander zufahrenden Fahrzeuge auf, außerdem ist die Erfassungszeit im Radarkegel auf eine sehr kurze Zeit beschränkt. Ergänzend ist festzuhalten, dass der Überholer – insbesondere aus der gesuchten beschleunigenden Annäherung heraus, bei zeitiger Rückkehr in den eigenen Fahrstreifen auch vor dem Fahrzeug – im zentralen Erfassungsbereich des Radars liegt, die entgegenkommenden Fahrzeuge aber regelmäßig nur am Rande des Erfassungsbereichs des Radars erfasst werden.

Es war frühzeitig ersichtlich, dass aus den aufgezeichneten Überholer-Daten aus dem Heckradar mit einem großen Kollektiv einige Kennwerte der Annäherung analysiert werden können, z.B. Beschleunigungen bei der Einleitung der Überholung. In Übereinstimmung mit dem forschungsbegleitenden Ausschuss wurde jedoch festgehalten, dass diese sekundären Größen höchstens als unterstützende Parameter herangezogen werden können, primärer Beurteilungsmaßstab aber der Sicherheitsabstand zwischen Überholer und entgegenkommendem Fahrzeug bei der Beendigung des Überholvorgangs bleibt.

Nach eingehender Datenanalyse wurde deutlich, dass abgesicherte Erkenntnisse zu den Sicherheitsabständen aus den Radardaten nicht gewährleistet werden könnten, weil die zweifelsfreie Detektierung jedes entgegenkommenden Fahrzeugs datentechnisch nicht zu garantieren war.

Auch wenn die Bildrate von 5 Bildern/Sekunde nur für die ursprünglich vorgesehene Kontrolle ausgelegt war, wurde deutlich, dass nur eine quasi-manuelle Erfassung der beteiligten Fahrzeuge abgesicherte Ergebnisse mit sich bringt. Für die Vorauswahl der zu betrachtenden Filmsequenzen konnten die detektierten Heckannäherungen herangezogen werden.

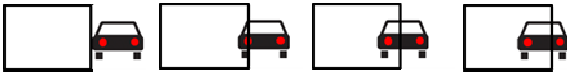


Bild 4 Auswahlmöglichkeiten zur Ermittlung von Zwischenwerten bei der Videoauswertung

Die für die letztendliche Risikobeurteilung relevante Analyse des Sicherheitsabstandes und anderer Informationen kann verlässlich nur auf Erhebungen im Frontbereich des überholten Lkw gestützt werden. Diverse Einflüsse haben zu einer Reduzierung der tatsächlich vollständigen und auswertbaren Datensätze aus vollständigen Informationen am Heck und Video- sowie GPS-Daten an der Fahrzeugfront geführt. Auch wenn die Bildrate der Kamerabilder nicht für eine detaillierte und hochgenaue Zeitermittlung vorgesehen war, so konnte durch eine systematische Interpolation der Überlagerung aus Kamerabildern und den Fahrzeugkanten eine Bildrate von 20 Bildern pro Sekunde für die Zeitermittlung erzielt werden. Dazu wurde jeweils derjenige der beispielhaft in **Bild 4** gezeigten 4 Buttons zur Feststellung des relevanten Videobildes ausgewählt, der die Fahrzeugposition relativ zum Bildausschnitt zwischen den zwei Bildern am besten trifft.

Für die mit der modifizierten Auswertemethodik erforderliche möglichst genaue Zeitsynchronisation der Front- und Hecksysteme wurden sowohl die GPS-Systeme als auch zur Korrektur die Entfernung zwischen Front und Heck der jeweiligen Lkw-Kombination herangezogen. Trotz der verbleibenden Toleranzen bei der Messung aus einem fahrenden System kann durch den relativ großen zeitlichen Abstand der beiden Erhebungspunkte des Überholers - zunächst im Heck bei der Vorbeifahrt nach dem Ausscheren, später beim Erscheinen im Frontbild vor dem Wiedereinscheren – dessen Geschwindigkeit sehr genau ermittelt werden. Demgegenüber hat sich gezeigt, dass die Fehleranfälligkeiten aus den beiden sehr nahe beieinanderliegenden Zeitpunkten der entgegenkommenden Fahrzeuge in Verbindung mit den sehr hohen Differenzgeschwindigkeiten zum überholten Lkw so groß sind, dass deren direkte Einbeziehung in die Analyse nicht zielführend erschien. Letztendlich hat die Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeugs einen erheblichen Einfluss auf den Sicherheitsabstand, technisch bedingt kann die Position des entgegenkommenden Fahrzeugs zum Zeitpunkt der Beendigung des Überholvorganges nur aus dem Zeitpunkt der Vorbeifahrt des Entgegenkommenden am Lkw und einer entsprechenden Rückrechnung über die Geschwindigkeit des Entgegenkommenden erfolgen. Aus den verfügbaren Datensätzen hat sich allerdings gezeigt, dass

für die beobachteten Überholvorgänge zu relativ verkehrsreichen Zeiten die Geschwindigkeiten sowohl entgegenkommender Pkw als auch Lkw sehr homogen sind. Daher wurde auch durch Testläufe bei den besonders relevanten kurzen Sicherheitsabständen deutlich, dass eine Anwendung konstanter Geschwindigkeiten von 90 km/h (Pkw) und 70 km/h (Lkw > 7,5 t) zu den realistischsten Werten führt.

Das für diesen Bearbeitungsschritt in Ergänzung zur ursprünglichen Methodik weiterentwickelte Video-Tool wurde ebenfalls eingesetzt, um Informationen zu Überholungen des beobachteten Lang- bzw. Vergleichs-Lkw zu erhalten. Dabei war vor allem von Bedeutung, aus den detektierten BAB-Überholungen gegenüber dem (Lang-)Lkw diejenigen herauszufiltern, die tatsächlich durch andere Lkw und nicht z.B. durch langsame Pkw, Gespanne o.ä. durchgeführt wurden.

Aus diesen Erfordernissen resultiert, dass zwei unterschiedlich umfangreiche Datenkollektive vorliegen: Zum einen eines aus den Heckradar-Erfassungen, das vor allem für die Auswertungen auf Autobahnen und für Sekundärbetrachtungen auf Landstraßen genutzt wird. Dieses umfasst z.B. 543 Überholungen in Bereichen mit Leitlinien.

Darüber hinaus wurde ein zweites Daten- und Filmkollektiv zusammengestellt, für das sowohl Heckradarinformationen als auch Videos aus Heck- und Frontsicht sowie vollständige GPS-Informationen für die Geschwindigkeitsermittlungen vorliegen. Für dieses Kollektiv sind z.B. 216 Datensätze auf Leitlinien-Abschnitten analysiert worden.

4 Überprüfung und Ergänzung von Arbeitshypothesen

Auch bei der hier vorliegenden gegenüber den Ausführungen in ZIMMERMANN et al. (2015) vertiefenden Betrachtungen von Überholvorgängen insbesondere auf Landstraßen sind die Modelle, aus denen die Regelwerksanforderungen abgeleitet sind, ein wichtiger Beurteilungsmaßstab bei der Frage, ob das Überholen gegenüber Lang-Lkw zu erhöhten Sicherheitsrisiken auf Landstraßen führt. Die Zusammenhänge zwischen Modell und Regelwerksanforderung sind unterschiedlich offen dargelegt. Die Grundlagen für die in den RAL (2012) genannte Sichtweite von mindestens 600 m, die für die sichere Einleitung und Beendigung des Überholvorganges Pkw-Lkw genannt ist, sind nur innerhalb der Bearbeitergruppe dokumentiert und in ZIMMERMANN (2015) im Zusammenhang mit verschiedenen denkbaren Modellannahmen

diskutiert. Die Modellgrundlagen früherer Regelwerke bzgl. des Überholens sind u.a. in älterer Literatur (DURTH und HABERMEHL, 1986) dargelegt. Diese Modellannahmen sind hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von der Länge des überholten Fahrzeuges zu überprüfen, da diese Länge im Regelfall nicht als eigenständige Modellgröße behandelt worden ist.

Die in ZIMMERMANN et al. (2015) formulierten Arbeitshypothesen insbesondere für das Überholen auf Landstraßen hatten vor allem thematisiert, dass die Risikobewertung primär davon abhängt, ob das Überholverhalten in Häufigkeit und den relevanten Verhaltensparametern konstant bleibt, was zwangsläufig wegen des längeren Überholweges geringere Sicherheitsabstände zur Folge hätte. Andererseits hat sich zumindest bei den damaligen Erfassungen gezeigt, dass die Lang-Lkw selbst deutlich langsamer fahren als Vergleichs-Lkw, was zu größeren Sicherheitsabständen sowie – mit potenziell negativen Effekten – auch zu einer Erhöhung der Überholhäufigkeit führen könnte. Sowohl Fahrverhaltensänderungen der (Lang-)Lkw-Fahrer als auch solche der übrigen Verkehrsteilnehmer im Umgang mit Lang-Lkw sind daher auch Gegenstand der Untersuchungen der 2. Phase.

Die in ZIMMERMANN et al. (2015) dargelegte Erkenntnis, dass vor allem größere Beschleunigungen bei Überholungen gegenüber Lang-Lkw die theoretischen Nachteile der größeren Fahrzeuglänge kompensieren, ist daher auch die Eingangsthese für dieses Vorhaben.

Vor allem auf Autobahnen hatte sich die Vermutung bewahrheitet, dass niedrigere Lang-Lkw-Geschwindigkeiten zu deutlich mehr Überholungen durch ähnlich langsame Fahrzeuge – in der Regel Lkw – führen. In diesem Geschwindigkeitsbereich knapp über den jeweiligen V_{zul} lassen sich allerdings keine Empfehlungen vertreten, die eine solche Fahrweise befördern würden.

Ergänzt wurde die diesem Vorhaben zugrundeliegende Aufgabenstellung durch die Frage, welche Auswirkungen eine Aufhebung des Überholverbots für Lang-Lkw auf zweibahnigen Straßen mit sich bringen könnte. Hinweise hierzu können nur aus den umfangreichen Datensätzen an Autobahnüberholungen abgeleitet werden, da Aufzeichnungen von – aktuell verbotenen – Überholungen durch Lang-Lkw nicht zu erwarten sind.

Daher ist die Frage der Aufhebung des Überholverbots auch im Kontext mit der Geschwindigkeitswahl der Lang-Lkw zu sehen. In ZIMMERMANN et al. (2015) war bereits erkennbar, dass

die Überholung durch andere Lkw sehr stark davon abhing, wie schnell die Lang-Lkw bzw. Vergleichs-Lkw in jenem Moment tatsächlich gefahren sind. Dabei ließ sich beobachten, dass bereits ab einer Geschwindigkeit von ca. 85 km/h quasi keine Überholungen mehr durch andere Lkw auftreten.

Negative Einflüsse auf Verkehrsablauf und Verkehrssicherheit durch Überholvorgänge insbesondere langsamer Fahrzeuge können durch zwei Kenngrößen beschrieben werden:

- Zum einen ist jedes Einleiten eines Überholvorganges einschließlich der zugehörigen unmittelbaren oder mittelbaren Abbremsung des nachfolgenden Fahrzeugstroms mit einem gewissen Risiko behaftet.
- Zum anderen lassen sich aus dem Zeitanteil der Belegung des Überholstreifens durch Lkw Risiken ableiten.

Für die Beurteilung der negativen Auswirkungen durch einen Datenvergleich des Auftretens von Anzahl und Dauer der Lkw-Überholungen je Zeiteinheit bieten sich drei Verkehrsablaufs- und Überholregime an:

- Der 0-Zustand des Sicherheitsrisikos auf Autobahnen wird im Zusammenhang mit Überholen von und durch Lkw aktuell ohne nennenswerte Lang-Lkw-Anteile vor allem dadurch bestimmt, wie häufig und mit welcher Dauer – bestimmt vor allem durch die Geschwindigkeitsdifferenz – solche Überholungen stattfinden. Es ist offensichtlich, dass die meisten Lkw-Lkw-Überholungen aktuell nicht den gesetzlichen Vorgaben entsprechen, nach denen der überholende Lkw max. 80 km/h fahren darf, er gegenüber dem Überholten eine deutliche Geschwindigkeitsdifferenz aufweisen und jederzeit einen Mindestabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug von 50 m einhalten muss. Dass einzelne Missachtungen wie die des Mindestabstandes in diesem Fall für die Reduzierung der Belegungsdauer förderlich sind, ändert formell nichts an deren Unzulässigkeit.
- Die mit einem maximalen Anteil von wenigen Prozent zu erwartende Umwandlung der aktuellen Lkw-Flotte in Lang-Lkw in Verbindung mit dem Verbot eigener Überholungen würde unabhängig von der Geschwindigkeit der Lang-Lkw dazu führen, dass sich im regelmäßigen Verkehrsablauf über kurz oder lang jeder Lang-Lkw an ein langsames vorausfahrendes Fahrzeug

unmittelbar annähert und sich wegen des Überholverbots hinter ihm einreihet – dies natürlich beeinflusst von der Häufigkeit langsamerer Fahrzeuge. Überholungen durch andere Lkw werden dadurch aller Voraussicht nach in ihrer Anzahl nicht reduziert, die Überholdauer für jeden überholenden Lkw erhöht sich allerdings wegen des Überholweges entlang von mindestens zwei langsameren Fahrzeugen beträchtlich – zumal eines davon ein Lang-Lkw ist.

- Durch eine Aufhebung des Lang-Lkw-Überholverbotes würde sich vermutlich nicht nur – wie bereits zu beobachten – das Geschwindigkeitsniveau von Lkw und Lang-Lkw annähern, sondern auch deren Überholverhalten. Daher wäre zu erwarten, dass bei Zusammentreffen eines langsameren Fahrzeugs und eines Lang-Lkw ein leicht modifizierter 0-Zustand einträte, lediglich mit einer größeren Länge des überholenden Fahrzeugs.

Diese 3 Regelungsvarianten können mit verschiedenen Szenarien überlagert werden, die sich aus der Variation der Zusammensetzung von Lkw-Kollektiven (d.h. u.a. auch der Anteile von Lang-Lkw), den zugehörigen Geschwindigkeitsverteilungen etc., ergibt.

Im Betreuerkreis wurde es nicht für zielführend erachtet, die Fragestellung der Aufhebung des Überholverbots für Lang-Lkw mit Simulationen zu beantworten. Daher werden in diesem Bericht auf Basis einfacher Vergleichsrechnungen Argumente für und gegen die Aufhebung des Überholverbots aufgeführt, wozu u.a. Abschätzungen zur Anzahl von Ausschervorgängen, der Belegungsdauer des Überholstreifens durch Lkw etc. gehören können.

5 Durchführung empirischer Untersuchungen

Wie dargelegt war im Zuge der Routenrecherche absehbar, dass weiterhin nur bei Spedition A sowohl ein nennenswerter Landstraßenanteil bei den Befahrungen zu erwarten war als auch eine sehr günstige betriebliche Gewährleistung der Untersuchungsziele. Insbesondere der zweimal tägliche Umlauf und die Verlässlichkeit bei der Routenwahl haben hier eine wichtige Rolle gespielt. Zu guter Letzt war die Spedition erneut bereit, technische Unterstützung zu gewähren und zu erweitern. Dabei war hilfreich, dass die speditionsseitig aufwändigere Aufzeichnung der fahrzeugeigenen Kamerabilder (siehe ZIMMERMANN et al., 2015) durch die Integration der Kameras in die Radarmessboxen entfallen konnte und lediglich Halterungen und Stromversorgung erforderlich waren.

Die seitens der Spedition im Baukastensystem erstellte Fahrzeugkonfiguration ermöglicht mit wenig Aufwand den Vergleich zwischen Lang-Lkw (Typ 2, Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger, L=25,25 m) und Sattelkraftfahrzeug (L=16,50 m) auf gleichen Strecken.

Bereits die Grundausstattung des Lang-Lkw der Spedition lässt auf einen sehr hohen Sicherheitsstandard gegenüber der heutigen Lkw-Flotte schließen. So sind neben Fahrerassistenzsystemen wie z.B. Elektronischem Stabilitätsprogramm und Abstandsregelungssystem zusätzlich zur Rückfahrkamera jeweils beidseitig zwei Kameras an der Sattelanhängenseite angebracht, um dem Fahrer die Sicht nach hinten nicht nur über die Seitenspiegel zu ermöglichen. Neben der Rückfahrkamera ist auch ein Sensorsystem zur Hinderniserkennung angebracht, das automatisch den Lang-Lkw bei der Rückwärtsfahrt stoppt, wenn dieser sich einem (auch beweglichen) Hindernis auf bis zu 0,3 m nähert.

Die innerhalb der Routen angetroffenen prinzipiellen Unterscheidungsmerkmale der Querschnitte sind zusammen mit den aufgezeichneten Überholungen Tabelle 2 zu entnehmen. Darin wird zwischen 2-streifigen Richtungsfahrbahnen (2FS), 3-streifigen Richtungsfahrbahnen (3FS), 3-streifigen Landstraßenabschnitten mit eigener Überholmöglichkeit (2 Fahrstreifen in der eigenen Richtung, einer in der Gegenrichtung, getrennt durch Fahrstreifenbegrenzung: 2FSB1) und 2-streifigen Landstraßen mit Leitlinie (1LL1) unterschieden. Ergänzt werden die Querschnittscodierungen durch solche, bei denen im Gegensatz zu den zuvor genannten Überholvorgänge nicht erlaubt sind: 1FSB2 für den einstreifigen Teil dreistreifiger Querschnitte sowie 1FSB1 für Bereiche zweistreifiger Landstraßen, bei denen eine Fahrstreifenbegrenzung die beiden Richtungen trennt, z.B. in Knotenpunkten oder aus anderen Gründen. Die Querschnittszuordnung bezieht sich jeweils auf den Beginn der Überholung.

Der berücksichtigte Datenbestand umfasst 543 Überholungen in relevanten Leitlinien-Querschnitten (1LL1) unter Nutzung des Gegenverkehrsfahrstreifens, bei denen alle Daten aus der Annäherung und Vorbeifahrt am Heck des (Lang-)Lkw aufgezeichnet werden konnten.

Die festen Fahrpläne vor allem auf der mehrfach täglich befahrenen Route 1a/1b haben dabei er-

heblichen Einfluss auf die Anzahl an Überholvorgängen insbesondere auf den Landstraßenabschnitten mit Leitlinie. Die Befahrung der Route 1a vor allem nachts und zur verkehrsschwächeren Mittagszeit einerseits und die Befahrung der Route 1b in den verkehrsreicheren Stunden zwischen 6 und 9 Uhr sowie 17 und 20 Uhr andererseits führen zu einem sehr starken Ungleichgewicht zwischen den Überholanzahlen der beiden Teilrouten.

