

Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 255

bast

Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw

von

Matthias Zimmermann
Sven B. Riffel
Ralf Roos

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

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 255

bast

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

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

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

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

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

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

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

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 09.0182/2011/CRB:
Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw

Dieser Forschungsbericht wurde im Rahmen der interdisziplinären wissenschaftlichen Begleituntersuchung zum Feldversuch mit Lang-Lkw erstellt.

Fachbetreuung:

Marco Irzik

Herausgeber

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

Redaktion

Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag

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

ISSN 0943-9331

ISBN 978-3-95606-163-9

Bergisch Gladbach, März 2015

Kurzfassung – Abstract

Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw

Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung zum deutschlandweiten Feldversuch mit Lang-Lkw ist auch eine Untersuchung zu den Sicherheitsauswirkungen im Zusammenhang mit Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw sowie deren Räumvorgängen an Knotenpunkten durchgeführt worden.

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, werden im Rahmen des FE-Vorhabens ausschließlich Messungen bzw. Beobachtungen durchgeführt, die vom Lang-Lkw selbst ausgehen. Mit ihnen wird das Annäherungs-, Ausschler-, Vorbeifahrt- und Einscherverhalten bei Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw auf Landstraßen und Autobahnen erfasst.

Aus den Analysen von über 200 Überholungen gegenüber Lang-Lkw bzw. Vergleichsfahrzeugen lassen sich keine Indizien für ein erhöhtes Risiko beim Überholen von Lang-Lkw erkennen. Tendenziell nehmen die geringsten Sicherheitsabstände in ausreichendem Maße zu, die Beschleunigungen bei kritischen Geschwindigkeiten liegen leicht höher.

Ansatzpunkte für eine Erhöhung der Sicherheitsrisiken sind auch beim Räumen von Lang-Lkw nicht zu erkennen.

Generell ist eine geringere Geschwindigkeit der betrachteten Lang-Lkw und damit eine theoretisch sicherheitsfördernd größere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem zu beobachten. Allerdings würde eine systematisch niedrigere Geschwindigkeit von Lang-Lkw vor allem auf Autobahnen vermutlich zu einer höheren Anzahl an Überholungen durch andere Lkw führen.

Auch für den im Dauerbetrieb zu erwartenden Fall gleicher Geschwindigkeiten gibt es keinen Anhaltspunkt, dass erhöhte Sicherheitsrisiken zu erwarten sind: Bei allen Parametern liegen die Werte bei kritischen Überholvorgängen bei Lang-Lkw etwas günstiger als bei den Vergleichsfahrzeugen, so dass die theoretisch wegen der größeren Fahrzeuglänge zu erwartenden Erhöhungen des Risikos mindestens kompensiert würden.

Effects of overtaking and clearing of Long Trucks (LHV) on safety and processing of traffic

As part of the scientific support for the Germany-wide field trial with Long Trucks (LHVs) this part of the investigation incorporates safety effects of overtaking and clearing of LHVs.

Due to the fact, that the number of LHVs participating in this field test is relatively small, measurements and observations are only performed from the LHV itself. Another reason for this is the priority use of LHVs on motorways and therefore the missing street sections on country roads. The collected data contains information about the behavior of overtaking vehicles during the overtaking process, including approaching, lane switching, passing and reaving back in front of the LHV.

The performed analysis of 200 overtaking maneuvers of LHVs or compared vehicles (this analysis used a truck trailer, because it is shorter than an articulated train and therefore reflects the worst case) offers no evidence for an increased safety risk in overtaking a LHV. Given a situation in which an LHV is being overtaken, the marginal values of safety distances tend to enlarge to a reasonable extent. The accelerations at a critical velocity of the overtaking vehicle are slightly above average.

Therefore, this study cannot offer any arguments to support the assumption of a greater safety risk in the clearing of transport hubs by LHVs.

All in all, the data confirms that LHVs have a lower velocity than a compared vehicle during an overtaking manoeuvre. The greater velocity difference between the overtaking vehicle and the vehicle being overtaken might imply that these overtaking manoeuvres are safer than the convenient ones. However, a systematically lower velocity of LHVs would probably lead mainly on motorways to a higher number of overtaking manoeuvres by other trucks.

During the continuous operation of LHVs in future matching velocities can be expected. Even in this case, no evidence was found that a higher safety risk exists: All parameters show that the marginal values of critical overtaking maneuvers rise in accordance to the length of the truck. Theoretically, this indicates that the greater distance at least compensates the superior length of the LHV. Therefore, an increased risk seems rather unlikely.

Inhalt		
1 Einleitung	7	9 Datenauswertung - Überholen auf drei- und mehrstreifigen Straßen
2 Methodisches Vorgehen	7	10 Berücksichtigung der beobachteten Geschwindigkeitswahl der (Lang-)Lkw .27
3 Literaturrecherche	7	11 Datenauswertung – Räumen von Knotenpunkten
3.1 Allgemeines.....	7	12 Schlussfolgerungen
3.2 Teilaspekt: Überholvorgänge auf Landstraßen	8	13 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf
3.3 Teilaspekt: Überholvorgänge auf Autobahnen	9	14 Literatur
3.4 Teilaspekt: Räumvorgänge an Knotenpunkten	9	
4 Formulierung von Arbeitshypothesen ..	10	
5 Entwicklung einer geeigneten Erhebungs- und Untersuchungs- methodik	13	
6 Durchführung empirischer Untersuchungen	15	
7 Datenauswertung – Überholen auf Landstraßen	17	
8 Ergebnisse – Überholen auf Landstraßen	20	
8.1 Allgemeines.....	20	
8.2 Sicherheitsabstand zwischen Beendigung des Überholvorgangs und Passage des entgegenkommenden Fahrzeugs	20	
8.3 Häufigkeitsverteilung zwischen fliegenden und beschleunigten Überholungen	22	
8.4 Geschwindigkeit des Überholers.....	23	
8.5 Beschleunigung des Überholers	24	
8.6 Zeitlicher Abstand zwischen Vorbeifahrt des Überholers und des Entgegen- kommenden am Heck des Lkw	24	

1 Einleitung

Im Vordergrund dieser und anderer Untersuchungen zum Themenfeld Lang-Lkw steht 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 beinhaltet zwei Teilaspekte hinsichtlich der Eignung der Verkehrsanlagen für Lang-Lkw: Zum einen den Aspekt Überholen – mit einem Schwerpunkt auf Landstraßen -, zum anderen das Räumen von Knotenpunkten.

2 Methodisches Vorgehen

Ausgehend von einer Literaturrecherche und den formulierten Arbeitshypothesen wird eine geeignete Erhebungs- und Untersuchungsmethodik entwickelt. Hierbei berücksichtigt die Erhebungs- und Untersuchungsmethodik vor allem die beiden Teilaspekte Überholen - mit Schwerpunkt auf einbahnige, zweistreifige Landstraßen - und das Räumen von Knotenpunkten. Dabei wird allerdings auch darauf geachtet, dass trotz der etwas geringeren Bedeutung des Aspekts Überholen auf Autobahnen auch dieser zielführend bearbeitet werden kann.

Anhand der erforderlichen Daten zur Beschreibung bzw. Erfassung der Überhol- sowie Räumvorgänge wird einerseits eine geeignete Erhebungstechnik konzipiert. Weiterhin erfolgen die empirischen Erhebungen von Daten mit jeweils zwei Lang-Lkw (Spedition A und B) und herkömmlichen Sattelzügen (Sattelzugmaschine mit Sattelaufleger, L=16,50 m) als Vergleichsfall. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass mit dieser gegenüber dem maximalen Vergleichsmaß von 18,75 m kürzeren Länge des tatsächlich beobachteten Sattelzuges für den Vergleich mit dem Lang-Lkw der ungünstigere Fall abgebildet wird. Anhand der abschließenden Betrachtung und dem Vergleich der Auswirkungen zwischen Lang-Lkw und Sattelzug werden falls erforderlich Empfehlungen zu Anpassungen der Streckennetze für Lang-Lkw gegeben, ferner auch zu Aspekten, die die Bildung von Überholmodellen betreffen. Insbesondere hinsichtlich der Räumvorgänge ist theoretisch auch denkbar, bestimmte Verhaltensregeln aufzustellen.

3 Literaturrecherche

3.1 Allgemeines

Die meisten veröffentlichten Untersuchungen zum Thema Lang-Lkw bzw. ähnlicher Großfahrzeuge im In- und Ausland beinhalten theoretische Betrachtungen im Vorfeld von Feldversuchen bzw. Freigaben im Straßennetz für diese Fahrzeuge. Da sich die darin am häufigsten genannten potenziellen Risiken auf die Fahrzeuggewichte beziehen, die im vorliegenden Untersuchungsfall nicht von Belang sind, muss der Fokus bei der Literaturstudie auf Erkenntnissen liegen, die aus dem Realbetrieb im öffentlichen Straßennetz resultieren und vor allem fahrgeometrische und fahrverhaltensorientierte Inhalte haben.

Anfang 2012 wurde unter der Federführung des damaligen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) ein Feldversuch gestartet, innerhalb dessen Lang-Lkw unter bestimmten Randbedingungen am realen Verkehrsablauf teilnehmen. Dabei liegen vor allem besondere straßenverkehrsrechtliche Vorschriften zu Grunde, auch sind u.a. die befahrbaren Trassen klar definiert (so genanntes „Positivnetz“) sowie die Fahrtrouten von den Betreibern im Vorhinein bekanntzugeben. Bedeutendste Randbedingung der an diesem Versuch beteiligten Fahrzeuge ist, dass sie zwar mit bis zu 25,25 m deutlich länger als normale Lkw nach StVO/StVZO sein dürfen, hinsichtlich der Gewichte aber den üblichen Regularien mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 40 t bzw. 44 t im kombinierten Verkehr unterliegen. Fahrzeuge mit diesen Größenabmessungen fahren in einigen Ländern Europas bereits seit mehreren Jahren, allerdings gilt für diese i.d.R. auch ein erhöhtes zulässiges Gesamtgewicht von häufig bis zu 60 t. Für die konkrete Fragestellung dieses Vorhabens, die Auswirkungen der Verbreitung von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit hinsichtlich der Bewertung von Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw sowie deren Räumvorgänge, ist vor allem relevant, dass Lang-Lkw durch einen entsprechenden Hinweis am Heck gekennzeichnet werden müssen (erkennbar in Bild 9). Dass Lang-Lkw selbst gemäß LKWÜberlStVAusnV nur Fahrzeuge überholen dürfen, die „nicht schneller als 25 km/h fahren können oder dürfen“, ist für die hier vorliegende Fragestellung eher von geringer Bedeutung.

Letztlich lassen sich die Fragestellungen, die sich bzgl. der Befahrung des Straßennetzes durch längere bzw. schwerere Fahrzeuge ergeben, in zwei Hauptgruppen unterteilen:

Zum einen ergibt sich ein wesentlicher Diskussionschwerpunkt aus den in vielen Ländern zugelassenen deutlich höheren Fahrzeuggewichten, die die Diskussion auch in Deutschland lange bestimmt haben. Insbesondere Brückenschädigungen, Auswirkungen zumindest punktueller Achslasterhöhungen sowie erhöhte Gefahren für schutzbedürftige Objekte wurden dabei diskutiert.

Zum anderen liegt der Schwerpunkt an Fragestellungen in den Auswirkungen auf den konkreten Verkehrsablauf, sei es durch fahrgeometrische Betrachtungen an Knotenpunkten, Parkplätzen o.ä. oder Fragen des Fahrverhaltens z.B. bei Überholvorgängen oder anderen Interaktionen der Längs- und Querregulierung beteiligter Fahrzeuge.

Vorliegende Untersuchungen (u.a. SCHOON et al. (2008), OEHRICH et al. (2011), GLAESER et al. (2006)) legen den Hauptschwerpunkt auf die Abschätzung der Belastbarkeit des bestehenden Straßennetzes mit den teilweise üblichen, vor allem aber auch ursprünglich in Deutschland vorgesehenen deutlich schwereren Fahrzeugen von bis zu 60 t zulässigem Gesamtgewicht. Viele Fragestellungen zu diesem Aspekt sind durch die Festlegungen zur Fahrzeugflotte weitgehend irrelevant geworden. Durch die gegenüber üblichen Schwerverkehrsfahrzeugen gleichen Gewichte, mindestens gleichwertigen Zugfahrzeugen und einer deutlich erhöhten Achsanzahl sind die allermeisten Risiken durch ursprünglich geplante höhere Fahrzeuggewichte nicht mehr relevant.

Weiterhin prinzipiell von großer Bedeutung sind allerdings Fragestellungen, die sich mit dem Miteinander von Lang-Lkw und anderen Fahrzeugen befassen. Im Rahmen des FE-Vorhabens steht die Frage von Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw sowie Räumvorgängen an Knotenpunkten dieser Fahrzeuge im Vordergrund. So könnten aus dem Zusammentreffen von Lang-Lkw und anderen Verkehrsteilnehmern längenbedingte Risiken erwachsen, die zum einen aktuell nicht vorhersehbar sind, zum anderen aber evtl. auch konkrete Sicherheitsaspekte betreffen.

An vielen Stellen der bestehenden oder zukünftigen Regelwerke werden Modellannahmen getroffen, aus denen sich Erfordernisse für die Gestaltung oder Steuerung von Straßenverkehrsanlagen ergeben.

3.2 Teilaspekt: Überholvorgänge auf Landstraßen

In Deutschland beruhen Überholmodelle seit Jahrzehnten auf Annahmen zu (konstanten) Geschwindigkeiten der überholten, überholenden und

entgegenkommenden Fahrzeuge sowie deren Längen, soweit sie von Belang sind (DURTH und HABERMEHL, 1986).

Letztendlich wird dabei im Regelwerk der Versuch unternommen, die sehr heterogenen Situationen im Straßenverkehr möglichst so abzubilden, dass für die meisten Konstellationen sichere Fahrabläufe gewährleistet werden, ohne jedoch 100 % aller evtl. sehr unwahrscheinlichen Möglichkeiten abdecken zu können. In diesem Kontext ist darüber hinaus zu bedenken, dass viele sicherheitsrelevante Situationen durch mehr oder weniger regelwidriges Verhalten heraufbeschworen werden, es ist aber auch zu konstatieren, dass für manche potenziellen Konflikte ein mäßiger Regelübertritt sogar rechnerisch vorteilhaft sein kann, z.B. bei kurzzeitigen Überschreitungen der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei eigenen Überholvorgängen. Andererseits muss zur Gewährleistung ausreichender Sicherheitsverhältnisse das (ungünstig wirkende) regelwidrige Verhalten häufig einkalkuliert werden, so z.B. bei der Abbildung realistischer Überholvorgänge gegenüber Fahrzeugen des Schwerverkehrs auf Landstraßen, deren Berücksichtigung gemäß ihrer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 60 km/h zu unrealistisch kurzen Überholwegen und geringen erforderlichen Sichtweiten führen würde.

