

Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 254

bast

Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw

von

Frohmut Wellner

Institut für Stadtbauwesen und Straßenbau
Technische Universität Dresden

Wolf Uhlig

Uhlig & Wehling, Beratende Ingenieure
Mittweida

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 254

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 04.0254/2011/ERB:
Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw

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

Fachbetreuung:
Andreas Wolf

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 978-3-95606-162-2

Bergisch Gladbach, März 2015

Kurzfassung – Abstract

Beanspruchung der Straßeninfrastruktur durch Lang-Lkw

Zur Ermittlung einer Mehr- oder Minderbeanspruchung des Straßenoberbaus durch Lang-Lkw wurde eine Stichprobe von 1.746 Fahrten im Direktverkehr und 483 Fahrten im kombinierten Verkehr analysiert. Die durchschnittlichen Fahrzeuggesamtmasse der Lang-Lkw betrug 32,3 t. Ca. 9 % der Lang-Lkw fahren überladen. Das Niveau der Überladungen lag jeweils unterhalb 3 t. Die maximale Achslast betrug 11,7 t.

Die Achslastverteilung von Lang-Lkw im kombinierten Verkehr weist ein niedrigeres Niveau als für Lang-Lkw im Direktverkehr auf. Im Vergleich zu äquivalenten konventionellen Lkw ergibt sich für Lang-Lkw eine um 5 % niedrigere Anzahl äquivalenter 10-t-Achsen. Der mittlere Achszahlfaktor f_A von Lang-Lkw beträgt 7,40. Das Transportvolumen eines Lang-Lkw entspricht rechnerisch dem Transportvolumen von 1,53 äquivalenten konventionellen Lkw.

Mit zunehmendem Anteil Lang-Lkw am Gesamtkollektiv Schwerverkehr (bis zu 9 %) ist eine zunehmende, vergleichsweise geringe Reduzierung der B-Zahl nach RStO 12 zu verzeichnen, was in der Regel jedoch nicht zu einem Wechsel in die nächstkleinere Belastungsklasse führen würde.

Mittels Dimensionierung nach RDO Asphalt 09 errechnet sich bei Einsatz von Lang-Lkw nach dem Ende einer 30-jährigen Nutzungsdauer der Straßenbefestigung ein geringfügig niedrigerer Ermüdungsstatus, der zu einer marginalen Verlängerung des Nutzungszeitraums führen würde.

Der Einsatz von Lang-Lkw würde unter Einhaltung der im Feldversuch definierten fahrzeugtechnischen Vorgaben und zulässigen Grenzwerte für Fahrzeuggesamtgewichte und Achslasten nicht zur Mehrbeanspruchung des Oberbaus von Straßen führen.

Die rechnerisch festgestellte Minderbeanspruchung des Oberbaus im Vergleich zu konventionellen Lkw hat nur marginale Bedeutung und würde sich somit in der Praxis kaum spürbar auf die Nutzungsdauer der Straßen auswirken.

Impact of long trucks on road infrastructure

In order to determine over or under-stressed pavement structures caused by long-trucks, a sample of 1746 rides in direct transport and 483 rides in combined transport were analyzed. The average gross mass of a long-truck is 32 tons. From the sample, approximately 9% of the trucks were overloaded. The overload was below 3 tons. The maximum axle load was 11.7 tons. The axle load distribution of long-trucks in combined transport showed lower values than the axle load distribution in direct transport. Compared with equivalent conventional trucks, the number of 10 ton equivalent axle loads of long-trucks was 5% lower. The mean axle factor f_A for long-trucks is 7.40. The volume of transport of long-trucks is equal to 1.53 times the volume of transport of equivalent conventional trucks. The number of long-trucks in the total collective of heavy traffic is increasing (up to 9%), resulting in a smaller B-number per RStO 12. However, this would not normally lead to a change to the next smaller load class.

The design by RDO Asphalt 09 using the data from long-trucks resulted in a slightly lower fatigue status at the end of the designs 30 years of useful life. This would lead to a marginal extension of the pavement life. The data from long-trucks, under the defined traffic technical specification and allowed vehicle weight limits, would not result in over-stressed pavement structures. In comparison with conventional trucks, the calculated long-truck under-stressed pavements has only a marginal significance and does not have any practical impact in the useful life of the pavement.

Inhalt

1 Einleitung	9
1.1 Stand von Wissenschaft und Technik	9
1.2 Zielstellung.....	10
1.3 Wirtschaftliche, wissenschaftliche und technische Bedeutung	10
1.4 Methodisches Vorgehen.....	10
2 Codierung der Fahrzeugtypen Lang-Lkw	11
2.1 Allgemeines	11
2.1.1 Nummerierung im Rahmen des Feldversuches.....	11
2.1.2 Variante 1 – Reihenfolge gemäß dem System der TLS 2012.....	12
2.1.3 Variante 2 – Reihenfolge nach TLS 2012, Codierung als L (Lang-Lkw).....	12
2.1.4 Variante 3 – laufende Codierung in Anlehnung an die Gruppierung nach TLS 2012.....	12
2.1.5 Variante 4 – Codierung in Anlehnung an die Systematik der TLS 2012.....	12
3 Datenerhebung	12
3.1 Modifizierung von Erhebungsformularen.....	12
3.2 Datenstruktur / Zusammenstellung relevanter Erhebungskriterien	12
3.3 Erhebungsumfang	13
3.4 Erhebungszeitraum	13
3.5 Datenstruktur	14
3.6 Qualität der dokumentierten Achslastdaten	14
4 Plausibilitätsanalyse und Datenabgleich	14
4.1 Plausibilitätsanalyse des Datenbestandes	14
4.2 Kontrolle der Erhebungsdaten durch beteiligte Forschungsnehmer	14
4.3 Datenabgleich mit Messstellen an Bundesautobahnen	15
5 Prüfung auf Grenzwertüberschreitung	16
5.1 Datenabgleich Fahrzeuggesamtmasse mit Grenzwerten nach der StVZO	16
5.2 Datenabgleich Fahrzeugmodule und Achslasten mit den Grenzwerten nach der StVZO	18
6 Datenanalyse hinsichtlich straßenbautechnischer Kriterien	18
6.1 Analyse der Achslastverteilung	18
6.2 Ermittlung dimensionierungsrelevanter Kenngrößen nach den RStO 12	19
6.2.1 Grundlagen.....	19
6.2.2 Anzahl der äquivalenten 10-t-Achsübergänge EDTA ^(SV)	20
7 Ermittlung des äquivalenten konventionellen Fahrzeugkollektivs ..	20
7.1 Äquivalente konventionelle Fahrzeugtypen.....	20
7.2 Anzahl äquivalenter konventioneller Fahrzeuge	21
7.3 Äquivalente Verkehrsstärke und Achsübergänge konventioneller Fahrzeuge	21
7.4 Analyse der äquivalenten Fahrzeugkollektive	21

8	Äquivalentes Achslastkollektiv konventioneller Fahrzeuge	22
8.1	Berechnung des äquivalenten Achslastkollektivs.....	22
8.2	Vergleichende Analyse der Achslastkollektive	23
9	Vergleichende Analyse des Belastungs-/ Beanspruchungsniveaus der Fahrbahnbefestigung	24
9.1	Vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung von Lang-Lkw und konventionellen Lkw auf die Straßenbefestigung nach den RStO 12 [FGSV 2012].....	24
9.1.1	Grundlagen	24
9.1.2	Achszahlfaktor f_A	25
9.1.3	Anzahl der äquivalenten 10-t-Achsübergänge	25
9.2	Vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung des Gesamtkollektivs Schwerverkehr auf die Straßenbefestigung bei Einsatz von Lang-Lkw	25
9.2.1	Grundlagen	25
9.2.2	Definition der Achslastkollektive	25
9.2.3	Vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung von Schwerverkehr mit und ohne Lang- Lkw auf die Straßenbefestigung nach den RStO 12 [FGSV 2012]	26
9.2.4	Vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung von Schwerverkehr mit und ohne Lang- Lkw auf die Straßenbefestigung nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009]	27
10	Zusammenfassung	28
11	Literatur	31
Anlage 1	33
Anlage 2	35
Anlage 3	37
Anlage 4	41
Anlage 5	43
Anlage 6	45
Anlage 7	47
Anlage 8	55
Anlage 9	57
Anlage 10	59
Anlage 11	61
Anlage 12	65

Anlage 13	67
Anlage 14	69
Anlage 15	71
Anlage 16	73
Anlage 17	75
Anlage 18	77
Anlage 19	79
Anlage 20	81
Anlage 21	83
Anlage 22	87
Anlage 23	89
Anlage 24	93
Anlage 25	103
Anlage 26	107
Anlage 27	109
Anlage 28	113
Anlage 29	115
Anlage 30	117

1 Einleitung

Am 01. Januar 2012 startete ein 5jähriger Feldversuch mit Lang-Lkw, der im Auftrag der Bundesregierung durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) geleitet wird. Den rechtlichen Hintergrund bilden die Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStVAusV) vom 19.12.2011, die erste Verordnung zur Änderung der Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge vom 05.07.2012, die Zweite Verordnung zur Änderung der Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge vom 08.02.2013 sowie die Dritte Verordnung zur Änderung der Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge vom 17.09.2013.

Seitens der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wird der Feldversuch mit einer Reihe wissenschaftlicher Untersuchungen begleitet, die zum Großteil durch externe Forschungsnehmer ausgeführt werden. Die wissenschaftliche Begleitung des Feldversuches gliedert sich in verschiedene Untersuchungsphasen [BASt 2012.1]:

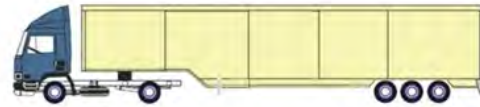
1. Phase: Anlaufphase
2. Phase: Datenerhebungsphase
3. Phase: Analysephase
4. Phase: Abschlussphase

Bestandteil des wissenschaftlichen Begleitprogrammes ist unter anderen auch das im vorliegenden Bericht untersuchte Thema zur Auswirkung der Lang-Lkw auf die Straßeninfrastruktur. Im Fokus der Untersuchungen stehen hierzu die Auswirkungen der Beanspruchungen des Oberbaues von Straßen durch Lang-Lkw.

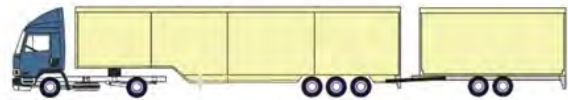
1.1 Stand von Wissenschaft und Technik

Der Feldversuch mit Lang-Lkw stellt eine neuartige, bis dato noch nie realisierte Untersuchungsreihe dar. Zur Fragestellung der Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Infrastruktur sind fachliche Aspekte der Dimensionierung des Straßenoberbaues, die Zusammensetzung des dafür maßgeblichen Achslastkollektives sowie die Gegenüberstellung äquivalenter Fahrzeugkollektive konventioneller Lkw und Lang-Lkw von Bedeutung.

Lang-Lkw können gegenwärtig gemäß Bild 1 in fünf grundsätzlich verschiedene Fahrzeugtypen eingeteilt werden [BASt 2012.1]:



1. Sattelzugmaschine mit Sattelanhänger (Sattelkraftfahrzeug) bis zu einer Gesamtlänge von 17,80 Metern



2. Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



3. Lastkraftwagen mit Untersetzachse und Sattelanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



4. Sattelkraftfahrzeug mit einem weiteren Sattelanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern



5. Lastkraftwagen mit einem Anhänger bis zu einer Gesamtlänge von 24,00 Metern

Bild 1: Mögliche Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge [BASt 2012.1]

Die Fahrzeuglänge von Lang-Lkw beträgt maximal 25,25m, Achslasten und Gesamtgewichte unterliegen den Bestimmungen der StVZO. Demnach dürfen die betreffenden Fahrzeuge und Ladungsträger das zulässige Gesamtgewicht von 40 Tonnen bzw. 44 Tonnen im Kombinierten Verkehr nicht überschreiten. Der Einsatz von Lang-Lkw ist ausschließlich auf den in der Verordnung ausgewiesenen Strecken - vorwiegend im Bundesfernstraßennetz - zulässig. Nicht erlaubt ist der Transport flüssiger Massengüter in Großtanks sowie von kennzeichnungspflichtigem Gefahrgut.

Betreffend der Zusammensetzung und des Beanspruchungsniveaus herkömmlicher, konventioneller Fahrzeuge des Schwerverkehrs liegen bereits mehrere Untersuchungen vor. Auf der Grundlage von Achslastmessungen auf Bundesautobahnen wurden umfangreiche Analysen zum methodischen Vorgehen, zur Genauigkeit der Messsysteme-

me, zu Ergebnissen der Datenauswertung sowie zur Entwicklung entsprechender Datenbanken und Prognosemodelle für das Autobahnnetz durchgeführt [WOLF 2000], [WOLF 2010]. Es zeigt sich, dass aufgrund der zeitlich nur langsam voranschreitenden Veränderung ökonomischer Prozesse eine zeitlich stabile Transportnachfrage generiert wird. Daraus entwickelte sich eine wirtschaftlich weitestgehend optimierte Fahrzeugflotte, deren Zusammensetzung ebenfalls nur langsamen Veränderungen unterliegt (Anlage 1). Insofern erfolgt die rechnerische Transformation der Transportleistung von Lang-Lkw auf äquivalente Fahrzeuge des konventionellen Schwerverkehrs auf der Grundlage einer breiten Datenbasis, die um aktuelle Messergebnisse im Rahmen des Feldversuchs ergänzt wird.

Hinsichtlich vergleichender Dimensionierungsrechnungen können weiterhin die in den RDO 09 [FGSV 2009] ausgewiesenen Häufigkeiten von Achslastklassen herangezogen werden (Anlage 2).

1.2 Zielstellung

Ziel des Forschungsprojekts ist es, aus den Informationen des Feldversuchs mit Lang-Lkw eine Abschätzung der Straßenbelastung im Vergleich zur Nutzung konventioneller Fahrzeuge des Schwerverkehrs vorzunehmen, um daraus Schlussfolgerungen hinsichtlich einer Mehr- oder Minderbeanspruchung des Straßenoberbaus durch Lang-Lkw ziehen zu können.

1.3 Wirtschaftliche, wissenschaftliche und technische Bedeutung

Die wissenschaftliche Bedeutung des Forschungsprojekts liegt vorrangig im neuen Erkenntnisstand zur Auswirkung von Lang-Lkw auf den Oberbau von Verkehrsflächen. Damit können unter anderem Rückschlüsse auf gegebenenfalls besondere konstruktive Anforderungen hinsichtlich des Schichtenaufbaus neuer Fahrbahnen, auf die Beeinflussung der Nutzungsdauer vorhandener Straßen sowie auf entsprechende Prozesse im Rahmen von Pavement-Management-Systemen gezogen werden. Weiterhin besteht die Möglichkeit, den Einsatz von Lang-Lkw einer weitreichenden, vergleichenden Betrachtung mit äquivalenten konventionellen Lkw zu unterziehen.