Querschnitt	3FS	2FS	2FSB1	2FSB2	1LL1	1FSB1	1FSB2
Summe Überholungen	6.988 +1.801	73.004 +23.130	2.637 +825	0 +109	382 +161	57 +23	49 +1
00:00 bis 03:00 Uhr	148 +54	1.133 +276	2		2 +1		
03:00 bis 06:00 Uhr	757 +79	5.462 +2.152	20		7 +4	3	
06:00 bis 09:00 Uhr	1450 +584	16.503 +6.275	814 +243		121 +52	24 +8	5
09:00 bis 12:00 Uhr	633 +81	4.062 +1.762	839 +280	0 +108	75 +40	7 +3	27
12:00 bis 15:00 Uhr	1.949 +449	16.300 +4.166	51 +149	0 +1	9 +6	0 +4	1 +1
15:00 bis 18:00 Uhr	1.186 +371	16.541 +5.838	194		33 +46	6 +4	2
18:00 bis 21:00 Uhr	856 +183	12.847 +2.661	636 +148		104 +12	15 +4	3
21:00 bis 24:00 Uhr	9	156	81 +5		30	2	11

Tabelle 2 Übersicht über die aufgezeichneten Überholungen und deren Zuordnung zu Querschnittsausprägungen und Tagesverlauf (allein stehende Werte: Lang-Lkw, durch „+x“ gekennzeichnete Werte: Standard-Lkw)

6 Datenauswertung – Überholen auf Landstraßen

Zur Überlagerung der Überholvorgänge mit den örtlichen Gegebenheiten wurden basierend auf den Videodaten die Standorte der relevanten Beschilderung sowie Beginn und Ende der vorhandenen Markierung anhand der GPS-Koordinaten bestimmt und in einer Ausgangsdatei abgelegt. Hierdurch ist zum einen ein Abgleich mit der relevanten Beschilderung wie z.B. Überholverbot (VZ 276 bzw. 277) oder Beschränkung der zul. Höchstgeschwindigkeit (VZ 274) möglich. Zum anderen ermöglicht dies die Einteilung der Fahrtroute in einzelne Abschnitte mit Fahrstreifenbegrenzung (VZ 295), in denen das Überholen untersagt ist, Abschnitte, in denen die Fahrstreifenbegrenzung (VZ 295) in eine einseitige Fahrstreifenbegrenzung (VZ 296) übergeht und Abschnitte mit Leitlinie sowie bei abwechselnden 2+1-Streckenabschnitten deren Anfangs- und Endpunkte.

Als Eingangsgrößen für die Berechnung der Überholvorgänge werden anhand der GPS-Koordinaten die Eigenbewegung sowie Position des (Lang-)Lkw und damit der Ort des Überholvorgangs ermittelt. Da u. a. auch Geschwindigkeiten aufgezeichnet werden, wurde von den Fahrern das Einverständnis erklärt, dass diese Daten im Rahmen der Untersuchung weiterverarbeitet werden dürfen. Ferner erfolgt die Zuordnung zu Überholabschnitten (2-/3-streifige bzw. BAB-Abschnitte).

Wie bereits im Zusammenhang mit der Erhebungsmethodik angemerkt, konnte die hohe Erfassungssicherheit der Überholer für die entgegenkommenden Fahrzeuge nicht wie vorgesehen gewährleistet werden. Wegen der daraus folgenden Änderung der Auswertemethodik wurden mögliche ergänzende Auswertungen der Überholer-Informationen nicht weiterverfolgt.

Auf Basis der erhobenen Radardaten wird der Abstand der folgenden Fahrzeuge (mind. des ersten Fahrzeugs hinter dem (Lang-)Lkw) sowie die Geschwindigkeit der folgenden Fahrzeuge (mind. des ersten Fahrzeugs hinter dem (Lang-) Lkw) erfasst. Hieraus werden als Kenngrößen für die Beschreibung des Überholvorgangs der Abstand, die Geschwindigkeit und der Zeitpunkt bei Beginn des Überholvorgangs bis kurz vor dem Heck des (Lang-)Lkw bestimmt.

Die Vorteile der Vorauswertung der Heckradar-Informationen gegenüber Videoauswertungen werden z.B. an den Zahlen aus den Übersichten über Überholvorgänge (z.B. Tabelle 2) deutlich. Demgegenüber stehen vor allem aus technischen

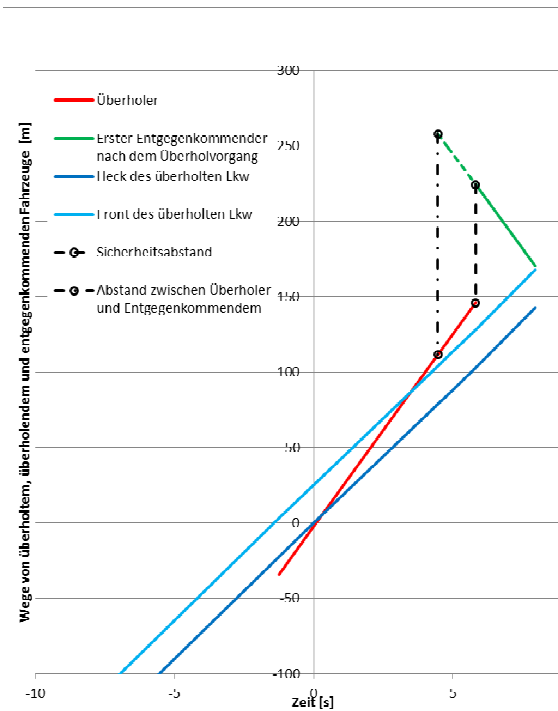


Bild 5 Beispiel eines Weg-Zeit-Diagramms einer Lang-Lkw-Überholung

Gründen niedrigere Fallzahlen bei der Videoauswertung. Dazu trägt zum einen bei, dass bei Dunkelheit vor allem die Zeitpunkte der außerhalb der Scheinwerfer-Reichweite liegenden Ein- und Ausschervorgänge nicht bestimmt werden können, zum anderen waren über den Erhebungszeitraum immer wieder Ausfälle einzelner Erfassungskomponenten zu verzeichnen, deren Vollständigkeit für die Überlagerung unerlässlich ist.

Für die Analyse der Sicherheitsabstände aus den Videoauswertungen der Frontkamera in Überlagerung mit Informationen aus Heckkamera und (Lang-)Lkw-Position werden je Überholung zwei räumliche Abstände ermittelt: Zum einen wurde für die Eingrenzung aller analysierbaren Überholvorgänge der Abstand zwischen Überholer und entgegenkommendem ermittelt, der zwischen den Fahrzeugen zum Zeitpunkt der Vorbeifahrt an der Lkw-Front auftrat. Zu diesem Zeitpunkt kann der Einschervorgang frühestens begonnen und evtl. in Abhängigkeit von der Entfernung des Gegenverkehrs das Einscherverhalten beeinflusst werden. In Weg-Zeit-Diagramm in Bild 5 ist dieser Abstand strichpunktiert gekennzeichnet als Abstand zwischen Überholer (rot) und entgegenkommendem (grün) zu dem Zeitpunkt, an dem sich das Heck des überholenden Fahrzeugs auf Höhe der Front des Lkw befindet.

Der letztendlich zur Beurteilung heranzuziehende Sicherheitsabstand wiederum wird zu dem Zeitpunkt aus dem Abstand von Überholer und Entge-

genkommendem ermittelt, zu dem der Überholer seinen Einschervorgang beendet hat. Dieser Zeitpunkt wird aus dem Video-Bild zu dem Zeitpunkt bestimmt, an dem die linken Fahrzeugreifen die Leitlinie mittig umgreifen. Im Weg-Zeit-Diagramm in Bild 5 ist dieser Abstand gestrichelt gekennzeichnet. Zu dieser Ermittlung ist anzumerken, dass sie vor allem bei hohen Überholer-Geschwindigkeiten und großem Einschervorgang in relativ weitem Abstand vor der Front-Kamera erfolgen muss, vor allem aus Datenschutzgründen musste jedoch die Auflösung der Kamera begrenzt werden.

Um die relevanten Vergleichskollektive für die videobasierte Bestimmung der Sicherheitsabstände aus den insgesamt 216 Überholvorgängen möglichst groß belassen zu können, soll für einige markante Streckeneigenschaften geprüft werden, ob sie eine weitere systematische Unterscheidung erfordern. Dazu gehört insbesondere die Streckencharakteristik der betrachteten Routen. Wie in den Routenbeschreibungen erwähnt, fanden die relevanten Landstraßen-Überholungen eines Teils der Vergleichsfahrten auf Streckenabschnitten statt, die nicht im Positivnetz enthalten sind und demnach auch nicht vom Lang-Lkw befahren wurden. Dieser Umstand brachte zwar eine deutlich höhere Überholhäufigkeit je Untersuchungstag mit sich, gibt jedoch trotzdem Anlass zu prüfen, inwieweit mit den Daten trotzdem die vorgesehene vergleichende Betrachtung der Sicherheitsrisiken möglich ist. Hauptaugenmerk lag dabei auf den Geschwindigkeiten der beteiligten Fahrzeuge, insbesondere der Überholer sowie der überholten (Lang-)Lkw.

Für die Analyse der bei den Überholmanövern durch das Heckradar aufgezeichneten Geschwindigkeiten wurden die Leitlinien-Abschnitte analog RIN (2008) und RAL (2012) mit Attributen ihrer Verbindungsfunktion versehen. Auch wenn die großräumigen und überregionalen Bundesstraßen nicht konsequent nach RAL gestaltet sind, so weisen sie dennoch sowohl in vielen Abschnitten querschnittsmäßig entsprechende Ausprägungen auf als auch insgesamt hinsichtlich ihrer Trassierungen. Gleiches gilt für die Regionalstraßen auf dem entsprechenden Niveau.

Diese Auswertung wird wie auch später folgende zur Verteilung von Kenngrößen wie Sicherheitsabständen etc. mit Hilfe von Box-Whisker-Diagrammen dargestellt. Dabei markiert die Box den Perzentil-Bereich vom 15. bis 85. Perzentil einschließlich einer horizontalen Teilung der Box am Median, die „Whisker“ zeigen den Bereich bis zum Minimal- und Maximal-Wert an. Auch wenn einige methodische Unterschiede zu LIPPOLD et al. (2016) bestehen, ist durch die gleiche Darstellungsweise eine möglichst große Vergleichbarkeit gewährleistet. In der ersten Ebene werden grundsätzlich in den beiden linken Säulen die Vergleichswerte für das jeweilige Gesamtkollektiv der Lang-Lkw (grün) und Sattelkraftfahrzeug (blau) aufgezeigt, die für das genutzte Kollektiv gelten. Bei nennenswerter Kollektivgröße bei der Unterscheidung auf zweiter Ebene werden die zugehörigen Ergebnisse wie die der grundsätzlichen Unterscheidung in Lang-Lkw bzw. Sattelkraftfahrzeug dargestellt, dabei variiert der Farbton innerhalb der beiden Kollektive. Insbesondere bei großen Streuungen der Ergebnisse wird die Skalierung der Ordinate so angepasst, dass die relevanten, weil meist kritischeren kleineren Werte unterscheidbar sind. Dabei wird hingenommen, dass teilweise nur ein Teil der Box sichtbar ist. Ist keine horizontale Unterteilung sichtbar, so liegen mehr als die Hälfte der Werte oberhalb der maximalen Skalierung.

Um die Tauglichkeit der jeweiligen Kollektive für den vorgesehenen Vergleich zwischen Lang-Lkw und Vergleichs-Lkw nachzuweisen, wurde als wichtigstes Kriterium erachtet, dass sowohl das grundsätzliche Fahrverhalten der Lang-Lkw als auch der Vergleichs-Lkw einerseits wie auch der überholenden Fahrzeuge vergleichbar ist. Da die sich von der Lang-Lkw-Routenwahl unterscheidende Routenwahl der Vergleichs-Lkw am Ende der Projektzeitraums nicht mehr beeinflusst werden konnte, musste vor allem ausgeschlossen werden, dass es systematische Unterschiede im Fahrverhalten gibt, die sehr wahrscheinlich auch zu systematischen Unterschieden im Überholverhalten führen könnten.

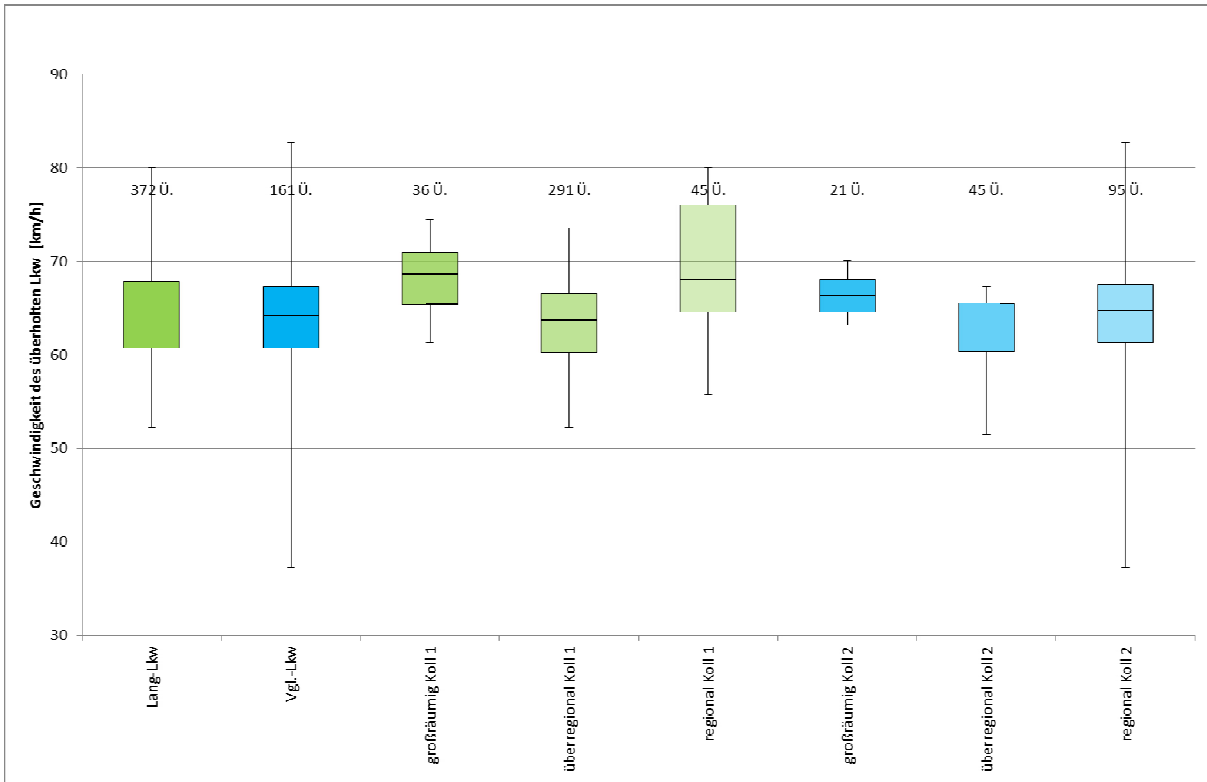


Bild 6 Verteilung der (Lang-)Lkw-Geschwindigkeiten bei Überholungen in Abhängigkeit von der zugeordneten Art der Verbindung

Die Auswertung der (Lang-)Lkw-Geschwindigkeiten in Bild 6 macht deutlich, dass bei den betrachteten (Lang-)Lkw sowohl die Mediane als

auch V_{85} und V_{15} von Lang-Lkw und Vergleichs-Lkw quasi identisch sind, der Median liegt bei 64 km/h, die V_{85} in beiden Fällen zwischen 67 und

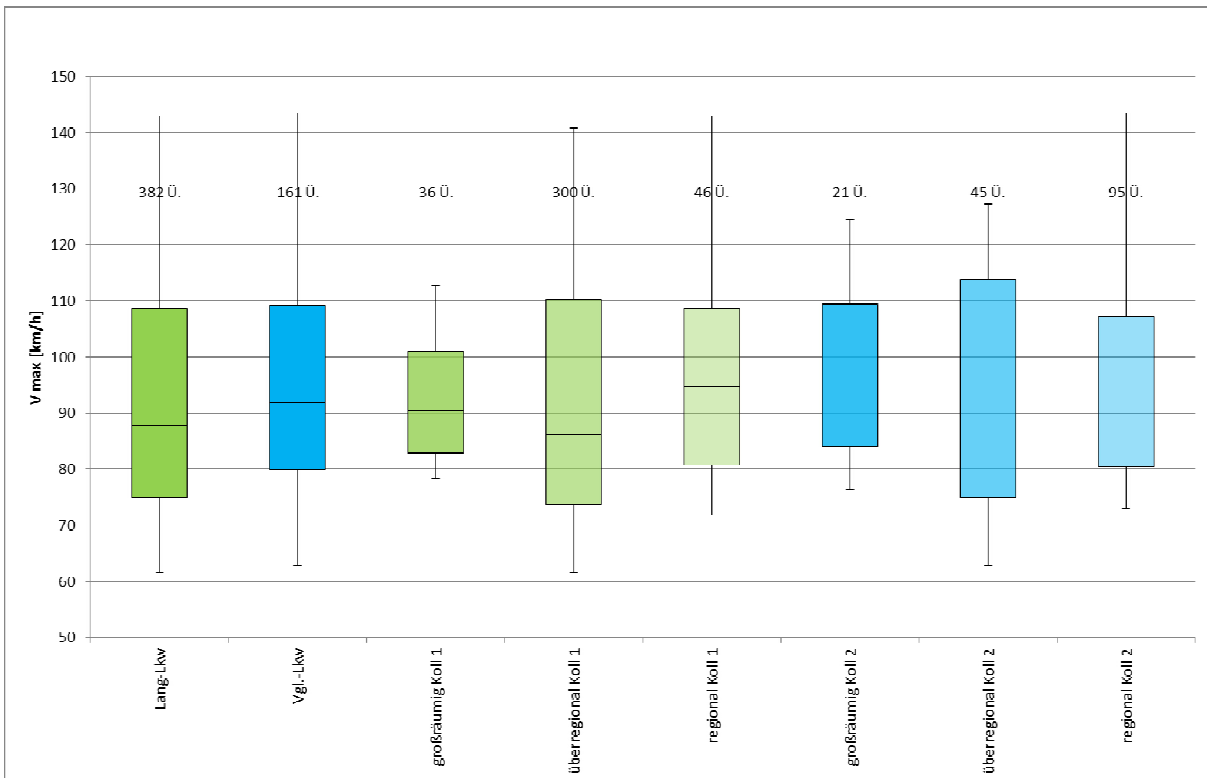


Bild 7 Verteilung der Überholer-Geschwindigkeiten bei Überholungen in Abhängigkeit von der zugeordneten Art der Verbindung

68 km/h.