Für die Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, 2012) wurde das Überholmodell der RAS-L (1995) weiterentwickelt, da bis dato keine Untersuchungsergebnisse vorlagen, die eine Änderung der Eingangsgrößen begründet hätte.

Das in den RAS-L 95 angewendete Verfahren basiert weitestgehend auf den Untersuchungen von DURTH, HABERMEHL (1986). Die Eingangsgrößen sind dabei:

V_{85} : Basisgröße für die Geschwindigkeiten der beteiligten Fahrzeuge.

$S_{Ü1,85}$: 85%-Wert der im Rahmen des o.a. Forschungsvorhabens beobachteten Überholwege in Abhängigkeit von der dabei zugrundeliegenden V_{85} .

l_s : Sicherheitsabstand zwischen überholendem und entgegenkommendem Fahrzeug am Ende des Überholvorgangs.

Dabei wird der Weg des Überholers nicht für den dargestellten Bemessungsfall (Überholer mit V_{1m} , Überholer mit V_2) berechnet, sondern mit der ermittelten Regressionsgleichung

$$S_{Ü1,85} = 1,577 * 0,85 * V_{85} + 114,05$$

bestimmt.

Der Weg des entgegenkommenden Fahrzeugs s_3 wird direkt aus der für ihn angenommenen Geschwindigkeit berechnet, dabei geht als relevante Überholdauer der Wert $t_{ü,85} = 9,0$ s ein als die bei 85% der Überholungen nicht überschrittene Dauer aus DURTH/HABERMEHL (1986):

$$S_3 = V_{85} * t_{ü,85} / 3,6$$

Der Sicherheitsabstand I_s wurde aus den Summenhäufigkeiten der beobachteten Sicherheitsabstände kleiner 150 m als 85%-Wert bestimmt und – da keine Geschwindigkeitsabhängigkeit festgestellt werden konnte – konstant mit 125 m angesetzt.

Daraus resultierten die aus den RAS-L bekannten und auf 25er-Schritte gerundeten Überholsichtweiten von z.B. 625 m bei $V_{85} = 100$ km/h. Als zugrunde liegende Geschwindigkeiten werden dabei $1,1 * V_{85}$ für den Überholer, $0,80 * V_{85}$ für das überholte Fahrzeug sowie V_{85} für das entgegenkommende Fahrzeug angesetzt.

Für das Überholmodell der Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL, 2012) wurden die Modellannahmen der RAS-L auf zeitliche Ein- und Ausscherabstände umgerechnet sowie die zugrunde liegenden Geschwindigkeiten und Fahrzeugmaße modifiziert: Annahme eines Pkw mit $V = V_{zul} = 100$ km/h für Überholer und Entgegenkommenden sowie einer realistischen, wenn auch nicht StVO-konformen Annahme eines überholten Lkw mit einer Geschwindigkeit von 70 km/h sowie einer Länge von 18,75 m. In den RAL wird daraus eine prinzipiell für die Einleitung eines sicheren Überholvorgangs erforderliche Sichtweite abgeleitet und unter Verwendung eines Sicherheitsabstands zwischen dem Überholer und dem Entgegenkommenden von 100 m mit 600 m beziffert.

In der Modellierung für die RAS-L sind Veränderungen der Länge des überholten Fahrzeuges nicht abbildbar. Die Berechnung von Sichtweiten gemäß dem RAL-Modell unter ausschließlicher Verwendung von zeitlichen Abständen, Fahrzeuglängen und Geschwindigkeiten als Eingangsgrößen erlaubt demgegenüber eine Abschätzung der Konsequenzen aus veränderten Parametern.

Formal betrachtet muss sich bei geänderten Randbedingungen wie längeren Fahrzeugen in diesem Fall eine Erhöhung der erforderlichen Überholsichtweiten ergeben, allerdings nur dann, wenn alle anderen Randbedingungen konstant bleiben. Mit zunehmender Fahrzeuglänge und abnehmender Geschwindigkeiten der überholten Fahrzeuge könnten diese allerdings auch zu entgegengesetzten Effekten führen oder sich auch

solche konträren Entwicklungen die Waage halten. Insbesondere im Rahmen des Lang-Lkw-Versuchs ist zumindest nicht auszuschließen, dass diese Fahrzeuge gerade im Landstraßenbereich hinsichtlich ihrer Geschwindigkeitswahl deutlich langsamer fahren als die übrige Lkw-Flotte.

Nach GLAESER et al. (2006) ist beim Überholen von langen Lastzugkombinationen mit bis zu 25,25 m Länge von einem Zeitmehrbedarf von ca. 0,8 s auszugehen, was im Vergleich zu einem Gliederzug ($L=18,75$ m) eine um ca. 50 m längere Überholsichtweite erfordert.

3.3 Teilaspekt: Überholvorgänge auf Autobahnen

Für die Betrachtung von Überholvorgängen auf Autobahnen liegen keine gesonderten Modellannahmen vor, da aus der baulichen Trennung der Fahrtrichtungen und der durchgängigen Mehrstreifigkeit heraus die modellhaft kritischen Situationen aus dem Landstraßenbereich nicht auftreten können.

3.4 Teilaspekt: Räumvorgänge an Knotenpunkten

Der zweite Aspekt dieser Untersuchung betrifft die ebenfalls primär längenbedingt diskutierten Auswirkungen von Räumvorgängen von Lang-Lkw in Knotenpunkten. Dabei sind grundsätzlich sowohl Knotenpunkte mit als auch ohne Lichtsignalanlagen (LSA) betroffen, da es in beiden Fällen eine Konfliktfläche zwischen räumendem (Lang-)Lkw und einfahrendem Fahrzeug gibt. Für Knotenpunkte ohne LSA ist diese Situation nicht im Regelwerk verankert, d.h. es liegen auch keine Modellannahmen vor.

Räumvorgänge an LSA haben demgegenüber direkten Einfluss auf die Signalsteuerung, da sie zumindest modellhaft durch Räumwege abgebildet werden. Der Räumweg setzt sich nach den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA, 2010) aus dem Grundräumweg und einer fiktiven Fahrzeuglänge zusammen. Weiterhin ist in den RiLSA (2010) definiert: „Der Grundräumweg ist bei Fahrzeugen der Weg zwischen der Haltlinie und dem Schnittpunkt mit dem Einfahrweg des beginnenden Fahrzeugstroms (Konfliktpunkt). Rechnerisch wird das Räumen des Konfliktbereichs so weit erfasst, wie es unter Berücksichtigung der Sorgfaltspflicht des einfahrenden Verkehrsstroms im Hinblick auf die Sicherheit erforderlich ist. Es wird angenommen, dass lange und große Fahrzeuge beim Räumen der Kreuzung in ihrer ganzen Länge erkannt werden und ihr Vorrang beachtet wird, solange sie die

Konfliktfläche belegen. Die erforderlichen Mindestfreigabezeiten sind in diesem Zusammenhang für die einfahrenden Verkehrsströme zu gewährleisten.“ Aus diesem Grund werden für die Berechnung der Zwischenzeiten fiktive Fahrzeuglängen angesetzt, die die realen Längen z.T. deutlich unterschreiten (Kraftfahrzeug (einschl. Lastzüge, Linienbusse usw.): 6 m, Straßenbahnen: 15 m). Diese Regelung kennt prinzipiell keine Obergrenzen der Fahrzeuglängen, daher ist im Rahmen des Vorhabens eine Übertragbarkeit auch auf Lang-Lkw zu analysieren.

Nach FRIEDRICH et al. (2007) sind negative Auswirkungen durch die von Lang-Lkw benötigten längeren Räumzeiten für das Abbiegen, Einbiegen und Kreuzen vor allem an nicht signalisierten plangleichen Knotenpunkten zu erwarten. Bei GLAESER et al. (2006) wird der zusätzliche Zeitbedarf ebenfalls diskutiert, dort wird von einem Zeitmehrbedarf von ca. 1 Sekunde gerechnet.

Bei signalisierten Knotenpunkten ist zu bedenken, dass bei Berücksichtigung der erforderlichen längeren Räumzeiten in den Lichtsignalsteuerungen mit bedingten Einbußen bei der Leistungsfähigkeit zu rechnen ist. Allerdings werden auch bisher die Längen von Kfz, die über 6m hinausgehen, bei der Berechnung der Räumzeiten nicht berücksichtigt.

4 Formulierung von Arbeits-hypothesen

Wie bereits in Kap. 3 erläutert, liegen für die hier zu betrachtenden Fragestellungen Modelle vor, aus denen die Regelwerksanforderungen abgeleitet sind. Die Zusammenhänge zwischen Modell und Regelwerksanforderung sind unterschiedlich offen dargelegt - in den RiLSA (2010) z.B. konkret benannt, in den RAL (2012) bislang nur innerhalb der Bearbeitergruppe dokumentiert - bzgl. des Überholens sind die Modellgrundlagen u.a. in älterer Literatur (DURTH und HABERMEHL, 1986) dargelegt. Diese Modellannahmen sind hinsichtlich ihrer Abhängigkeit von der Länge des überholten Fahrzeuges zu hinterfragen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Mehrlänge auf den ersten Blick einen mathematisch leicht fassbaren Einfluss hat, der zwangsläufig Überhol- und Räumzeiten verlängert. Da aber zumindest innerhalb des Feldversuchs den Lang-Lkw vermutlich eine besondere Aufmerksamkeit seitens der Verkehrsteilnehmer zu Teil wird, ist sowohl der Einfluss angepasster Fahrweise der Lang-Lkw als auch der überholenden anderen Verkehrsteilnehmer in die Betrachtungen mit einzubinden. Zumindest theoretisch sollte der am Heck des Lang-Lkw angebrachte

Schriftzug „Lang-Lkw“ dafür sorgen, dass die größere Fahrzeuglänge potenziellen Überholern bekannt ist.

Für die Ableitung von Erkenntnissen des Einflusses von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf wurden demzufolge Hypothesen abgeleitet, inwiefern die beiden Aspekte beeinflusst werden. Die Spanne der potenziellen Beeinflussung reicht dabei von einer Erhöhung der Verkehrssicherheit durch unterlassene riskante Überholmanöver bis hin zu einer Verschlechterung, falls bei gleicher Häufigkeit der Einleitung von Überholmanövern keine Kompensation des Mehrlängeneinflusses vorgenommen wird, sondern evtl. sogar Unsicherheiten zu zögerlichem Überholverhalten führen. Theoretisch könnte auch durch mehr Zurückhaltung beim Einleiten von Überholvorgängen letztendlich ein größerer Überholdruck entstehen, der auch riskantere Überholmanöver provozieren könnte.

Die Einflüsse auf den Verkehrsablauf auf Autobahnen können ebenfalls vielfältig ausfallen. Weniger Überholvorgänge durch andere Schwerverkehrsfahrzeuge sind für den Verkehrsablauf insgesamt förderlich, Nachteile wären wegen der ohnehin minimalen Geschwindigkeitsunterschiede bei Lkw-Überholvorgängen nicht zu befürchten. Theoretisch könnten sich in der Realität zwischen regulären Lkw und Lang-Lkw auch größere Geschwindigkeitsunterschiede ergeben als bislang untereinander, die sogar zu mehr Lkw-Überholvorgängen führen könnten und entsprechend nachteilige Folgen für den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit haben könnten.

Hypothesen zum Überholen auf Landstraßen

Aus der üblichen Herangehensweise - längeres Fahrzeug erfordert eine größere Überholstrecke und -dauer - sowie einem unveränderten Überholverhalten das zur Verlängerung der Überholdauer und -wege führt, resultieren:

- größere Überholsichtweiten bzw.
- geringere Sicherheitsabstände (theoretische Verschlechterung)

Die langsamere Fahrt von Lang-Lkw führt zu einer höheren Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem, hieraus ergeben sich:

- geringere (erforderliche) Überholsichtweiten
- größere Sicherheitsabstände
- evtl. eine Erhöhung der Überholhäufigkeit

Somit ist eine erhöhte Sicherheit durch größere Geschwindigkeitsdifferenz bei gleichbleibenden Randbedingungen zu erwarten, die jedoch bei Zunahme der Überholhäufigkeit auch Verschlechterung erwarten lassen.

Unsicherheit bei den anderen Verkehrsteilnehmern führt evtl. zum Verzicht auf ein Überholmanöver. Hierdurch ist prinzipiell eine Erhöhung der Verkehrssicherheit zu erwarten, es sei denn der dann mit der Zeit aufgestaute Überholdruck führt zu kritischen Überholvorgängen z.B. an schlechter geeigneten Stellen:

- Schlechtere Einschätzbarkeit bzw. Unsicherheit durch potenziellen Überholer

Bild 1 zeigt den Vergleich der Überholwege eines Lang-Lkw unter Annahme einer StVO-konformen Geschwindigkeit von 60 km/h (grün, oben) gegenüber einem Lkw mit maximaler Länge nach StVO (von 18,75 m) und der gleichen Geschwindigkeit (blassgrün, unten). Dabei wird deutlich, dass sich bei diesen Modellannahmen (Überholender und Entgegenkommender mit $V = 100$ km/h) für die Überholung eines Lang-Lkw ein Zeitmehrbedarf von 0,6 Sekunden und ein um ca. 33 m geringerer verbleibender Sicherheitsabstand ergeben, der letztlich um eine entsprechend größere erforderliche Überholsichtweite kompensiert werden müsste. Bild 2 zeigt demgegenüber den Vergleich der Überholwege eines Lang-Lkw unter Annahme einer StVO-konformen Geschwindigkeit von 60 km/h (grün, oben) gegenüber einem Lkw mit maximaler Länge nach StVO (von 18,75 m) und einer realistischen, aber nicht StVO-konformen Geschwindigkeit von 70 km/h (blassgrün, unten). Bereits dieser einfache Vergleich zeigt anschaulich den Einfluss der Geschwindigkeit des zu überholenden (Lang-Lkw), bei gleicher Geschwindigkeit des Überholenden (100 km/h) (rot). So legt der Lkw (Gliederzug, $L=18,75$ m) bei regelwidriger Geschwindigkeit ($V = 70$ km/h) einen längeren Weg als der Lang-Lkw ($V = 60$ km/h) zurück, der auch vom Überholenden bis zur Rückkehr auf den Fahrstreifen zurückgelegt werden muss. In blau dargestellt ist der in dieser Zeit von einem entgegenkommenden Fahrzeug zurückgelegte Weg. Es wird ersichtlich, dass - obwohl das überholte Fahrzeug (Lkw) kürzer ist als ein Lang-Lkw - sich der Sicherheitsabstand zwischen Überholendem (rot) und entgegenkommenden Fahrzeug (blau) gegenüber der Überholung eines Lang-Lkw um knapp die Hälfte verringert. Der tatsächliche formal zu berücksichtigende Längenunterschied für diese Betrachtungen nimmt nochmals ab, wenn man bedenkt, dass bereits heute durch zulässige Ladungsüberhänge

z.B. für Autotransporter tatsächliche Lkw-Längen von 20,75 m möglich sind.