Auf der Grundlage der Analyseergebnisse können wichtige Aussagen betreffend der Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Lang-Lkw getroffen werden, die sowohl einen gegebenenfalls veränderten Investitionsbedarf zu Bau und Erhaltung der Straßeninfrastruktur als auch die Einflüsse auf Verkehr und Umwelt quantifizieren.

1.4 Methodisches Vorgehen

Die Bearbeitung des Forschungsprojektes beinhaltet umfangreiche Datenerhebungen mit Hilfe der am Feldversuch teilnehmenden Transportunternehmen, die Analyse der Fahrzeug- und Transportdaten sowie Vergleichsberechnungen hinsichtlich der Beanspruchungswirkung von Lang-Lkw und konventionellen Lkw auf den Befestigungsaufbau von Straßen. Der Bearbeitungsprozess untergliedert sich in die nachfolgend aufgeführten Arbeitsschritte.

1. Datenerhebung

Ausgehend von der Zielstellung des Forschungsprojekts wird eine Zusammenstellung aller notwendigen Kriterien mit Relevanz zur Beurteilung der Straßenbelastung/-beanspruchung erarbeitet. Die im Entwurf vorliegenden Fragebögen zum Feldversuch werden hinsichtlich der Erhebungskriterien überprüft und bei Bedarf entsprechend modifiziert.

2. Erstellung einer Datenbank

Alle zur Bearbeitung der Projektaufgabe relevanten Daten werden fahrzeugbezogen von den Fragebögen in eine entsprechend strukturierte Datenbank übernommen.

3. Plausibilitätskontrolle, Datenabgleich

Der gesamte Datenbestand wird einer umfassenden Plausibilitätsprüfung unterzogen mit Analyse der Daten auf Einhaltung technisch realisierbarer Wertebereiche und logische Kohärenzen.

Auf der Grundlage von Datenvergleichen zu äquivalenten Fahrzeugdaten wird darüber hinaus eine Kontrolle der Angaben aus den Fragebögen durchgeführt.

4. Prüfung auf Grenzwertüberschreitungen

Unter Beachtung der konstruktiven Besonderheiten von Lang-Lkw werden die Daten auf Überschreitung gesetzlich zulässiger Grenzwerte für Gesamtgewicht und Achslast nach § 34 StVZO geprüft.

5. Datenanalyse hinsichtlich straßenbautechnischer Kriterien

Auf der Grundlage des Datenbestandes wird das Achslastkollektiv der Lang-Lkw ermittelt und durch dimensionierungsrelevante Kenngrößen wie Achszahlfaktor und durchschnittliche Anzahl der täglichen äquivalenten 10-t-Achsübergänge nach den RStO 12 [FGSV 2012] charakterisiert.

6. Ermittlung des äquivalenten konventionellen Fahrzeugkollektives

Basierend auf der Analyse der Erhebungsdaten betreffend Ladungsinhalt, Beladungsgrad und Gesamtgewicht der Lang-Lkw wird die qualitative Zusammensetzung des äquivalenten konventionellen Fahrzeugkollektivs Schwerverkehr nach den TLS 2012 [BASt 2012.2] ermittelt (Fahrzeugtypen, Fahrzeug-Silhouette). Jeder Ladung einer Fahrt mit Lang-Lkw werden konventionelle Fahrzeugtypen zum Transport der gleichen Ladung zugeordnet. Der Einsatz spezifischer Fahrzeugtypen des Schwerverkehrs erfolgt unternehmensabhängig unter Berücksichtigung logistischer, kapazitiver und betriebswirtschaftlicher Anforderungen. Hierzu werden entsprechende Analysen von Forschungseinrichtungen beteiligter Projekte einbezogen sowie Befragungen der Unternehmen durchgeführt.

7. Ermittlung der äquivalenten Verkehrsstärke des konventionellen Fahrzeugkollektivs

Die quantitative Größe des äquivalenten Fahrzeugkollektivs (Anzahl der Fahrten konventioneller Fahrzeuge des Schwerverkehrs) wird durch Analyse der entsprechenden Laderaumkapazitäten und zulässigen Grenzwerte für Gesamtgewicht und Achslasten der äquivalenten konventionellen Fahrzeuge des Schwerverkehrs ermittelt.

8. Vergleichende Analyse der Transportleistung

Im Ergebnis der Arbeitsschritte 7. und 8. wird das komplette, äquivalente Fahrzeugkollektiv konventioneller Fahrzeuge des Schwerverkehrs für die Transportleistung der Lang-Lkw abgebildet. Dies betrifft sowohl einzelne Fahrten als auch die summierte Transportleistung aller erhobenen Fahrten mit Lang-Lkw.

9. Vergleichende Analyse des Belastungs-/ Beanspruchungsniveaus

Vergleichende Berechnungen zur Beanspruchungswirkung auf den Befestigungsaufbau werden sowohl nach dem Verfahren nach den RStO 12 [FGSV 2012] als auch nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] durchgeführt.

Unter Anwendung von Methode 2.2 nach den RStO 12 [FGSV 2012] wird die Beanspruchungswirkung von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw durch Ermittlung der durchschnittlichen Anzahl täglicher äquivalenter 10-t-Achsübergänge EDTA^(SV) gegenübergestellt.

Die vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung des Gesamtkollektivs Schwerverkehr auf die Straßenbefestigung erfolgt unter Berücksichtigung verschiedener relativer Anteile von Lang-Lkw am Schwerverkehr. Hierzu werden entsprechende Achslastkollektive BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw ermittelt und dem Vergleichskollektiv BAB-

Fernverkehr nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] gegenübergestellt. Eine Quantifizierung der Beanspruchung erfolgt durch die Berechnung des Ermüdungsstatus nach Ablauf der Nutzungsdauer sowie durch Ermittlung der Prognose-nutzungsdauer nach Erreichen des Ermüdungsstatus von 100 % einer Asphaltbefestigung nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] unter Anwendung des Programmsystems TISAD [TU DRESDEN 2013]. Dies lässt weiterführende Rückschlüsse des Einflusses von Lang-Lkw auf die vorhandene Straßensubstanz zu.

2 Codierung der Fahrzeugtypen Lang-Lkw

2.1 Allgemeines

Im Rahmen der 1. Sitzung des Betreuungsausschusses wurde vereinbart, dass der Auftragnehmer einen Vorschlag zur Codierung der Fahrzeugtypen (= Fahrzeugkombinationen) von Lang-Lkw in Anlehnung an die TLS 2002 [BASt 2002] unterbreitet. Mittlerweile liegt mit den TLS 2012 [BASt 2012.2] eine aktualisierte Version vor, die den ausgearbeiteten Vorschlägen zugrundeliegt.

Die Code-Nummern dienen der eindeutigen Identifizierung einer Fahrzeugkonfiguration, beispielsweise im Rahmen von Achslastwägungen. In den TLS 2012 [BASt 2012.2], Anhang 2.3, folgt die Reihenfolge der Code-Nummern einer bestimmten Systematik im Sinne der Gruppierung gleichartiger Fahrzeugsilhouetten. Aus Anlage 3 ist ersichtlich, dass für das gesamte Kollektiv konventioneller Fahrzeugtypen die Nummern 0 bis 255 vergeben bzw. reserviert sind.

In Abhängigkeit der angestrebten Systematik zur Vergabe von Code-Nummern für Lang-Lkw ergeben sich verschiedene Möglichkeiten ihrer Definition. Anlage 4 enthält die bisherige Nummerierung der Fahrzeugtypen gemäß Veröffentlichung der BASt [BASt 2012.1] sowie 4 weitere Variantenvorschläge zur Codierung der Fahrzeugtypen Lang-Lkw.

2.1.1 Nummerierung im Rahmen des Feldversuches

Im Rahmen der Datenerhebung wurde generell die vorläufige Nummerierung nach [BASt 2012.1] zur Kennzeichnung der eingesetzten Fahrzeugkombination von Lang-Lkw verwendet. Die Reihenfolge der Fahrzeugtypen richtet sich nach der Aufzählung in § 3 der Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberStVAusNV) vom 19.12.2011. Sie ist

nicht identisch mit der Systematik gemäß TLS 2012 [BASt 2012.2].

2.1.2 Variante 1 – Reihenfolge gemäß dem System der TLS 2012

Die Variante verwendet die bisherige Art der Nummerierung (Nrn. 1 bis 5), passt die Reihenfolge der Fahrzeugtypen jedoch der Systematik der TLS 2012 [BASt 2012.2] an. Demnach ist die Gruppe der Fahrzeugkombinationen mit Lastkraftwagen vor der Gruppe mit Sattelzugmaschinen eingeordnet. Die Reihenfolge innerhalb einer Gruppe richtet sich zuerst nach der Achskonfiguration/Achszahl des Zugfahrzeuges und anschließend nach der des Anhängers. Fahrzeugkombinationen mit einem zweiten Anhänger sind in den TLS 2012 [BASt 2012.2] nicht aufgeführt. Die Reihenfolge solcher Kombinationen von Lang-Lkw wird deshalb in Fortführung der TLS-Systematik entsprechend erweitert.

2.1.3 Variante 2 – Reihenfolge nach TLS 2012, Codierung als L (Lang-Lkw)

Die Variante ergänzt die unter Vorschlag 1 ermittelte Reihenfolge um ein vorangestelltes „L“, das einen Hinweis auf Lang-Lkw darstellt.

2.1.4 Variante 3 – laufende Codierung in Anlehnung an die Gruppierung nach TLS 2012

Die Variante greift auf den Bestand der Codierungen nach TLS 2012 [BASt 2012.2] zurück, beginnt die Nummerierung mit einer neuen Gruppe 300 unter Beibehaltung der nach Variante 1 ermittelten Reihenfolge und Nummerierung (1 bis 5, Anlage 4).

2.1.5 Variante 4 – Codierung in Anlehnung an die Systematik der TLS 2012

In Variante 4 wird auf die Systematik der Code-Nrn. nach den TLS 2012 [BASt 2012.2] zurückgegriffen und überträgt diese weitgehend auf Fahrzeugtypen von Lang-Lkw. Dazu wurde eine komplette Aufstellung entsprechend der Fahrzeugkonfigurationen nach TLS 2012 [BASt 2012.2] entwickelt, unabhängig von einer zukünftigen Zweckmäßigkeit und Realisierung dieser theoretisch möglichen Fahrzeugtypen (Anlage 5). Die Gruppierung erfolgt in der Reihenfolge Motorwagen – 1. Anhänger/ Sattelanhänger – 2. Anhänger/ Sattelanhänger und wechselt mit jeder Änderung des Primär-/Sekundärmoduls in eine neue 10er-Gruppe. Es ergeben sich die markierten Codierungen für die bisher 5 definierten Fahrzeugtypen Lang-Lkw.

3 Datenerhebung

3.1 Modifizierung von Erhebungsformularen

Voraussetzung für die Berechnung der Beanspruchungswirkung von Lang-Lkw auf die Straßeninfrastruktur sind Daten zu den Achslasten im realisierten Güterverkehr der betreffenden Fahrzeuge. Die Dokumentation entsprechender Werte erfolgte durch die Fahrzeugführer der Lang-Lkw unmittelbar vor Fahrtbeginn oder in Einzelfällen durch beteiligte Projektpartner, die an der Fahrt teilnahmen. Hierzu wurde ein von der BASt konzipiertes Erhebungsformular weiterentwickelt. Im Ergebnis der Abstimmung mit allen teilnehmenden Transportunternehmen entstand das in Anlage 6 dargestellte Erhebungsformular, welches entsprechend der technischen Möglichkeiten in den Fahrzeugen teilweise modifiziert wurde. Berücksichtigt werden mussten hierbei die jeweiligen Ablesemöglichkeiten von Achslasten oder Fahrzeugmassen im bzw. am Fahrzeug sowie gegebenenfalls vorhandene technische Besonderheiten der Lang-Lkw wie beispielsweise spezielle Fahrzeugmodule oder Achslastkonfigurationen.

Das Formular sollte möglichst einfach, ohne besonderen Aufwand und nur mit den unbedingt notwendigen sowie datenschutzrechtlich zulässigen Angaben (ohne Name des Fahrers) auszufüllen sein. Die eindeutige Identifizierung der Fahrt erfolgt mittels der ersten vier Angaben zum Transportunternehmen, zum Zeitpunkt des Fahrtantritts sowie zum Kennzeichen am Motorwagen.

Betreffend der einzelnen Achslasten verfügen nicht alle Fahrzeuge über entsprechende Anzeigevorrichtungen. Je nach technischer Möglichkeit wurden daher teilweise Summen mehrerer Achslasten (z. B. für Doppelachse Dolly oder für Dreifachachse am Auflieger) oder Gesamtmassen einzelner Fahrzeugmodule eingetragen.

3.2 Datenstruktur / Zusammenstellung relevanter Erhebungskriterien

Neben den erforderlichen Daten zu Achslasten wurden weitere Informationen betreffend Fahrzeuggeometrie, realisierter Fahrten mit Lang-Lkw und äquivalente konventionelle Lkw eingeholt. Hierzu erfolgte eine entsprechende Abstimmung mit dem Forschungsnehmer zum Projekt „Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagenermittlung“ (im Folgenden mit FE 89.273 bezeichnet). Im Rahmen der Online-Eingabe aller Transporte mit Lang-Lkw wurde eine Vielzahl an Kenngrößen erfasst, die auch für die Bearbeitung des vorliegenden Forschungsthemas genutzt wer-

den konnten. Anlage 7 enthält die komplette Datenstruktur der Online-Erfassung mit Kennzeichnung der entsprechend relevanten Datenfelder.

Auf dieser Grundlage konnte in der weiteren Projektbearbeitung die Struktur der Datenbank des Auftragnehmers unter Berücksichtigung der jeweiligen Formatierung der Datenfelder erstellt werden.

Weitere Informationen aus der Datenbank des Auftragnehmers zu FE 89.273 wurden hinsichtlich technischer Kriterien der Lang-Lkw sowie dem Einsatz äquivalenter Lkw übernommen.