Die Geschwindigkeitsverteilungen der überholten (Lang-)Lkw bei den Teilkollektiven hinsichtlich der abgeleiteten Verbindungsfunktion unterscheiden sich demgegenüber untereinander um wenige km/h, die Mediane schwanken zwischen ca. 62 und 68 km/h. Da jedoch insbesondere nicht feststellbar ist, dass die (Lang-)Lkw-Geschwindigkeiten auf den weniger großzügig trassierten Regionalstraßen niedriger liegen, kann hieraus kein systematischer Einfluss erkannt werden, der eine grundsätzliche Unterscheidung des Gesamtkollektivs in diese Verbindungsfunktionen rechtfertigt bzw. erfordern würde.

Auch die Mediane der Überholer-Geschwindigkeiten unterscheiden sich zwischen den abgeleiteten Verbindungsfunktionen um ca. 6 bis 7 km/h (siehe Bild 7). Jedoch lässt sich auch hieraus ableiten, dass die Trassierungen, angestrebten Planungsgeschwindigkeiten o.ä. in dem hier anzutreffenden Rahmen keinen systematischen Einfluss auf das Geschwindigkeitsverhalten haben, der vor allem bei den Regionalstraßen in den Vergleichs-Lkw-Routen 1c/d im Zuge der Analyse nicht ausgeschlossen worden ist.

Daher ist davon auszugehen, dass für die weiteren Betrachtungen keine weitere differenzierte Betrachtung der unterschiedlichen Streckencharakteristika erforderlich ist.

7 Ergebnisse – Überholen auf Landstraßen

7.1 Allgemeines

Gegenüber ZIMMERMANN et al. (2015) wurde Erhebungstechnik im Frontbereich ergänzt und die GPS-, Radar- und Kamertechnik so verknüpft, dass jeweils eine Zeitsynchronisation vorliegt.

Ausgehend von den aufgestellten Thesen zu Auswirkungen von Lang-Lkw auf das Überholen insbesondere auf Landstraßen werden die in den nachfolgenden Unterkapiteln beschriebenen Einzelkomponenten der Überholvorgänge analysiert.

Um die Analysemöglichkeiten der Heckradarerhebung und ihre sehr verlässliche Datenzuordnung für ein größeres Datenkollektiv zu nutzen, werden diese Daten für einige sekundäre Größen dargestellt.

Die für die letztendliche Risikobeurteilung relevante Analyse des Sicherheitsabstandes und anderer Informationen kann verlässlich nur auf Erhebungen im Frontbereich des überholten (Lang-)Lkw gestützt werden. Diverse Einflüsse haben zu einer Reduzierung der tatsächlich vollständigen und auswertbaren Datensätze aus vollständigen Informationen am Heck und Video- sowie GPS-Daten an der Fahrzeugfront geführt. Auch wenn die Bildrate der Kamerabilder nicht für eine detaillierte und hochgenaue Zeitermittlung vorgesehen war, so konnte durch eine systematische Interpolation der Überlagerung aus Kamerabildern und den Fahrzeugkanten eine Bildrate von 20 Bildern pro Sekunde für die Zeitermittlung herangezogen werden.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung steht vor allem die relative Beurteilung der Sicherheitsrisiken für Überholvorgänge im Vordergrund, weniger die Fragestellung, welche absoluten Werte z.B. für Sicherheitsabstände modellhaft anzusetzen sind o.ä. Daher werden im Folgenden einige besondere Merkmale der Überholvorgänge und ihre Auswirkungen auf bestimmte Kenngrößen aufgezeigt, z.B. die Unterscheidung in beschleunigte oder fliegende Überholmanöver. Maßgeblicher Beurteilungsmaßstab für die zu beantwortende Frage, ob aus einer regelmäßigen Verkehrsbeteiligung von Lang-Lkw höhere Sicherheitsrisiken beim Überholen zu erwarten sind, ist, ob die ermittelten Sicherheitsabstände bei Überholungen gegenüber Lang-Lkw in maßgeblichen Konstellationen geringer sind als die bei Überholungen gegenüber Vergleichs-Lkw. Daher werden die entsprechenden Verteilungen der Sicherheitsabstände für verschiedene Merkmalsgruppen wie unterschiedliche Sichtverhältnisse auf den Gegenverkehr, Geschwindigkeiten der überholten (Lang-)Lkw etc. dargestellt, ohne dass eine bestimmte Auswahl an Überholmanövern als die einzige relevante gekennzeichnet wird.

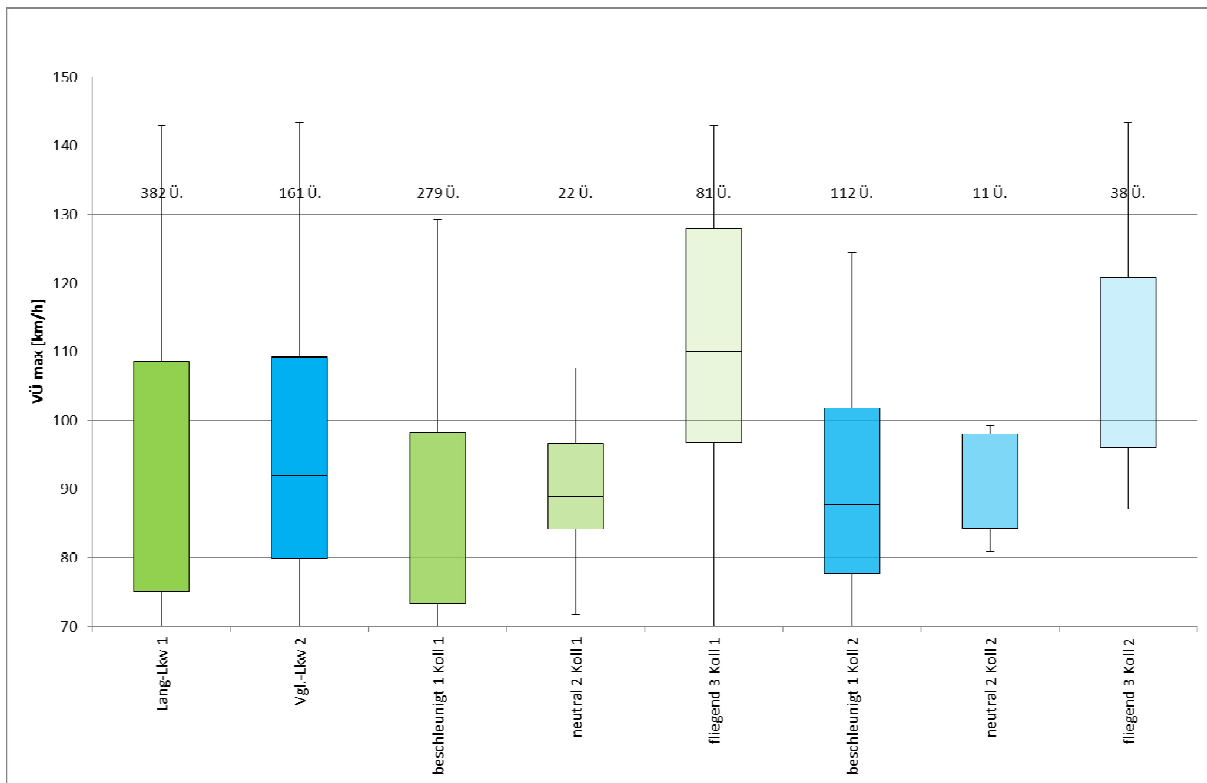


Bild 8 Überholergeschwindigkeiten (Heckradar) auf zweistreifigen Landstraßen in Abhängigkeit von der Zuordnung „beschleunigt“ bzw. „fliegend“

7.2 Einfluss des Merkmals „beschleunigt“ bzw. „fliegend“ auf den Überholvorgang

Bei fliegenden Überholungen ist davon auszugehen, dass die hohe Geschwindigkeitsdifferenz dazu führt, dass der Überholer die textliche Information „LANG-LKW“ am Heck des vorausfahrenden Fahrzeugs – wenn überhaupt – erst während des bereits eingeleiteten Überholvorganges erkennt und daher die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, wegen dieser Information den Vorgang abzubrechen. Bei den für die Video-Analyse betrachteten Videos konnten Abbrüche im Einzelfall nur dann festgestellt werden, wenn Fahrzeuge zuvor weitere Fahrzeuge hinter dem (Lang-)Lkw überholt hatten und erkennbar war, dass sie diese bereits eingeleiteten Überholvorgänge hätten fortsetzen wollen. Demgegenüber ist davon auszugehen, dass sich insbesondere nach längerer Fahrt hinter einem entsprechend gekennzeichneten Lang-Lkw eine evtl. mögliche defensivere Überholneigung durch seltenere, dann aber mit größerer Beschleunigung durchgeführte Überholungen zeigen könnte.

Für die Unterscheidung zwischen fliegenden und beschleunigten Überholvorgängen können zwei Kriterien herangezogen werden: Fliegende Überholungen beruhen vor allem auf einer konstanten

Geschwindigkeit zumindest in der Annäherung an das zu überholende Fahrzeug bzw. einer relativ hohen Geschwindigkeitsdifferenz beim Überholen. Beschleunigte Überholungen sind davon vor allem dadurch zu unterscheiden, dass die Ausgangsgeschwindigkeit des Überholers im Annäherungsbereich ähnlich niedrig ist wie die Geschwindigkeit des überholten Fahrzeugs. Fliegende Überholungen werden im Folgenden durch eine Geschwindigkeitsdifferenz von mindestens 20 km/h gegenüber dem überholten Lkw ermittelt. Beschleunigte Überholvorgänge sind zum einen gekennzeichnet durch eine Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem von maximal 10 km/h oder einer Geschwindigkeitsänderung des Überholers vor der Vorbeifahrt am (Lang-)Lkw-Heck von mindestens 20 km/h. Überholungen, die keine der Randbedingungen erfüllen, werden als neutral dargestellt.

Aus Bild 8 ist zunächst zu erkennen, dass sowohl bei den beobachteten Lang-Lkw-Überholungen als auch denen gegenüber dem Vergleichs-Lkw ca. 70 % als beschleunigt anzusehen sind.

Die maximalen Geschwindigkeiten am Lkw-Heck unterscheiden sich in Abhängigkeit dieser Kategorisierung deutlich. Bei beschleunigten und neutralen Vorgängen zeigen sich vergleichbare Geschwindigkeitsunterschiede der Überholer ab wie

im Gesamtkollektiv ($n = 543$), lediglich die Überholergeschwindigkeiten bei fliegenden Lang-Lkw-Überholungen liegen deutlich höher als die Werte bei Vergleichs-Lkw. Hauptgrund dafür dürften die relativ häufigen Nacht-Fahrten des Lang-Lkw sein, bei denen auf den sehr gestreckten Abschnitten sehr gute Sichtverhältnisse und sehr geringe Verkehrsdichten anzutreffen sind.

7.3 Geschwindigkeit des Überholers

Die Entscheidung für die Einleitung eines Überholvorganges wird in der Regel in einer Position mit einem gewissen Abstand zum Heck des zu überholenden Fahrzeuges getroffen. Daher wäre idealerweise die Geschwindigkeit beim Einleiten des Überholvorganges bzw. beim Ausscheren aus dem eigenen Fahrstreifen zu analysieren. Aus Radardaten lassen sich diese beiden Stellen nicht sicher ableiten, die Videoauswertung ermöglicht zwar das Setzen des Zeitpunktes der beginnenden Nutzung des Gegenverkehrsfahrstreifens, die Zuordnung der jeweiligen Geschwindigkeit ist allerdings nur mit sehr viel Aufwand möglich. Da die Geschwindigkeiten an bestimmten Punkten des Überholvorganges für die angewendete Methodik nicht entscheidend sind, wird auf deren Bestimmung verzichtet.

Die hier dargestellten maximalen Überholergeschwindigkeiten aus der Heckradarerfassung werden für den Zeitraum der Annäherung bestimmt, der entweder mit dem letzten Beschleunigungsbeginn beginnt oder bei fliegenden Überholungen seit der Erfassung im Radar.

Differenzen zwischen diesen Geschwindigkeiten je nach zu überholendem Fahrzeug können ein Indiz dafür sein, dass die Überholer unterschiedlich hohe Anforderungen an ihre eigenen Geschwindigkeiten haben, um sich einen Überholvorgang zuzutrauen.

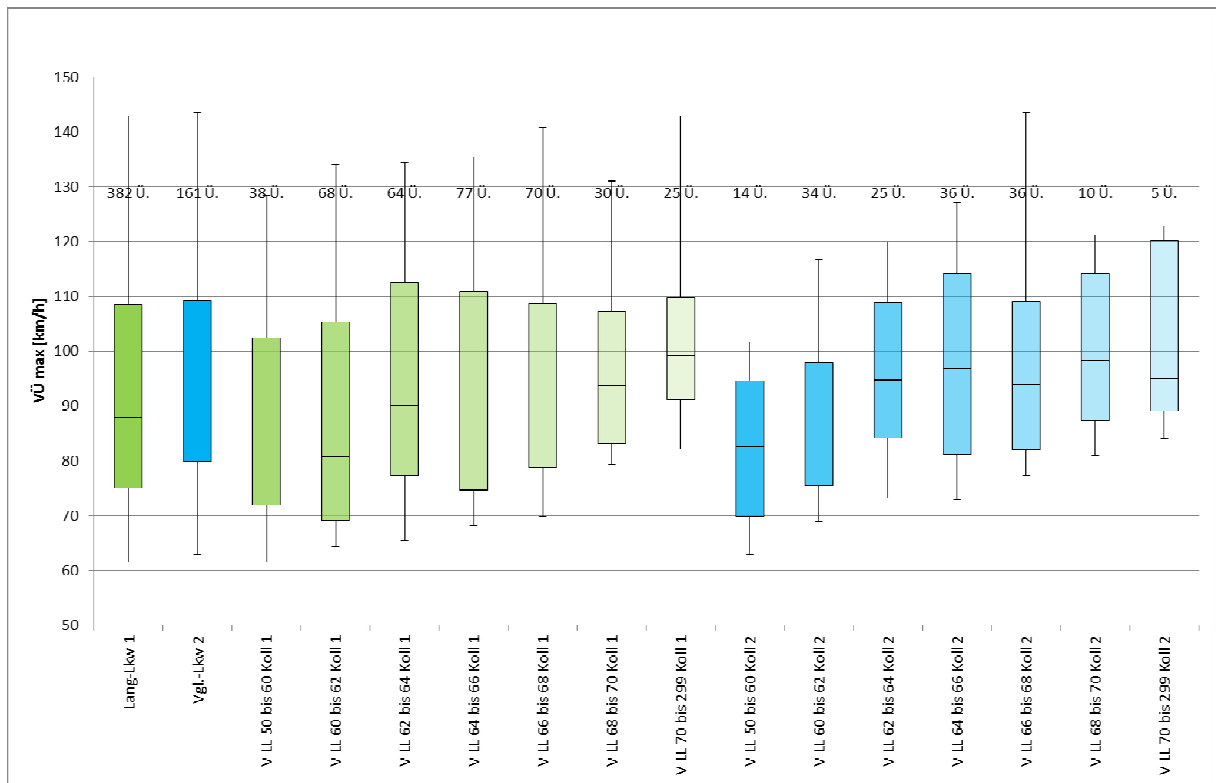


Bild 9 Überholergeschwindigkeiten (Heckradar) auf zweistreifigen Landstraßen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des überholten Lang-Lkw (V LL) bzw. Vergleichs-Lkw (V VL)

Aus Bild 9 wird deutlich, dass die Geschwindigkeit des Lkw deutliche Auswirkungen auf die Geschwindigkeit der überholenden Fahrzeuge hat. Ähnlich wie bereits bei ZIMMERMANN (2015) dokumentiert, liegt der Median der Lang-Lkw-Überholungen noch ca. 3-4 km/h niedriger als der Wert bei Standard-Lkw-Überholungen. Es bestätigt sich auch im aktuellen Kollektiv, dass ab bestimmten Geschwindigkeiten des überholten (Lang-)Lkw die geringsten Überholgeschwindigkeiten deutlich ansteigen. Diese Geschwindigkeitsschwelle, ab der keine Überholungen mit weniger als 80 km/h mehr durchgeführt werden, liegt mit ca. 68 km/h gegenüber ZIMMERMANN et al. (2015) etwas höher.

7.4 Sicherheitsabstand in Abhängigkeit von unterschiedlichen Abgrenzungen der relevanten Randbedingungen

Analog zu den Betrachtungen von LIPPOLD et al. (2016) wird zunächst eine Abgrenzung der besonders relevanten Überholrandbedingungen vorgenommen. Wie bereits beschrieben, verlangt die vorliegende Fragestellung keine Eingrenzung auf ein bestimmtes Teilkollektiv, gleichwohl ist es naheliegend, nicht nur das Gesamtkollektiv ($n = 214$), einzubeziehen, in dem auch Überholungen ohne erkennbaren Gegenverkehr bzw. mit sehr weit ent-

ferntem Gegenverkehr enthalten sind. Andererseits ist der Anteil an Überholungen mit Sicherheitsabständen von weniger als 200 m sehr gering, so dass die Übernahme dieses Abgrenzungskriteriums aus LIPPOLD et al. (2015) zu so kleinen Teilkollektiven führen würde, dass sie nicht belastbar wären.