Der Umstand, dass die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem eine deutlich größere Rolle spielt als die Fahrzeuglängen des Überholten, führte auch zu der Entscheidung, für die Vergleichsfahrten keine gleiche Geschwindigkeitswahl einzufordern wie bei den Lang-Lkw-Fahrten. Vielmehr war von Interesse, welches Verhalten der Überholer gegenüber den verschiedenen Fahrzeugkonzepten und Geschwindigkeiten zu beobachten ist.

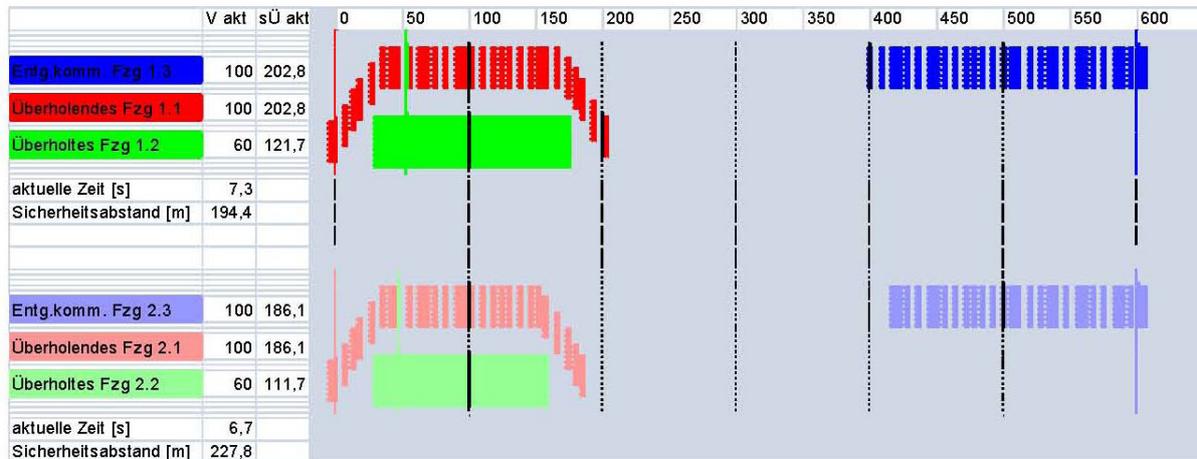


Bild 1: Beispielhafter Vergleich von Überholwegen gegenüber Lang-Lkw (60 km/h, oben) und Lkw (60 km/h, unten)

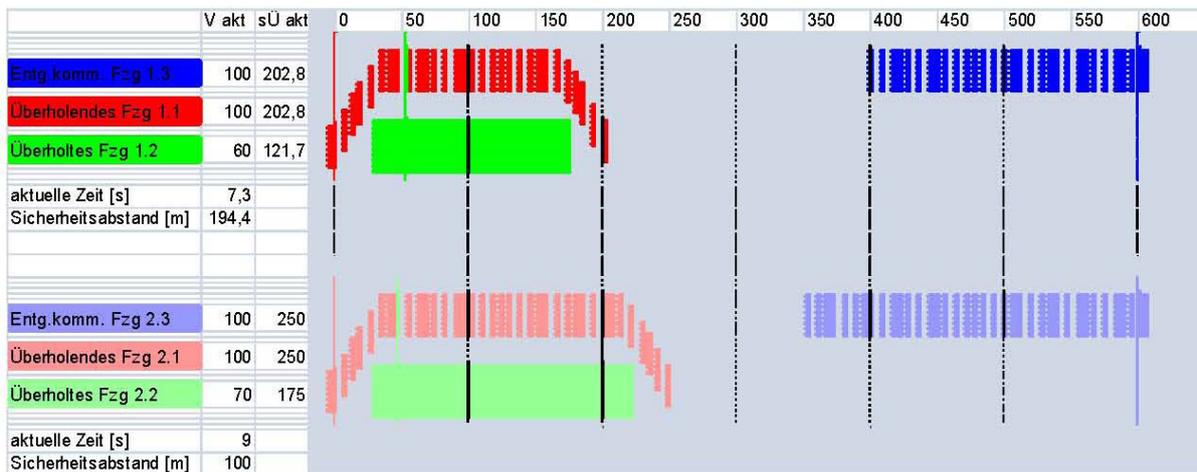


Bild 2: Beispielhafter Vergleich von Überholwegen gegenüber Lang-Lkw (60 km/h, oben) und Lkw (70 km/h, unten)

Hypothesen zum Überholen auf Autobahnen

Die theoretische Verlängerung von Überholwegen und -dauern gegenüber Lang-Lkw aufgrund ihrer größeren Fahrzeuglänge gilt prinzipiell auch auf Autobahnen. Vor allem wegen der Richtungstrennung, aber auch bedingt durch die in der Regel deutlich größere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem, ist dieser Aspekt bei der Beurteilung des einzelnen Überholvorgangs vernachlässigbar. Sicherheitsnachteile könnten demgegenüber aber dann entstehen, wenn sich aus niedrigeren Geschwindigkeiten der Lang-Lkw die Häufigkeit von Überholungen durch andere Lkw erhöhen sollte. Selbst wenn sich dies aus den Messergebnissen zeigen sollte, wäre bei einer Beurteilung allerdings abzuwägen, ob dieser Umstand – der aus einer Verbesserung der Verkehrsmoral von Lang-Lkw-Fahrern resultieren würde – tatsächlich negativ bei der Beurteilung der Verkehrssicherheitsanalyse herangezogen werden sollte.

Hypothesen zum Räumen an Knotenpunkten

Aufgrund der längenbedingten Verweilzeit im Knotenpunkt bzw. Konfliktpunktbereich könnten 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.

Viel differenzierter ist jedoch der Räumvorgang eines links abbiegenden Lang-Lkw in einem Knotenpunkt ohne LSA zu bewerten. So könnte der links abbiegende Lang-Lkw von einem entgegenkommenden Verkehrsteilnehmer falsch eingeschätzt werden. Durch die gegenüber z.B. einem Lastzug um knapp 6,5 m längere Fahrzeuglänge sowie eine daraus resultierende längere Räumzeit könnte es einerseits zu einem eventuell relativ spät eingeleiteten Bremsvorgang oder andererseits zu kritischen Ausweichmanövern kommen.

Durch die tendenziell längere Verweildauer des Lkw-Hecks auf dem (Abbiege-)Fahrstreifen könnten eventuell nachfolgende Fahrzeuge ihre Geschwindigkeit abrupt reduzieren müssen oder ebenfalls durch Ausweichen auf den länger als erwarteten Lang-Lkw reagieren müssen. Bei den Räumvorgängen „(Lang-)Lkw biegt rechts ab bzw. ein“ entstehen keine Konflikte mit entgegenkommenden, sondern allenfalls mit in gleicher Richtung einfahrenden Fahrzeugen.

5 Entwicklung einer geeigneten Erhebungs- und Untersuchungsmethodik

Während in der Regel Untersuchungen zu Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf auf Unfallauswertungen und Verkehrsbeobachtungen beruhen, sind angesichts der vor allem zu Beginn des Feldversuchs geringen Anzahl an Lang-Lkw-Fahrten diese Methoden nicht zielführend. Zum einen sind keine statistisch relevanten Unfalldaten zu erwarten, zum anderen ist es auch nicht zielführend, Messtechnik für Querschnittsbeobachtungen bei einer derart geringen Anzahl an Untersuchungsobjekten zu installieren.

Daher werden im Rahmen des FE-Vorhabens Messungen bzw. Beobachtungen durchgeführt, die von Lang-Lkw selbst ausgehen. Mit ihnen wird zum einen das Annäherungs-, Ausscher-, Vorbeifahrt- und Einscherverhalten bei Überholvorgängen gegenüber Lang-Lkw auf Landstraßen und Autobahnen erfasst. Zum anderen werden 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 bei den beiden teilnehmenden Expeditionen wurden zwei unterschiedliche Erhebungslayouts gewählt.

Der (Lang-)Lkw der Expedition A (Fokus auf Überhol- und Räumvorgänge) wurde zur Erhebung re-

levanter 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 (Erhebungslayout A). Grundlage zur Verortung der beobachteten Situationen im Straßennetz und der Geschwindigkeit des (Lang-)Lkw bildet die Positions- und Geschwindigkeitsschätzung mittels GPS.

Beide Teilsysteme sind entsprechend ihrer messtechnischen Zielsetzung am (Lang-)Lkw angebracht. Moderne Video-, Radar- und Akkutechnik erlauben dabei relativ kleine Baugrößen, die sich am Zugfahrzeug bzw. letztem angehängten Fahrzeugteil montieren lassen. Der eingesetzte (Lang-)Lkw bzw. das konkrete Vergleichsfahrzeug ohne Zentralachsanhänger (Sattelzugmaschine mit Sattelaufleger) ist mit fünf Videokameras ausgestattet. Die beiden Teilaspekte „Überholen auf Landstraßen“ sowie „Räumen von Knotenpunkten“ erfordern ein geteiltes Erfassungslayout hinsichtlich der Videoaufzeichnung.

Für den Teilaspekt Überholen auf Landstraßen ist die Erhebungskonstellation in Bild 4 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 auf. Beginnt der Überholer seinen Überholvorgang, wird die Vorbeifahrt am (Lang-)Lkw durch die Kamera CAM 2 aufgezeichnet und nach Abschluss des Überholvorgangs das Zurückkehren des überholenden Fahrzeugs auf den Fahrstreifen durch die Kamera CAM 3 erfasst. Ferner zeichnet die Kamera CAM 3 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.

Die Analyse der Videodaten erfolgt wie bereits oben erwähnt auf Basis der Radardatenanalyse. Erst wenn anhand der Radardaten ein Überholvorgang registriert wurde, werden die Videodaten zur weiteren Analyse vorgeschlagen. Weiterhin wird die Kamera CAM 5, die relativ rechtwinklig zur Fahrzeughaltung Daten erhebt, für den Erhebungsfall „Räumen von Knotenpunkten“ eingesetzt (Bild 3). Hierbei liegt der Fokus auf der Erfassung der Annäherung von entgegenkommenden Fahrzeugen (CAM 5 und 3), während der (Lang-)Lkw den Knotenpunkt linksabbiegend räumt. Weiterhin

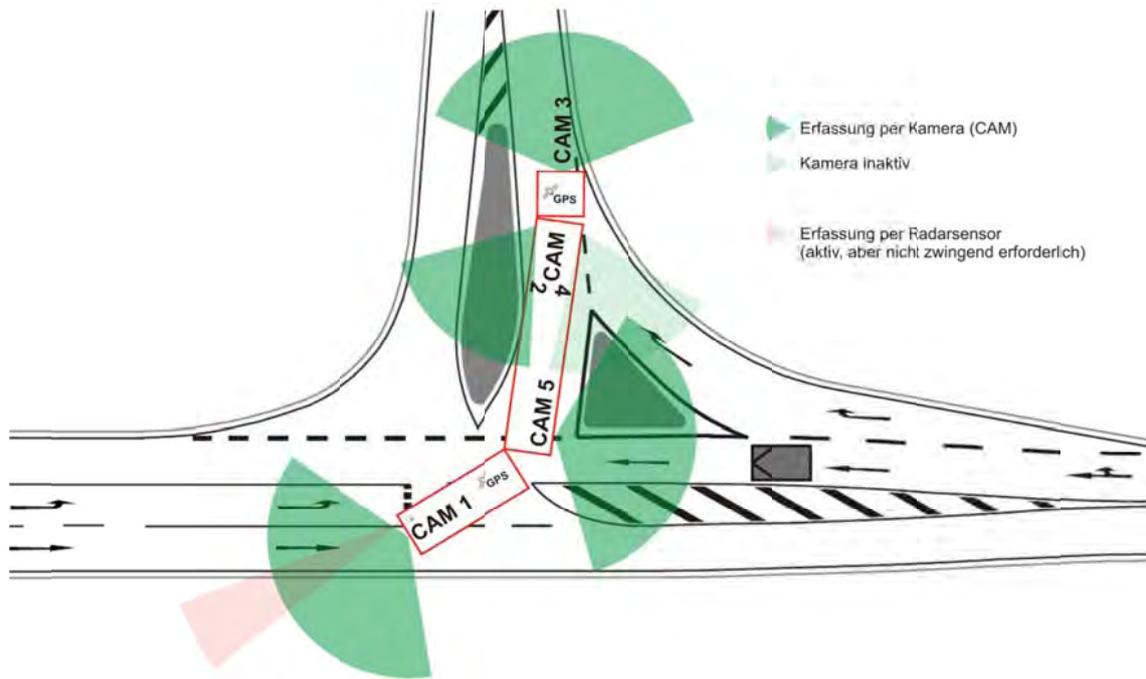


Bild 3: Erhebungslayout A für den Teilaspekt „Räumvorgänge an Knotenpunkten“ am Beispiel Lang-Lkw (Spedition A)

werden zeitgleich über die Kameras CAM 2 und 1 dem (Lang-)Lkw folgende Fahrzeuge aufgezeichnet. Die Radardaten sind im Erhebungsfall „Räumen von Knotenpunkten“ nicht zwingend erforderlich. Die relevanten Knotenpunktbereiche werden auf Basis der GPS-Koordinaten ausgewählt (vgl. Kap. 7).

Technisch bedingt können zeitgleich nur von vier Kameras Bilddaten aufgezeichnet werden. Deshalb ist die Kamera CAM 4 im Erhebungsfall „Überholen auf Landstraßen“ inaktiv. Befindet sich der (Lang-)Lkw auf der Autobahn, wird die Aufzeichnung von der Kamera CAM 5 auf die CAM 4 umgeschaltet, um für die Datenbereitstellung für ein weiteres Teilprojekt auch bei der Vorbeifahrt an Einfahrten das Verhalten der Verkehrsteilnehmer auf dem Beschleunigungsstreifen erfassen zu können. Alle Daten werden kontinuierlich und zeitsynchronisiert während der Fahrt erhoben und

aufgezeichnet. Steht eine fahrzeugeigene Spannungsversorgung zur Verfügung, können die Systeme im Dauereinsatz betrieben werden. Muss die Stromversorgung durch Akkus sichergestellt werden, sind diese nach max. 8 Stunden zu tauschen bzw. laden. Je nach Aufnahmemodus können bis zu 450 h Videodaten und 1000 h Radardaten mit den eingesetzten Speichermedien erhoben werden. Angestrebt ist die autonome Erhebung über mindestens eine Woche ohne dass die erhobenen Daten ausgelesen werden müssen. Selbst bei hoher Datenrate (25 Bilder/s) steht immer noch eine Aufnahmekapazität von ca. 61 h zur Verfügung, die theoretisch für die Dauer von einer Erhebungswoche ausreichend ist.