3.3 Erhebungsumfang

Die Anfrage zur Dokumentation von Achslastdaten an die Transportunternehmen erfolgte entsprechend der BASt-Aufstellung teilnehmender Firmen vom 03.12.2012. Von den 18 gelisteten Speditionen hatten 15 Unternehmen Lang-Lkw regelmäßig im Einsatz. Im Verlauf der Datenerhebung nahmen noch weitere Speditionen am Feldversuch teil. 3 Unternehmen setzten Lang-Lkw im kombinierten Verkehr ein. Zwei Auftragnehmer wissenschaftlicher Begleitprojekte lieferten einzelne Datenerhebungen im Rahmen ihrer Untersuchungen bei verschiedenen Transportunternehmen.

Der von den Unternehmen und Beteiligten erhaltene Datenumfang beläuft sich demnach auf die in Tabelle 1 zusammengefassten Datensätze. Grundlage bildet die BASt-Liste der teilnehmenden Unternehmen vom 09.07.2013.

Im Verhältnis zum Datenbestand aus der Online-Registrierung des Auftragnehmers zum FE 89.273 im gleichen Erhebungszeitraum entspricht die in Tabelle 1 ausgewiesene Datensumme einem Anteil von 31 % und stellt damit nur eine Stichprobe aus dem Gesamtkollektiv der im Einsatz befindlichen Lang-Lkw dar.

Unternehmen		Anzahl Datensätze
Nr.	Verkehrsart	
U 1	kombinierter Verkehr	281
U 2	Direktverkehr	629
U 3	Direktverkehr	44
U 4	kombinierter Verkehr	23
U 5	Direktverkehr	46
U 6	Direktverkehr	20
U 7	Direktverkehr	112
U 8	Direktverkehr	22
U 9	Direktverkehr	259
U 10	kombinierter Verkehr	285
U 11	Direktverkehr	195
U 12	Direktverkehr	12
U 13	Direktverkehr	81
U 14	Direktverkehr	56
U 15	Direktverkehr	1
U 16	Direktverkehr	26
U 17	Direktverkehr	83
U 18	Direktverkehr	174
Summe:		2.349
beteiligte Auftragnehmer:		
B 1	Direktverkehr	8
B 2	Direktverkehr	2

Tab. 1: Anzahl der dokumentierten Datensätze (Fahrten)

3.4 Erhebungszeitraum

Im Zeitraum Februar und März 2013 erfolgten eine Kontaktaufnahme sowie nachfolgende Abstimmungen zu den spezifischen Erhebungsformularen mit den teilnehmenden Transportunternehmen. In der Folge ergaben sich differenzierte Erhebungszeiträume, je nach Erreichbarkeit der Ansprechpartner in den betreffenden Firmen, den Zeiträumen zur endgültigen Abstimmung der Formulare, der Weiterleitung an die Fahrer der Lang-Lkw sowie der realisierten Achslastdokumentation.

Im Laufe der Dokumentationsphase neu hinzugekommene Unternehmen wurden gleichfalls kontaktiert.

Die Mehrzahl der Unternehmen dokumentierten Achslastdaten, wie erbeten, bis zum 31.05.2013. Ein Unternehmen lieferte darüber hinaus Daten bis zum 20.09.2013. Bei mehreren Unternehmen wurden die Achslastdokumentationen in verschiedenen, voneinander getrennten Zeiträumen durchgeführt (Anlage 8). Der Gesamterhebungszeitraum erstreckt sich vom 04.03.2013 bis zum 20.09.2013.

Aufgrund der unternehmensbezogenen unterschiedlichen Anteile an Datensätzen sowie unterschiedlichen Erhebungszeiträume stellt der vorliegende Datenbestand eine Stichprobe dar, die das

Spektrum aller eingesetzten Lang-Lkw weitgehend abbildet. Das gesamte Kollektiv der im Feldversuch zum Einsatz gelangten Lang-Lkw wird durch weitere Fahrten der hier vorliegenden Unternehmen sowie weitere Unternehmen mit Lang-Lkw-Fahrten gebildet.

3.5 Datenstruktur

Auf der Grundlage des Rücklaufes der Formulare zur Achslastdokumentation wurde gemäß Anlage 9 eine Datenbank im Format Excel entwickelt. Diese dient zur Übernahme der schriftlichen Angaben auf den Erhebungsformularen sowie zur nachfolgenden Plausibilitätsprüfung der Datensätze.

Die Datenfelder K1_i zur Kennzeichnung einzelner Achslasten beinhalten einen Wert, der die Herkunft der jeweiligen Einzelachslast ausweist. Der Definitionsbereich beträgt „1“ für Eingabewerte und „2“ für berechnete Werte (aus Achslastsummen oder Fahrzeugmodulmassen). Die Datenfelder K2_i verweisen auf die zugehörige Achsart der Achse_i (Einzelachse, Doppelachse, Dreifachachse).

Im Zuge der Datenerhebung konnte festgestellt werden, dass seitens der teilnehmenden Transportunternehmen ein relativ breites Spektrum an Konfigurationen von Lang-Lkw zum Einsatz gelangte. In Anlage 10 sind die Fahrzeuge mit dokumentierten Achslastdaten zusammengestellt. Zum Lang-Lkw Typ 1 liegen keine Datensätze vor, zu Typ 5 lediglich ein Datensatz.

3.6 Qualität der dokumentierten Achslastdaten

Aufgrund der unterschiedlichen technischen Möglichkeiten zur Ablesung von Achslastdaten im oder am Fahrzeug ist eine differenzierte Qualität des Datenrücklaufes festzustellen. Ein Großteil der Datensätze beinhaltet die vollständige Auflistung aller Einzelachslasten des Lang-Lkw. Teilweise konnten jedoch nur Achslastsummen angegeben werden oder Massen von Fahrzeugmodulen (Dolly, Anhänger, Auflieger). Mitunter fehlten Werte für Fahrzeugachsen oder Fahrzeugmodule. Ursachen hierfür waren geliftete Achsen oder Fahrten ohne einzelne Fahrzeugmodule (z.B. Anhänger, Auflieger), die in der Folge nicht als Lang-Lkw-Fahrten registriert werden konnten.

4 Plausibilitätsanalyse und Datenabgleich

4.1 Plausibilitätsanalyse des Datenbestandes

Nach vollständiger Übertragung aller Werte von den Datenerfassungsbögen in die Datenbank wurden mehrere Prozeduren zur Überprüfung der Datenplausibilität durchgeführt. Datensätze, die summierte Achslasten enthielten, wurden durch rechnerisch ermittelte Einzelachslasten ergänzt, sofern die hierzu erforderlichen Werte vollständig vorhanden und dem Inhalt nach plausibel waren. Die in Anlage 11 enthaltene Tabelle weist die entsprechenden Berechnungsprozeduren aus.

120 dokumentierte Datensätze mussten aufgrund unvollständiger, nicht reproduzierbarer Einzelwerte gelöscht werden.

Im Ergebnis der Plausibilitätsanalyse wurde ein verwertbarer Datenbestand von 1.746 Datensätzen im Direktverkehr (= 78 %) und 483 Datensätzen im kombinierten Verkehr (= 12 %) ermittelt. Die Gesamtdatenmenge von 2.229 Datensätzen entspricht 95 % des gesamten Datenrücklaufes von den Unternehmen (Tabelle 2).

Unternehmen		Anzahl Datensätze	Anteil an dokum. DS
Nr.	Verk.-art		
U 1	KV	281	100%
U 2	DV	629	100%
U 3	DV	44	100%
U 4	KV	17	74%
U 5	DV	46	100%
U 6	DV	20	100%
U 7	DV	112	100%
U 8	DV	22	100%
U 9	DV	256	99%
U 10	KV	185	65%
U 11	DV	195	100%
U 12	DV	12	100%
U 13	DV	79	98%
U 14	DV	50	89%
U 15	DV	1	100%
U 16	DV	25	96%
U 17	DV	81	98%
U 18	DV	174	100%
Summe:		2.229	95%

Tab. 2: Anzahl der verwertbaren Datensätze (Fahrten) nach Datenabgleich und Plausibilitätsanalyse

4.2 Kontrolle der Erhebungsdaten durch beteiligte Forschernehmer

Neben den oben angeführten, objektiv begründeten Lücken in der Datendokumentation waren auch

unvollständige Datenblätter festzustellen. Der überwiegende Teil beruhte hierbei nach Aussage der betreffenden Unternehmen auf der nur teilweise vorhandenen Einrichtung zum direkten Ablesen von Achslastdaten oder Fahrzeugmodulgewichten im Lang-Lkw.

Der Forschungsnehmer zum Projekt „Lang-Lkw: Auswirkungen auf Fahrzeugsicherheit und Umwelt“ (im Folgenden mit FE 82.543 bezeichnet) analysierte die technischen Möglichkeiten der in den Lang-Lkw eingesetzten Messsysteme. Im Ergebnis verweist er auf die Vielfalt der zulässigen Messeinrichtungen sowie deren Einsatzgrenzen hinsichtlich ihrer Eignung zur korrekten und unmittelbaren Ablesung von Achslastdaten.

Eine Nachfrage oder Nacherhebung fehlender Einzelwerte trotz entsprechender Messeinrichtungen ist nicht möglich, da lediglich die Ablesung der Daten (unmittelbar vor Fahrtbeginn) vorgenommen werden kann, ohne Datenspeicherung im Fahrzeug.

Durch die Forschungsnehmer der beiden Teilprojekte „Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw“ (im Folgenden mit FE 09.180 bezeichnet) und „Auswirkungen von Lang-Lkw auf die Sicherheit und den Ablauf des Verkehrs in Arbeitsstellen“ (im Folgenden mit FE 09.181 bezeichnet) erfolgte im Rahmen ihrer Tätigkeit eine externe Erfassung von Achslastdaten. Die Ergebnisse der Überprüfung mit den dokumentierten Daten der betreffenden Unternehmen sind in Anlage 12 dargestellt. In den Fällen, in denen unabhängige, aussagekräftige Datenblätter von Beteiligten und Unternehmen vorliegen, wurde Übereinstimmung bzw. weitgehende Übereinstimmung der Achslastdaten festgestellt. Von Kontrollbehörden wurden keine entsprechenden Daten geliefert.

4.3 Datenabgleich mit Messstellen an Bundesautobahnen

Eine weitere, grundsätzlich mögliche Variante der Datenkontrolle stellt der Vergleich zwischen den eingereichten Daten der Unternehmen mit den Daten der Achslastwaagen an Bundesautobahnen dar. Hierzu wurde zunächst eine Übersicht der betreffenden Datenerhebungszeiträume und zutreffenden Achslastwaagen im Positivnetz für Lang-Lkw erstellt (Anlage 14).

Entsprechende Messdaten konnten seitens der BASSt für die Messstellen 1291, 3392 und 9625 zur Verfügung gestellt werden. Die Achslastdaten an den Messstellen stellen über Kalibrierfunktionen umgerechnete statische Achslasten aus den gemessenen dynamischen Achslasten dar. Der Genauigkeitsbereich liegt bei $\pm 10\%$.

Zur Vorauswahl der Datenauszüge von den betreffenden Messstellen wurden seitens der BASSt die 4 Filterkriterien

- Fahrzeugtyp 0 oder Fahrzeugtyp 108
- mindestens 5 Achsen am Fahrzeug
- Gesamtgewicht bis 50 t
- maximale Fahrzeuglänge 27 m

eingesetzt.

Fahrzeugtyp 108 entspricht gemäß [BASSt 2012.2] einem Sonderfahrzeug mit beliebig vielen Achsen und Achskombinationen. Der Fahrzeugtyp 0 kennzeichnet nicht definierbare Fahrzeuge, wurde aber in die Filterkriterien einbezogen, um eventuell hierin klassifizierte Lang-Lkw mit erfassen zu können. Daraus ergaben sich innerhalb der betreffenden Erhebungszeiträume die in Tabelle 3 aufgeführten Datenmengen an den Messstellen.

Messstelle	Fahrzeugtyp	Anzahl Datensätze	Summe
1291	0	18.200	38.007
1291	108	19.807	
3392	0	5.851	15.546
3392	108	9.695	
9625	0	642	3.773
9625	108	3.131	
Summe:			57.326

Tab.3: Anzahl der dokumentierten Datensätze (Fahrten) an BAB-Messstellen im Erfassungszeitraum der Dokumentation Lang-Lkw

Die Überprüfung auf Übereinstimmung der Daten muss weitgehend manuell erfolgen, da für vollautomatisierte Suchroutinen keine entsprechend eindeutigen Vergleichskriterien zur Identifizierung eines bestimmten Lang-Lkw an den Messstellen zur Verfügung stehen.

Aus diesem Grund konnte nur eine stichprobenartige Kontrolle durchgeführt werden, wofür die kompletten Datensätze der Unternehmen Nr. 17 und Nr. 18 - nach Durchführung der Plausibilitätsanalyse gemäß Abschnitt 4.1 - aufgrund des beherrschbaren Datenumfanges (255 Fahrten) sowie der Übereinstimmung mit vorhandenen Messstellen an Bundesautobahnen ausgewählt wurden. Dabei sind die Fahrzeugkonfigurationen, Abfahrtszeiten der Lang-Lkw an der Quelle sowie die voraussichtlichen Fahrtzeiten bis zu den entsprechenden Messstellen zur Identifizierung der dokumentierten Lang-Lkw untersucht und verglichen worden. Gemäß Tabelle 3 fanden sich im Ergebnis in den 42.473 relevanten Datensätzen der Messstellen

43 Datensätze, die aufgrund der vorgenannten Kriterien aller Voraussicht nach einer dokumentierten Fahrt der beiden Unternehmen zugeordnet werden konnten. Dies entspricht einer Quote von 17 % aller von den beiden Unternehmen dokumentierten Fahrten.