Daher wurde für alle Überholvorgänge mit vollständiger Videoerfassung auch der räumliche Abstand ermittelt bzw. für den entgegenkommenden fortgeschrieben, der zwischen dem Überholer und dem entgegenkommenden zu dem Zeitpunkt vorliegt, an dem der Überholer mit seinem Fahrzeugheck die Front des (Lang-)Lkw erreicht. Auch wenn dort in der Regel der Einschervorgang nicht direkt beginnt, so ist es doch der Zeitpunkt, an dem zumindest relevante Entscheidungen vor allem bei kritischen Situationen getroffen und auch umgesetzt werden können („Vor-Einscher-Abstand“) (siehe Bild 5). Da für die anstehende Risikobetrachtung vor allem geringere Abstände für dieses Maß relevant sind, wurde die Verteilung der Sicherheitsabstände für alle Überholungen ermittelt, bei denen die Vor-Einscher-Abstände unter 300, 400 bzw. 500 m liegen. Die zugehörige Grafik zeigt Bild 10. Darin sind ebenfalls in der jeweils ersten Untergliederung je Lkw-Fahrzeugart all die Überholungen ausgewertet, bei denen kein entgegenkommender zugeordnet wurde ($n = 79 +$

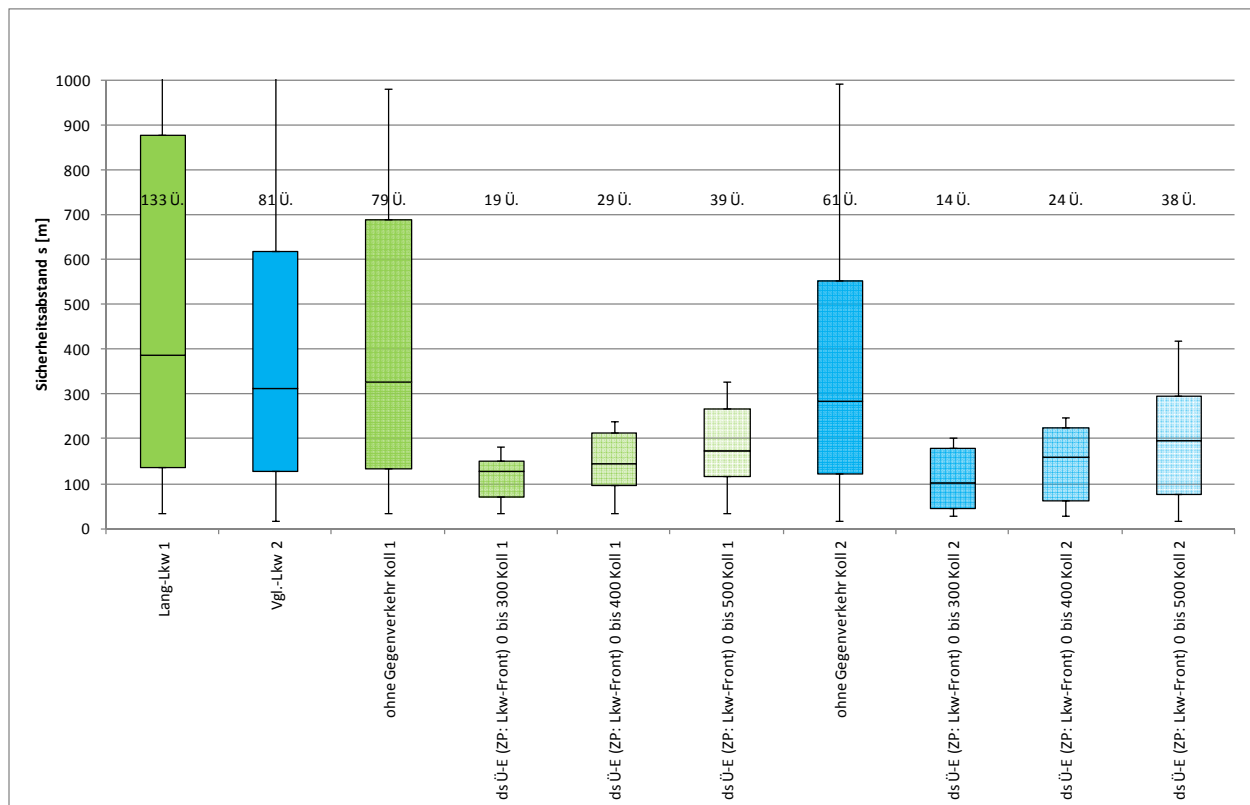


Bild 10 Sicherheitsabstände in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Überholer und Entgegenkommendem zum Zeitpunkt der Vorbeifahrt des Überholers an der (Lang-)Lkw-Front

(n = 61). (Aus technischen Gründen und der Überlegung heraus, dass in entsprechend großer Entfernung auch ein zwar theoretisch sichtbarer Entgegenkommender keinen Einfluss auf das Überholverhalten hat, wurde die Videoauswertung 30 Sekunden nach Vorbeifahrt des Überholenden beendet. Um diese Datensätze trotzdem unter den anderen Aspekten auswerten zu können, wurde in diesem Fall ein rechnerischer Sicherheitsabstand von 999 m vermerkt.)

Relevanteste Erkenntnis aus diesem Diagramm ist, dass unabhängig von der Eingrenzung der relevanten Überholungen jede der Verteilungen der Sicherheitsabstände für Lang-Lkw weniger ungünstige Werte der kritischen Kenngrößen aufweist als die entsprechenden Vergleichskollektive mit den herkömmlichen Lkw. Bei allen Diagrammteilen liegen die 15. Perzentile (untere Begrenzungen der Boxen) für die Lang-Lkw mindestens auf dem Niveau der Vergleichs-Lkw, bei den Kollektiven ohne Filterung durch den Abstand zwischen Überholer und Entgegenkommendem sowie bei den kürzesten Abständen weisen auch die Mediane bei den Lang-Lkw höhere Werte auf.

7.5 Überprüfung der Sicherheitsabstände bei besonderen Randbedingungen

Parallel zu der im vorangegangenen Kapitel dargestellten Erkenntnis, dass in keinem der relevanten Teilkollektive bei Überholungen gegenüber Lang-Lkw höhere Risiken erkennbar sind als gegenüber den Vergleichs-Lkw, wurde auch überprüft, ob diese Aussage auch für andere Teilkollektive gilt, die aus unterschiedlichem Überholverhalten, Geschwindigkeiten oder Streckenmerkmalen abgegrenzt wurden. So soll gewährleistet werden, dass trotz der allgemein abgesicherten Aussage, dass kein höheres Risiko bei Überholungen gegenüber Lang-Lkw besteht, nicht evtl. in Teilbereichen des Überholens doch systematisch erhöhte Risiken bestehen.

Die Verteilung der Sicherheitsabstände für beschleunigte bzw. nichtbeschleunigte Überholvorgänge (Bild 11) bestätigt die Gesamtergebnisse auch bei dieser Unterscheidung für alle betroffenen Teilkollektive. Während die Verteilungen aller Überholungen (n = 214) und der beschleunigten Überholungen (n = 164) für beide Lkw-Arten quasi identisch sind, sind die Verteilungen der Sicherheitsabstände bei fliegenden Überholungen gegenüber Lang-Lkw deutlich günstiger.

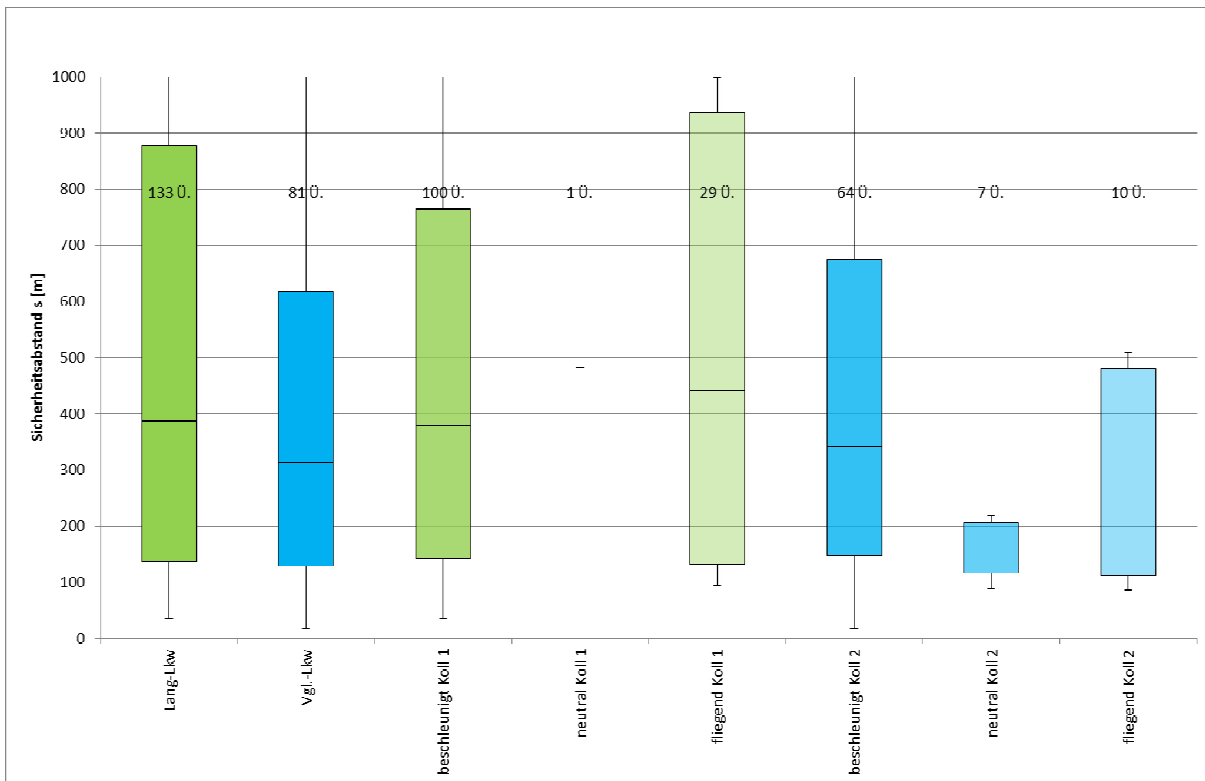


Bild 11 Sicherheitsabstände in Abhängigkeit von der Art des Überholvorgangs (beschleunigt/nicht beschleunigt)

Auch die Überlagerung mit der Netzbedeutung der Strecke (Bild 12) weist nur geringe Unterschiede auf. Tendenziell ist erkennbar, dass die Sicherheitsabstände auf überregionalen Straßen etwas höher liegen als in der Gesamtverteilung, systematische Zusammenhänge lassen sich daraus aber nicht ableiten. Geringere Mediane der Sicherheitsabstände – auch im Vergleich zu den Vergleichs-Lkw – sind im Bereich der Regionalstraßen festzustellen. Daraus wird deutlich, dass zwar das Risiko für sehr geringe Sicherheitsabstände (ca. 100 m) nicht größer wird in diesem Segment, jedoch die Wahrscheinlichkeit, Sicherheitsabstände von weniger als 200 m in Kauf zu nehmen. Aus dieser Auswertung eine allgemeingültige Aussage über alle Regionalstraßen abzuleiten, erscheint angesichts der konkreten Strecken dieser Untersuchung nicht angebracht. Die im Positivnetz liegenden relativ autobahnnahen von Lang-Lkw genutzten Abschnitte sind zwar als solche zu kategorisieren, weisen jedoch eine deutlich überdurchschnittliche Verkehrsbelastung auf. Dies könnte ein Grund sein, dass auf diesen Strecken bei ähnlichen Geschwindigkeitsverteilungen geringere Sicherheitsabstände auftreten, da ein größerer Überholdruck vorliegt.

Letztendlich zeigen auch die Verteilungen der Sicherheitsabstände in Abhängigkeit von den Geschwindigkeiten der überholten (Lang-)Lkw (Bild

13) keine Auffälligkeiten. Vielmehr sind – u.a. auch bedingt durch die geringeren Teilkollektivgrößen – die Schwankungen der Mediane relativ groß. Die geringsten Sicherheitsabstände bewegen sich jedoch auf dem gleichen Niveau wie im Gesamtkollektiv. Auch Ausreißer nach unten wie bei den Vergleichs-Lkw bei höheren Lkw-Geschwindigkeiten zeigen sich nicht.

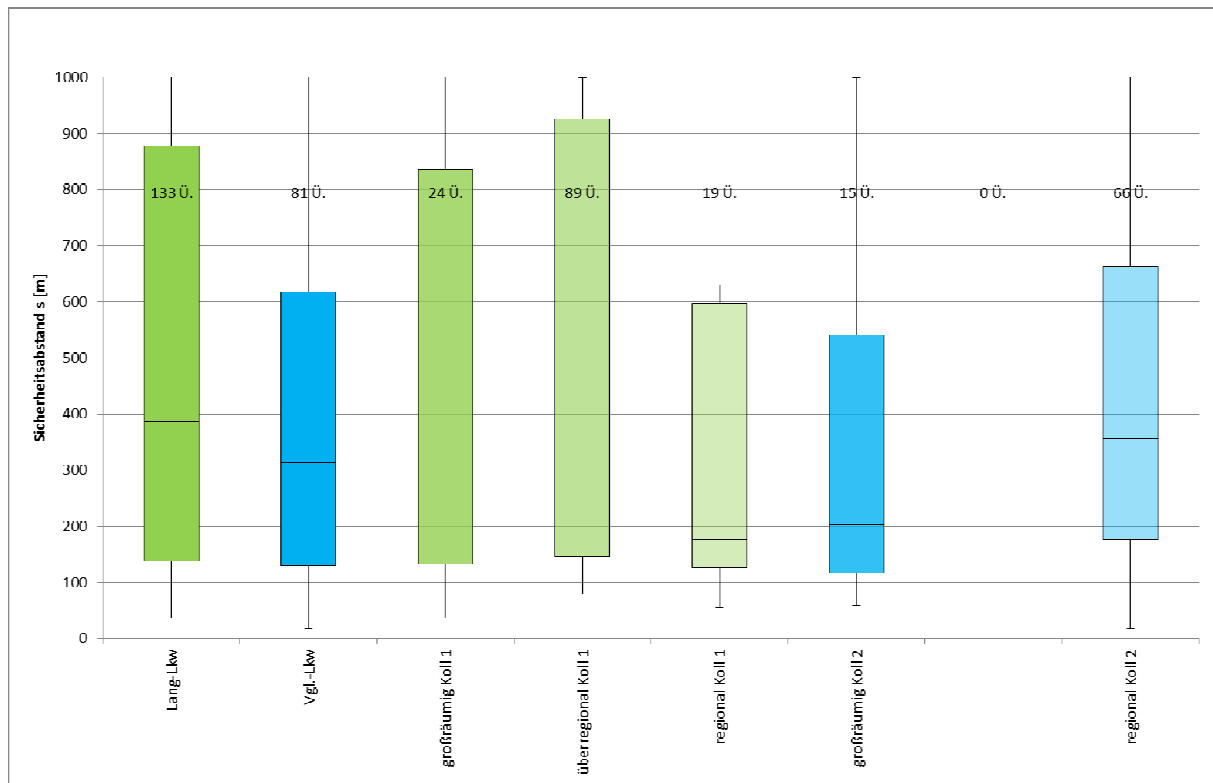


Bild 12 Sicherheitsabstände in Abhängigkeit von der Netzbedeutung der Strecke

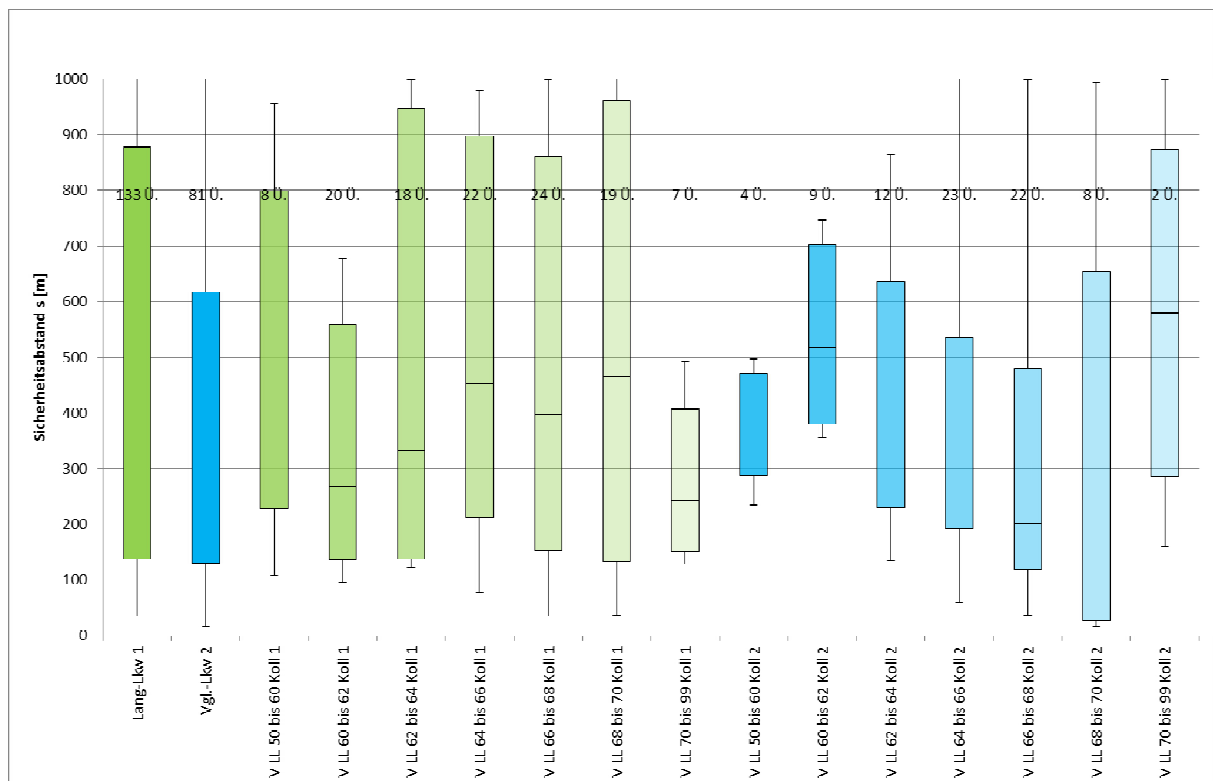


Bild 13 Sicherheitsabstände in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des überholten (Lang-)Lkw

Eine weitere Eingrenzung der untersuchungsrelevanten Überholungen nach der Erkennbarkeit von Gegenverkehr zumindest zu einem bestimmten Zeitpunkt der Überholung konnte im Unterschied zu der Untersuchung von LIPPOLD et al. (2016) hier nicht vorgenommen werden. Insbesondere erschwert die Erhebungsmethodik eine eindeutige Abgrenzung dieses Aspektes gegenüber einer Betrachtung aus der Vogelperspektive. Die bei LIPPOLD et al. (2015) erfolgte Feststellung, dass bei sichtbarem Gegenverkehr zu Überholbeginn nur bei deutlich größeren vorhandenen Sichtweiten überholt wurde, kann daher in diesem Kollektiv nicht geprüft werden. Auch andere Aspekte wie die Häufigkeit der Nutzung bestimmter Sichtweiten können hier nicht betrachtet werden. Da aus diesen Aspekten kein systematischer Unterschied hinsichtlich der hier zum Vergleich anstehenden überholten Lkw zu vermuten ist, ist ein Verzicht auf diese Analysen in der vorliegenden Untersuchung unkritisch.

7.6 Überholwege und Einschereabstände

Vor allem die gegenüber LIPPOLD et al. (2016) andere Abgrenzung der relevanten Überholvorgänge erschwert zumindest den direkten Vergleich zwischen den Sicherheitsabständen der beiden Untersuchungen. Daher sollen an dieser Stelle auch einige Auswertungen dargestellt werden, die Teilgrößen wie den räumlichen Umfang des Über-

holvorgangs als Ganzes und in Teilbereichen beschreiben.