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 nähern-

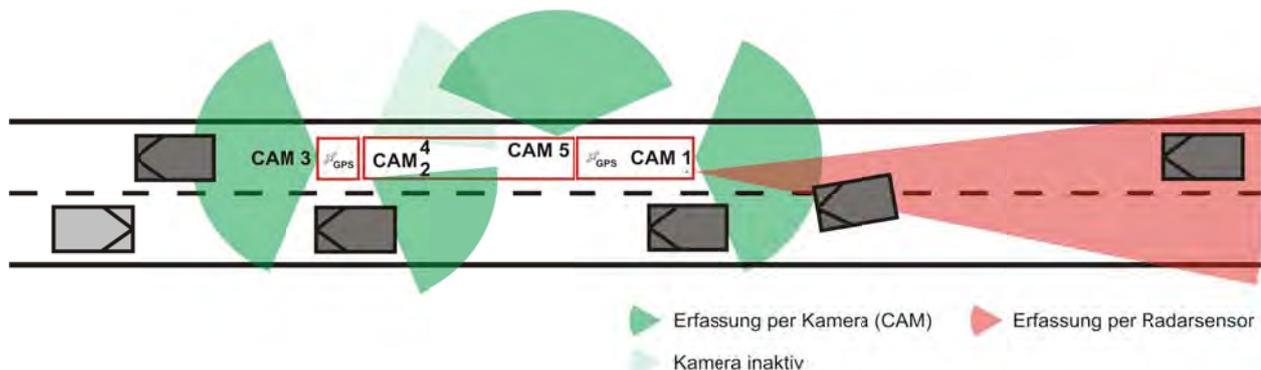


Bild 4: Erhebungslayout A für den Teilaspekt „Überholvorgänge auf Landstraßen“ am Beispiel Lang-Lkw (Spedition A)

den (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 qualitative Beschreibung des Überholvorgangs (Videodaten) sowie die erforderliche Überholweglänge als auch 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. Die oben aufgeführten Überlegungen werden sinngemäß auf den Erhebungsfall „Räumen von Knotenpunkten“ angewendet. Aus den Videodaten können qualitativ die zeitlichen und räumlichen Abstände der beteiligten Fahrzeuge bestimmt werden, um auch hier die Auswirkungen von insbesondere (Lang-)Lkw auf den Verkehrsablauf und die Verkehrssicherheit sowie das Verhalten der Verkehrsteilnehmer abschätzen zu können (vgl. Kap. 7).

Bei der begleiteten Spedition B steht der Teilaspekt „Überholen auf Landstraßen“ im Mittelpunkt der Erhebungen (Bild 5). Hierzu wurde im Fahrerhaus der Zugmaschine des (Lang-)Lkw eine Fahrzeugkamera mit integriertem GPS-Empfänger installiert (CAM 3). Jede Sekunde wird die Position der Fahrzeugkamera geloggt, wodurch sowohl die örtliche Zuordnung (Wegpunkt) als auch die Geschwindigkeit des (Lang-)Lkw bestimmt werden kann. Die GPS-Koordinaten sowie die geschätzte Geschwindigkeit werden sowohl in das Videobild eingebrannt als auch in einer entsprechenden Datei zur Weiterverarbeitung abgespeichert. Die Fahrzeugkamera erfasst den sich dem (Lang-)Lkw nähernden Gegenverkehr sowie den überholenden und wieder einscherenden Überholenden. Die Speicherkapazität beträgt 64 GB.

Die zur Erfassung der nachfolgenden Fahrzeuge bzw. des potentiellen Überholers eingesetzte Fahrzeugkamera (CAM 1) am Heck des Lang-Lkw-

Anhängers bzw. Aufliegers wurde in einer kompakten Aufnahmebox untergebracht (Erhebungslayout B). Im Gegensatz zu der Fahrzeugkamera im Fahrerhaus wird diese mit einem Akku betrieben, wodurch die Aufnahmedauer auf rund 12 h begrenzt ist.

Vor Abfahrt des (Lang-)Lkw werden beide Fahrzeugkameras gestartet, um die Fahrt aufzuzeichnen. Nach spätestens 12 h müssen die Speichermedien (Micro-SD-Karte) ausgelesen sowie der Akku getauscht werden.

6 Durchführung empirischer Untersuchungen

Als Kooperationspartner konnten die Speditionen A und B gewonnen werden. Insbesondere durch die auch technische Unterstützung der Spedition A wurde ein Erhebungslayout eingesetzt, das eine autarke Erhebung über mehrere Tage hinweg ermöglicht (vgl. Kap. 5). Die Spedition A befährt täglich zwei verschiedene Strecken. Hierbei wird eine Strecke von ca. 65 km auf Landstraßen (zweistreifige 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 Abschnitte mit nutzbaren Längen zum Überholen (Leitlinie) zwischen 300

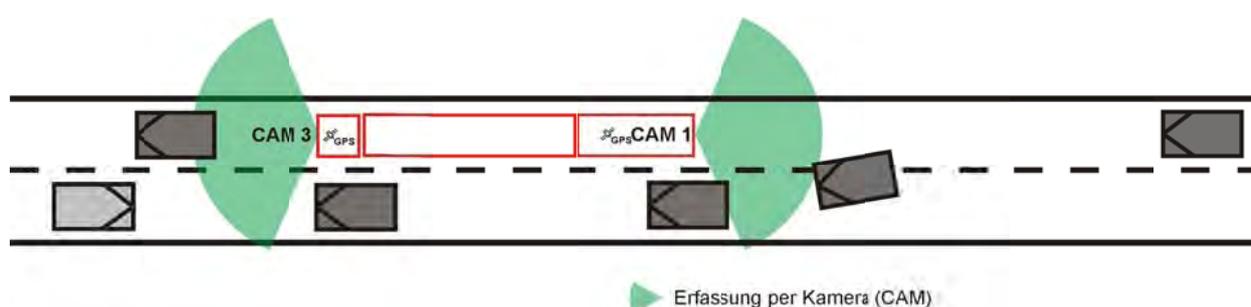


Bild 5: Erhebungslayout B für den Teilaspekt „Überholvorgänge auf Landstraßen“ am Beispiel Lang-Lkw (Spedition B)



Bild 6: Oben: Anbringung der Aufzeichnungsbox sowie Radarbox mit GPS-Empfänger am Fahrzeuganhänger; unten: Ansicht der Radarbox, die über der linken Heckleuchte angebracht wurde (Spedition A)

und 1.700 m.

Die seitens der Spedition A im Baukastensystem erstellte Fahrzeugkonfiguration ermöglicht mit wenig Aufwand den Vergleich zwischen Lang-Lkw (Typ 2, Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhä-



Bild 7: Oben: Position der Frontkamera; unten: Position der Heckkamera (Spedition A)



Bild 8: Anbringung der Seitenkameras (roter Kreis) sowie die standardmäßig installierte Seitenkamera (gelber Kreis) am Auflieger (Spedition A)

nger, L=25,25 m) und Sattelzug (L=16,50 m) auf gleichen Strecken. Weiterhin ergibt sich hieraus der Erhebungsfokus auf beide Teilaspekte - „Überholen... und Räumen...“.

Bild 6 zeigt die Anbringung der Aufzeichnungsbox sowie des Radarsensors am Heck des Anhängers (Lang-Lkw) bzw. Sattelzuges). Der (Lang-)Lkw ist mit einer Front- sowie Heckkamera ausgestattet (Bild 7). Die Bilder der Heckkamera werden im Gegensatz zu den weiteren Kameras über Funk an das Aufnahmegerät übertragen. Hierdurch kann die Kamera vergleichsweise einfach für den Vergleichsfall (Sattelzug) am Auflieger angebracht werden. Bild 8 zeigt die Positionen der auf der linken bzw. rechten Aufliegerseite angebrachten Kameras.

Bereits die Grundausrüstung des Lang-Lkw der Spedition A lässt auf einen sehr hohen Sicherheitsstandard gegenüber der heutigen Lkw-Flotte schließen. So sind neben Fahrerassistenzsystemen wie z.B. Elektronisches Stabilitätsprogramm und Abstandsregelungssystem zusätzlich zur Rückfahrkamera jeweils beidseitig zwei Kameras an der Aufliegerseite 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.



Bild 9: Oben: Position der Frontkamera; mittig/unten: Position der Heckkamera (Spedition B)

Die zweite beteiligte Spedition B fährt bis zu viermal am Tag zwischen dem Speditionsort und einem Seehafen und legt dabei ca. 25 km auf Bundesstraßen 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 („LS II“).

Der (Lang-)Lkw wurde seitens des Forschungnehmers gemäß dem Erhebungslayout B (vgl. Kap. 5) ausgestattet, d.h. Videoerfassung nach vorne (CAM 3) und hinten (CAM 1). Bei dem Lang-Lkw handelt es sich um den Typ 2, Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger.

Bei Spedition B werden Vergleichsfahrten mit einem Sattelzug (auf gleicher Strecke) durchgeführt, jedoch sind hier weniger Vergleichsfahrten zu erwarten, da die Spedition B ihre Sattelzüge für den europaweiten Transport einsetzt und hierdurch unter Umständen der betreute Sattelzug am selben

Tag nicht wieder den Firmensitz erreicht. Aufgrund des relativen Mehraufwandes und der voraussichtlich geringeren Anzahl an Fahrten wurden bis zu 20 Erhebungstage vorgesehen.

Bild 9 zeigt die Position der Frontkamera im Führerhaus sowie die Anbringung der Aufnahmebox am Heck des Anhängers (Lang-Lkw) bzw. Aufliegers (Sattelzug).

7 Datenauswertung – Überholen auf Landstraßen

Die Auswertung bzw. Ermittlung von Kenngrößen unterscheidet sich lediglich aufgrund der erhobenen Ausgangsdaten. Wird bei der Spedition A zusätzlich Radartechnik zur Erhebung relevanter Kenngrößen eingesetzt, beschränkt sich die Erhebung bei der Spedition B ausschließlich auf Videodaten. Die Analyse der Radar- bzw. Videodaten ergab, dass vor allem bei einem folgenden Lkw oder langsam folgendem Pkw meist Fahrzeuge aus zweiter, dritter oder gar vierter Position zum Überholen ansetzen. Diese sind von der Auswertung auszuschließen, da ausschließlich der Einfluss der Lang-Lkw-Länge im Fokus der Erhebung steht. Hierzu zählt auch die Unterscheidung in überholenden Pkw oder Lkw. Weiterhin werden die Radardaten hinsichtlich staufreier Autobahnsequenzen sowie insgesamt nach Abschnitten mit normalem Verkehrsablauf gefiltert.

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).

Auf Basis der Voranalyse der Radardaten (Spedition A) werden nur die Videosequenzen näher betrachtet, die einen Überholvorgang eines Fahrzeugs erwarten lassen (Teilaspekt „Überholen...“). Für den Teilaspekt „Räumen...“ werden auf Basis der GPS-Vorabanalyse nur die Videodaten für eine Betrachtung vorgeschlagen, die im Bereich eines Knotenpunktes aufgezeichnet wurden.

Bild 10 zeigt die Ansicht der einzelnen Kameras am Beispiel einer Lkw-Überholung. Hierbei wurden jeweils die Bilder miteinander überlagert, in denen der überholende Lkw in der jeweiligen Kamera erfasst wird; ergänzend hierzu die Zeitangaben des Bildes. Basierend auf den einzelnen Videosequenzen und Radardaten werden die registrierten Überhol- bzw. Räumvorgänge auf kritische Situationen untersucht und dokumentiert.

Auf Basis der erhobenen Radardaten (Spedition A) 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. 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 (CAM 3) wird neben der Geschwindigkeit des Überholenden beim Einschervorgang auch der Abstand des Überholenden zum (Lang-)Lkw nach vollständiger Rückkehr 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 Einschervorgangzeitpunkt und -ort. Abgeleitet werden können darüber hinaus die (Sicherheits)-Abstände zwischen überholenden und entgegenkommenden Fahrzeugen.



Bild 10: Beispielbilder der am (Lang-)Lkw angebrachten Kameras.
Links oben Frontkamera, links unten Heckkamera, rechts Seitenkameras (Spedition A)

Bei der Spedition B werden die relevanten Kenngrößen ausschließlich anhand der Videodaten ermittelt. Basierend auf den Videodaten der Heckkamera (CAM 1) werden der Abstand, die Geschwindigkeit und der Zeitpunkt des Ausscherens geschätzt. Ferner erfolgt die Schätzung der Geschwindigkeit des entgegenkommenden Fahrzeugs, wenn dieses am (Lang-)Lkw vorbeigefahren ist. Da bei der Spedition B keine Radartechnik zum Einsatz kam, wird hier der Abstand der folgenden Fahrzeuge (mind. des ersten Fahrzeugs hinter dem (Lang-)Lkw sowie die Geschwindigkeit des ersten folgenden Fahrzeugs hinter dem (Lang-)Lkw) anhand der Videodaten geschätzt. Aus der Extrapolation des Überholvorgangs und des Fahrverlaufs des entgegenkommenden Fahrzeugs wird ein rechnerischer Sicherheitsabstand abgeleitet.

Die ermittelten Kenngrößen werden zur Nachberechnung von Aus-/Einscherabstand bzw. Sicherheitsabstand herangezogen und fließen in die Mo-

dellierung des Überholvorgangs (Überholmodell) mit ein, die eine Gegenüberstellung der Überholvorgänge bei Lang-Lkw mit denen bei Sattelzügen ermöglicht. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die in die Berechnung eingeflossene kürzere Länge des Sattelzuges (16,50 m) gegenüber dem maximalen Vergleichsmaß von 18,75 m für den Vergleich mit dem Lang-Lkw den ungünstigeren Fall darstellt.

Sowohl der Lang-Lkw als auch das Vergleichsfahrzeug (Sattelzug) der Spedition A fuhr überwiegend mit konstanter Geschwindigkeit bzw. Tempomat. Dieser wird von den Lang-Lkw-Fahrern auf Land- und Bundesstraßen auf (max.) 63 km/h und auf Bundesautobahnen auf 83 km/h eingestellt. Insbesondere auf den Bundesautobahnen führte dies zu erheblichen Anzahlen an Überholungen des Lang-Lkw bzw. Sattelzuges bei gleicher Höchstgeschwindigkeit (63 bzw. 83 km/h). Im Rahmen der Vergleichsfahrten wurden höhere Geschwindigkei-

ten des beobachteten Fahrzeugs gemessen, auf Land- und Bundesstraßen max. 70 km/h und auf Bundesautobahnen 90 km/h. Hierdurch konnte das Vergleichsfahrzeug eher „im Verkehr mit schwimmen“, was subjektiv zu weniger Überholungen durch andere Lkw führte.