Unternehmen Nr.	Anzahl Fahrten	Messstelle Nr.	Datensätze Messstelle	Datensätze im Zeitbereich
U 17	81	9625	3.773	16
U 18	174	1291	38.700	27
Summe:	255		42.473	43

Tab. 4: Zuordnung von Datensätzen der Unternehmen mit Datensätzen von BAB-Messstellen

Unternehmen / Summe	U17	U18	Σ
Anzahl dokumentierter Fahrten	81	174	255
Anzahl der Datensätze an den Messstellen im Erhebungszeitraum	3.773	38.700	42.473
Anzahl der Messstellen-Datensätze mit Zuordnung zu dokumentierten Fahrten der Unternehmen	16	27	43
Anzahl der Unternehmens-Datensätze im Bereich $\pm 10\%$ des gemessenen Gesamtgewichtes	7	8	15
Anzahl der Unternehmens-Datensätze außerhalb des Bereiches $\pm 10\%$ des gemessenen Gesamtgewichtes	9	19	28
davon Unternehmens-Datensätze mit niedrigerem Gesamtgewicht als gemessenes Gesamtgewicht	4	3	7
davon Unternehmens-Datensätze mit höherem Gesamtgewicht als gemessenes Gesamtgewicht	5	16	21

Tab. 5: Vergleich von Datensätzen der Unternehmen mit Datensätzen von BAB-Messstellen

In Tabelle 4 ist das Ergebnis der Gegenüberstellung der Datensätze ausgewiesen. Demnach liegen bei Unternehmen U17 44 % und bei Unternehmen U18 30 % der dokumentierten Fahrzeuggesamtgewichte (Summe aller Achslasten) im Bereich von $\pm 10\%$ der an den Messstellen registrierten Fahrzeuggesamtgewichte zugeordneter Fahrten. Von den dokumentierten Datensätzen außerhalb dieses Toleranzbereiches weist Unternehmen U17 in 44 % der Fälle ein niedrigeres Fahrzeuggesamtgewicht als an den Messstellen aus, Unternehmen U18 in 16 % der Fälle. Der überwiegende Anteil an Datensätzen außerhalb des Toleranzbereiches $\pm 10\%$ enthält demnach höhere, von den Unternehmen dokumentierte

Fahrzeuggesamtgewichte als die an den Messstellen erfassten Fahrzeuggesamtgewichte.

Auf der Grundlage der Stichprobenanalyse kann insgesamt davon ausgegangen werden, dass die von den Unternehmen dokumentierten Achslasten weitgehend den realen Achslasten entsprechen. Eine systematische Abweichung der dokumentierten Werte von Vergleichswerten ist nicht erkennbar.

5 Prüfung auf Grenzwertüberschreitung

5.1 Datenabgleich Fahrzeuggesamtmasse mit Grenzwerten nach der StVZO

Die gemäß § 34 Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO) vom 26.04.2012, zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 19.10.2012, zulässige Fahrzeuggesamtmasse – in dieser Verordnung mit Gesamtgewicht bezeichnet – beträgt für Fahrzeugkombinationen mit mehr als 4 Achsen 40 t, für Fahrzeugkombinationen im kombinierten Verkehr 44 t. Fahrzeuge im kombinierten Verkehr wurden von 3 Unternehmen eingesetzt. Der Datenbestand wurde auf Überschreitung der Grenzwerte nach der StVZO hin untersucht.

Die Verteilungen der Fahrzeuggesamtmassen für Direktverkehr und kombinierten Verkehr sind in Bild 1 und 2 dargestellt. Die zugehörigen Wertetabellen enthält Anlage 13. Das Maximum aller berechneten Fahrzeuggesamtmassen liegt bei 46,4 t im Direktverkehr. Es zeigt sich, dass die Fahrzeuggesamtmassen der Lang-Lkw relativ niedrige Werte aufweisen. Im Direktverkehr beträgt das arithmetische Mittel 33,6 t bei einer Standardabweichung von 5,0 t. Im kombinierten Verkehr ist ein arithmetisches Mittel von 28,0 t mit einer Standardabweichung von 5,6 t zu verzeichnen. Unter Bezugnahme auf die Fahrzeugmassen im unbeladenen Zustand gemäß Tabelle 13 ergibt sich im Direktverkehr eine mittlere Ladungsmasse von 11,6 t bei einer Standardabweichung von 4,7 t. Im kombinierten Verkehr beträgt das arithmetische Mittel der Ladungsmasse 8,5 t bei einer Standardabweichung von 5,8 t. Unter der Annahme, dass die Ladevolumina der Fahrzeuge in der Regel ausgelastet werden, ist also grundsätzlich von vergleichsweise leichten Transportgütern auf Lang-Lkw auszugehen.

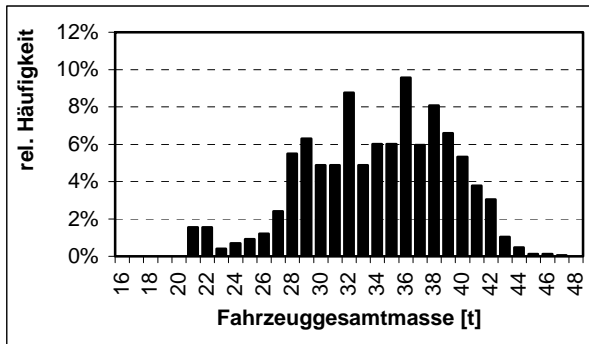


Bild 2: Verteilung der Fahrzeuggesamtmassen von Lang-Lkw im Direktverkehr

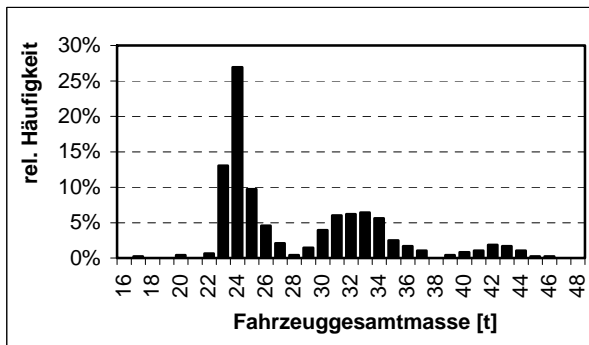


Bild 3: Verteilung der Fahrzeuggesamtmassen von Lang-Lkw im kombinierten Verkehr

Auffallend sind die deutlich unterschiedlichen Häufigkeitsverteilungen der Fahrzeuggesamtmassen von Direktverkehr und kombiniertem Verkehr. Aus ihnen kann geschlossen werden, dass der Anteil von Leerfahrten und Fahrten mit niedrigem Beladungsgrad im kombinierten Verkehr vergleichsweise höher ist als im Direktverkehr. Die Häufigkeiten von Fahrzeugen mit weitgehender Auslastung der zulässigen Gesamtmasse sind im kombinierten Verkehr niedriger als im Direktverkehr. Aufgrund der Häufigkeitsverteilung kann beim kombinierten Verkehr auf grundsätzlich 3 unterschiedliche Beladungszustände geschlossen werden. Ursache hierfür sind offenbar die logistischen Besonderheiten im Containertransport, bei dem entweder nahezu vollbeladene oder leere Container transportiert werden bzw. Fahrten ohne Container stattfinden.

Unter Beachtung der oben angegebenen Grenzwerte von 40 t im Direktverkehr und 44 t im kombinierten Verkehr ergeben sich die in Tabelle 6 und Tabelle 7 enthaltenen Grenzwertüberschreitungen der Fahrzeuggesamtmasse nach StVZO. Demnach sind im Direktverkehr rund 9 % und im kombinierten Verkehr rund 0,5 % der Fahrzeuge überladen gefahren. Für alle Lang-Lkw gesamt be-

trachtet ergibt sich ein Überladungsanteil von rund 7 %, was in Gegenüberstellung zum konventionellen Lkw-Verkehr auf Bundesautobahnen einen vergleichsweise geringen Wert darstellt.

Das Niveau der Überladungen liegt im Direktverkehr zu 91 % bei ≤ 3 t. Im kombinierten Verkehr wurden lediglich 2 Überladungen mit maximal 2 t festgestellt.

Überladung	Anzahl Fahrten	Anteil Überladung	Anteil Gesamt
≤ 1 t	66	44,00%	3,78%
>1 t ≤ 2 t	53	35,33%	3,04%
>2 t ≤ 3 t	17	11,33%	0,97%
>3 t ≤ 4 t	9	6,00%	0,52%
>4 t ≤ 5 t	2	1,33%	0,11%
>5 t ≤ 6 t	2	1,33%	0,11%
>6 t ≤ 7 t	1	0,67%	0,06%
>7 t ≤ 8 t	0	0,00%	0,00%
Summe:	150	100,00%	8,59%

Tab. 6: Überladung im Direktverkehr gemäß den Grenzwerten nach der StVZO

Überladung	Anzahl Fahrten	Anteil Überladung	Anteil Gesamt
≤ 1 t	1	50,00%	0,21%
>1 t ≤ 2 t	1	50,00%	0,21%
>2 t ≤ 3 t	0	0,00%	0,00%
>3 t ≤ 4 t	0	0,00%	0,00%
>4 t ≤ 5 t	0	0,00%	0,00%
>5 t ≤ 6 t	0	0,00%	0,00%
>6 t ≤ 7 t	0	0,00%	0,00%
>7 t ≤ 8 t	0	0,00%	0,00%
Summe:	2	100,00%	0,41%

Tab. 7: Überladung im kombinierten Verkehr gemäß den Grenzwerten nach der StVZO

Definiert man die nach der StVZO zulässigen Fahrzeuggesamtmassen von 40 t bzw. 44 t im kombinierten Verkehr als 100 % Beladungsgrad für Lang-Lkw, so ergeben sich auf der Basis des vorliegenden Datenbestands mittlere Beladungsgrade aller dokumentierter Fahrten inklusive Leerfahrten und Fahrten mit Leercontainern von 84 % im Direktverkehr und 63 % im kombinierten Verkehr. Ohne Leerfahrten ergeben sich aufgrund der geringen Anzahl an Leerfahrten nur marginal höhere Beladungsgrade von 85 % im Direktverkehr und 64 % im kombinierten Verkehr.

5.2 Datenabgleich Fahrzeugmodule und Achslasten mit den Grenzwerten nach der StVZO

Die nach der StVZO zulässigen Grenzwerte für Fahrzeugmodule (Bestandteile von Fahrzeugkombinationen wie Kraftfahrzeuge, Anhänger, Sattelanhänger) des vorliegenden Datenbestandes sind abhängig von der Anzahl der Achsen und der Achsart (Einzelachse, Doppelachse, Dreifachachse). Grenzwerte für Achslasten sind definiert in Abhängigkeit von der Achsart (Einzelachse, Einzelachse angetrieben, Doppelachse, Dreifachachse) sowie vom Achsabstand. Ein Datenabgleich aller Fahrzeugmodule und Achslasten (16.413 Achsen) des Datenbestandes erfordert demnach die genaue, StVZO-konforme Klassifizierung aller dokumentierten Fahrzeugmodule und Achsen.

Gemäß der Zusammenstellung der technischen Fahrzeugdaten durch den Auftragnehmer zu FE 82.543 sind bei allen im vorliegenden Datenbestand dokumentierten Fahrzeugen die Achsabstände $\geq 1,30$ m. In allen Dreifachachsen ist mindestens 1 Achsabstand $> 1,30$ m und $\leq 1,40$ m. Einzelachsen sind nur innerhalb der ersten 3 Achsen eines Fahrzeuges vorhanden.

Daraus ergeben sich die in Anlage 15 zusammengefassten Grenzwerte, die für jedes Unternehmen in der jeweils ersten Zeile dargestellt sind. Die zweite Zeile enthält die Anzahl der Überladungen von Fahrzeugkombinationen, Fahrzeugmodulen und Achslasten. Die Doppelachslasten der Kraftfahrzeuge betragen alle ≤ 18 t, so dass die Achsen einzeln einen zulässigen Grenzwert von 10 t bzw. 11,5 t für angetriebene Achsen erreichen dürfen (Achsen 2 und 3) unter Einhaltung der zulässigen Doppelachslast von 18 t.

Es zeigt sich, dass die Überladungen der Fahrzeugkombinationen im Wesentlichen auf 5 der 18 Unternehmen verteilt sind. Eine Überschreitung von Achslasten tritt nur in einem Fall an Achse 2 des Fahrzeugtyps 9 (3-achsiger Lkw) auf. Diese Achslast stellt gleichzeitig das Maximum aller Achslasten des vorliegenden Datenbestandes dar und beträgt 11,7 t. Die Höhe der Achslastüberschreitung beläuft sich demnach auf 0,2 t.

Aus der Analyse kann abgeleitet werden, dass der Einfluss gelifteter Achsen an Lang-Lkw auf Überschreitung von Grenzwerten nach StVZO keine signifikante Größe besitzt. Gemäß Tabelle 8 sind insgesamt 1,4 % der Fahrzeugachsen geliftet gewesen, die sich auf 3 Unternehmen verteilen. Den größten Anteil mit ca. 8 % hat Unternehmen U1 mit Fahrzeugen im kombinierten Verkehr.

Unternehmen	KV	LLkw Typ	Achszahl	Fahrzeuge	Achsen gesamt	Achsen geliftet		
						Anzahl	Anteil	
U 1	ja	3	8	281	2.248	183	8,1%	
U 2		3	7	629	4.403	0	0,0%	
U 3		2	7	44	308	0	0,0%	
U 4	ja	4	8	17	136	0	0,0%	
U 5		2	7	46	322	5	1,6%	
U 6		3	8	20	160	0	0,0%	
U 7		3	8	112	896	0	0,0%	
U 8		3	8	22	176	0	0,0%	
U 9		3	8	256	2.048	18	0,9%	
U 10	ja	2	7	185	1.295	0	0,0%	
U 11		3	8	195	1.560	0	0,0%	
U 12		3	8	12	96	0	0,0%	
U 13		3	7	79	553	29	5,2%	
U 14		2	7	50	350	0	0,0%	
U 15		5	6	1	6	0	0,0%	
U 16		4	9	25	225	0	0,0%	
U 17		3	8	81	648	0	0,0%	
U 18		3	7	174	1.218	0	0,0%	
Summe:					2.229	16.648	235	1,4%

Tab. 8: Anteil gelifteter Achsen an Lang-Lkw

6 Datenanalyse hinsichtlich straßentechnischer Kriterien

6.1 Analyse der Achslastverteilung

Zur Analyse der Achslastverteilung werden alle Achslasten des Datenbestandes Achslastklassen mit einer Intervallbreite von 1 t zugeordnet. Die Klassenbezeichnung stellt das Maximum der jeweiligen Achslastklasse dar, darüber liegende Werte werden dem nächsten Intervall zugeordnet.

Wie bereits in Abschnitt 3.4 erläutert, handelt es sich bei dem zugrunde liegenden Datenbestand um eine Stichprobe aus dem Gesamtkollektiv Lang-Lkw des Feldversuches. Das Säulendiagramm in Bild 4 verdeutlicht die relative Verteilung der Achslastklassen der Lang-Lkw im Direktverkehr, die durch einen logarithmisch normalverteilten Funktionsverlauf mit ausgeprägtem Maximum in Achslastklasse 4 t geprägt ist.

Die Verteilung der dokumentierten Achslasten von Lang-Lkw im kombinierten Verkehr gemäß Bild 5 zeigt hingegen ein ausgeprägtes Maximum in der Achslastklasse 3 t, ein lokales Minimum in Achslastklasse 5 t sowie vergleichsweise geringere Häufigkeiten in den oberen Achslastklassen ≥ 7 t.