Die in Bild 14 aufgezeigten Überholwege (räumlicher Abstand zwischen Beginn des Ausschervorganges und Ende des Einschervorganges) bei den Lang-Lkw liegen durchweg unter den Werten für die Vergleichs-Lkw – hierbei sind besonders die hohen Perzentile relevant, da lange Überholwege tendenziell sicherheitskritischer sind. Insbesondere bei geringen Sicherheitsabständen zeigt sich der Vorteil bei den Lang-Lkw-Überholungen deutlich.

Die in Bild 15 dargestellten Auswertungen der Einschereabstände (räumlicher Abstand zwischen Vorbeifahrt an der Lang-Lkw-Front und Ende des Einschervorganges) hingegen weisen insgesamt etwas längere Werte bei den Überholungen gegenüber den Lang-Lkw aus. Da diese jedoch vor allem bei geringen Sicherheitsabständen deutlich verkürzt werden, ist davon auszugehen, dass die insgesamt längeren Einschereabstände kein Zeichen erhöhter Risiken sind, sondern die Überholenden den Einschereabstand erforderlichenfalls situationsangepasst verkürzen.

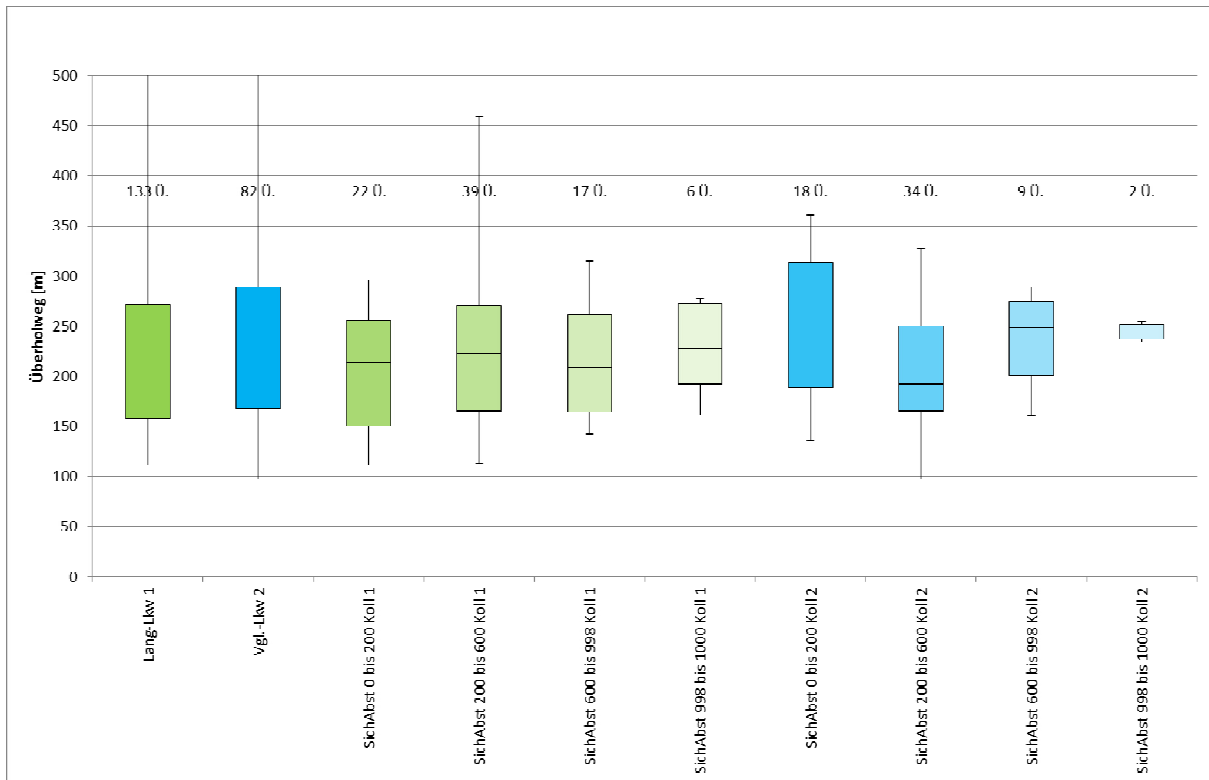


Bild 14 Überholwege in Abhängigkeit von den Sicherheitsabständen

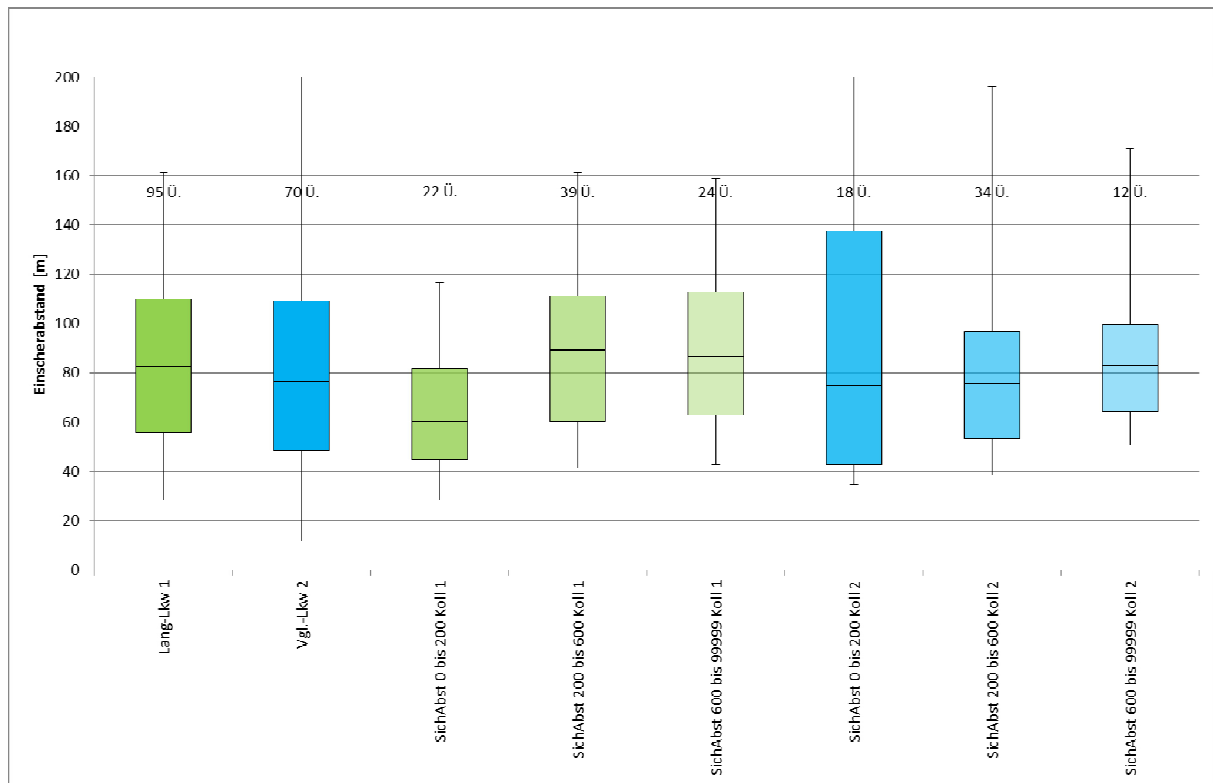


Bild 15 Einscherabstände in Abhängigkeit von den Sicherheitsabständen

7.7 Beschleunigung des Überholers

Insbesondere die Beschleunigung bis zur Vorbeifahrt am Heck ist als Indiz für den Wunsch nach einer mehr oder weniger deutlichen Geschwindigkeitsänderung im Zuge des Überholvorgangs anzusehen.

Aus Bild 16 ist erkennbar, dass sowohl der Median der Beschleunigungen als auch vor allem die sicherheitsrelevanten geringsten Beschleunigungen bei Lang-Lkw-Überholungen etwas höher liegen als beim Standard-Lkw. Zumindest bei maßvollen Beschleunigungen wie den hier auftretenden wirken sich höhere Beschleunigungen günstig auf eine zügigere Beendigung des Überholvorgangs und damit auch eine Vergrößerung des Sicherheitsabstandes aus. Insgesamt liegen die Werte bei allen Überholungen deutlich höher als noch in der identischen Auswertung aus ZIMMERMANN et al. (2015).

Die höchsten Beschleunigungswerte stellen sich erwartungsgemäß bei niedrigeren Differenzgeschwindigkeiten zwischen dem Überholer und dem (Lang-)Lkw ein.

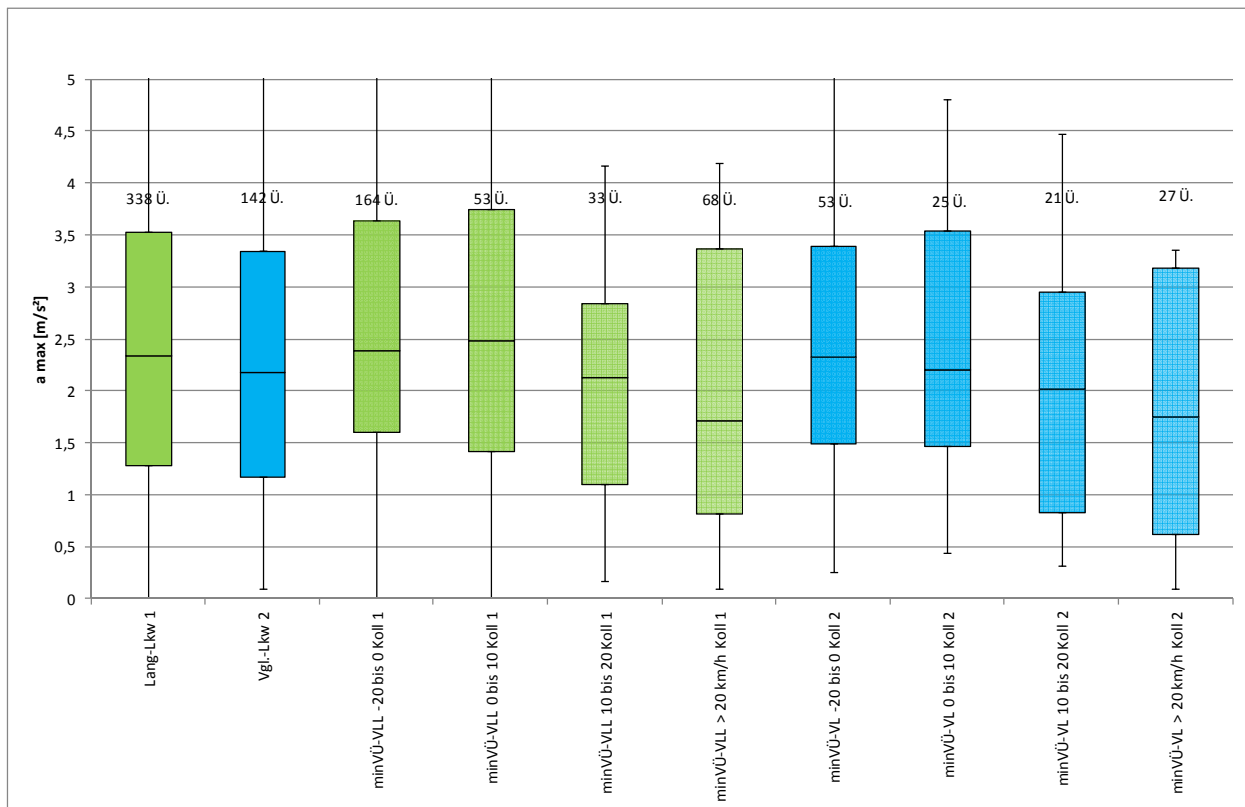


Bild 16 Beobachtete Beschleunigungen bei der Annäherung an das Lkw-Heck in Abhängigkeit von der Differenzgeschwindigkeit zwischen Überholer und überholtem (Lang-)Lkw

8 Datenauswertung - Überholen auf drei- und mehrstreifigen Straßen

Während dieses Vorhaben die möglichen Sicherheitsrisiken bei Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw auf einbahnigen Landstraßen bewusst nochmals beleuchten sollte, ist aus ZIMMERMANN et al. 2015 bereits belegt, dass bei Überholungen in Bereichen mit baulich angelegten Überholmöglichkeiten - d.h. ohne Nutzung des Fahrstreifens des Gegenverkehrs bzw. auf Autobahnen - Sicherheitsrisiken höchstens indirekt bestehen, theoretisch negative Auswirkungen für den Verkehrsablauf ergeben sich hier aus geringfügig längeren Überholwegen und -zeiten.

Insbesondere spielt anders als auf zweistreifigen Landstraßen die größere Fahrzeuglänge von Lang-Lkw bei baulich gesicherten Überholvorgängen eine deutlich geringere Rolle, da bei regelkonformen Überholvorgängen mit mindestens 10 km/h Geschwindigkeitsdifferenz die Überholzeiten wenn überhaupt mehrlängenbedingt nur im kleinen Sekundenbereich zunehmen. (Unter der Annahme, dass der Lang-Lkw 6,75 m länger ist und die Geschwindigkeitsdifferenz 10 km/h beträgt, dauert der Überholvorgang 3,18 s länger. Dies führt zwar bei

einer Geschwindigkeit des Überholers von 90 km/h zu einer Verlängerung des Überholweges von ca. 75 m. Allerdings liegen diese Mehrlängen deutlich unter denen, die aus anderen Randbedingungen bei Lkw-Lkw-Überholungen resultieren, z.B. unterschiedlichen Ausscher- und Einscherabständen, Geschwindigkeitsdifferenzen etc.)

Aus Bild 20 wird auch für das aktuelle Überholkollektiv auf 2-streifigen Richtungsfahrbahnen von Autobahnen erkennbar, dass Überholungen durch andere langsame Fahrzeuge ab ca. 85 km/h ausgeschlossen sind. Da aus den Radardaten keine Aussage über die Fahrzeugart relativ langsamer Überholer abgeleitet werden kann, wird zu einem späteren Zeitpunkt ein Teilkollektiv nur mit Überholungen durch andere Schwerverkehrs-Fahrzeuge analysiert.

Um eine Analyse der Risiken vornehmen zu können, die aus einer Aufhebung des Verbots eigener Überholungen durch Lang-Lkw auf Autobahnen resultieren könnten, werden im Folgenden einige Betrachtungen vorgenommen, die Bausteine für eine Abschätzung gegenseitiger Überholungen durch Lkw ermöglichen.

Dabei wird aus den Erhebungen vor allem auf das Nachfolgeverhalten von Lkw vor dem Überholen eingegangen sowie das Geschwindigkeitsverhal-

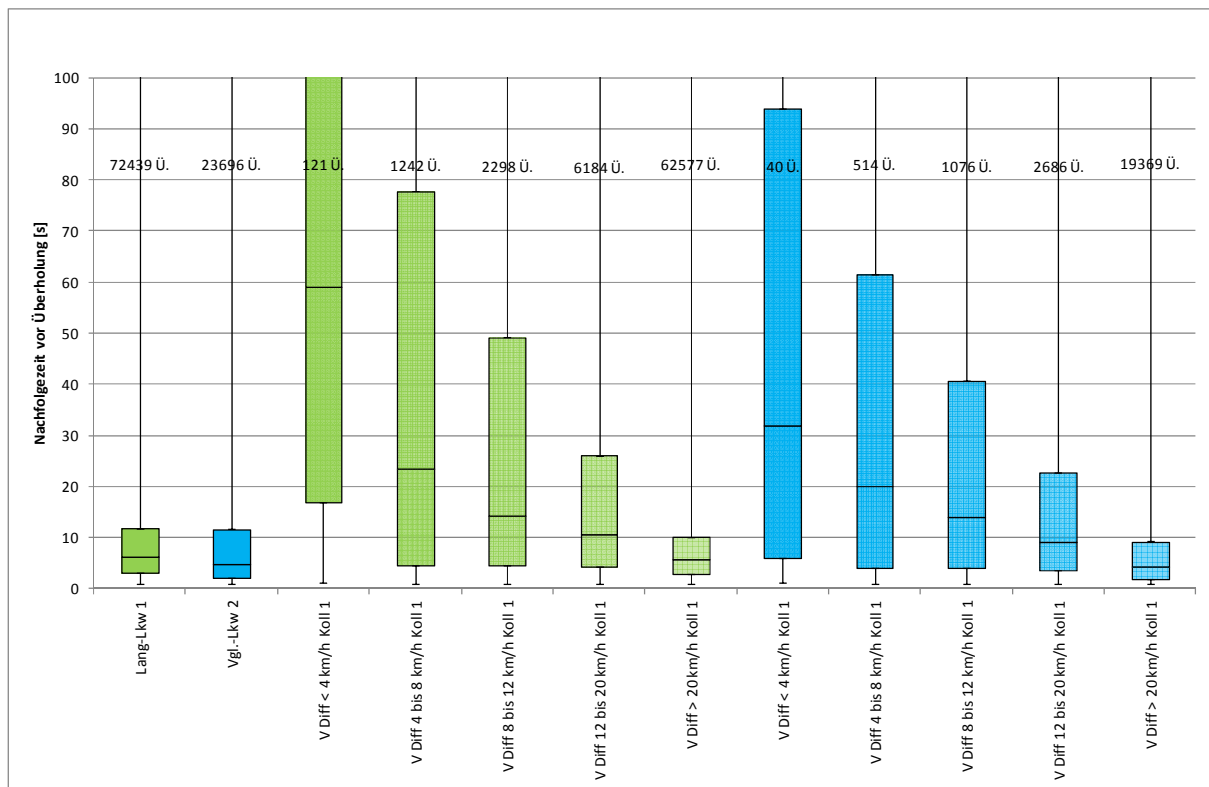


Bild 17 Nachfolgezeit vor Überholungen (alle Fahrzeuge) in Abhängigkeit von der Differenzgeschwindigkeit auf 2-streifigen BAB-Richtungsfahrbahnen

ten der überholenden Lkw sowie der überholten (Lang-)Lkw.

Zunächst sind im Folgenden die Verteilungen der Zeiten aufgetragen, die bei Überholern zwischen erstmaliger Erfassung vom Heckradar bis zum Überholvorgang vergehen. Zwar können prinzipiell auch andere Gründe für eine längere Verweildauer in diesem Bereich vorliegen, aus Bild 17 wird aber vor allem deutlich, dass die Dauer der Hinterherfahrt sowohl im Mittel als auch in den Maxima sehr stark von der Differenzgeschwindigkeit abhängt.