8 Ergebnisse – Überholen auf Landstraßen

8.1 Allgemeines

Die genannte Erhebungsmethodik mit einem Schwerpunkt auf Radarauswertung bei Spedition A und der beschriebenen reinen Videoauswertung bei Spedition B bringt die Notwendigkeit mit sich, eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus beiden Auswertemethoden zu gewährleisten. Dazu wurde bei einzelnen Fahrten von Spedition A, bei denen aus den Radardaten ein relativ geringer Sicherheitsabstand zwischen Überholer und Entgegenkommendem ermittelt wurde, ebenfalls eine Videoauswertung vorgenommen und die daraus ermittelten daten- und bildbasierten Ergebnisse abgeglichen.

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. Dabei ist auch an dieser Stelle zu betonen, dass nur Überholvorgänge analysiert wurden, bei denen der Überholer das erste dem Lkw folgende Fahrzeug war. Für den Vergleich zwischen Lang-Lkw und Vergleichsfahrzeugen ist außerdem prinzipiell davon auszugehen, dass die verkehrlichen Verhältnisse und weiteren Randbedingungen bei beiden Fahrzeugarten vergleichbar sind.

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den einzelnen Kenngrößen in aller Regel mit Hilfe von Box-Whisker-Diagrammen dargestellt. Dabei markiert die Box den Perzentil-Bereich vom 25. bis 75. Perzentil einschließlich einer horizontalen Teilung der Box am Median, die „Whisker“ zeigen den Bereich bis zum 5. bzw. 95. Perzentil an. In der ers-

ten Ebene werden grundsätzlich in den beiden linken Säulen die Vergleichswerte für Lang-Lkw (grün) und Sattelzug (blau) aufgezeigt. Bei nennenswerter Kollektivgröße bei der Unterscheidung auf zweiter Ebene werden die zugehörigen Ergebnisse wie die der grundsätzlichen Unterscheidung in Lang-Lkw bzw. Gliederzug dargestellt, dabei variiert der Farbton innerhalb der beiden Kollektive. Ist wegen geringer Teilkollektivgröße die Perzentildarstellung nicht sinnvoll, so werden die Einzelergebnisse dargestellt. Insbesondere bei großen Streuungen der Ergebnisse wird die Skalierung der Ordinate so angepasst, dass die relevanten, weil 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.

8.2 Sicherheitsabstand zwischen Beendigung des Überholvorgangs und Passage des entgegenkommenden Fahrzeugs

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 der Vergleichsfahrzeuge reduziert sein.

Die unterschiedlichen technischen und organisatorischen Voraussetzungen bei den begleiteten Speditionen machen unterschiedliche Herangehensweisen an die Ermittlung des Sicherheitsabstandes erforderlich. Während bei Spedition A nur bei sehr wenigen (unkritischen) Überholvorgängen direkte Erkenntnisse zum Sicherheitsabstand, im Gegensatz dazu aber eine große Anzahl an rückgerechneten Sicherheitsabständen aus den (Heck)-Radardaten vorliegen, stehen bei Spedition B durchweg direkte Ableitungen des Sicherheitsabstandes aus den Videobildern zur Verfügung.

Für die Rückrechnungen der Sicherheitsabstände aus den Heck-Radar-Informationen wurden die bei der Annäherung an das Lkw-Heck ermittelten Beschleunigungen fortgeschrieben.

Überprüfungen mit den Datensätzen, für die auch Videobilder vorliegen, ergaben im Mittel plausible Übereinstimmungen, wenn die ermittelte Beschleunigung für die Dauer von 4 Sekunden ab dem Erreichen des Lkw-Hecks angesetzt wurde. Dabei wurde bei der Programmierung eine Deckelung auf eine maximale Überholgeschwindigkeit von 130 km/h vorgenommen. Mangels konkreter Informationen zum Einscherverhalten wurde au-

ßerdem in Analogie zum Überholmodell der RAL ein zeitlicher Einscherverabstand von 1 Sekunde angesetzt. Für die Rückrechnung der Position des entgegenkommenden Fahrzeugs wurde die bei der Vorbeifahrt am Lkw-Heck aufgezeichnete Geschwindigkeit verwendet.

In Bild 11 sind die hochgerechneten bzw. indirekt aus Videobildern ermittelten Sicherheitsabstände der betrachteten Lang-Lkw und Sattelzüge aufgetragen, darüber hinaus sind sie auch nach den beteiligten Speditionen und im Fall der Spedition A auch der unterschiedlichen Streckencharakteristik und Verkehrsbedeutung differenziert.

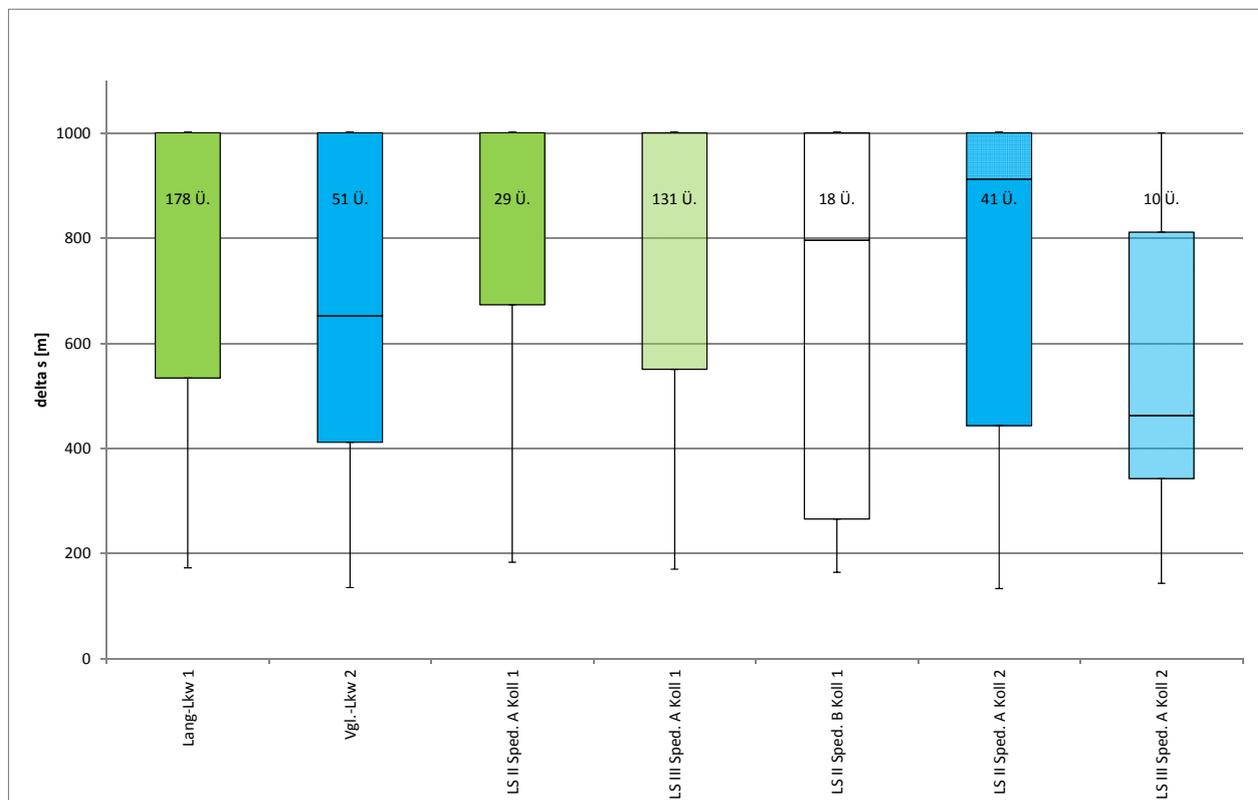


Bild 11: Sicherheitsabstände unter verschiedenen Randbedingungen von Strecken und Erhebungstechnik

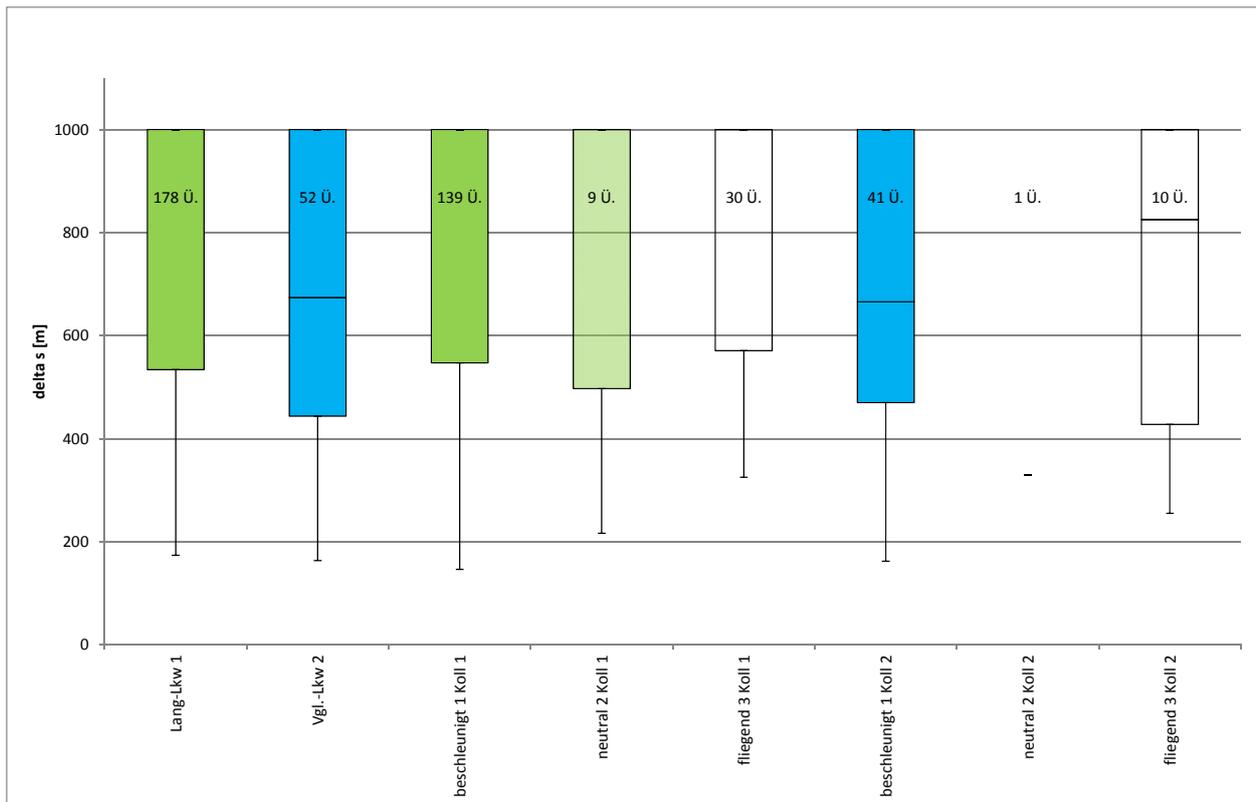


Bild 12: Abhängigkeit des rechnerischen Sicherheitsabstandes von beschleunigten bzw. fliegenden Überholungen

Offensichtlich ist zunächst vor allem, dass die mittleren Sicherheitsabstände bei Spedition B deutlich geringer sind als bei Spedition A sowie innerhalb der Strecken der Spedition A auch bei der LS-II-Straße eher geringere Sicherheitsabstände auftreten.

Betrachtet man jedoch die für die hier anstehende Risikobetrachtung relevanten geringsten Sicherheitsabstände, so wird deutlich, dass sie bei den Lang-Lkw für alle Strecken und damit einhergehenden Erhebungstechniken nahezu identisch sind. Gleiches gilt auf etwas niedrigerem Niveau auch für die Sattelzug-Betrachtungen. Daher erscheint es zulässig, im Folgenden für die sicherheitsrelevanten Fragestellungen alle Strecken und Erhebungstechniken gemeinsam zu betrachten.

8.3 Häufigkeitsverteilung zwischen fliegenden und beschleunigten Überholungen

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. Demgegenüber ist davon auszugehen, dass sich insbesondere nach längerer Fahrt hinter einem entsprechend gekennzeichneten Lang-Lkw eine evtl. mögliche defensivere Überholneigung durch seltenere beschleunigte Überholvorgänge 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. Beschleunigte Überholungen sind davon vor allem zu unterscheiden, dass die Minimalgeschwindigkeit 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, bei beschleunigten Überholvorgängen beträgt die Geschwindigkeitsdifferenz maximal 10 km/h bzw. die Geschwindigkeitsänderung des Überholers vor der Vorbeifahrt am Lkw-Heck mindestens 20 km/h. Überholungen, die keine der Randbedingungen erfüllen, werden als neutral dargestellt.

In Bild 12 ist zunächst zu erkennen, dass sowohl bei den beobachteten Lang-Lkw-Überholungen als auch der Sattelzüge ca. $\frac{3}{4}$ der Überholungen als beschleunigt anzusehen sind.

Weiterhin ist der rechnerische Sicherheitsabstand zwischen Überholer und Entgegenkommendem über die 3 Überholkategorisierungen aufgetragen. Dabei ist erkennbar, dass geringe Sicherheitsab-

stände vor allem bei beschleunigten Überholvorgängen auftreten. Der Schwerpunkt der Sicherheitsabstände liegt bei Überholungen der betrachteten Sattelzüge etwas niedriger, die Häufigkeit geringer Sicherheitsabstände ist aber vergleichbar.

8.4 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. Sowohl aus Radardaten als auch aus Videobildern ist dieser Zeitpunkt allerdings nicht eindeutig zu bestimmen.

Bei Auswertung der Radardaten wie auch von Videobildern ist die unmittelbare Vorbeifahrt die letzte Position, an der alle einzelnen Werte für den Überholer bekannt sind, darüber hinaus ist diese Situation eindeutiger zu identifizieren als die des Überholbeginns bzw. Ausschertzeitpunkts.

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.