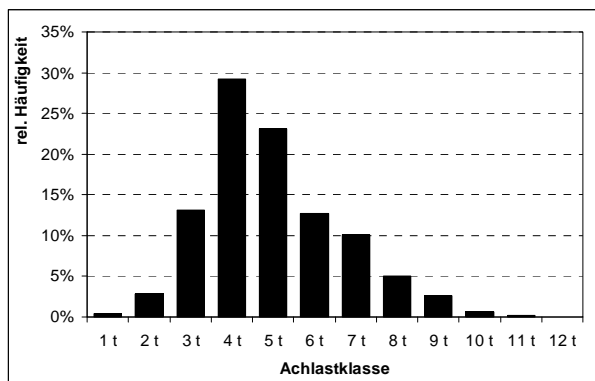


Bild 4: Achlastklassen und zugeordnete Häufigkeiten von Lang-Lkw im Direktverkehr

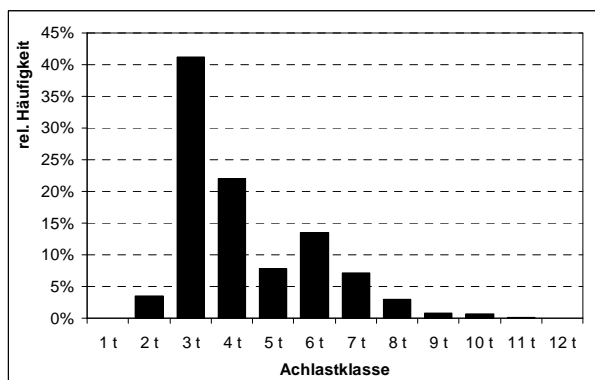


Bild 5: Achlastklassen und zugeordnete Häufigkeiten von Lang-Lkw im kombinierten Verkehr

Der in Form von Polygonverläufen grafisch dargestellte Vergleich beider Verteilungen gemäß Anlage 16, Bild 15 weist auf die Notwendigkeit einer prinzipiell unterschiedlichen Betrachtungsweise für Lang-Lkw im Direktverkehr und Lang-Lkw im kombinierten Verkehr hin. Aufgrund der Funktionsverläufe ist von einem geringeren Achslastniveau der Lang-Lkw im kombinierten Verkehr auszugehen. Die Verteilungsfunktion der Summe beider Teilmengen orientiert sich aufgrund des weitaus höheren Anteils der Daten des Direktverkehrs (78 %) an der diesbezüglichen Verteilungsfunktion.

Für eine erste, vergleichende Betrachtung mit Achslastklassenverteilungen konventioneller Fahrzeuge werden die Verteilungen nach Anlage 1 der RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] herangezogen, die 3 verschiedenen BAB-Typen zugeordnet sind. Zur grafischen Verdeutlichung sind die Achslastklassenverteilungen in Anlage 16, Bild 16 ebenfalls als relative Häufigkeitsdiagramme in Polygon-Version dargestellt. Die Gegenüberstellung der Stichprobe von Lang-Lkw mit den vollständigen Fahrzeugkollektiven konventioneller Lkw zeigt, dass die Achslastverteilung der Lang-Lkw im Direktverkehr einen ähnlichen Funktionsverlauf wie der BAB-Typ Stadtnaher Verkehr aufweist. Das Niveau der

Achslasten der Lang-Lkw liegt deutlich unter denen der vollständigen Fahrzeugkollektive konventioneller Lkw, was besonders deutlich bei Lang-Lkw im kombinierten Verkehr festzustellen ist.

Die vorliegende Stichprobe der Lang-Lkw stellt nur eine Teilmenge aller im Einsatz befindlichen Lang-Lkw dar. Unter der Annahme, dass diese Stichprobe die Grundgesamtheit der Lang-Lkw weitgehend realitätsnah abbildet und Lang-Lkw zum überwiegenden Teil eher volumenvoll als gewichtsvoll fahren (siehe Verteilung der Fahrzeuggesamtmassen und Beladungsgrade in Abschnitt 5.1), kann davon ausgegangen werden, dass das Achslastniveau der Lang-Lkw vordergründig der Teilmenge äquivalenter konventioneller Fahrzeuge entspricht, welche innerhalb des Lkw-Gesamtkollektives dem niedrigeren Achslastbereich zuzuordnen ist. Ein Vergleich des Achslastniveaus von Lang-Lkw mit äquivalenten konventionellen Lkw beinhaltet demnach vordergründig die Analyse innerhalb des unteren Achslastbereiches im Gesamtkollektiv konventioneller Lkw.

6.2 Ermittlung dimensionierungsrelevanter Kenngrößen nach den RStO 12

6.2.1 Grundlagen

Die RStO 12 [FGSV 2012] regeln den Neubau und die Erneuerung für den standardisierten Oberbau von Straßenverkehrsflächen verschiedener Befestigungsarten (Asphalt, Beton, Pflaster) in unterschiedlichen Bauweisen innerhalb und außerhalb geschlossener Ortschaften. Kriterien zur Ermittlung der Dicke des Oberbaues sind ein ausreichendes Tragverhalten sowie eine ausreichende Frostsicherheit.

Im Rahmen der nachfolgenden Betrachtungen werden vorwiegend die Regelungsbereiche der RStO 12 [FGSV 2012] zum Neubau bzw. zum grundhaften Ausbau einer Straße außerhalb geschlossener Ortschaften in Asphaltbauweise herangezogen. Um ausschließlich die Auswirkungen unterschiedlicher Achslastkollektive auf den Befestigungsaufbau vergleichen und beurteilen zu können, werden für alle Vergleichsfälle identische Bedingungen hinsichtlich des Kriteriums Frostsicherheit sowie identische Bauweisen und Schichtmaterialien zugrunde gelegt. Weiterhin wird von konstanten Faktoren, einer mittleren jährlichen Zunahme des Schwerverkehrs von 3 % sowie von einem Nutzungszeitraum von 30 Jahren ausgegangen.

Die Dimensionierung des Oberbaus erfolgt demnach entsprechend Methode 2.2 durch Berech-

nung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B mit konstanten Faktoren.

$$B = N \cdot EDTA^{(SV)} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_Z \cdot 365$$

(Gl. 1)

$$\text{mit } EDTA^{(SV)} = \sum_k \left[DTA_k^{(SV)} \cdot \left(\frac{L_k}{L_0} \right)^4 \right]$$

(Gl. 2)

$EDTA^{(SV)}$ Durchschnittliche Anzahl der täglichen äquivalenten Achsübergänge des Schwerverkehrs [Aü/24h]

k Lastklasse, als Gruppe von Einzelachslasten definiert [-]

$DTA_k^{(SV)}$ Durchschnittliche Anzahl der täglichen Achsübergänge des Schwerverkehrs der Lastklasse k [Aü/24h]

L_k Mittlere Achslast in der Lastklasse k [t]

L_0 Bezugsachslast: 10 [t]

Die Größe zur Beschreibung des Einflusses der Achslasten auf die Dimensionierung stellt in (Gl. 1) die Anzahl der täglichen äquivalenten Achsübergänge $EDTA^{(SV)}$ des Schwerverkehrs dar.

6.2.2 Anzahl der äquivalenten 10-t-Achsübergänge $EDTA^{(SV)}$

In Anlage 17 sind alle Eingangsgrößen zur Berechnung der äquivalenten 10-t-Achsübergänge ausgewiesen. Die Höhe der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke des Schwerverkehrs ist vom jeweiligen Planungsfall abhängig und kann für ausschließlich vergleichende Analysen frei gewählt werden mit $DTV^{(SV)} > 0$. Es wurde ein $DTV^{(SV)}_{LLkw}$ von 1.000 Kfz/24h angesetzt. Das Verhältnis der zu vergleichenden äquivalenten 10-t-Achsübergänge ist unabhängig von diesem Wert.

Zur Berechnung der durchschnittlichen täglichen Anzahl der Achsübergänge $DTA^{(SV)}$ in (Gl. 2) ist der Achszahlfaktor f_A zu ermitteln. Gemäß Tabelle 9 ergibt sich die Größe des Achszahlfaktors f_A entsprechend der dokumentierten Fahrzeugdaten.

Der Betrag von $DTA^{(SV)}$ je Lastklasse k berechnet sich aus deren relativem Anteil der Achsübergänge innerhalb des gesamten Achslastklassenkollektives. Grundlage bilden die Fahrzeugdokumentationen und Achslastklassenverteilungen von Lang-Lkw im Direktverkehr und im kombinierten Verkehr nach Abschnitt 6.1.

Eingangsgröße	Direktverkehr	kombin. Verkehr
Anzahl der Fahrzeuge	1.746	483
Anzahl der Achsübergänge	12.917	3.496
Achszahlfaktor f_A	7,40	7,24

Tab. 9: Achszahlfaktor f_A von Lang-Lkw

Das Berechnungsergebnis der Anzahl äquivalenter 10-t-Achsübergänge weist für Lang-Lkw im Direktverkehr einen um 52 % höheren Wert als für Lang-Lkw im kombinierten Verkehr aus (Anlage 17). Ursache hierfür sind die in Abschnitt 6.1 analysierten unterschiedlichen Achslastverteilungen beider Verkehrsarten.

7 Ermittlung des äquivalenten konventionellen Fahrzeugkollektivs

7.1 Äquivalente konventionelle Fahrzeugtypen

Zum Vergleich der Beanspruchungswirkung von Lang-Lkw und konventionellen Lkw ist es erforderlich, für die dokumentierte Transportleistung der Lang-Lkw äquivalente konventionelle Lkw zu definieren. Hierzu wurden teils vorhandene Angaben in der Datenbank des Auftragnehmers zu FE 89.273 analysiert sowie Befragungen der beteiligten Unternehmen durchgeführt. Im Ergebnis konnten für jedes Unternehmen die in Anlage 18 dargestellten konventionellen Fahrzeugtypen ermittelt werden. In 3 Unternehmen wurden bzw. werden 2 verschiedene Fahrzeugtypen eingesetzt. Alle äquivalenten konventionellen Fahrzeugtypen verfügen über 5 Achsen.

Die dargestellten konventionellen Fahrzeuge wurden vor Beginn des Feldversuches bzw. werden alternativ zu Lang-Lkw von den Unternehmen zur Erbringung der gleichen Transportleistung genutzt. Dabei ist in der Regel davon auszugehen, dass die logistischen Prozesse innerhalb eines Unternehmens im Sinne einer Optimierung auf die jeweils zur Verfügung stehenden Transportkapazitäten hin ausgerichtet werden. Insofern sind Einzelfahrtbetrachtungen von Lang-Lkw zur Ermittlung äquivalenter konventioneller Lkw nicht zielführend, da eine fahrzeuggenaue Umlegung der Fracht von Lang-Lkw auf verschiedene konventionelle Lkw (zum Beispiel die Verteilung der Ladung eines Lang-Lkw auf einen 5achsigen Sattelzug und einen 3-achsigen Lkw) den logistischen und betriebswirtschaftlichen Anforderungen zuwiderläuft.

7.2 Anzahl äquivalenter konventioneller Fahrzeuge

Vor dem in Abschnitt 7.1 erläuterten Hintergrund kann davon ausgegangen werden, dass der Einsatz von Lang-Lkw ohne Beladung oder mit geringem Beladungsgrad äquivalent auch den Einsatz entsprechend leerer oder gering beladener, konventioneller Lkw im Unternehmen notwendig macht. Die Anzahl äquivalenter konventioneller Lkw ergibt sich somit aus dem Verhältnis des Ladevolumens der Lang-Lkw zum Ladevolumen der äquivalenten konventionellen Lkw. In Anlage 19 sind die entsprechenden Werte unternehmensspezifisch auf der Grundlage der Angaben in der Datenbank zu FE 89.273, der Angaben des Forschungsnehmers FE 82.543 sowie Auskünften der Spediteure enthalten. Die Werte der Unternehmen U4, U10 und U16 resultieren aus dem Bruttovolumen von 20'-ISO-Containern (3 Stück auf Lang-Lkw, 2 Stück auf konventionellen Lkw).

Der Einsatz eines Lang-Lkw bedingt - je nach Art der Fahrzeugtypen - den äquivalenten Einsatz von rechnerisch 1,30 bis 1,69 konventionellen Lkw.

7.3 Äquivalente Verkehrsstärke und Achsübergänge konventioneller Fahrzeuge

Basierend auf den in den Abschnitten 7.1 und 7.2 ermittelten Berechnungsansätzen lässt sich die zur Bewältigung der gesamten Transportleistung notwendige, äquivalente Anzahl konventioneller Lkw darstellen. Die in Anlage 20 enthaltene Gegenüberstellung weist für alle dokumentierten 2.229 Lang-Lkw-Fahrten einen Bedarf von rund 3.398 Fahrten konventioneller Lkw aus. Das heißt, ein Lang-Lkw ersetzt 1,52 Fahrzeuge der konventionellen Volumentransporte. Sofern einzelne Unternehmen 2 verschiedene konventionelle Fahrzeugtypen angegeben haben, wurde deren Anteil mit jeweils 50 % zugrunde gelegt.

Den 16.648 Achsübergängen der Lang-Lkw stehen jedoch rund 16.989 Achsübergänge konventioneller Lkw gegenüber. Bei Einsatz der Lang-Lkw werden die Achsübergänge somit lediglich um 2 % reduziert.

Tabelle 10 fasst das Ergebnis in Form eines Faktors zur Ermittlung der Verkehrsstärke für den äquivalenten konventionellen Schwerverkehr in Abhängigkeit der Verkehrsstärke von Lang-Lkw, getrennt für Direktverkehr und kombinierten Verkehr, aus. Der Faktor f_{DTVSV} beträgt 1,53 im Direktverkehr und 1,49 im kombinierten Verkehr.