Aus den sehr geringen Anzahlen an Überholungen mit Differenzgeschwindigkeiten von weniger als 4 km/h wird zunächst deutlich, dass die subjektiv gefühlten Überholungen ohne jegliche Differenzgeschwindigkeiten - eher selten sind. Die mit abnehmender Differenzgeschwindigkeit zunehmenden Nachfolgezeiten machen vor allem deutlich, dass Überholvorgänge durch andere relativ langsame Fahrzeuge nicht sofort umgesetzt werden.

Da hierbei alle Überholer ungeachtet ihrer Fahrzeugart betrachtet werden, wurde im Zuge der Videoauswertung zu anderen Themenstellungen auch auf zweistreifigen Richtungsfahrbahnen für einen Teil der Fahrzeuge mit einer Überholgeschwindigkeit von max. 95 km/h eine Analyse der Fahrzeugart durchgeführt. Sowohl für Lang- als auch für Vergleichs-Lkw wurden jeweils ca. 100

Überholvorgänge durch andere Schwerverkehrsfahrzeuge dokumentiert und eine Auswertung analog zu Bild 17 vorgenommen. Bild 18 zeigt für Fahrzeuge des Schwerverkehrs gegenüber allen Fahrzeugen längere Verweildauern hinter dem später überholten Fahrzeug, relativ unabhängig von den Geschwindigkeitsdifferenzen im Bereich zwischen 20 und 30 Sekunden. Die mit zunehmender Differenzgeschwindigkeit abnehmende Verweildauer bei allen Fahrzeugen ist bei den Überholungen durch andere Lkw nicht zu beobachten. Letztendlich kann abgeleitet werden, dass 85 % der überholenden Lkw nicht viel länger als ca. eine Minute abwarten, bevor ein Überholvorgang eingeleitet wird. Da vor allem aus der Perspektive des überholwilligen Lkw-Fahrers kaum erkennbar ist, ob davor weitere Lkw fahren, ist davon auszugehen, dass ein ähnliches Verhalten auch bei einer Folge langsamerer Fahrzeuge eintreten würde.

Den nachfolgenden Überlegungen zu verschiedenen Szenarien zur Aufrechterhaltung des Verbots eigener Überholungen durch Lang-Lkw liegen Verhaltensweisen zugrunde, die zwar als realistisch angesehen werden, aber nicht in allen Punkten StVO-konform sind. Gleichwohl wurden sie so dokumentiert und finden daher in dieser Untersuchung Niederschlag.

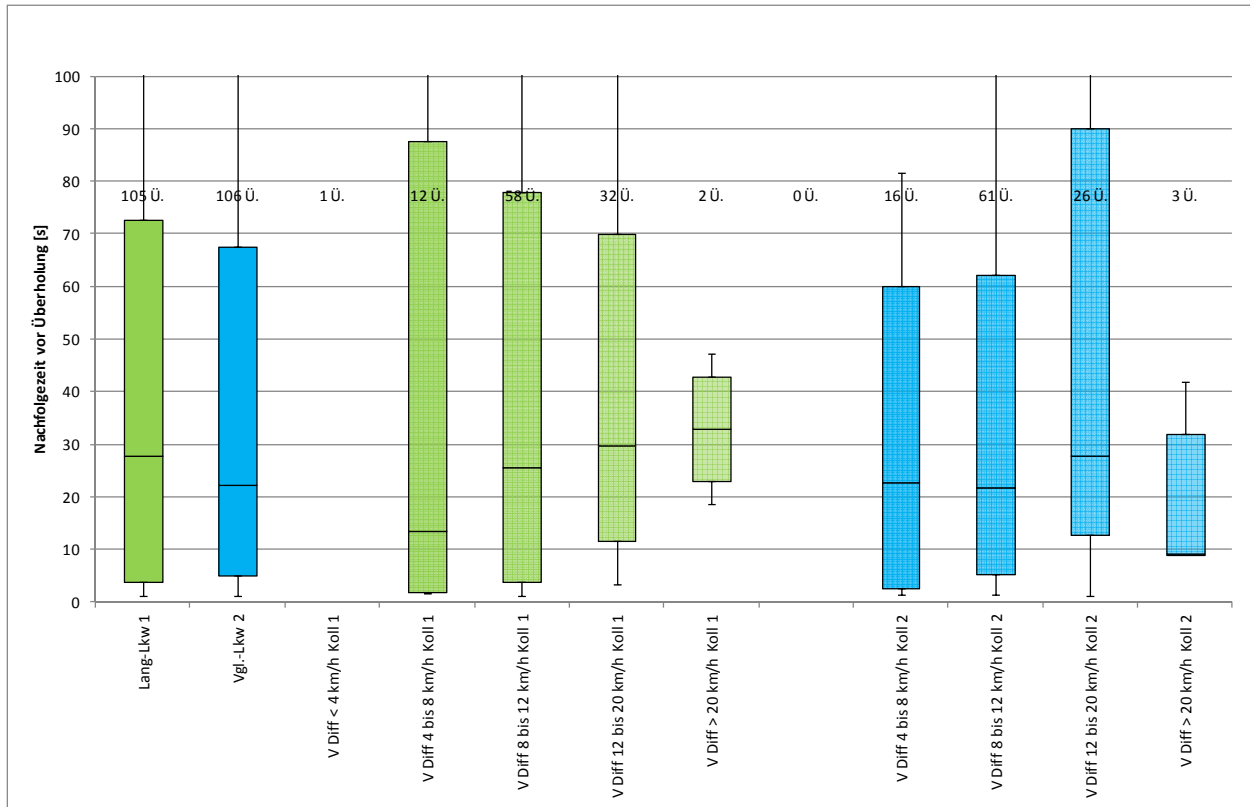


Bild 18 Nachfolgezeit vor Überholungen durch Schwerverkehrsfahrzeuge in Abhängigkeit von der Differenzgeschwindigkeit auf 2-streifigen BAB-Richtungsfahrbahnen
Gemäß StVO (2013) „darf (...) nur (überholen),

wer mit wesentlich höherer Geschwindigkeit als der zu Überholende fährt“. U.a. gemäß einer Entscheidung des OLG Hamm (Az 4s OWi 629/08) wird dazu als Faustregel eine Geschwindigkeitsdifferenz von 10 km/h herangezogen, gleichzeitig aber auch eine Gesamtdauer eines Überholvorgangs von 45 Sekunden als regelmäßig hinnehmbar benannt. Zu erwähnen ist, dass die darin verhandelte Ahndung eines Überholvorganges immer auch unter den Randbedingungen des Umfeldes, insbesondere der von einem Überholvorgang freibleibenden Fahrstreifen und des Verkehrsgeschehens zu betrachten ist.

Des Weiteren ist bei Überholvorgängen selbstverständlich die zulässige Höchstgeschwindigkeit einzuhalten, im Betrachtungsfall BAB 80 km/h für alle Lkw über 3,5 t zulässiger Gesamtmasse.

Die dritte maßgebliche Randbedingung für zulässige Überholvorgänge betrifft den vor und nach Fahrzeugen des Schwerverkehrs einzuhaltenen Abstand von 50 m.

Bei den in diesem Vorhaben gegenüber Lang- und Vergleichs-Lkw erfassten Überholvorgängen, ist häufig zu beobachten, dass Lkw mit einer Geschwindigkeit im Bereich der häufig - über der Vzul liegenden - vorhandenen Geschwindigkeitsdrosselung überholen und die Abstände vor dem Aus- und nach dem Einscheren bis auf wenige Meter

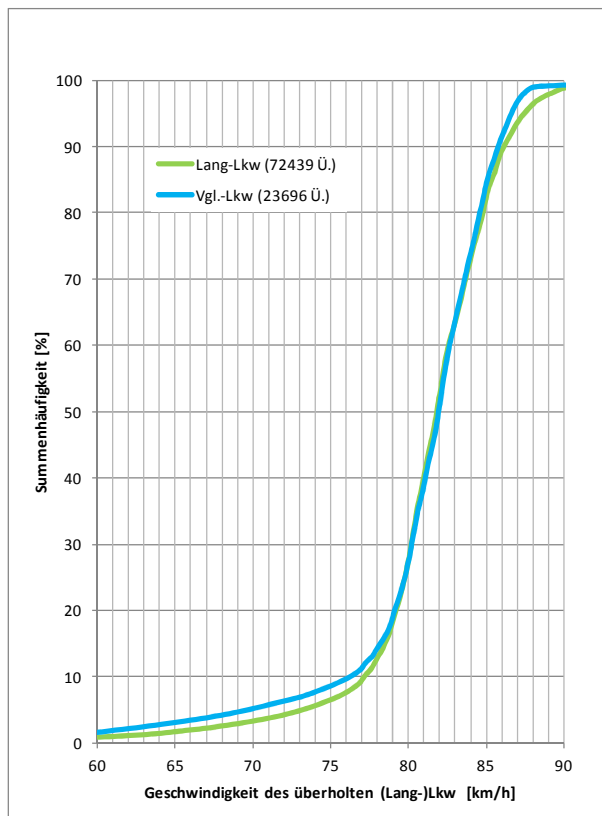


Bild 19 Häufigkeitsverteilung der Geschwindigkeiten der überholten Lkw (alle Überholungen)

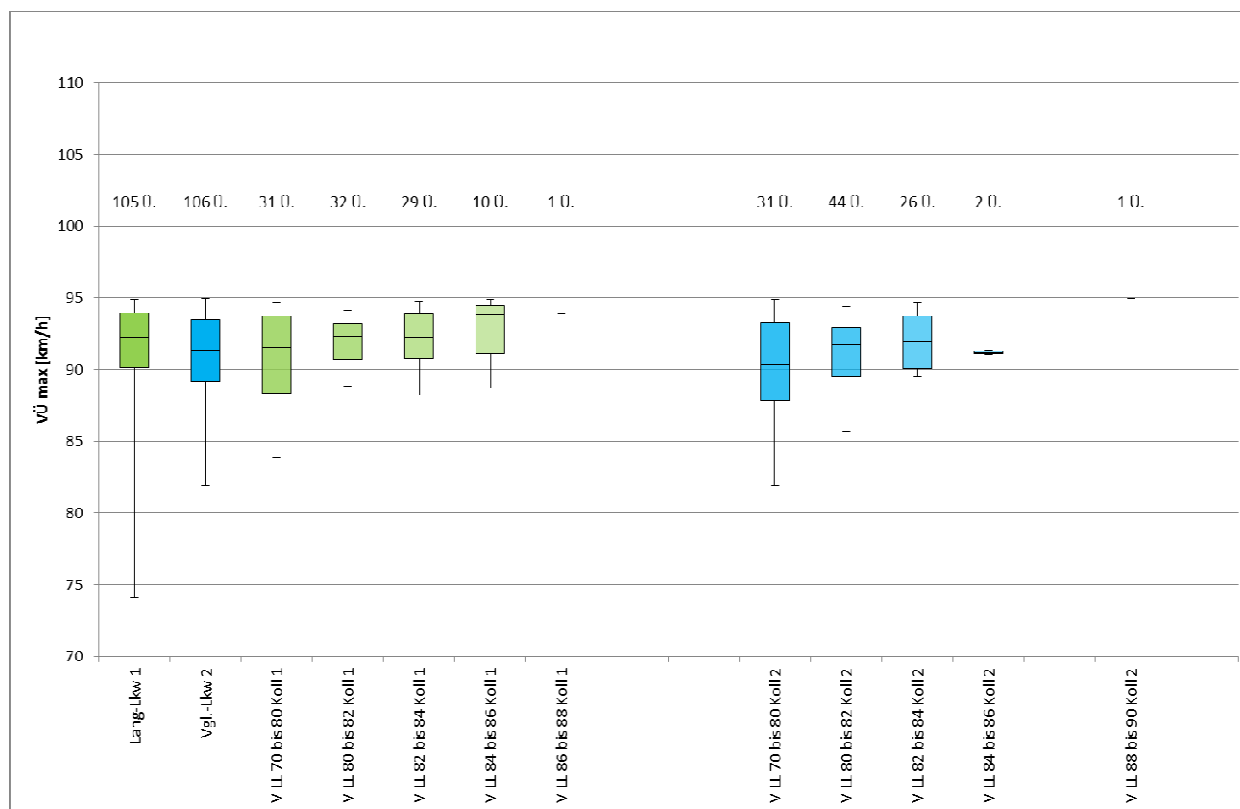


Bild 20 Überholergeschwindigkeiten von Schwerverkehrsfahrzeugen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit des überholten Lkw

reduziert sind. Letzteres kommt zwar einerseits durch eine deutlich geringere Belegungszeit des Überholfahrstreifens dem verkehrlichen Vorankommen der anderen Verkehrsteilnehmer zu Gute, andererseits ergeben sich vor allem aus den extrem kurzen Abständen vor dem Ausscheren erhebliche Unfallrisiken.

Das Geschwindigkeitsverhalten der begleiteten Lang- und Vergleichs-Lkw ist in Bild 19 zu erkennen. In weiten Bereichen der Verteilung verlaufen die Werte für Lang- und Vergleichs-Lkw nahezu deckungsgleich, die V_{50} liegt beim Lang-Lkw gut 0,5 km/h höher als beim Vergleichs-Lkw. Inwieweit diese gegenüber der Beobachtung z.B. der überholenden Lkw geringere Geschwindigkeitsübertretungen für alle Lang-Lkw repräsentativ ist, ist nicht belegbar. Aus Bild 20 ist die bei zunehmender Geschwindigkeit des überholten Lkw auch zunehmende Überholergeschwindigkeit erkennbar. Dieser Anstieg ist in etwa linear, so dass sich in den meisten Fällen eine auch aus Bild 20 ersichtliche Geschwindigkeitsdifferenz von ca. 10 km/h ergibt. Angesichts der Drosselung der meisten schweren Lkw ist zu vermuten, dass bei höheren Geschwindigkeiten der überholten Lkw die Differenzgeschwindigkeiten eher zurückgehen.

Überlegungen, wie sich ein generelles Überholverbot für Lang-Lkw auch bei einer größeren Verbrei-

tung im Straßennetz auswirkt, sind im Prinzip nur unter der Maßgabe sinnvoll, dass sich Fahrer von Lang-Lkw an dieses generelle Überholverbot eher halten als alle anderen Lkw-Fahrer an die beschriebenen faktischen Überholverbote wegen der nahezu grundsätzlich festzustellenden Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit und gleichzeitig zu geringen Geschwindigkeitsdifferenz.

Würde ein generelles Überholverbot für Lang-Lkw auch im Dauerbetrieb gelten, so würde sich auch bei zunehmender Anzahl dieser Fahrzeuge der Effekt einstellen, dass sie langsamer fahrenden Fahrzeugen folgen müssen. Ein nachfolgender Standard-Lkw, der von diesem bauartbedingten Überholverbot nicht betroffen wäre, müsste dementsprechend eine Doppelüberholung durchführen, um an dem langsamer fahrenden Fahrzeug und dem Lang-Lkw vorbei zu fahren.

In Tabelle 3 sind in den weißen Feldern Überholzeiten und -wege für unterschiedliche Lkw-Kombinationen dargestellt. In den grau hinterlegten Feldern ist jeweils die Differenz zu einer Sattelkraftfahrzeug-Sattelkraftfahrzeug-Überholung als häufigstem Standardfall eingetragen. Den Werten liegen ein – nach den Vorschriften der StVO zu kurzer – Abstand von 25 m beim Aus- und Einschieren sowie einerseits die nach StVO geforderte Differenzgeschwindigkeit von 10 km/h zugrunde.

Bewusst ist hier der in der Realität eher seltene Fall berücksichtigt, dass auch die verwendete Überholgeschwindigkeit mit 80 km/h regelkonform ist, da diese Konstellation für alle Lkw eine Überholung zulassen würde, es sei denn, sie würde – wie hier für Lang-Lkw diskutiert - bauartbedingt untersagt. Insbesondere die Differenzen zum 0-Fall hängen nahezu ausschließlich von der Geschwindigkeitsdifferenz ab, d.h. die Werte gelten sehr ähnlich auch für andere Konstellationen wie z.B. 90 zu 80 km/h.

Eine abgesehen von den einzuhaltenden Mindestabständen ansonsten StVO-konforme Sattelkraftfahrzeug-Sattelkraftfahrzeug-Überholung dauert demnach ca. 30 sec und belegt den Überholfahrstreifen auf einer Länge von ca. 700 m. Eine Lang-Lkw-Lang-Lkw-Überholung würde nur ca. 6 sec länger dauern. Eine Doppelüberholung eines Sattelkraftfahrzeugs, der ein langsam fahrendes Sattelkraftfahrzeug und einen zwangsläufig langsam hinterherfahrenden Lang-Lkw auf der BAB StVO-konform überholt, belegt den Überholfahrstreifen (ÜFS) rund 27 sec länger.

Allerdings werden nicht alle Überholungen mit der geforderten Differenzgeschwindigkeit von 10 km/h durchgeführt, damit geht häufig auch eine höhere Geschwindigkeit des überholten Fahrzeugs einher (vgl. Tabelle 4). Beträgt die Differenzgeschwindigkeit demnach zwischen überholendem Sattelkraftfahrzeug und der langsamer fahrenden Kombination aus Sattelkraftfahrzeug und nachfolgendem Lang-Lkw 5 km/h, so verlängert sich die gesamte Überholzeit auf fast zwei Minuten.

In Abhängigkeit von der Auslastung der Strecke kann es so zu längeren Reisezeiten und Pulkbildungen auf dem Überholfahrstreifen kommen, da dessen Belegungsgrad durch Lkw größer wäre. Neben dem Ausschervorgang ist das dichte Auffahren von Lkw unter Verkehrssicherheitsaspekten auf Autobahnen besonders kritisch zu betrachten. Das Risiko von Auffahrunfällen würde vermutlich erhöht, wenn durch ein Überholverbot für Lang-Lkw auch hinter tatsächlich langsam fahrenden Lkw zwangsläufig längere Lkw-Ketten entstehen würden, da nicht davon auszugehen ist, dass in diesen Fällen die StVO-konformen 50 m Abstand regelmäßig eingehalten würden.