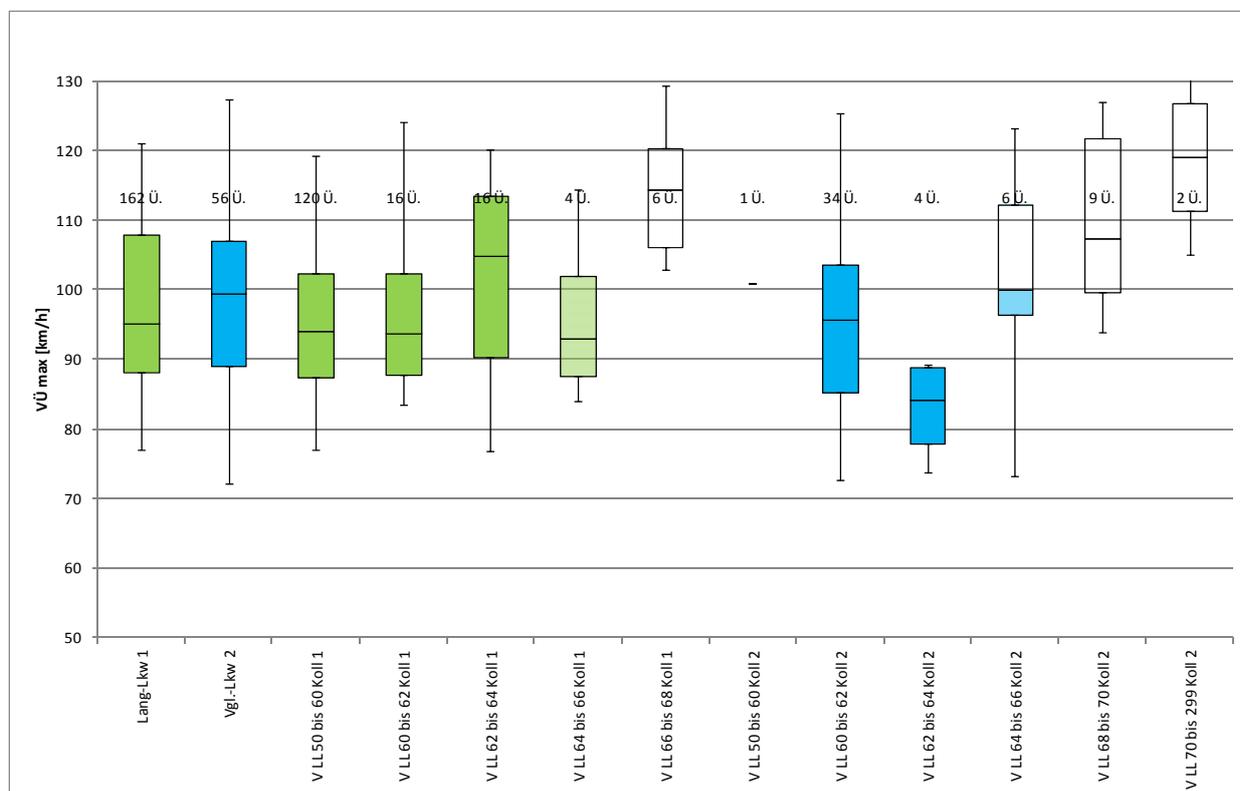


Bild 13: Beobachtete Überholgeschwindigkeiten auf zweistreifigen Landstraßen

Allerdings wird aus Bild 14 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

8.5 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 14 ist ableitbar, dass zwar der Median der Beschleunigungen bei den betrachteten Lang-Lkw etwas niedriger ist als der bei den Sattelzügen, bei den für potenziell kritische Situationen maßgeblichen geringsten Beschleunigungen ist allerdings

festzustellen, dass diese bei den Lang-Lkw etwas höher liegen.

Insbesondere auch bei niedrigen Ausgangsgeschwindigkeiten (min V) ist zu erkennen, dass bei den betrachteten Lang-Lkw im Gegensatz zu den Sattelzügen auch bei den Einzelwerten keine Unterschreitungen von 0,7 m/s² vorliegen.

8.6 Zeitlicher Abstand zwischen Vorbeifahrt des Überholers und des Entgegenkommenden am Heck des Lkw

Aus dieser zeitlichen Differenz kann noch nicht direkt auf die Risiken des in der Zwischenzeit abgeschlossenen Überholvorgangs geschlossen werden, da vor allem die Geschwindigkeitsverläufe der beteiligten Fahrzeuge nicht im Detail bekannt sind. Gleichwohl ist in Verbindung mit der Geschwindigkeit des Überholers bei der Vorbeifahrt gut abzuschätzen, ob es systematische Unterschiede in Abhängigkeit von den überholten Fahrzeugen gibt.

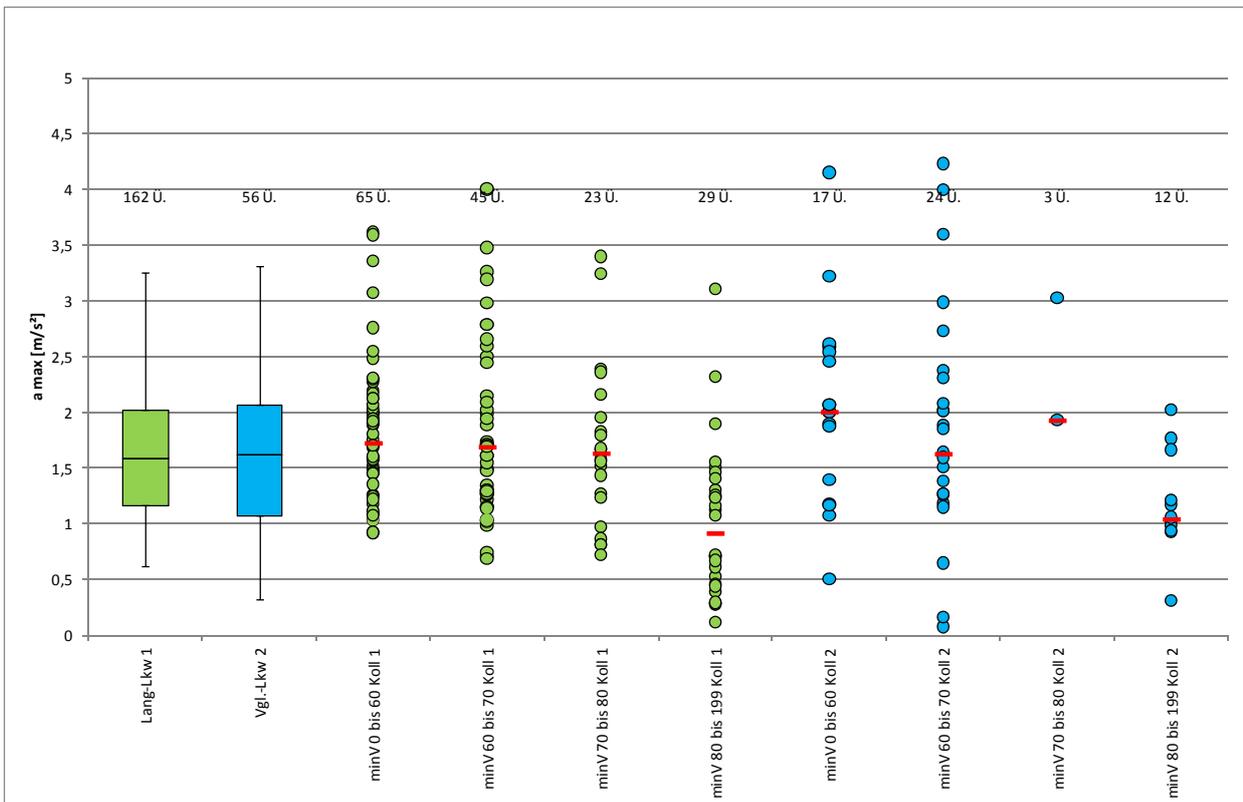


Bild 14: Beobachtete Beschleunigungen bei der Annäherung an das Lkw-Heck

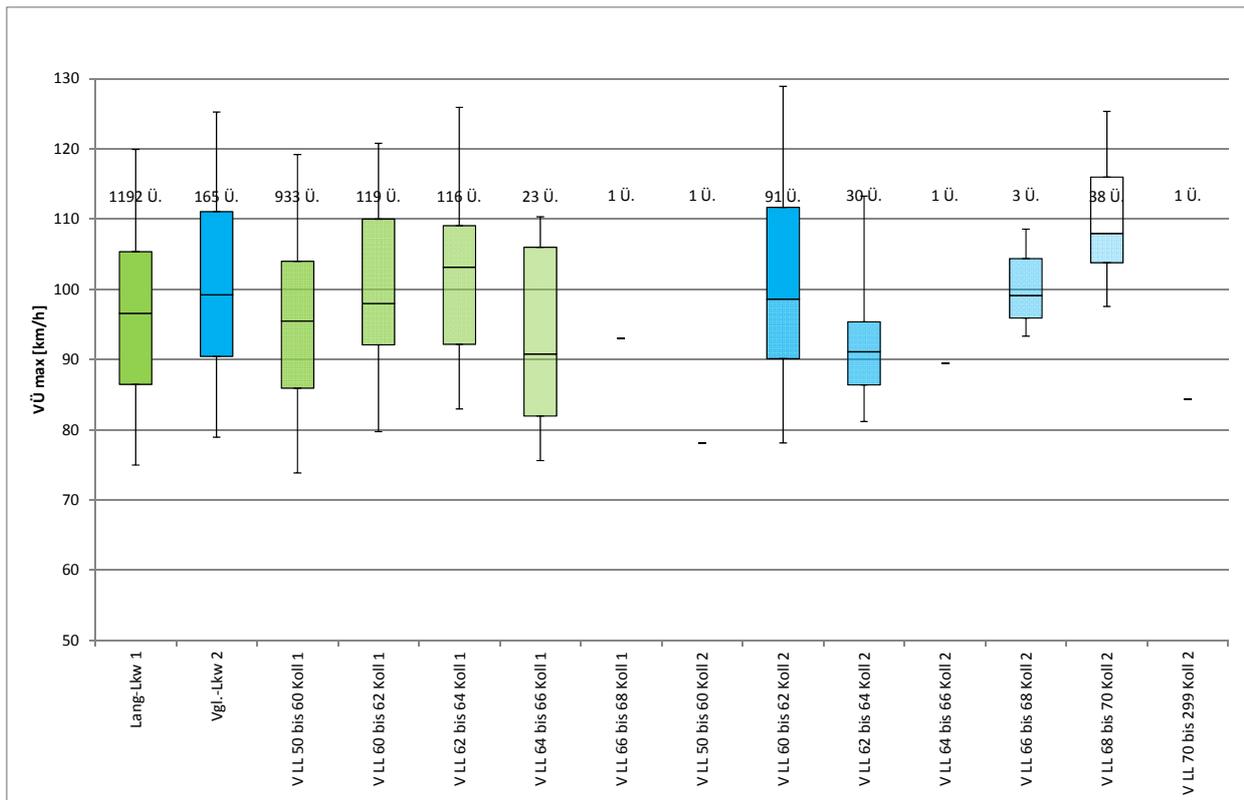


Bild 16: Beobachtete Überholgeschwindigkeiten auf dreistreifigen Landstraßen

Anders als auf Landstraßen spielt 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 nur im kleinen Sekundenbereich zunehmen.

Aus Gesprächen mit Lang-Lkw-Fahrern wurde deutlich, dass insbesondere auf Autobahnen eine akribische Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h zu einer deutlichen Zunahme von Überholvorgängen durch andere Lkw führen würde gegenüber einem Mitschwimmen mit leicht überhöhter Geschwindigkeit. Ähnliche Aussagen sind auch aus dem Teilprojekt 82.0544 belegt, die sich insbesondere aus negativen Äußerungen anderer Verkehrsteilnehmer ergeben. So ist mehrfach benannt, dass sich andere Lkw-Fahrer beschwerten, dass sie durch regelkonform langsam fahrende Lang-Lkw gebremst würden. Um zu dieser Frage belastbare Messergebnisse zu erhalten, wurden die maximalen Überholgeschwindigkeiten am Fahrzeugheck des (Lang)-Lkw den Geschwindigkeiten der (Lang)-Lkw gegenübergestellt.

Aus Bild 16 wird erkennbar, dass bereits sehr geringe Änderungen der Lang-Lkw-Geschwindigkeiten zu deutlichen Unterschieden bei den geringsten Überholgeschwindigkeiten führen. Wäh-

rend auch im dreistreifigen Bereich Geschwindigkeiten der Lang-Lkw von mehr als 60 km/h nur ca. 20 % ausmachen, sind beim Sattelzug zumindest leichte Geschwindigkeitsüberschreitungen deutlich häufiger zu beobachten. Bei Geschwindigkeiten des überholten Lkw ab ca. 65 km/h werden Überholvorgänge durch andere langsame Fahrzeuge quasi vollständig vermieden.

Aus Bild 17 wird auch für Autobahnabschnitte erkennbar, dass die Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h bei Lang-Lkw-Fahrten deutlich genauer genommen wird als bei den betrachteten Sattelzügen. Auch hier ist erkennbar, dass Überholungen durch andere langsame Fahrzeuge ab ca. 85 km/h ausgeschlossen sind.

Analysen des Ablaufs der Überholvorgänge in gesicherten Überholabschnitten wurden wegen der geringen zu erwartenden Aussagekraft nicht vorgenommen. Auswirkungen von regelmäßigem Lang-Lkw-Verkehr auf die Überholhäufigkeit durch andere langsame Fahrzeuge können nur unter dem Aspekt der Einhaltung zulässiger Höchstgeschwindigkeiten benannt werden: Würde die unterschiedlich genaue Einhaltung von Höchstgeschwindigkeiten auch im Regeleinsatz beibehalten, so wäre tatsächlich eine Zunahme von Überholungen mit sehr geringer Geschwindigkeitsdifferenz zu

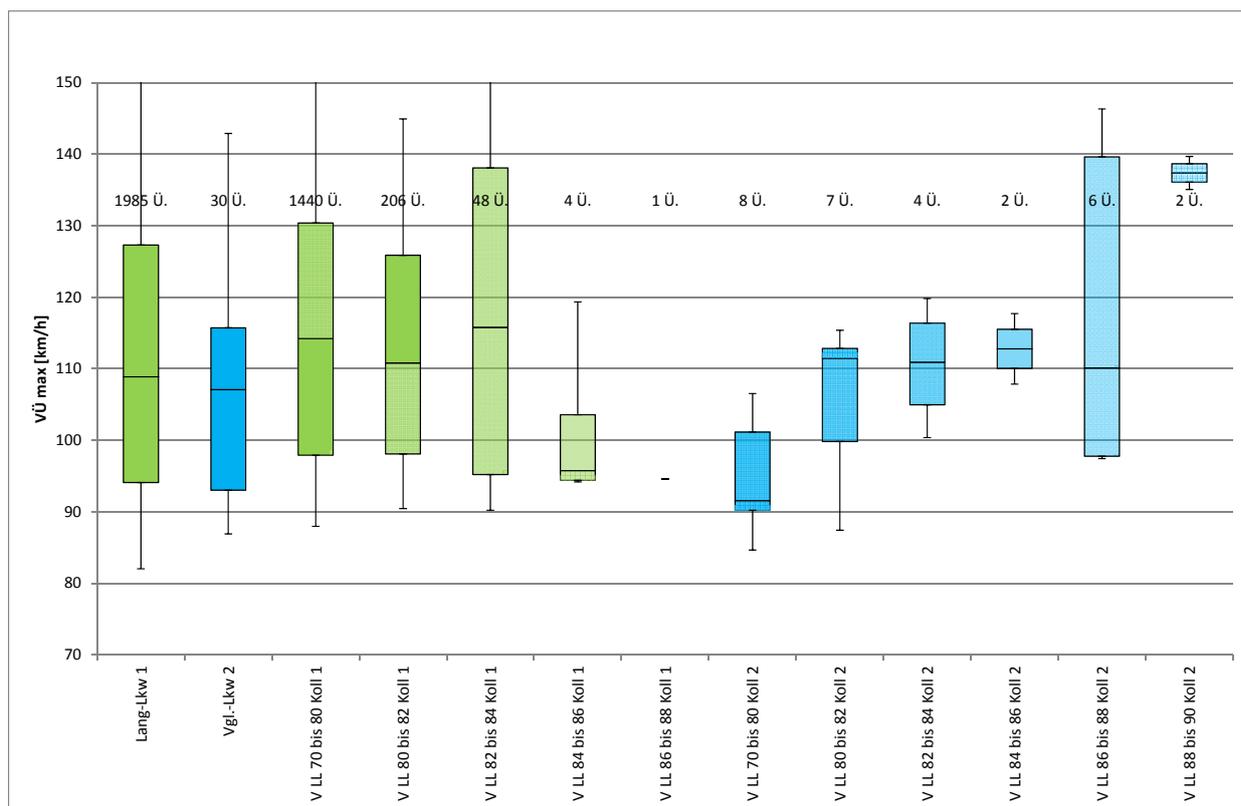


Bild 17: Beobachtete Überholgeschwindigkeiten auf Autobahnen

erwarten. Dies wäre allerdings bei einer entsprechenden Verbreitung sehr unwahrscheinlich.