Unternehmen	Lang-Lkw		äquivalente konventionelle Lkw					
			Fahrzeug 1		Fahrzeug 2		Summe	
Nr.	Typ	Anzahl	FZ-TYP	Anzahl	FZ-TYP	Anzahl	Anzahl	f_{DTVSV}
<u>Direktverkehr:</u>								
U 2	3	629	98	968,7			968,7	1,54
U 3	2	44	98	63,6			63,6	1,44
U 5	2	46	41	29,9	98	33,2	63,1	1,37
U 6	3	20	42	27,8			27,8	1,39
U 7	3	112	42	155,8			155,8	1,39
U 8	3	22	98	36,7			36,7	1,67
U 9	3	256	98	426,7			426,7	1,67
U 11	3	195	98	281,7			281,7	1,44
U 12	3	12	98	16,8			16,8	1,40
U 13	3	79	42	133,4			133,4	1,69
U 14	2	50	98	75,0			75,0	1,50
U 15	5	1	98	1,7			1,7	1,69
U 16	4	25	41	18,8	98	18,8	37,5	1,50
U 17	3	81	41	112,7			112,7	1,39
U 18	3	174	98	278,4			278,4	1,60
Σ DV		1.746		2.627,5		52,0	2.679,5	1,53
<u>kombinierter Verkehr:</u>								
U 1	3	281	33	196,7	98	218,6	415,3	1,48
U 4	4	17	98	25,5			25,5	1,50
U 10	2	185	98	277,5			277,5	1,50
Σ KV		483		499,7		218,6	718,3	1,49
<u>Gesamt:</u>								
Summe		2.229		3.127,2		270,5	3.397,8	1,52

Tab. 10: Verkehrsstärkefaktor für äquivalente konventionelle Lkw

7.4 Analyse der äquivalenten Fahrzeugkollektive

In Zusammenfassung und Klassifizierung aller Fahrzeuge nach Lang-Lkw-Typen lässt sich das jeweils äquivalente Fahrzeugkollektiv konventioneller Lkw zur Erbringung der Transportleistung von Lang-Lkw subsumieren.

Aus Tabelle 11 ist zu erkennen, dass das Äquivalent der vier verschiedenen Typen Lang-Lkw im Direktverkehr durch insgesamt drei verschiedene Fahrzeugtypen konventioneller Lkw (41, 42 und 98) gebildet wird. Den deutlich höchsten Anteil mit 82 % hat dabei der Sattelzug vom Fahrzeugtyp 98. Die Summe der Anzahl äquivalenter Achsübergänge konventioneller Lkw ist im Vergleich zu Lang-Lkw vom Typ 2 und 3 ca. 4 % größer, im Vergleich zu Lang-Lkw vom Typ 4 ca. 16 % kleiner und im Vergleich zu Lang-Lkw Typ 5 ca. 41 % größer. In Summe aller Fahrzeuge im Direktverkehr ergibt sich für äquivalente konventionelle Lkw eine um 3 % höhere Anzahl an Achsübergängen gegenüber Lang-Lkw.

Lang-Lkw			äquivalente konventionelle Lkw		
Typ	Anzahl	AÜ	FZTY P	Anzahl	AÜ
2	140	980	41	29,9	149,5
			98	171,8	858,9
			Σ	201,7	1.008,4
3	1.581	11.764	41	112,7	563,5
			42	317,1	1.585,4
			98	2.010,6	10.052,8
			Σ	2.440,3	12.201,6
4	25	225	41	18,8	93,8
			98	18,8	93,8
			Σ	37,5	187,5
5	1	6	98	1,7	8,5
			Σ	1,7	8,5
Σ	1.746	12.969	41	161,3	806,7
			42	317,1	1.585,4
			98	2.201,1	11.005,4
			Σ	2.679,5	13.397,5

Tab. 11: Fahrzeugkollektive von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw im Direktverkehr

Im kombinierten Verkehr (Tabelle 12) überwiegt ebenfalls der Anteil des konventionellen Fahrzeugtyps 98 mit 73 %. Hinsichtlich der Anzahl an Achsübergängen ist bei Lang-Lkw Typ 2 eine um 7 % höhere Anzahl Achsübergänge äquivalenter konventioneller Lkw festzustellen. Im Vergleich zu Lang-Lkw-Typen 3 und 4 ist die Anzahl der Achsübergänge konventioneller Fahrzeuge mit 7 % bzw. 4 % niedriger. In Summe aller Achsübergänge im kombinierten Verkehr ist die Anzahl für äquivalente konventionelle Lkw um 2 % niedriger als die der Lang-Lkw.

Gesamt betrachtet ergibt sich für alle Fahrzeuge im Direktverkehr und kombinierten Verkehr bei gleicher Transportleistung eine um 2 % höhere Anzahl an Achsübergängen äquivalenter konventioneller Lkw gegenüber den Achsübergängen von Lang-Lkw.

Lang-Lkw			äquivalente konventionelle Lkw		
Typ	Anzahl	AÜ	FZTY P	Anzahl	AÜ
2	185	1.295	98	277,5	1.387,5
			Σ	277,5	1.387,5
3	281	2.248	41	196,7	983,5
			98	218,6	1.092,8
			Σ	415,3	2.076,3
4	17	136	98	25,5	127,5
			Σ	25,5	127,5
Σ	483	3.679	41	196,7	983,5
			98	521,6	2.607,8
			Σ	718,3	3.591,3

Tab. 12: Fahrzeugkollektive von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw im kombinierten Verkehr

8 Äquivalentes Achslastkollektiv konventioneller Fahrzeuge

8.1 Berechnung des äquivalenten Achslastkollektivs

Die Ermittlung des äquivalenten Achslastkollektivs umfasst die rechnerische Verteilung der Lang-Lkw-Ladungen auf äquivalente konventionelle Lkw sowie die anschließende Berechnung und Klassifizierung der resultierenden Achslasten.

Zur Berechnung der Ladungsmassen sind die Fahrzeugmassen im unbeladenen Zustand (M_{leer}) erforderlich. Die entsprechenden Werte wurden aus Angaben der Unternehmen sowie aus dem Datenbestand des Auftragnehmers FE 82.543 generiert und in Tabelle 13 zusammengestellt.

Aus der Differenz der in Abschnitt 5.1 analysierten Fahrzeuggesamtmassen sowie den Fahrzeugmassen im unbeladenen Zustand nach Tabelle 13 ergibt sich für jede dokumentierte Fahrt mit Lang-Lkw die entsprechende Ladungsmasse. Unter der Annahme, dass Lang-Lkw grundsätzlich volumenvoll beladen sind, ergibt sich aus dem Verhältnis der Ladungsmasse zum Ladevolumen des Lang-Lkw gemäß Anlage 19 die Ladungsdichte.

Auf der Grundlage der ermittelten Ladungsdichte wird die Ladung des Lang-Lkw auf die äquivalenten konventionellen Lkw entsprechend deren Ladevolumen nach Anlage 19 verteilt, woraus sich die jeweiligen Ladungsmassen der konventionellen Lkw berechnen. Die Verteilung der Ladungsmasse des Lang-Lkw auf die äquivalenten konventionellen Lkw nach Anlage 18 erfolgt ebenfalls unter der

Annahme, dass konventionelle Lkw im Sinne einer logistischen Optimierung grundsätzlich volumenvoll beladen sind. Sinnbildlich wird somit die Ladung eines volumenvoll beladenen Lang-Lkw auf ca. 1,5 (Faktor f_{DTVSV} gemäß Abschnitt 7.3) konventionelle, volumenvoll beladene Lkw verteilt.

Durch Summierung der ermittelten Ladungsmasse mit der Fahrzeugmasse der unbeladenen, äquivalenten konventionellen Lkw nach Tabelle 13 berechnen sich deren jeweiligen Fahrzeuggesamtmassen. Die Ergebnisse in Tabelle 14 zeigen, dass das arithmetische Mittel x_m der Fahrzeuggesamtmasse in Summe von Direktverkehr (DV) und kombinierten Verkehr (KV) lediglich 22,6 t beträgt bei einer Standardabweichung $\sigma = 3,7$ t. Ursache hierfür sind die geringen Ladungsdichten der Transportgüter von Lang-Lkw.

Unternehmen	Lang-Lkw			äquival. konvent. Lkw			
	Nr.	KV	Typ	FZ-TYP	Fahrz. 1	Fahrz. 2	
			M_{leer} [t]		M_{leer} [t]		M_{leer} [t]
U 1	ja	3	21,1	41	17,0	98	15,0
U 2		3	21,2	98	14,8		
U 3		2	22,0	98	15,2		
U 4	ja	4	23,0	98	13,2		
U 5		2	25,0	41	15,8	98	18,0
U 6		3	20,8	42	16,0		
U 7		3	21,0	42	16,0		
U 8		3	25,3	98	16,2		
U 9		3	25,3	98	16,2		
U 10	ja	2	16,6	98	13,6		
U 11		3	21,3	98	15,7		
U 12		3	21,0	98	15,0		
U 13		3	19,4	42	16,0		
U 14		2	20,7	98	14,6		
U 15		5	17,2	98	14,0		
U 16		4	22,0	41	15,8	98	18,0
U 17		3	19,2	41	15,8		
U 18		3	23,7	98	17,0		

Tab. 13: Fahrzeugmassen im unbeladenen Zustand

Größe	Verkehrsart	FZTYP 98	FZTYP 42	FZTYP 41
Anzahl	DV	1.937	211	433
	KV	483	0	281
	DV+KV	2.581		
x_m [t]	DV	22,4	23,3	23,3
	KV	20,0	---	22,2
	DV+KV	22,6		
σ [t]	DV	3,8	2,2	3,5
	KV	3,8	---	3,1
	DV+KV	3,7		
min [t]	DV	13,2	19,1	17,3
	KV	13,2	---	17,3
	DV+KV	13,2		
max [t]	DV	32,8	28,7	33,5
	KV	32,8	---	33,5
	DV+KV	33,5		

Tab. 14: Kenngrößen zu den Fahrzeuggesamtmassen äquivalenter konventioneller Lkw

Anlage 21 enthält die Verteilungen der berechneten Fahrzeuggesamtmassen für äquivalente konventionelle Lkw im Direktverkehr, kombinierten Verkehr sowie in der Summe beider Verkehrsarten. Fahrzeugtyp 42 (3-achsiger Lkw und Anhänger mit Doppelzentralachse) findet im kombinierten Verkehr keine Anwendung.

Zur Ermittlung der Achslasten äquivalenter konventioneller Lkw werden die fahrzeugtypabhängigen funktionalen Zusammenhänge von Fahrzeuggesamtmasse, Masse einzelner Fahrzeugmodule (Zugfahrzeug, Anhänger bzw. Auflieger) sowie Achslasten von Doppel- und Einzelachsen nach WOLF [2010] herangezogen.

In Anlage 22 sind die entsprechenden Formeln und Parameter, bezogen auf die relevanten Fahrzeugtypen konventioneller Lkw, zusammengefasst.

Die anschließende Klassifizierung der berechneten Achslasten in Achslastkollektive für äquivalente konventionelle Fahrzeuge erfolgt getrennt nach Unternehmen und konventionellem Fahrzeugtyp gemäß Anlage 18.

8.2 Vergleichende Analyse der Achslastkollektive

Im Ergebnis der Berechnungsprozeduren gemäß Abschnitt 8.1 wurden die in den Wertetabellen der Anlage 23 zusammengestellten Achslastklassenverteilungen ermittelt. Zum unmittelbaren Vergleich

sind die Verteilungen der zugehörigen Lang-Lkw-Achsen ebenfalls ausgewiesen.

In Bild 6 ist zu erkennen, dass im Direktverkehr das Niveau der Achslastklassen von Lang-Lkw im höheren Bereich ab 9 t leicht über dem der konventionellen Lkw liegt. In Achslastklasse 7 t haben konventionelle Lkw deutlich höhere Anteile. Deren Verteilungsfunktion zeigt einen bimodalen Verlauf mit lokalen Maxima in den Achslastklassen 4 t und 7 t. Diese Maxima resultieren im Wesentlichen aus der spezifischen Achslastverteilung des Fahrzeugtyps 98. Dabei werden das lokale Maximum bei 4 t durch die 3 Achsen des Auflegers und das lokale Maximum bei 7 t durch die beiden Achsen des Zugfahrzeuges hervorgerufen.

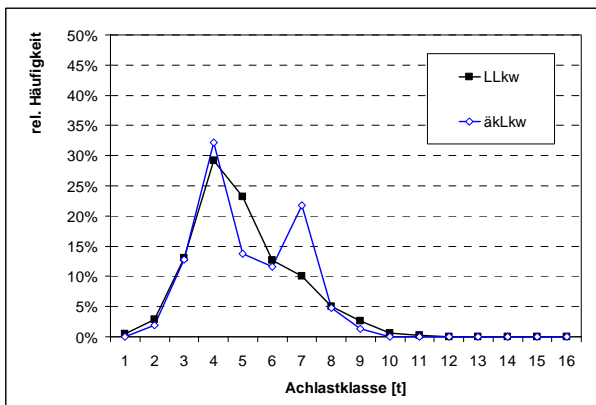


Bild 6: Achslastklassenverteilung von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw im Direktverkehr

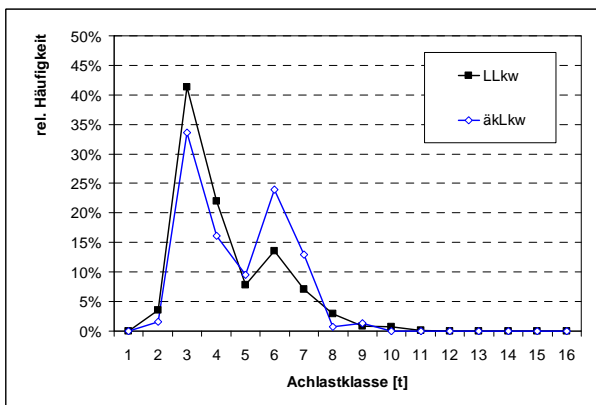


Bild 7: Achslastklassenverteilung von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw im kombinierten Verkehr

Bild 7 zum kombinierten Verkehr zeigt bimodale Verläufe beider Verteilungsfunktionen, wobei im Bereich des rechtsseitigen lokalen Maximums bei Achslastklasse 6 t sowie in nachfolgender Achslastklasse 7 t signifikant höhere Anteile der Achslasten konventioneller Fahrzeuge zu verzeichnen sind. In Achslastklasse 8 t überwiegt der Anteil von

Lang-Lkw-Achsen, die höheren Achslastklassen weisen keine ausgeprägten Unterschiede auf.

Die unternehmensbezogene Analyse der Achslastklassenverteilung in Anlage 25 weist infolge des unterschiedlichen Datenumfanges sowie der eingesetzten Fahrzeugtypen verschiedene Funktionsverläufe auf, wobei die grundsätzlichen Aussagen zu Direktverkehr und kombinierten Verkehr, vor allem auch betreffend der Achslastbereiche ab 9 t, weitgehend reflektiert werden. Besonders abweichend zeigt sich die Verteilungsfunktion des Lang-Lkw bei Unternehmen U16 mit maximalen Achslasten von 7 t. Dies resultiert aus der im Vergleich höchsten Achszahl am Lang-Lkw (9 Achsen) sowie besonders auch an der - im vorliegenden Datenbestand einzigen - Dreifachachse am Zugfahrzeug.