(2) Zu Überholender	(1) Überholer					
	Sattelkraftfahrzeug		Gliederzug		Lang-Lkw	
Sattelkraftfahrzeug	705,50 m	- m	724,63 m	19,13 m	779,88 m	74,38 m
	29,88 s	- s	30,69 s	0,81 s	33,03 s	3,15 s
Gliederzug	724,63 m	19,13 m	743,75 m	38,25 m	799,00 m	93,50 m
	30,69 s	0,81 s	31,50 s	1,62 s	33,84 s	3,96 s
Lang-Lkw	779,88 m	74,38 m	799,00 m	93,50 m	854,25 m	148,75 m
	33,03 s	3,15 s	33,84 s	3,96 s	36,18 s	6,30 s
Lang-Lkw + Sattelkraftfahrzeug	1.345,13 m	639,63 m	1.364,25 m	658,75 m	1.419,50 m	714,00 m
	56,97 s	27,09 s	57,78 s	27,90 s	60,12 s	30,24 s
Lang-Lkw + Gliederzug	1.364,25 m	658,75 m	1.383,38 m	677,88 m	1.438,63 m	733,13 m
	57,78 s	27,90 s	58,59 s	28,71 s	60,93 s	31,05 s
Lang-Lkw + Lang-Lkw	1.419,50 m	714,00 m	1.438,63 m	733,13 m	1.493,88 m	788,38 m
	60,12 s	30,24 s	60,93 s	31,05 s	63,27 s	33,39 s

Tabelle 3 Überholwege und -zeiten für bestimmte Konstellationen aus Einzel- und Doppelüberholungen (Geschwindigkeitsdifferenz 10 km/h, Geschwindigkeit des Überholers: 80 km/h)

	(1) Überholer					
(2) Zu Überholender	Sattelfahrzeug		Gliederzug		Lang-Lkw	
Sattelfahrzeug	1.411,00 m	- m	1.449,25 m	38,25 m	1.559,75 m	148,75 m
	59,76 s	- s	61,38 s	1,62 s	66,06 s	6,30 s
Gliederzug	1.449,25 m	38,25 m	1.487,50 m	76,50 m	1.598,00 m	187,00 m
	61,38 s	1,62 s	63,00 s	3,24 s	67,68 s	7,92 s
Lang-Lkw	1.559,75 m	148,75 m	1.598,00 m	187,00 m	1.708,50 m	297,50 m
	66,06 s	6,30 s	67,68 s	7,92 s	72,36 s	12,60 s
Lang-Lkw + Sattelfahrzeug	2.690,25 m	1.279,25 m	2.728,50 m	1.317,50 m	2.839,00 m	1428,00 m
	113,94 s	54,18 s	115,56 s	55,80 s	120,24 s	60,48 s
Lang-Lkw + Gliederzug	2.728,50 m	1.317,50 m	2.766,75 m	1.355,75 m	2.877,25 m	1.466,25 m
	115,56 s	55,80 s	117,18 s	57,42 s	121,86 s	62,10 s
Lang-Lkw + Lang-Lkw	2.839,00 m	1.428,00 m	2.877,25 m	1.466,25 m	2.987,75 m	1.576,75 m
	120,24 s	60,48 s	121,86 s	62,10 s	126,54 s	66,78 s

Tabelle 4 Überholwege und -zeiten für bestimmte Konstellationen aus Einzel- und Doppelüberholungen (Geschwindigkeitsdifferenz 5 km/h, Geschwindigkeit des Überholers: 85 km/h)

Geht man davon aus, dass unabhängig von der Frage eines Überholverbotes tatsächlich rechnerisch durch 2 Lang-Lkw-Fahrten eine Standard-Lkw-Fahrt eingespart werden kann, würde auch eine Freigabe des Überholens für Lang-Lkw auf BAB die Anzahl der Ausschervorgänge nicht vergrößern, die durch die beschriebenen Mehrfachüberholungen möglichen negativen Konsequenzen eines Überholverbots für Lang-Lkw auf Autobahnen könnten aber möglicherweise vermieden werden. Über die Häufigkeit durch ihre Motorisierung bzw. Beladung tatsächlich zu Geschwindigkeiten unter 80 km/h gezwungenen Lkw sind keine belastbaren Untersuchungen bekannt. Allerdings ist offensichtlich, dass insbesondere an längeren Steigungsstrecken Fahrzeuge mit maximaler Zuladung wie z.B. Tanklastfahrzeuge) auch mit aktuellen Standardmotorisierungen die zulässige Höchstgeschwindigkeit oft deutlich unterschreiten, während die auch als Lang-Lkw oft nicht mit maximaler Zuladung fahrenden Volumentransporter zumindest geringere Einschränkungen haben und von einer Festschreibung des Verbots eigener Überholungen unverhältnismäßig betroffen sein könnten.

9 Zusammenfassung

Aufgabenstellung

Im Vordergrund dieser und anderer Untersuchungen zum Themenfeld Lang-Lkw stand die Überprüfung, ob bestehende Verkehrsanlagen auch für die hinreichend sichere Befahrung durch Lang-Lkw geeignet sind. Daher ist das Ziel dieser Untersuchung, potenzielle Schwachstellen im Straßennetz zu eruieren, um diese entweder an geänderte Fahrzeugkonstellationen anzupassen oder aus den zur Befahrung mit Lang-Lkw freigegebenen Streckenabschnitten auszuschließen.

Die Untersuchung wurde im Rahmen von zwei Forschungsvorhaben durchgeführt: In der ersten Phase wurden die beiden Aspekte Überholen und Räumen betrachtet, in einer zweiten Phase wurde das Thema Überholen nochmals vertieft, da die Ergebnisse der ersten Phase abgesichert werden sollten, die sich methodisch in drei Hauptfragestellungen aufteilen lassen:

- Welche Auswirkungen haben Überholvorgänge gegenüber Lang-Lkw auf Landstraßen auf die Verkehrssicherheit?
Zum einen ist diese Fragestellung wegen der Komplexität der Thematik und der vielfältigen Eingangsgrößen fachlich von großer Bedeutung, zum anderen gehören Unfälle im Längsverkehr zu den Schwerpunkten des Unfallgeschehens auf Landstraßen. Hinzu kommt, dass hierzu in der öffentlichen Wahrnehmung besondere Befürchtungen negativer Einflüsse auf die Verkehrssicherheit durch den Einsatz von Lang-Lkw vorherrschen.
- Ergeben sich aus Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw auf Autobahnen Sicherheitsrisiken?
Da auf Fernstraßen mit Richtungstrennung und mehreren Fahrstreifen je Richtung die sicherheitskritischsten Aspekte von Überholvorgängen im Gegenverkehr auf Landstraßen nicht auftreten (Abschätzung von Sichtweiten, Geschwindigkeit des Entgegenkommenden etc.), sind vor allem Auswirkungen aus möglicherweise unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveaus der beteiligten Fahrzeuge von Interesse. Hinsichtlich des Überholgeschehens auf Autobahnen wurde für die zweite Phase die Fragestellung ergänzt, welche Auswirkungen eine Freigabe des Verbots eigener Überholungen durch Lang-Lkw haben könnte.

- Wie wirken sich größere Fahrzeuglängen beim Räumen von Knotenpunkten im Zuge vor allem von langsam durchgeführten Ab- und Einbiegevorgängen aus?

Da gemäß § 9 der Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStVAusnV) für Lang-Lkw lediglich das Überholen von Fahrzeugen und Zügen, die nicht schneller als 25 km/h fahren können oder dürfen, zulässig ist, sind tatsächlich durchgeführte Überholungen durch Lang-Lkw selbst kein Untersuchungsgegenstand.

Untersuchungsmethodik

Wegen der geringen Anzahl an diesem Feldversuch teilnehmender Lang-Lkw, vor allem aber auch wegen des vorrangigen BAB-Einsatzes von Lang-Lkw und daher fehlender nennenswerter Streckenabschnitte auf Landstraßen, wurden im Rahmen der beiden FE-Vorhaben ausschließlich Messungen bzw. Beobachtungen durchgeführt, die vom Lang-Lkw selbst ausgehen. Mit diesen Messungen wurde zum einen das Annäherungs-, Ausschere-, Vorbeifahrt- und Einscherverhalten bei Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw auf Landstraßen und Autobahnen erfasst. Zum anderen wurden durch die Erfassung von sich annähernden anderen Fahrzeugen in Knotenpunkten Erkenntnisse über kritische Situationen im Zusammenhang mit Räumvorgängen von Lang-Lkw gewonnen.

Für die Erhebungen konnten zwei am Feldversuch teilnehmende Speditionen ausgewählt werden, bei denen in einem gewissen Umfang Landstraßenteile auf den von den Lang-Lkw befahrenen Relationen vorliegen. Aufgrund der gegebenen Randbedingungen wurden zur Analyse der Überholvorgänge zwei unterschiedliche Erhebungslayouts gewählt. Der (Lang-)Lkw der Spedition A wurde zur Erhebung relevanter Daten mit einem zweistufigen System aus Radartechnik - zur datenmäßigen Vorauswahl relevanter Szenen und der Bereitstellung von relativen Geschwindigkeitsinformationen - sowie digitaler Videotechnik - für die qualitative Beobachtung der Fahrvorgänge - ausgestattet. Grundlage zur Verortung der beobachteten Situationen im Straßennetz und der Geschwindigkeit des (Lang-) Lkw bildet die Positions- und Geschwindigkeitsschätzung mittels GPS.

Die Bestimmung der Geschwindigkeit des (Lang-) Lkw erfolgte auf Basis der GPS-Erfassung. Durch Überlagerung mit den erfassten Geschwindigkeiten (Radarsensor) der sich dem (Lang-)Lkw nähern-

den (oder auch entfernenden) Fahrzeuge wurden die Geschwindigkeitsverläufe der überholenden Fahrzeuge im Annäherungsbereich ermittelt. Ferner wurde über die GPS-Ortung die in dieser Zeit zurückgelegte Wegstrecke des (Lang-)Lkw bestimmt und durch die qualitative Beschreibung des Überholvorgangs (Videodaten) sowie die erforderliche Überholweglänge als auch der Geschwindigkeitsverlauf des Überholenden abgeleitet. Weiterhin wurde der zeitliche bzw. geschätzte räumliche Abstand zu entgegenkommenden Fahrzeugen ermittelt.

Bei der begleiteten Spedition B wurde sowohl im Fahrerhaus der Zugmaschine des (Lang-)Lkw als auch in einer Aufnahmebox am Heck jeweils eine Fahrzeugkamera mit integriertem GPS-Empfänger installiert. Die Fahrzeugkamera erfasste so alle beteiligten anderen Fahrzeuge – Überholer während der Ein- und Ausscherphase und entgegenkommendes Fahrzeug - sowohl in der Annäherung als auch der Entfernung nach dem beobachteten Überholvorgang.

Zur Erfassung der Räumvorgänge wurde am (Lang-)Lkw der Spedition A an der rechten Fahrzeugseite eine Kamera angebracht, die durch ihre Ausrichtung quer zur Fahrtrichtung die Beurteilung in den Knotenpunktbereich einfahrender Fahrzeuge ermöglicht, die evtl. durch den räumenden Lkw beeinflusst werden könnten.

In der zweiten Phase wurden nur noch Fahrten der Spedition A begleitet. Dazu wurde im Vorfeld die messtechnische Ausstattung überarbeitet und entgegen der ersten Phase in ein deutlich kleineres System integriert.

Neben der Erweiterung der Datenbasis im Landstraßenbereich war ein weiterer Bestandteil der Ausschreibung die Frage, inwieweit durch das etwaige Aufheben des aktuell für Lang-Lkw auch auf Autobahnen bestehenden Überholverbots Nachteile für Verkehrsablauf oder Verkehrssicherheit entstehen. Hierzu ist eine Untersuchungsmethode entwickelt worden, die das umfangreiche Datenkollektiv auch auf Autobahnen für eine theoretische Betrachtung nutzt.

Ergebnisse

Die Untersuchungen wurden an zwei Teilnetzen der Speditionen A und B durchgeführt. Die Spedition A befährt täglich zwei verschiedene Strecken. Hierbei wird eine Strecke von ca. 65 km auf Bundes- und Landstraßen (2-streifige Abschnitte mit Leit- bzw. Fahrstreifenbegrenzungslinie sowie

Querschnitt RQ 15,5 (2+1)) sowie ca. 180 km auf dem Bundesautobahnnetz zurückgelegt. Die Landstraßenbereiche unterteilen sich bei Spedition A in zwei grundsätzlich unterschiedliche Streckenzüge: Ein Streckenzug mit überregionalem Charakter (vergleichbar mit Verbindungsfunktionsstufe LS II gemäß RIN (2008)) weist teilweise planfreie Führungen und einige bauliche Überholmöglichkeiten auf, zwischen denen aber auch längere hier vor allem untersuchte zweistreifige Abschnitte (nutzbare Längen (Leitlinie) zwischen 850 m und 3.800 m) liegen. Ein anderer Streckenzug (vergleichbar mit Verbindungsfunktionsstufe LS III gemäß RIN (2008)) bindet regional mehrere sehr große Gewerbeflächen an eine Autobahn an, innerhalb dessen liegen ausnahmslos zweistreifige Leitlinien-Abschnitte mit Längen zwischen 300 und 1.700 m. Zu Phase 2 wurden bei Spedition A einige Streckennutzungen modifiziert, so konnte z.B. zeitweise ein Ringverkehr mit einem sehr hohen Landstraßenanteil auf einer Relation messtechnisch begleitet werden.

Die seitens der Spedition A im Baukastensystem erstellte Fahrzeugkonfiguration ermöglicht mit wenig Aufwand den Vergleich zwischen Lang-Lkw (Typ 2, Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger, $L=25,25$ m) und Sattelkraftfahrzeug ($L=16,50$ m) auf gleichen Strecken.

Die zweite beteiligte Spedition B fährt bis zu viermal am Tag zwischen dem Speditionsort und einem Seehafen und legt dabei ca. 25 km auf überregionalen Bundesstraßen (LS II) sowie ca. 60 km auf Bundesautobahnen zurück. Größtenteils sind die zweistreifigen Streckenabschnitte mit Leitlinie ausgeführt; teilweise ist die zul. Höchstgeschwindigkeit begrenzt und abschnittsweise eine Fahrstreifenbegrenzungslinie vorhanden.

Bei Spedition B werden Vergleichsfahrten mit einem Sattelkraftfahrzeug (auf gleicher Strecke) durchgeführt.

Aus den Radar- bzw. Videoinformationen werden als Kenngrößen für die Beschreibung des Überholvorgangs der Abstand, die Geschwindigkeit und der Zeitpunkt bei Beginn des Überholvorgangs bis kurz vor dem Heck des (Lang-)Lkw bestimmt. Zur Berücksichtigung des Gegenverkehrs wird die Geschwindigkeit entgegenkommender Fahrzeuge; mind. des letzten Fahrzeugs vor dem Überholvorgang sowie des ersten Fahrzeugs nach dem Überholvorgang bestimmt.

Aus den Videodaten der Frontkamera wird neben der Geschwindigkeit des Überholenden beim Einschervorgang auch der Abstand des Überholenden zum (Lang-)Lkw nach vollständiger Rück-

kehr auf den eigenen Fahrstreifen geschätzt. Zur Verifizierung der Berechnungen des Überholvorgangs werden die Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeugs sowie an mehreren Punkten der Abstand von überholendem und entgegenkommendem Fahrzeug zum Lang-Lkw als Stützstellen geschätzt. Diese erlauben für jeden relevanten Überholvorgang Aussagen zur Dauer, zur Geschwindigkeit, zum Aus- sowie Einscherzeitpunkt und -ort. Abgeleitet werden können darüber hinaus die (Sicherheits)-Abstände zwischen überholenden und entgegenkommenden Fahrzeugen.

Aus der Extrapolation des Überholvorgangs und des Fahrverlaufs des entgegenkommenden Fahrzeugs bzw. der Frontkameraauswertungen wird ein rechnerischer Sicherheitsabstand abgeleitet. Da die messtechnische Datenerfassung bei Spedition A in Phase 2 geändert wurde, parallel aber z.B. auch die Höhe des Bilderhebungsstandorts an der Fahrzeugfront aus technischen Gründen abgesenkt wurde, sind die Ergebnisse aus beiden Untersuchungen nicht direkt zusammenführbar.

Die ermittelten Kenngrößen werden zur Nachberechnung von Aus-/Einscherabstand bzw. Sicherheitsabstand herangezogen und fließen in die Modellierung des Überholvorgangs (Überholmodell) mit ein, die eine Gegenüberstellung der Überholvorgänge bei Lang-Lkw mit denen bei Sattelkraftfahrzeugen ermöglicht. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die in die Berechnung eingeflossene kürzere Länge des tatsächlich beobachteten Sattelkraftfahrzeuges (16,50 m) gegenüber dem maximalen Vergleichsmaß von 18,75 m bei herkömmlichen Gliederzügen oder sogar 20,75 m bei Autotransportern für den Vergleich mit dem Lang-Lkw den ungünstigeren Fall darstellt.

Sowohl der Lang-Lkw als auch das Vergleichsfahrzeug (Sattelkraftfahrzeug) der Spedition A führen überwiegend mit konstanter Geschwindigkeit bzw. Tempomat. Aus Phase 1 ist von den Fahrern bekannt, dass dieser von den Lang-Lkw-Fahrern auf Landstraßen auf (max.) 63 km/h und auf Bundesautobahnen auf 83 km/h eingestellt wurde, die tatsächlichen mittleren Geschwindigkeiten lagen zu diesem Zeitpunkt beim Lang-Lkw jeweils etwas niedriger als beim Vergleichsfahrzeug, teilweise sogar knapp unter der zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Bei den Überholungen auf Land- und Bundesstraßen in Phase 2 lag die mittlere Geschwindigkeit der überholten (Lang-)Lkw nahezu identisch bei 64 km/h, die V_{85} ebenfalls ähnlich bei 67 km/h. Auf Autobahnen verlaufen die Summenhäufigkeitslinien für Lang-Lkw und Vergleichs-Lkw identisch, mit $V_{50} = 82$ km/h bzw. $V_{85} = 85$ km/h.

a) Überholen auf Landstraßen

Die markanteste Größe bei der Beurteilung relativ sicherer Überholvorgänge ist der Sicherheitsabstand zwischen dem Überholer und dem entgegenkommenden Fahrzeug nach Beendigung des Überholvorgangs. Bei unverändertem Überholverhalten hinsichtlich Häufigkeit, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen etc. müsste der Sicherheitsabstand bei Überholungen von Lang-Lkw gegenüber denen von herkömmlichen Lkw reduziert sein.

Für die Bewertung der Sicherheitsabstände sind vor allem die geringsten auftretenden Werte relevant. Zur Absicherung wurden daher die Datensätze der Lang- und der Vergleichs-Lkw nicht nur für alle Überholungen, sondern auch in verschiedenen Unterteilungen für Situationen verglichen, in denen relativ geringe Abstände zwischen dem Überholer und dem Entgegenkommenden aufgetreten sind. Betrachtet man diese für die hier anstehende Risikobetrachtung relevanten geringsten Sicherheitsabstände, so wird deutlich, dass sie bei den Lang-Lkw für alle Strecken und Randbedingungen nahezu identisch verteilt sind. Die geringsten Sicherheitsabstände (15. Perzentil) in Phase 2 von 137 m (Lang-Lkw) gegenüber 129 m (Vgl.-Lkw) bestätigen bereits in die gleiche Richtung weisende Ergebnisse aus Phase 1, auch wenn dort noch etwas andere Perzentile zur Analyse herangezogen worden sind.