10 Berücksichtigung der beobachteten Geschwindigkeitswahl der (Lang-)Lkw

Eine wesentliche Rolle bei der Abschätzung der Auswirkungen dieser Ergebnisse auf ein zukünftig größeres Fahrzeug-Kollektiv an Lang-Lkw spielt deren Geschwindigkeitswahl.

In Bild 18 sind die Perzentile der Geschwindigkeiten der überholten Lang-Lkw bzw. Sattelzüge dargestellt. Diese Daten wurden nach den jeweiligen Streckenabschnitten und den beteiligten Speditionen unterschieden: 2-streifige Richtungsfahrbahnen (2FS), 3-streifige Landstraßenabschnitten mit Überholmöglichkeit (2FSB1) und 2-streifige Landstraßen mit Leitlinie (1LL1). Darin zeigen sich Unterschiede vor allem im Geschwindigkeitsniveau auf zweistreifigen Landstraßen (1LL1) zwischen den beiden Speditionen: Während die Höchstgeschwindigkeiten nahezu identisch sind, zeigt der Vergleich zwischen den V_{15} bzw. V_{50} , dass bei Spedition A die mittlere Geschwindigkeit (V_{50}) unter 60 km/h beträgt und bei Spedition B ca. 5 km/h höher liegt.

Vergleicht man bei Spedition A jeweils die Kennwerte für Überholungen des Lang-Lkw und des Sattelzuges, so ist erkennbar, dass die sehr akribische Einhaltung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit nur bei Fahrten als Lang-Lkw zu beobachten ist, bei Fahrten als Sattelzug liegen die Geschwindigkeiten durchweg mind. 3 km/h höher.

Aus Äußerungen von Fahrern der Spedition A geht hervor, dass für sie ein relativ geringer Zeitdruck herrscht, der zumindest für die Lang-Lkw-Fahrten keinen Nutzen einer Geschwindigkeitsüberschreitung mit sich bringe. Ähnliches ist auch aus einigen Äußerungen im Rahmen des Vorhabens 82.0544

	V_5	V_{15}	V_{50}	V_{85}	V_{95}
2FS-LL-A	64,2	70,2	78,2	79,8	81,2
2FS-Lkw-A	71,8	76,3	81,6	87,5	88,0
2FSB1-LL-A	55,6	57,7	58,6	61,2	63,5
2FSB1-Lkw-A	61,3	61,4	61,9	68,4	68,5
1LL1-LL-A	57,0	57,9	58,8	62,4	64,2
1LL1-LL-B	56,4	63,1	64,0	64,4	64,8
1LL1-Lkw-A	60,5	61,1	61,7	68,3	68,9

Bild 18: Perzentile der Geschwindigkeiten der überholten Fahrzeuge (Speditionen A und B)

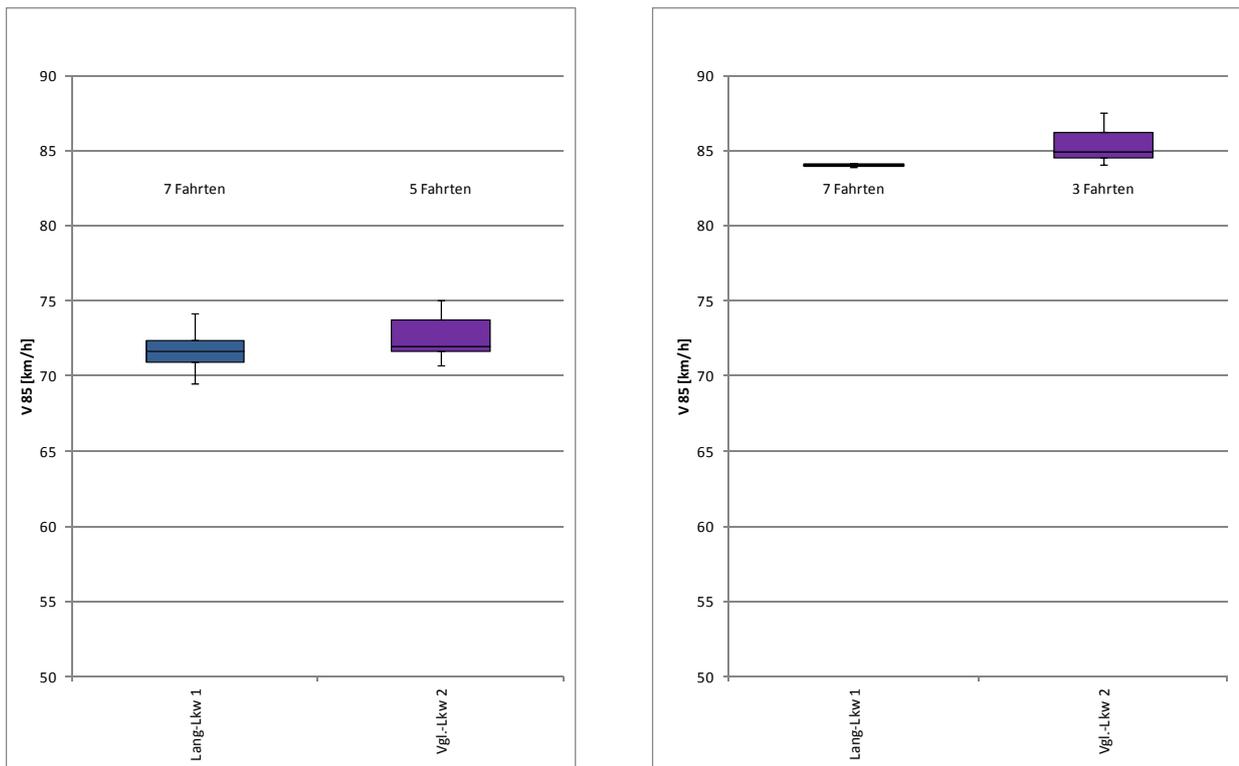


Bild 19: V_{85} -Werte aus GPS-Daten eines anderen Teilprojektes (links: Teilstrecken Landstraße, rechts: Teilstrecken Autobahn)

ableitbar, wonach aus einer für Lang-Lkw teilweise akribischeren Disposition und Planung der Fahrzeiten auf der Basis der zulässigen Geschwindigkeiten ebenfalls ein geringerer Zeitdruck für die Fahrer spürbar ist.

Festzustellen ist, dass bei Spedition A die zulässigen Höchstgeschwindigkeiten auch bei Verwendung des Sattelzuges deutlich mehr eingehalten werden als das aus Bild 19 (links) ableitbar ist. Darin sind die Geschwindigkeiten V_{85} aus mehreren Fahrten eines anderen Teilprojektes zusammengestellt, bei denen auch die Streckenanteile auf Landstraßen erheblich waren. Während die mittleren Geschwindigkeiten der Lang-Lkw bei 72 bzw. 84 km/h lagen, waren auch bei Sattelzug-Fahrten lediglich ca. 1 km/h höhere Geschwindigkeiten festzustellen. Insbesondere die deutliche Überschreitung der zulässigen Geschwindigkeiten im Landstraßenbereich bei gleichzeitig sehr geringer Differenz zwischen Geschwindigkeit von Lang-Lkw und Sattelzug zeigen, dass bei dieser Spedition eher kein dem Feldversuch angepasstes Geschwindigkeitsverhalten vorliegt.

Zum Geschwindigkeitsverhalten herkömmlicher Lkw können Vergleichsgrößen aus den Erhebungen im Rahmen des AOSI-Projektes (LIPPOLD et al., 2012) herangezogen werden. Demnach wurden auf der Basis von über 10.500 Kfz mit Längen zwischen 16 und 20 m auf 5 gestreckt geführten

Bundesstraßen eine mittlere Geschwindigkeit von 71,6 km/h sowie eine V_{85} von 80,0 km/h ermittelt.

Aus der Analyse der erfassten Überholvorgänge lässt sich nur bedingt eine belastbare Aussage treffen, inwieweit unterschiedliche Geschwindigkeiten des (Lang-)Lkw die Häufigkeit von Überholvorgängen beeinflussen. Die Geschwindigkeiten bei den beobachteten Speditionen waren zum einen sehr konstant, zum anderen haben die Fahrten zu sehr unterschiedlichen Zeiten stattgefunden, in denen die Verkehrsnachfrage und damit auch das Überholbedürfnis stark differierten.

Von einzelnen Fahrern sowohl von Lang-Lkw als auch von Sattelzügen innerhalb dieses Vorhabens ist jedenfalls die Aussage überliefert, dass insbesondere auf Autobahnen z.T. bewusst eine etwas höhere Geschwindigkeit gewählt wurde, um „unnötige“ Überholvorgänge durch andere Lkw zu vermeiden. Gleichwohl wurde insbesondere bei Spedition A bei Lang-Lkw die zulässige Geschwindigkeit sehr akribisch eingehalten. Inwieweit dieses angepasste Verhalten innerhalb des Feldversuchs auch bei einem netzweiten Einsatz von Lang-Lkw mit größeren Kollektiven zu beobachten wäre, ist spekulativ. Ohne die Beobachtungsbedingungen innerhalb dieser Begleitungen und die z.T. sehr entspannten Zeitpläne ist allerdings tendenziell zu vermuten, dass sich das Geschwindigkeitsverhalten dem herkömmlicher Lkw angleicht.

11 Datenauswertung – Räumen von Knotenpunkten

Obwohl der Forschungsnehmer einen Kompromiss zwischen relevanten zweistreifigen Landstraßen, Bundesautobahnen und Knotenpunkten suchte, weisen die begleiteten Routen sehr wenige bis keine plangleichen Knotenpunkte auf, in denen der (Lang-)Lkw vor allem links ab- bzw. einbiegen muss. Dies ist nicht zuletzt auf die Beschränkung auf das festgelegte Positivnetz zurückzuführen. Infolge dessen steht nur eine sehr geringe Anzahl an Knotenpunktbefahrungen zur Auswertung zur Verfügung.

Weiterhin ist die Anzahl an beobachtbaren Situationen zwischen dem abbiegenden (Lang-)Lkw und entgegenkommenden Fahrzeugen sehr gering. Dies ist auf die jeweiligen Fahrer zurückzuführen, unabhängig davon, ob es sich um einen Lang-Lkw oder Sattelzug handelt. 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 dargelegten theoretischen Zusammenhänge verwiesen werden.

12 Schlussfolgerungen

Aus den Analysen von über 200 Überholungen gegenüber Lang-Lkw bzw. Sattelzügen lassen sich keine Indizien für ein erhöhtes Risiko beim Überholen von Lang-Lkw erkennen. Tendenziell nehmen die geringsten Sicherheitsabstände in ausreichendem Maße zu, die Beschleunigungen bei kritischen Geschwindigkeiten liegen leicht höher. Da davon auszugehen ist, dass sich Überholer von Sattelzügen in der Regel nicht bewusst sind, dass ein solcher Lkw als Gliederzug 2,25 m länger - und als standardmäßig zugelassener Autotransporter noch länger - sein dürfte, ist anzunehmen, dass das Überholverhalten zumindest am Beginn des Überholvorgangs auch gegenüber diesen Fahrzeugen identisch gewesen wäre. Eine Einbeziehung der zulässigen Gliederzug-Länge in die Risikoabschätzung würde daher noch mehr bestätigen, dass keine erhöhten Risiken beim Überholen von Lang-Lkw erkennbar sind.

Auch bei gleichen Randbedingungen – insbesondere der Geschwindigkeit des Lkw – sind die rele-

vanten Kennwerte der Überholungen bei Lang-Lkw günstiger. Da die einzige für den Überholer erkennbare Unterscheidung die Kennzeichnung des Lang-Lkw durch das entsprechende Schild ist, kann diese Verhaltensänderungen der Überholer nur mit einer bewussten Wahrnehmung und entsprechender Reaktion begründet werden.

Insgesamt hat die Untersuchung gezeigt, dass bei den ausgewählten Strecken unabhängig von deren Charakteristik und Verkehrsbedeutung nur eine sehr geringe Anzahl an Überholungen durchgeführt werden, die überhaupt potenziell kritisch sind. Daher beruhen die beschriebenen Tendenzen nur auf wenigen Einzelmessungen.

Trotzdem ist 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.

Hinsichtlich des Teilthemas Räumen ermöglichen die verfügbaren Daten von Knotenpunktbefahrungen keine messtechnisch belegbare Aussage. Allerdings zeigen Befragungen und Mitfahrten, dass wie erwartet die Fahrer von Lang-Lkw sehr defensiv agieren, wenn es um die Befahrung von Flächen geht, auf denen es beim Räumen zu Konflikten mit Bevorrechtigten kommen könnte.

Dies ist sowohl bei Knotenpunkten ohne LSA zu beobachten als auch bei solchen mit LSA. Insbesondere bei letztgenannter Gruppe wären Änderungen von Fahrzeuglängen bei der Räumzeitberechnung auch methodisch nur schwer zu begründen, da die aktuell verwendeten Längen auch bei herkömmlichen Lkw bereits (bewusst) deutlich überschritten werden.