Zur Lokalisierung auftretender Achslasten an Lang-Lkw, insbesondere vergleichsweise hoher Achslasten ab 8 t, wurde ergänzend die fahrzeugbezogene Verteilung der Achslasten ermittelt. Aufgrund der abweichenden Achskonfiguration des Lang-Lkw im Unternehmen U16 wird dieser gesondert betrachtet. In Anlage 25 ist ersichtlich, dass der Anteil höherer Achslasten ab 8 t sowohl im Direktverkehr (ohne U16) als auch im kombinierten Verkehr nahezu ausschließlich durch Achse 2, und somit in der Regel die Antriebsachse, hervorgerufen wird. In Summe mit Achse 1 ergibt sich damit ab Achslastklasse 6 t bis zur höchsten Achslastklasse 12 t der deutlich größte, relative Anteil der Achslasten. Im Gegensatz hierzu stellt sich die Achslastverteilung im Lang-Lkw des Unternehmens U16 dar, der zur angetriebenen Achse 3 noch über Vorlaufachse (Achse 2) und Nachlaufachse (Achse 4) verfügt. Infolgedessen ist der Achslastbereich ab 8 t nicht vorhanden, was im Hinblick auf die Beanspruchung einer Straßenbefestigung als sehr vorteilhaft zu bewerten ist.

9 Vergleichende Analyse des Belastungs-/ Beanspruchungsniveaus der Fahrbahnbefestigung

9.1 Vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung von Lang-Lkw und konventionellen Lkw auf die Straßenbefestigung nach den RStO 12 [FGSV 2012]

9.1.1 Grundlagen

Für eine ausschließlich fahrzeugartbezogene, vergleichende Analyse von Lang-Lkw und konventionellen Lkw werden die achslastabhängigen, dimensionierungsrelevanten Kriterien analog Abschnitt 6.2 gegenübergestellt.

Zur Ermittlung der Auswirkungen der Achslastkollektive auf den Befestigungsaufbau wird das Beanspruchungsniveau mittels der äquivalenten 10-t-Achsübergänge $EDTA^{(SV)}$ quantifiziert. Grundlage bilden die Achslastklassenverteilungen von Lang-Lkw im Direktverkehr und im kombinierten Verkehr nach Abschnitt 6.1 sowie die in Abschnitt 8.1 berechneten, zugehörigen Achslastverteilungen konventioneller Lkw.

9.1.2 Achszahlfaktor f_A

Die Größe des Achszahlfaktors f_A berechnet sich entsprechend der in den Abschnitten 6.2.2, 7.1 und 7.2 dargestellten Prozeduren, Tabelle 15 enthält die Ergebnisse.

Direktverkehr		kombinierter Verkehr	
LLkw	äkLkw	LLkw	äkLkw
7,40	5,00	7,24	5,00

Tab. 15: Achszahlfaktoren f_A der Fahrzeugkollektive Lang-Lkw und äquivalente konventionelle Lkw

9.1.3 Anzahl der äquivalenten 10-t-Achsübergänge

Die Eingangsgrößen und Berechnungsergebnisse zur Ermittlung von $EDTA^{(SV)}$ für äquivalente konventionelle Lkw sind in Anlage 26 tabellarisch zusammengefasst. Analog Abschnitt 6.2.2 wird von einem Ausgangswert $DTV^{(SV)} = 1.000 \text{ Kfz}/24\text{h}$ der Lang-Lkw ausgegangen. Entsprechend der ermittelten Achslastklassenverteilungen und Achszahlfaktoren für die äquivalenten konventionellen Fahrzeugkollektive ergibt sich im Vergleich für Fahrzeuge ausschließlich im Direktverkehr ein um 33 % höherer Wert für $EDTA^{(SV)}$ als für Fahrzeuge ausschließlich im kombinierten Verkehr.

Die Gegenüberstellung der Ergebnisse mit den Werten für Lang-Lkw in **Tab.** zeigt, dass die Anzahl der äquivalenten 10-t-Achsübergänge für Lang-Lkw kleiner als die der zugehörigen konventionellen Lkw sind. Im Direktverkehr liefert die Berechnung für Lang-Lkw einen um 5 % niedrigeren Wert für $EDTA^{(SV)}$, im kombinierten Verkehr einen um 16 % niedrigeren $EDTA^{(SV)}$ -Wert als für das äquivalente konventionelle Fahrzeugkollektiv. Ursache hierfür sind die in Abschnitt 0 analysierten Häufigkeitsverteilungen der Achslastklassen von Lang-Lkw und konventionellen Lkw in Verbindung mit dem Verkehrsstärkefaktor f_{DTVSV} nach Abschnitt 7.3.

Direktverkehr		kombinierter Verkehr	
LLkw	äkLkw	LLkw	äkLkw
95%	100%	84%	100%

Tab. 16: Verhältnis der Anzahl äquivalenter 10-t-Achsübergänge $EDTA^{(SV)}$ von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw

9.2 Vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung des Gesamtkollektivs Schwerverkehr auf die Straßenbefestigung bei Einsatz von Lang-Lkw

9.2.1 Grundlagen

Wie in Abschnitt 6.1 erläutert, stellen Lang-Lkw lediglich eine Teilmenge des Gesamtkollektivs Schwerverkehr auf der Straße dar. Insofern erfordert die Analyse eines gegebenenfalls veränderten Beanspruchungsniveaus der Straßenbefestigung bei Einsatz von Lang-Lkw die Gegenüberstellung der Beanspruchung des Gesamtkollektivs Schwerverkehr ohne Lang-Lkw mit der Beanspruchung des Gesamtkollektivs Schwerverkehr mit Lang-Lkw. Hierzu wird die arithmetische Substitution eines Teils konventioneller Lkw durch Lang-Lkw erforderlich, wodurch das Vergleichskollektiv Schwerverkehr mit Lang-Lkw definiert werden kann. Beide Fahrzeugkollektive (Schwerverkehr ohne Lang-Lkw und Schwerverkehr mit Lang-Lkw) können anschließend vergleichenden Betrachtungen zur dimensionierungsrelevanten Beanspruchung nach den RStO 12 [FGSV 2012] und den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] unterzogen werden.

9.2.2 Definition der Achslastkollektive

Unter Berücksichtigung der in FE 89.273 analysierten logistischen und betriebswirtschaftlichen Einsatzkriterien für Lang-Lkw wird das Fahrzeug- bzw. Achslastkollektiv BAB-Fernverkehr nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] als relevantes Vergleichskollektiv Schwerverkehr ohne Lang-Lkw herangezogen. Analog der Intervallbreite von 2 t werden auch die nach den Abschnitten 6.1 und 8.1 ermittelten Achslastverteilungen für Lang-Lkw und für äquivalente konventionelle Lkw in Intervalle von 2 t klassifiziert. Weitere konstante Eingangsgrößen zum Berechnungsverfahren sind die Anteile von Direktverkehr und kombiniertem Verkehr am Gesamtaufkommen der Lang-Lkw sowie die Verkehrsstärkefaktoren f_{DTVSV} für diese beiden Verkehrsarten.

Unter Bezug auf die Ergebnisse des Forschers zu FE 89.273 zu szenarienabhängigen

Prognosen des theoretisch möglichen Anteils von Lang-Lkw am gesamten Schwerverkehr werden nachfolgend Vergleichsberechnungen für 3 verschiedene Anteile Lang-Lkw am Gesamtaufkommen BAB-Fernverkehr mit 2 %, 5 % und 9 % durchgeführt. Grundlage bildet ein Beispiel-Verkehrsaufkommen BAB-Fernverkehr von $DTV^{(SV)} = 1.000$ Kfz/24h. Der Achszahlfaktor für BAB-Fernverkehr ist gemäß den RStO 12 [FGSV 2012] mit $f_A = 4,50$ definiert.

Anlage 27 enthält alle Eingangsgrößen sowie die Berechnungsergebnisse in Form relativer Achslastverteilungen „BAB-Fernverkehr LLkw“ für die 3 Szenarien mit Lang-Lkw-Anteilen 2 %, 5 % und 9 %. Es ist festzustellen, dass sich im Vergleich zur Verteilung BAB-Fernverkehr (ohne Lang-Lkw) die größten Änderungen in den Achslastklassen 8 t (- 1,43 %) und 6 t (+ 0,84 %) ergeben. Insgesamt ergibt sich mit steigendem Anteil Lang-Lkw eine Verschiebung der relativen Anteile in Richtung der unteren Achslastklassen bis 6 t.

9.2.3 Vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung von Schwerverkehr mit und ohne Lang-Lkw auf die Straßenbefestigung nach den RStO 12 [FGSV 2012]

Analog der Vorgehensweise in Abschnitt 6.2 werden für die nachfolgenden Betrachtungen vorwiegend die Regelungsbereiche der RStO 12 [FGSV 2012] zum Neubau bzw. zum grundhaften Ausbau einer Straße außerhalb geschlossener Ortschaften in Asphaltbauweise herangezogen.

Um die Auswirkungen der Achslastkollektive BAB-Fernverkehr und BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw auf den Befestigungsaufbau vergleichend analysieren zu können, werden für alle Vergleichsfälle identische Bedingungen hinsichtlich des Kriteriums Frostsicherheit sowie identische Bauweisen und Schichtmaterialien zugrunde gelegt. Weiterhin wird von konstanten Faktoren, einer mittleren jährlichen Zunahme des Schwerverkehrs von 3 % sowie von einem Nutzungszeitraum von 30 Jahren ausgegangen.

Die Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B erfolgt analog Anhang 2, Beispiel 1 der RStO 12 [FGSV 2012] mit konstanten Faktoren. Grundlage bilden die in Abschnitt 9.2.2 ermittelten Achslastklassenverteilungen. Es wird ein $DTV^{(SV)}$ des BAB-Fernverkehr von 1.000 Kfz/24h gewählt. Aufgrund der Proportionalität zur B-Zahl stellt sich unabhängig vom Wert des $DTV^{(SV)}$ die gleiche Relation zwischen den B-Zahlen der Vergleichsvarianten ein. Die nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] definierte Achslastklasse > 20 t wird mit einer Obergrenze von 22 t festgelegt. In Anlage 28 sind alle Eingangs-

größen und die Berechnung der B-Zahl für BAB-Fernverkehr sowie die 3 nach Abschnitt 9.2.2 gewählten Vergleichskollektive BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw enthalten.

Anhand der Werte für $EDTA^{(SV)}$ (durchschnittliche Anzahl der äquivalenten täglichen Achsübergänge) in den Spalten 7, 10, 13 und 16 lässt sich – achslastklassenabhängig – der Einfluss der relativen Achslasthäufigkeiten auf die Höhe von $EDTA^{(SV)}$ ablesen, der aufgrund des 4.-Potenzgesetzes mit zunehmender Achslast bzw. höherer Achslastklasse entsprechend zunimmt. Da die maximale Achslast von Lang-Lkw 11,7 t beträgt, bleiben die Werte für $EDTA^{(SV)}$ ab Achslastklasse 14 t nahezu konstant. Die größte Abweichung ist in Achslastklasse 8 t festzustellen, in der sich mit zunehmendem Anteil Lang-Lkw der $EDTA^{(SV)}$ -Wert um bis zu 5 % reduziert.

Das Ergebnis liefert für alle Fahrzeugkollektive mit Lang-Lkw etwas niedrigere B-Zahlen als für das Vergleichskollektiv ohne Lang-Lkw. Der Unterschied ist jedoch nur marginal und beträgt gemäß Tabelle 17 weniger als 1 %. Mit zunehmendem Anteil Lang-Lkw ist eine zunehmende, vergleichsweise geringe Reduzierung der B-Zahl zu verzeichnen. Im gleichen Verhältnis wie die B-Zahl stellt sich die Anzahl der äquivalenten 10-t-Achsen $EDTA^{(SV)}$ ein. Auf der Grundlage der Berechnungsergebnisse ist davon auszugehen, dass der Einsatz von Lang-Lkw mit den hier untersuchten Anteilen von bis zu 9 % am gesamten Schwerverkehr BAB-Fernverkehr keine Änderung der Belastungskategorie und damit keine Auswirkung auf die Dimensionierung des Oberbaus von Straßen nach den RStO 12 [FGSV 2012] bewirkt.

	BAB-Fernverkehr	BAB-Fernverkehr LLkw		
		2%	5%	9%
Anteil LLkw	0%	2%	5%	9%
f_A	4,50	4,55	4,61	4,70
$DTV^{(SV)}$	1.000	988	972	952
$EDTA^{(SV)}$	2.084	2.081	2.077	2.073
B-Zahl	36,92 Mio	36,87 Mio	36,79 Mio	36,71 Mio
Verhältnis	100,00%	99,84%	99,64%	99,43%

Tab. 17: Ergebnisse der Vergleichsberechnung nach den RStO 12 [FGSV 2012] für BAB-Fernverkehr ohne Lang-Lkw und BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw-Anteilen

9.2.4 Vergleichende Analyse der Beanspruchungswirkung von Schwerverkehr mit und ohne Lang-Lkw auf die Straßenbefestigung nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009]

Zur Beurteilung der Beanspruchungswirkung von Lang-Lkw nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] wird durch rechnerische Dimensionierung ein unmittelbarer Vergleich von Ermüdungsstatus nach Ablauf der Nutzungsdauer und - alternativ - Prognose der Nutzungsdauer bei Erreichen von 100% Ermüdungsstatus für BAB-Fernverkehr ohne Lang-Lkw und BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw durchgeführt. Die rechnerische Dimensionierung erfolgt unter Anwendung des Programmsystems TISAD [TU Dresden 2013] der Technischen Universität Dresden. Der Nachweispunkt zur Ermittlung des Ermüdungsstatus befindet sich an der Unterseite der Asphalttragschicht. Die entsprechenden Eingangsgrößen und Parameter sind in Anlage 29 dokumentiert. Es wurde ein frostsicherer, einheitlicher Schichtenaufbau nach den RStO 12 [FGSV 2012], Tafel 1, Zeile 1, mit an den RStO kalibrierten Materialparametern für Asphaltdeck-, Asphaltbinder- und Asphalttragschicht zugrunde gelegt. Ebenfalls an den RStO kalibriert sind die zur Berechnung erforderlichen Verteilungen der Oberflächentemperaturen. Hinsichtlich der Verkehrsbeanspruchung wird vom Fahrzeugkollektiv Typ BAB-Fernverkehr gemäß RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] ausgegangen, dem die nach Abschnitt 9.2.2 definierten 3 Vergleichskollektive mit unterschiedlichen Anteilen an Lang-Lkw gegenübergestellt werden.