Unterscheidet man die Überholungen nach fliegenden bzw. beschleunigten Vorgängen, so wird deutlich, dass bei fliegenden Überholvorgängen minimal niedrigere Werte auftreten als bei beschleunigten, letztere machen bei beiden Fahrzeugkonzepten (Lang-Lkw bzw. Vergleichsfahrzeug) ca. 70 % der Überholungen aus.

Die maximalen Geschwindigkeiten in der Annäherung an das Heck des beobachteten (Lang-)Lkw zeichnen sich durch deutliche Unterschiede zwischen den Medianen (V_{50}) und den V_{85} aus. Während die V_{85} für die Überholungen gegenüber beiden Lkw-Arten mit ca. 109 km/h nahezu identisch sind, liegt die V_{50} bei Lang-Lkw-Überholungen mit 88 km/h ca. 4 km/h niedriger als beim Sattelkraftfahrzeug. Eine Überschreitung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit wird also von den Überholern beider Lkw-Arten in Kauf genommen.

Die V_{85} -Werte sind auch weitgehend unabhängig von der Geschwindigkeit des überholten Lkw, deren Zunahme wirkt sich vor allem in deutlich höheren geringsten Überholgeschwindigkeiten (V_{15}) aus, d.h. andere langsamere Fahrzeuge überholen

ab einer Geschwindigkeit des überholten Lkw von 68 km/h quasi nicht mehr.

Allerdings wird auch deutlich, dass die Geschwindigkeit des Lkw Auswirkungen auf die Art der überholenden Fahrzeuge bzw. deren Geschwindigkeit hat. So ist ab Geschwindigkeiten des überholten Lkw von mehr als 66 km/h erkennbar, dass die geringsten Überholgeschwindigkeiten deutlich ansteigen. Daraus ist insbesondere abzuleiten, dass dann keine gegenseitigen Überholungen durch Lkw mehr erfolgen.

Insbesondere die Beschleunigung bis zur Vorbeifahrt am Heck ist als Indiz für den Wunsch nach einer mehr oder weniger deutlichen Geschwindigkeitsänderung im Zuge des Überholvorgangs anzusehen.

Wie bei den Auswertungen der Sicherheitsabstände zeigen sich auch bei den Beschleunigungen in den beiden Untersuchungsphasen unterschiedliche Ergebnisse. Die Auswertungen der Daten bis 2014 zeigen, dass der Median der Beschleunigungen beim beobachteten Lang-Lkw mit $1,6 \text{ m/s}^2$ etwas niedriger ist als der beim betrachteten Sattelkraftfahrzeug, gleichzeitig sind sie bei den maßgeblichen geringsten Beschleunigungen beim Lang-Lkw etwas höher. In Phase 2 liegen die Beschleunigungen deutlich höher als in Phase 1, auch bei den kritischen Konstellationen mit beschleunigten Überholungen aus niedrigen Geschwindigkeiten heraus ergeben sich nun Werte von fast $2,5 \text{ m/s}^2$. Auch diese Werte weisen ein etwas günstigeres Verhalten beim Überholen von Lang-Lkw aus, da höhere Beschleunigungen für eine Verkürzung der Überholwege sorgen und gleichfalls bei den beobachteten Größenordnungen an Beschleunigungen auch noch keine zusätzlichen Risiken auftreten.

Diese Verkürzung ist auch in kürzeren Überholwegen messbar als beim Vergleichs-Lkw. Demgegenüber sind die Einscherabstände bei Lang-Lkw-Überholungen sowohl länger als bei den Vergleichs-Lkw als auch gegenüber der Untersuchung von LIPPOLD et al. (2015). Dies lässt sich vor allem mit den relativ gestreckten Linienführungen der Lang-Lkw-Routen erklären und dem hohen Anteil an größeren Sicherheitsabständen. Die deutlich kürzeren Einscherabstände bei Sicherheitsabständen unterhalb von 200 m zeigen, dass diese situationsgerecht angepasst werden.

Zusammenfassend ist für Überholungen auf Landstraßen festzuhalten, dass nach den indifferenten Aussagen in Phase 1 nunmehr sowohl bei den Sicherheitsabständen selbst als auch den Detailgrößen leichte Unterschiede in den Werten für

Lang-Lkw-Überholungen festzustellen sind, die eine Kompensation der theoretisch erforderlichen größeren Überholzeiten und -wege aufzeigen. Konkrete Erklärungen hierfür lassen sich nicht erkennen, zumindest im Untersuchungsnetz ist oder wird den Überholern jedoch hinreichend deutlich gemacht, dass die Lang-Lkw ein etwas anderes Überholverhalten erfordern.

b) Überholen auf drei- und mehrstreifigen Straßen

Die Beurteilung der Sicherheitsauswirkungen der breiteren Nutzung von Lang-Lkw hinsichtlich des Überholens auf drei- und mehrstreifigen Straßen ist weitgehend von der Geschwindigkeit der überholten (Lang-)Lkw abhängig.

Zumindest die in den beiden selbst durchgeführten Vorhaben aufgezeichneten Daten legen die Vermutung nahe, dass sich mit zunehmender Dauer des Feldversuchs die Geschwindigkeitswahl der (Lang-)Lkw-Fahrer angleicht. Aus den Auswertungen eigener Daten der ersten Phase, tendenziell aber auch aus parallelen Vorhaben, geht hervor, dass die Geschwindigkeiten von Lang-Lkw zunächst niedriger sind als die von Vergleichs-Lkw, d.h. die Überschreitungen der zulässigen Geschwindigkeiten für Lkw mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 7,5 t von 60 km/h auf Landstraßen und 80 km/h auf BAB von Lang-Lkw geringer ausfallen und seltener auftreten. Daher ist insbesondere auf Straßen, auf denen Überholvorgänge nicht unter Nutzung von Fahrstreifen des Gegenverkehrs stattfinden, davon auszugehen, dass sich erhöhte Sicherheitsrisiken einzig aus einem erhöhten Überholaufkommen vor allem durch andere Lkw ergeben könnten. Die Auswertungen der zweiten Phase zeigen jedoch, dass die Geschwindigkeiten zumindest bei der begleiteten Spedition nahezu identisch sind. Die Geschwindigkeiten beider Fahrzeugarten liegen jedoch sowohl auf Landstraßen als auch auf Autobahnen weiterhin niedriger als die aus anderen Vorhaben.

Die Geschwindigkeitsauswertungen der überholenden Fahrzeuge zeigen deutlich, dass ab ca. 65 km/h auf Landstraßen bzw. 85 km/h auf Autobahnen die Wahrscheinlichkeit von Überholungen durch andere Lkw deutlich abnimmt.

Bereits aus den Analysen der ersten Phase geht hervor, dass Sicherheitsrisiken bei Überholungen in Bereichen mit mindestens zwei Fahrstreifen ohne Gegenverkehr höchstens indirekt bestehen. Insbesondere spielt anders als auf Landstraßen die größere Fahrzeuglänge von Lang-Lkw bei baulich gesicherten Überholvorgängen eine deutlich geringere Rolle, da bei regelkonformen Überhol-

vorgängen mit mindestens 10 km/h Geschwindigkeitsdifferenz die Überholzeiten wenn überhaupt nur im kleinen Sekundenbereich zunehmen.

Würde ein generelles Überholverbot für Lang-Lkw auch im Dauerbetrieb gelten, so würde sich bei zunehmender Anzahl dieser Fahrzeuge der Effekt einstellen, dass sie – auch deutlich - langsamer fahrenden Fahrzeugen folgen müssen. Ein nachfolgender Standard-Lkw, der von diesem bauartbedingten Überholverbot nicht betroffen wäre, müsste dementsprechend eine Doppel- oder Mehrfachüberholung durchführen, um an dem bzw. den langsamer fahrenden Fahrzeugen und dem verkehrsrechtlich aufgehaltenen Lang-Lkw vorbei zu fahren.

In Abhängigkeit von der Auslastung der Strecke kann es so zu längeren Reisezeiten und Pulkbildungen auf dem Überholfahrstreifen kommen, da dessen Belegung durch Lkw größer wäre. Neben dem Ausschervorgang ist das dichte Auffahren von Lkw unter Verkehrssicherheitsaspekten auf Autobahnen besonders kritisch zu betrachten. Das Risiko von Auffahrunfällen würde vermutlich erhöht, wenn durch ein Überholverbot für Lang-Lkw auch hinter tatsächlich langsam fahrenden Lkw zwangsläufig längere Lkw-Ketten entstehen würden.

Geht man davon aus, dass unabhängig von der Frage eines Überholverbotes tatsächlich rechnerisch durch 2 Lang-Lkw-Fahrten eine Standard-Lkw-Fahrt eingespart werden kann, würde auch eine Freigabe des Überholens für Lang-Lkw auf BAB die Anzahl der Ausschervorgänge nicht vergrößern, die möglichen negativen Konsequenzen könnten aber möglicherweise vermieden werden.

c) Räumen von Knotenpunkten

Aus zwei Gründen kann eine belastbare Auswertung von Räumvorgängen mit den erhobenen Befahungsdaten nicht vorgenommen werden: Zum einen werden letztendlich vor allem von Spedition A andere Streckenteile befahren als sie für die Fragestellung Räumen ideal sind, so dass nur eine sehr geringe Anzahl an Knotenpunktbefahrungen zur Auswertung zur Verfügung steht.

Weiterhin ist zu beobachten, dass die jeweiligen eingesetzten Fahrer, unabhängig davon, ob es sich um einen Lang-Lkw oder herkömmlichen Lkw handelt, bei Ein- und Abbiegevorgängen besonders defensiv und vorausschauend fahren. So zeigen diese beim Fahren und insbesondere bei Abbiegevorgängen größtmögliche Umsicht und Rücksicht gegenüber den anderen Verkehrsteilnehmern und warten meist eine ausreichend große

Zeitlücke im Gegenverkehr ab, um bei nicht signalisierten plangleichen Knotenpunkten sicher abbiegen zu können.

Demzufolge kann für die Bewertung einer möglichen Erhöhung der Sicherheitsrisiken durch Lang-Lkw nur auf die nachfolgend dargelegten theoretischen Zusammenhänge verwiesen werden.

Aufgrund der längenbedingten Verweilzeit im Knotenpunkt bzw. Konfliktpunktbereich könnten rechnerisch ggf. längere Räumzeiten erforderlich werden. Allerdings ist zumindest bei Knotenpunkten mit LSA zu bedenken, dass kein Grund ersichtlich ist, warum der fiktive Ansatz der RiLSA (2010) nur eines geringen Teils der tatsächlichen Länge anderer längerer Fahrzeuge (bei Gliederzügen 6 m statt 18,75 m, bei Straßenbahnen 15 m statt bis zu 75 m) nicht auch für Lang-Lkw anzuwenden sein soll. Daher ist zu erwarten, dass kritische Situationen beim Räumen von Lang-Lkw – wenn überhaupt dokumentiert - in vergleichbarer Weise auch bei Gliederzügen auftreten müssten. Eine Änderung der zu berücksichtigenden Längen würde allerdings mit einer Erhöhung der Umlaufzeiten an LSA-geregelten Knotenpunkten einhergehen. Aufgrund der anzunehmenden verschwindend geringen Anzahlen an Lang-Lkw gegenüber der bisherigen Lkw-Flotte wäre die Berücksichtigung von Lang-Lkw in diesem Fall kritisch zu hinterfragen.

Für die Berücksichtigung von Räumvorgängen an Knotenpunkten ohne LSA gibt es anders als bei denen mit LSA kein Regelwerk. Gleichwohl ist der Ansatz aus den RiLSA prinzipiell auch auf Knotenpunkte ohne LSA übertragbar, nach dem davon ausgegangen werden kann, dass ein entsprechend langes Fahrzeug auch für den sich annähernden Kraftfahrer eine hinreichend große erkennbare Seitenfläche aufweist, um rechtzeitig die Geschwindigkeit der Annäherung so zu reduzieren, dass eine Kollision mit dem Heck des (Lang-)Lkw vermieden werden kann.

Fazit

Für dieses Vorhaben wurden mit unterschiedlicher Detailtiefe alleine in der 2. Phase über 100.000 Überholungen gegenüber Lang-Lkw und Vergleichs-Lkw analysiert. Unter den über 4.000 Überholungen auf Landstraßen konnten 543 Überholungen datentechnisch sicher Leitlinienabschnitten zugeordnet werden. Aus diesen Datenanalysen sowie vollständig vorhandenen Videoaufzeichnungen von 215 Überholungen im Gegenverkehr gegenüber Lang-Lkw (133) bzw. Vergleichsfahrzeugen (82) lassen sich keine Indizien für ein erhöhtes Risiko beim Überholen von Lang-Lkw er-

kennen. Das hier als Vergleichs-Lkw herangezogene Sattelkraftfahrzeug stellt wegen seiner gegenüber Gliederzügen kürzeren Länge den für einen Vergleich ungünstigeren Fall dar.) Die Verteilung der ermittelten Sicherheitsabstände bei Überholungen gegenüber Lang-Lkw ist gegenüber denen bei Vergleichs-Lkw bei insgesamt geringen Unterschieden in allen betrachteten Teilkollektiven günstiger. In jedem Fall ist feststellbar, dass die Verhaltensweisen vor allem zu Beginn der Überholung und während des Überholvorgangs bei den Lang-Lkw-Überholungen etwas günstiger sind. Insbesondere die Beschleunigungen im Vorfeld liegen höher. Dies und die geringeren Überholweglängen lassen vermuten, dass – evtl. auch durch Gewöhnungseffekte an die im Untersuchungsgebiet regelmäßig fahrenden Lang-Lkw – sich die Überholer der Randbedingungen bewusst sind und darauf entsprechend reagieren.

Insgesamt hat die Untersuchung gezeigt, dass bei den ausgewählten Strecken unabhängig von deren Charakteristik und Verkehrsbedeutung nur eine sehr geringe Anzahl an Überholungen durchgeführt wird, die überhaupt potenziell kritisch sind, bei einem Großteil der Überholungen treten Sicherheitsabstände von mindestens 200 m auf. Daher beruhen die beschriebenen Erkenntnisse auch nach beiden Erhebungsphasen nur auf relativ wenigen Messungen im potenziell kritischen Bereich.

Es ist jedoch auch aus den günstigeren Daten bei allen Überholvorgängen zu konstatieren, dass keine Indizien für größere Risiken bei Überholungen von Lang-Lkw bestehen, als sie ohnehin bei allen Überholungen unter Nutzung des Gegenverkehrsfahrestreifens in Kauf zu nehmen sind.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass aus den vorliegenden Daten und wegen der unterschiedlichen Randbedingungen und Anzahl der Vergleichsfahrten keine Aussage über einen Unterschied der Bereitschaft für Überholvorgänge zwischen Lang-Lkw und herkömmlichen Lkw getroffen werden kann, so dass über Unterschiede im Überholdruck ebenfalls keine Prognose möglich ist.

Auch für den sich seit der 2. Untersuchungsphase abzeichnenden Fall dauerhaft gleicher Geschwindigkeiten von Lang-Lkw und Vergleichs-Lkw gibt es keinen Anhaltspunkt, dass erhöhte Sicherheitsrisiken zu erwarten sind: Bei allen Teilkollektiven liegen die geringsten – bei kritischen Überholvorgängen zu erwartenden – Werte der Sicherheitsabstände bei den betrachteten Lang-Lkw auch bei gleichen Geschwindigkeiten etwas höher als bei den Vergleichsfahrzeugen, so dass die theoretisch wegen der größeren Fahrzeuglänge zu erwarten-

den Erhöhungen des Risikos mindestens kompensiert werden.

Die Aufrechterhaltung eines generellen Überholverbots für eigene Überholungen durch Lang-Lkw auch im Dauerbetrieb würde zu mehr Doppel- und Mehrfachüberholungen führen, da die Lang-Lkw auch an nennenswert langsameren Fahrzeugen nicht vorbeifahren dürften. In Abhängigkeit von der Auslastung der Strecke kann es so zu längeren Reisezeiten und Pulkbildungen auf dem Überholfahrstreifen kommen, da an dessen Belegung durch Lkw größer wäre.

Bei der rechnerisch zu erwartenden Reduzierung von Lkw-Fahrten durch den Einsatz von Lang-Lkw würde auch eine Freigabe des Überholens für Lang-Lkw auf BAB die Anzahl der Ausschervorgänge nicht vergrößern, die aufgrund von Mehrfachüberholungen möglichen negativen Konsequenzen eines Überholverbots für Lang-Lkw auf Autobahnen könnten aber vermieden werden.

Literatur

Straßenverkehrs-Ordnung (StVO) vom 6. März 2013 (BGBl. I S. 367)

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG (BMVBS): **Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStVAusV)**, 2015

DURTH, W.; HABERMEHL, K.: **Überholvorgänge auf einbahnigen Straßen**, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Heft 489, Bonn-Bad Godesberg, 1986

FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN (FGSV): **Richtlinien für die Anlagen von Landstraßen (RAL)**, Köln, 2012

GLÄSER, K.-P., KASCHNER, R., LERNER, M., RODER, K., WEBER, R., WOLF, A., ZANDER, U.: **Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes**, Bergisch Gladbach, 2006

IRZIK, M., ELLMERS, U., JUNGELD, I., GLÄSER, K.-P., HOLTE, H., WOLF, A., KAUNDINYA, I., SISTENICH, C., KRANZ, T.: **Feldversuch mit Lang-Lkw**, Zwischenbericht, Bergisch Gladbach, 2014

LIPPOLD, C., VETTERS, A., STEINERT, F.: **Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen**, Schlussbericht zum FE-Vorhaben 02.0336/2012/BGB im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, Dresden 2016 (unveröffentlicht)

ZIMMERMANN, M., LIPPOLD, C., LOEBEN, W. v., DIETZE, M.: **Kontrolle und Bewertung der räumlichen Linienführung von Außerortsstraßen auf der Grundlage quantitativer Parameter**, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Heft 960, Bonn, 2007

ZIMMERMANN, M.: **Modellbildung zur Beurteilung von Überholvorgängen unter Nutzung des Gegenverkehrsfahstreifens auf Landstraßen**; Zeitschrift Straßenverkehrstechnik Hefte 4+5 (2014), Kirschbaum-Verlag, Bonn-Bad Godesberg

ZIMMERMANN, M., RIFFEL, S., ROOS, R.: **Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw**, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe V, Heft 255, Bergisch Gladbach, 2015