Ansatzpunkte für eine Erhöhung der Sicherheitsrisiken beim Räumen von Lang-Lkw sind daher nicht zu erkennen.

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 Sattelzügen getroffen werden kann, so dass über Unterschiede im Überholdruck ebenfalls keine Prognose möglich ist. Generell ist eine geringere Geschwindigkeit der Lang-Lkw und damit eine theoretisch sicherheitsfördernd größere Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Überholer und Überholtem zu beobachten.

Auch für den im Dauerbetrieb zu erwartenden Fall gleicher Geschwindigkeiten gibt es keinen Anhaltspunkt, dass erhöhte Sicherheitsrisiken zu er-

warten sind: Bei allen Parametern liegen die geringsten – bei kritischen Überholvorgängen zu erwartenden - Werte bei Lang-Lkw auch bei gleichen Geschwindigkeiten etwas höher als bei Sattelzügen, so dass die theoretisch wegen der größeren Fahrzeuglänge zu erwartenden Erhöhungen des Risikos mindestens kompensiert würden.

13 Ausblick und weiterer Forschungsbedarf

Es ist derzeit nicht absehbar, in welcher Anzahl und auf welchen Netzbestandteilen in Zukunft Lang-Lkw in Deutschland fahren werden.

Es ist aber davon auszugehen, dass wegen ähnlich mindestens überregionaler Bedeutung der Lang-Lkw-Relationen auch im Dauerbetrieb der mit Abstand größte Teil der Fahrleistungen auf Bundesautobahnen abgewickelt wird; dieser hohe Anteil hat sich bereits bei der langwierigen Suche nach Landstraßenabschnitten gezeigt, die für diesen Untersuchungsteil geeignet sind. Unabhängig davon, ob auch in Zukunft ein dezidiert streckenfeines Positivnetz für die Nutzung durch Lang-Lkw existieren würde oder eine gestaltungsabhängige pauschale Freigabe erfolgen würde, so ist davon auszugehen, dass auch die am Beginn bzw. Ende der Gesamtverbindung liegenden Landstraßenbereiche einen relativ hohen Ausbaustandard haben werden. Diese Straßen dürften zumindest zum Teil auch im Zuge von überregionalen Verbindungen (LS-II) liegen, die langfristig gemäß EKL 2 nach RAL (2012) gestaltet sein sollten. Das damit verbundene Überholkonzept beinhaltet einen angestrebten Anteil an gesicherten Überholmöglichkeiten durch Überholfahrstreifen von ca. 20 % je Richtung. Der Überholdruck, auf diesen Strecken Lkw im Allgemeinen bzw. Lang-Lkw im Besonderen zu überholen, dürfte bei dieser Gestaltung erheblich niedriger sein als heute auf Strecken mit vergleichbarer verkehrlicher Bedeutung.

Angesichts der im Zuge dieses Vorhabens aufgetretenen Schwierigkeiten bei der Ausstattung von Lang-Lkw mit Messtechnik und deren Betrieb ist die Anzahl von über 160 ausgewerteten Überholvorgängen mit Lang-Lkw alleine auf zweistreifigen Landstraßen als hinreichend hoch anzusehen, um daraus belastbare Schlüsse auf das Überholverhalten ziehen zu können. Gleichwohl konnten wegen der genannten betrieblichen Schwierigkeiten nicht alle Fragestellungen vor allem hinsichtlich des Vergleichs zwischen Lang-Lkw und Sattelzug methodisch ideal erörtert werden, insbesondere weil die knapp 60 Vergleichsfahrten unter teilweise anderen Randbedingungen durchgeführt werden

mussten. Da aber erkennbar ist, dass die einzelnen Kenngrößen auch bei unterschiedlichen Randbedingungen relativ stabil sind, schränkt dies die Aussagekraft nicht entscheidend ein. Insbesondere vor dem Hintergrund der kontinuierlich fortentwickelten Mess- und Erhebungstechnik wäre eine Vergrößerung der Datenbasis bei günstigeren betrieblichen Randbedingungen gut möglich, um die Ergebnisse weiter abzusichern bzw. zu vertiefen.

14 Literatur

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberStVAusV), 2011

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

FRIEDRICH, B.; HOFFMANN, S.; BRÄCKELMANN, F.: Auswertung des niedersächsischen Modellversuchs zum Einsatz von „GigaLinern“, Leibniz Universität Hannover, Schlussbericht, Hannover, August 2007

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA), Köln, 2010

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlagen von Landstraßen (RAL), Köln, 2013

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

LIPPOLD, C., WEISE, G. JÄHRIG, T.: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI), Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe V, Heft 216, Bergisch Gladbach, 2012

OEHRY, B., LÜTHI, Th.: Gigaliner – Verkehrstechnische Beurteilung; im Auftrag des ASTRA, Basel, 2011

SCHOON, C.C., SCHERMERS, G.: Risikoerhöhende Faktoren für längere und schwerere Schwerverkehrsfahrzeuge im Bestandsnetz (Original: Risicoverhogende factoren voor langere en zwaardere vrachtautocombinaties op het onderliggend wegennet) im Auftrag von Rijkswaterstaat, Leidschendam, 2008

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

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2010

- V 194: Einbindung städtischer Verkehrsinformationen in ein regionales Verkehrsmanagement
Ansoorge, Kirschfink, von der Ruhren, Hebel, Johanning € 16,50
- V 195: Abwasserbehandlung an PWC-Anlagen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Londong, Meyer € 29,50
- V 196: Sicherheitsrelevante Aspekte der Straßenplanung
Bark, Kutschera, Baier, Klemps-Kohnen E 16,00
- V 197: Zählungen des ausländischen Kraftfahrzeugverkehrs auf den Bundesautobahnen und Europastraßen 2008
Lensing € 16,50
- V 198: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2005/2006
Kocher, Brose, Chlubek, Karagüzel, Klein, Siebertz € 14,50
- V 199: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2006/2007
Kocher, Brose, Chlubek, Görg, Klein, Siebertz € 14,00
- V 200: Ermittlung von Standarts für anforderungsgerechte Datenqualität bei Verkehrserhebungen
Bäumer, Hautzinger, Kathmann, Schmitz, Sommer, Wermuth € 18,00
- V 201: Quantifizierung der Sicherheitswirkungen verschiedener Bau-, Gestaltungs- und Betriebsformen auf Landstraßen
Vieten, Dohmen, Dürhager, Legge € 16,00

2011

- V 202: Einfluss innerörtlicher Grünflächen und Wasserflächen auf die PM10-Belastung
Endlicher, Langner, Dannenmeier, Fiedler, Herrmann, Ohmer, Dalter, Kull, Gebhardt, Hartmann € 16,00
- V 203: Bewertung von Ortsumgehungen aus Sicht der Verkehrssicherheit
Dohmen, Vieten, Kesting, Dürhager, Funke-Akbiyik € 16,50
- V 204: Einfluss von Straßenrandbegrünung auf die PM10-Belastung
Bracke, Reznik, Mölleken, Berteilt, Schmidt € 22,00
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 205: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2009
Fitschen, Nordmann € 27,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 206: Sicherheitspotenzialkarten für Bundesstraßen nach den ESN
Färber, Lerner, Pöppel-Decker € 14,50
- V 207: Gestaltung von Notöffnungen in transportablen Schutzeinrichtungen
Becker € 16,00
- V 208: Fahrbahnquerschnitte in baulichen Engstellen von Ortsdurchfahrten
Gerlach, Breidenbach, Rudolph, Huber, Brosch, Kesting € 17,50

- V 209: Stoffeintrag in Straßenrandböden – Messzeitraum 2008/2009
Beer, Surkus, Kocher € 14,50

2012

- V 210: Schmale zweibahnig vierstreifige Landstraßen (RQ 21)
Maier, Berger € 18,50
- V 211: Innliegende Linkseinfädelungstreifen an plangleichen Knotenpunkten innerorts und im Vorfeld bebauter Gebiete
Richter, Neumann, Zierke, Seebo € 17,00
- V 212: Anlagenkonzeption für Meistereigehöfte – Optimierung von Arbeitsabläufen
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00
- V 213: Quantifizierung von Verkehrsverlagerungen durch Baustellen an BAB
Laffont, Mahmoudi, Dohmen, Funke-Akbiyik, Vieten € 18,00
- V 214: Vernetzungseignung von Brücken im Bereich von Lebensraumkorridoren
Schmellekamp, Tegethof
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- V 215: Stauprävention auf BAB im Winter
Kirschfink, Poschmann, Zobel, Schedler € 17,00
- V 216: Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einbahnig zweistreifigen Außerortsstraßen (AOSI)
Lippold, Weise, Jähig € 17,50
- V 217: Verbesserung der Bedingungen für Fußgänger an Lichtsignalanlagen
Alrutz, Bachmann, Rudert, Angenendt, Blase, Fohlmeister, Häckelmann € 18,50
- V 218: Empfehlungen zum richtigen Aufbringen von Tausalzlösungen
Hausmann € 16,00
- V 219: Bewältigung großer Verkehrsmengen auf Autobahnen im Winter
Roos, Zimmermann, Schulz, Riffel € 16,50

2013

- V 220: Maßnahmen zur Bewältigung der besonderen psychischen Belastung des Straßenbetriebsdienstpersonals – Pilotstudie
Pöpping, Pollack, Müller € 16,00
- V 221: Bemessungsverkehrsstärken auf einbahnigen Landstraßen
Arnold, Kluth, Ziegler, Thomas € 18,50
- V 222: Aktualisierung des MLuS 02 – Erstellung der RLuS
Düring, Flassak, Nitzsche, Sörgel, Dünnebeil, Rehberger € 19,50
- V 223: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010
Fitschen, Nordmann € 16,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 224: Prüfung und Bewertung von Schutzeinrichtungen der Aufenthaltstufe H4b für den Einsatz auf Brücken – Teil 1 und 2
Bergerhausen, Klostermeier, Klöckner, Kübler € 19,00
- V 225: Neue Technik für den Straßenbetriebsdienst – Teil 1: Neue Informations- und Kommunikationstechniken
Teil 2: Autonomes Fahren für den Straßenbetriebsdienst
Holldorb, Häusler, Träger € 21,50
- V 226: Bewertungsmodell für die Verkehrssicherheit von Landstraßen
Maier, Berger, Schüller, Heine € 18,00

- V 227: **Radpotenziale im Stadtverkehr**
Baier, Schuckließ, Jachtmann, Diegmann, Mahlau, Gässler € 17,00
- V 228: **Sicherheitskenngrößen für den Radverkehr**
Baier, Göbbels, Klemps-Kohnen € 15,50
- V 229: **Straßenverkehrszählungen (SVZ) mit mobilen Mess-Systemen**
Schmidt, Frenken, Hellebrandt, Regniet, Mahmoudi € 20,50
- V 230: **Verkehrsadaptive Netzsteuerungen**
Hohmann, Giuliani, Wietholt € 16,50
- V 231: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2011**
Fitschen, Nordmann € 28,50
Dieser Bericht ist sowohl als gedrucktes Heft der Schriftenreihe als auch als CD erhältlich oder kann außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 232: **Reflexkörper und Griffigkeitsmittel in Nachstreumittelgemischen für Markierungssysteme**
Recknagel, Eichler, Koch, Proske, Huth € 23,50
- V 233: **Straßenverkehrszählung 2010 – Ergebnisse**
Lensing € 16,00
- V 234: **Straßenverkehrszählung 2010 – Methodik**
Lensing € 17,50

2014

- V 235: **Dynamische Messung der Nachsichtbarkeit von Fahrbahnmarkierungen bei Nässe**
Drewes, Laumer, Sick, Auer, Zehntner € 16,00
- V 236: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2012**
Fitschen, Nordmann € 28,50
Die Ergebnisdateien sind auch als CD erhältlich oder können außerdem als kostenpflichtiger Download unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
- V 237: **Monitoring von Grünbrücken – Arbeitshilfe für den Nachweis der Wirksamkeit von Grünbrücken für die Wiedervernetzung im Rahmen der KP II – Maßnahmen**
Bund-Länder Arbeitskreis
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden. Der Anhang ist interaktiv. Das heißt er kann ausgefüllt und gespeichert werden.
- V 238: **Optimierung der Arbeitsprozesse im Straßenbetriebsdienst – Sommerdienst**
Schmauder, Jung, Paritschkow € 19,00
- V 239: **Dynamische Messung der Griffigkeit von Fahrbahnmarkierungen**
Steinauer, Oeser, Kemper, Schacht, Klein € 16,00
- V 240: **Minikreisverkehre – Ableitung ihrer Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen**
Baier, Leu, Klemps-Kohnen, Reinartz, Maier, Schmotz € 23,50
- V 241: **Rastanlagen an BAB – Verbesserung der Auslastung und Erhöhung der Kapazität durch Telematiksysteme**
Kleine, Lehmann, Lohoff, Rittershaus € 16,50
- V 242: **Bordsteinkanten mit einheitlicher Bordhöhe und Bodenindikatoren an Überquerungsstellen**
Boenke, Grossmann, Piazzolla, Rebstock, Herrnsdorf, Pfeil € 20,00
- V 243: **Nutzen und Kosten von Verkehrsbeeinflussungsanlagen über den gesamten Lebenszyklus**
BalMBERGER, Maibach, Schüller, Dahl, Schäfer € 17,50
- V 244: **Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2013**
Fitschen, Nordmann € 28,50

V 245: **Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs**
Friedrich, Hoffmann, Axer, Niemeier, Tengen, Adams, Santel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 246: **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Verkehrssicherheit in Einfahrten auf Autobahnen**
Kathmann, Roggendorf, Kemper, Baier
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 247: **Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw**
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 248: **Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagenermittlung**
Burg, Röhling
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2015

V 249: **Auswirkungen von Querschnittsgestaltung und längsgerichteten Markierungen auf das Fahrverhalten auf Landstraßen**
Schlag, Voigt, Lippold, Enzfelder
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 250: **Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw**
Lippold, Schemmel
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 251: **Einsatzbereiche und Einsatzgrenzen von Straßenumgestaltungen nach dem „Shared Space“-Gedanken**
Baier, Engelen, Klemps-Kohnen, Reinartz € 18,50

V 252: **Standortkataster für Lärmschutzanlagen mit Ertragsprognose für potenzielle Photovoltaik-Anwendungen**
Gündra, Barron, Henrichs, Jäger, Höfle, Marx, Peters, Reimer, Zipf € 15,00

V 253: **Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen**
Baier, Kemper
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 254: **Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw**
Wellner, Uhlig
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

V 255: **Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw**
Zimmermann, Riffel, Roos
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7
28195 Bremen
Tel. (0421) 3 69 03-53
Fax (0421) 3 69 03-48
www.schuenemann-verlag.de

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.