Zur vergleichenden Analyse der Beanspruchung des Oberbaues wurde die rechnerische Dimensionierung mit unterschiedlichen Verkehrsstärken durchgeführt. Unter Berücksichtigung des im Feldversuch festgelegten Positivnetzes für Lang-Lkw (zugelassene öffentliche Straßen) wurden den Berechnungen die Bauweisen der Belastungsklassen Bk100, Bk32 und Bk10 nach den RStO 12 [FGSV 2012] unterzogen. Als Beurteilungs- und Bezugsgröße zur vergleichenden Analyse der Beanspruchungswirkung von Lang-Lkw dienen die Ergebnisse für das Fahrzeugkollektiv BAB-Fernverkehr. Die zugrunde zu legende Verkehrsstärke des BAB-Fernverkehrs wurde daher im Rahmen der rechnerischen Dimensionierung iterativ so bestimmt, dass für diese Beanspruchung im Ergebnis der Berechnung der Ermüdungsstatus jeweils 100 % und die Nutzungsdauer 30 Jahre betragen. Sinnbildlich bedeutet dies, dass die Widerstandsfähigkeit der Asphalttragschicht gegen Biegezugbeanspruchung nach 30 Jahren Beanspruchung durch BAB-Fernverkehr vollständig aufgebraucht ist. Ab diesem Zeitpunkt ist bei weiterer Beanspruchung eine fortlaufende Schädigung des Oberbaues zu verzeichnen, womit die weitere

Gebrauchstauglichkeit der Befestigung eingeschränkt wird.

Die adäquaten Verkehrsbelastungen durch BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw ergeben sich gemäß der in Anlage 27 dargestellten Achslastklassenverteilungen. In Anlage 30 sind die wichtigsten Kenngrößen sowie Ergebnisse der rechnerischen Dimensionierung zusammengefasst und gegenübergestellt.

Bei Substitution eines Teils der Fahrzeuge im BAB-Fernverkehr durch Lang-Lkw ermittelt sich nach dem Ende der Nutzungsdauer (30 Jahre) des Asphaltüberbaus ein geringfügig niedrigerer Ermüdungsstatus. Das heißt, dass die Befestigung noch über eine gewisse Widerstandsreserve verfügt. Diese erhöht sich mit abnehmender Belastungsklasse und höherem Anteil Lang-Lkw, da sich der Ermüdungsstatus bis auf 99,28 % reduziert. Die prognostizierte Nutzungsdauer des Asphaltüberbaues bis zum Ermüdungsstatus 100 % (entspricht der rechnerischen Grenze zum Versagen) erhöht sich marginal bei Beanspruchung durch Lang-Lkw auf bis zu 30,14 Jahre im Vergleich zur Nutzungsdauer von 30,00 Jahren bei Beanspruchung durch ausschließlich konventionelle Lkw im BAB-Fernverkehr. Dies entspricht einer marginalen Verlängerung der Nutzungsdauer um ca. 0,5 %.

Bel.-klasse	Kriterium	BAB-Fernverkehr			
		LLkw 0%	LLkw 2%	LLkw 5%	LLkw 9%
Bk100	ES _{tND30} [%]	100,00	100,00	99,79	99,52
	ND [Jahre]	30,00	30,00	30,04	30,09
	[%]	100,00	100,00	100,13	100,30
Bk32	ES _{tND30} [%]	100,00	99,77	99,69	99,43
	ND [Jahre]	30,00	30,04	30,06	30,11
	[%]	100,00	100,13	100,20	100,37
Bk10	ES _{tND31} [%]	100,00	99,90	99,61	99,28
	ND [Jahre]	30,00	30,02	30,08	30,14
	[%]	100,00	100,07	100,27	100,47

ES_{tND30} = Ermüdungsstatus bei Nutzungsdauer 30 Jahre
 ND = Nutzungsdauer bei 100% Ermüdungsstatus

Tab. 18: Ergebnisse der Vergleichsberechnung nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] für BAB-Fernverkehr ohne Lang-Lkw und BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw-Anteilen

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse kann der Einfluss des Anteils Lang-Lkw am Gesamtkollektiv BAB-Fernverkehr auf die tendenzielle Entwicklung der zu erwartenden Nutzungsdauer funktional beschrieben werden. Bild 8 verdeutlicht den linearen Anstieg der Nutzungsdauer bei steigendem Anteil Lang-Lkw.

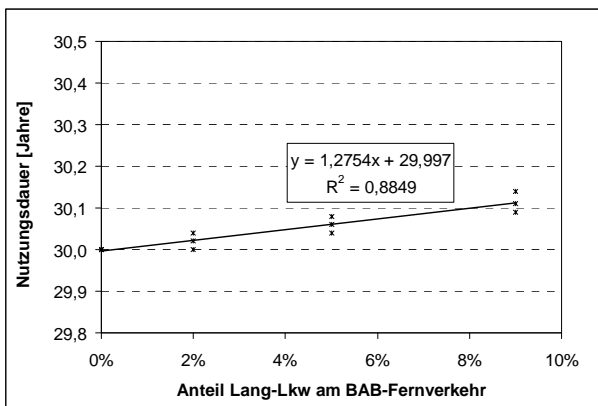


Bild 8: Nutzungsdauer des Oberbaus nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] für BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw

10 Zusammenfassung

Im Rahmen des Feldversuchs mit Lang-Lkw wurden durch den Forschungsnehmer ergänzende Datenerhebungen zu den Achslasten der eingesetzten Fahrzeuge durchgeführt. Hierzu wurden mit den Unternehmen abgestimmte Erhebungsfomulare für schriftliche Eintragungen durch die Kraftfahrer unmittelbar vor Fahrtantritt entwickelt. Der Rücklauf von 2.349 Datenblättern entspricht ca. 31 % aller zeitlich parallel erfassten Online-Daten durch den Forschungsnehmer des FE 89.273.

Seitens zweier beteiligter Forschungsnehmer wurden 12 Datendokumentationen übermittelt, die teilweise zur Kontrolle auf Übereinstimmung mit den Angaben der Unternehmen genutzt werden konnten. Eine weitere Möglichkeit der Überprüfung von Unternehmensdaten besteht im Vergleich mit Daten an Achslastmessstellen im BAB-Netz. Die eindeutige Zuordnung von Fahrzeugdaten der Unternehmen zu Fahrzeug-Datensätzen an den Messstellen ist jedoch als schwierig und nicht vollständig zuverlässig einzuschätzen, da hierzu aufgrund fehlender Primärschlüssel keine automatisierten Routinen genutzt werden können. Die Überprüfung konnte daher nur stichprobenartig durchgeführt werden. Sie umfasste Abgleich und Kontrolle der gesamten Datendokumentation von 2 Unternehmen (255 Datensätze) mit insgesamt 42.473 Datensätzen an den betreffenden Messstellen. Im Ergebnis der Datenkontrollen konnte festgestellt werden, dass die Dokumentation der Achslasten durch die Unternehmen nachvollziehbar und in weitgehender Übereinstimmung mit den Vergleichswerten durchgeführt wurde.

Hinsichtlich der Plausibilität und Vollständigkeit dokumentierter Daten erfolgte eine umfassende Analyse inklusive verschiedener Berechnungspro-

zeduren zur Reproduktion fehlender Einzelwerte. 120 Datensätze mussten als nicht verwertbar ausgedeutet werden, was einem Anteil von 5 % entspricht. Zur weiteren Bearbeitung standen somit 2.229 Datensätze (= Lang-Lkw-Fahrten) zur Verfügung, von denen 1.746 dem Direktverkehr und 483 dem kombinierten Verkehr zuzuordnen sind. Unter Berücksichtigung des Anteils von ca. 30 % an den Online-Daten für Fahrten mit Lang-Lkw, der unterschiedlichen Anteile Direktverkehr und kombinierter Verkehr sowie unterschiedlichen Datenanteile der einzelnen Unternehmen stellt die hier untersuchte Datengrundlage eine Stichprobe aller im Feldversuch eingesetzten Lang-Lkw dar. Die Ergebnisse der vorliegenden Analysen auf Grundlage des Datenbestandes werden durch die Anteile der einzelnen Unternehmensdaten beeinflusst. Direktverkehr und kombinierter Verkehr wurden aus diesem Grund sowie wegen grundsätzlicher Unterschiede in Logistik und Beladung getrennt ausgewertet. Gleichwohl wird eingeschätzt, dass mit einer Beteiligung von rund 90 % aller zum Bearbeitungszeitpunkt am Feldversuch teilnehmenden Unternehmen das Spektrum der Fahrzeugmassen und Ladungen von Lang-Lkw gut abgedeckt und für rein vergleichende Untersuchungen zwischen Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw geeignet ist.

Betreffend der Einhaltung von Grenzwerten der StVZO wurden Überprüfungen von Fahrzeuggesamtgewicht und Achslasten durchgeführt. Demnach überschritten im Direktverkehr (zulässiges Gesamtgewicht 40 t) ca. 9 % der Lang-Lkw die zulässige Gesamtmasse mit einem Anteil von ca. 91 % bis maximal 3 t Überladung. Der maximale Einzelwert beträgt 46,4 t. Im kombinierten Verkehr (zulässiges Gesamtgewicht 44 t) gab es lediglich 2 Überschreitungen der Gesamtmasse mit maximal 2 t. Im Vergleich zum konventionellen Schwerverkehr auf Autobahnen ist der Anteil von Überladungen der Lang-Lkw als relativ gering einzuschätzen. Dies resultiert auch daraus, dass die Fahrzeuggesamtmassen der Lang-Lkw mit 33,6 t im Direktverkehr und 28,0 t im kombinierten Verkehr relativ niedrige Mittelwerte bei Standardabweichungen von 5,0 t bzw. 5,6 t liefern. Insofern ist unter der Annahme einer grundsätzlich guten Volumenauslastung von relativ leichtem Transportgut auf den Lang-Lkw auszugehen.

Betreffend der zulässigen Achslasten wurde im gesamten Datenbestand lediglich 1 Überschreitung von 0,2 t festgestellt. Insofern übt der Anteil von insgesamt rund 1,5 % gelifteten Achsen an Lang-Lkw keinen Einfluss auf Achslastüberschreitungen aus. Die mittleren Achszahlen der Lang-Lkw betragen im Direktverkehr 7,40 und im kombinierten Verkehr 7,24. Bis auf 1 Fahrzeug mit 6

Achsen und 1 Fahrzeug mit 9 Achsen verfügen alle Lang-Lkw über 7 oder 8 Achsen.

Die Analyse der Achslastverteilungen von Lang-Lkw im Direktverkehr und Lang-Lkw im kombinierten Verkehr zeigt unterschiedliche Funktionsverläufe, wobei die höheren Achslastklassen ab 7 t im Direktverkehr größere Anteile als die des kombinierten Verkehrs aufweisen. Die Gegenüberstellung mit den Achslastklassenverteilungen nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] lässt darauf schließen, dass das Niveau der Achslasten von Lang-Lkw generell deutlich unter dem des gesamten Fahrzeugkollektives konventioneller Lkw auf Autobahnen liegt bzw. eine Teilmenge aus dem eher leichteren Achslastbereich des Gesamtkollektives auf Autobahnen darstellt. Ursache hierfür ist der vorwiegende Einsatz von Lang-Lkw im Volumentransport, das heißt zur Bewegung von relativ leichten Gütern bei weitgehender Ausnutzung des Ladevolumens.

Zur Ermittlung eines gegebenenfalls unterschiedlichen Beanspruchungsniveaus des Straßenoberbaues durch Lang-Lkw und konventionelle Lkw ist es erforderlich, der dokumentierten Transportleistung von Lang-Lkw ein äquivalentes konventionelles Fahrzeugkollektiv mit gleicher Transportleistung gegenüber zu stellen. Hierzu erfolgten die Auswertung von Daten zweier beteiligter Forschungsnehmer sowie Befragungen der beteiligten Unternehmen. Im Ergebnis wurden die 3 konventionellen Fahrzeugtypen 98 (2-achsige Sattelzugmaschine + Auflieger mit Dreifachachse), 41 (3-achsiger Lkw + Anhänger mit 2 Einzelachsen) und 42 (3-achsiger Lkw + Anhänger mit 1 zentralen Doppelachse) ermittelt. Die Anzahl erforderlicher konventioneller Lkw wurde unternehmensspezifisch und einzelfahrtbezogen durch Umrechnung der Ladungen von Lang-Lkw auf die zugehörigen konventionellen Lkw ermittelt. Dabei wurde vorausgesetzt, dass Lang-Lkw und äquivalente konventionelle Lkw grundsätzlich volumenvoll eingesetzt werden. Der Faktor zur Umrechnung der Verkehrsstärke von Lang-Lkw auf äquivalente konventionelle Lkw ergibt sich somit aus dem Verhältnis der Ladevolumina von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw. Er beträgt im Direktverkehr 1,53 und im kombinierten Verkehr 1,49. Nur geringfügige Unterschiede zeigen sich in den korrespondierenden Achsübergangszahlen. Während im Direktverkehr die Anzahl der Achsübergänge von Lang-Lkw 3 % unter denen der äquivalenten konventionellen Lkw liegen, betragen sie im kombinierten Verkehr 2 % mehr als die der äquivalenten konventionellen Lkw.

Auf der Grundlage der Ladungsdichte von Lang-Lkw und den Ladevolumina der äquivalenten konventionellen Lkw werden deren Fahrzeuggesamtmassen einzelfahrtbezogen berechnet. Die Vertei-

lung der Fahrzeuggesamtmassen der äquivalenten konventionellen Lkw weist mit einem arithmetischen Mittel von 23,4 t bei einer Standardabweichung von 3,4 t im Direktverkehr sowie einem arithmetischen Mittel von 20,8 t bei einer Standardabweichung von 3,7 t im kombinierten Verkehr vergleichsweise niedrige Werte auf. Grund hierfür sind die entsprechend geringen Dichten der Transportgüter auf den Lang-Lkw.

Der Berechnung der Achslastverteilung von äquivalenten konventionellen Lkw wurden die funktionalen Zusammenhänge nach [WOLF 2010] von Fahrzeuggesamt-, Fahrzeugteilmassen und Achslasten zugrunde gelegt. Im Direktverkehr zeigt der Vergleich der Achslastverteilungen im oberen Achslastbereich ab 9 t eine etwas größere relative Häufigkeit der Lang-Lkw-Achsen gegenüber konventionellen Lkw-Achsen, in Achslastklasse 7 t haben konventionelle Lkw deutlich höhere Anteile. Im kombinierten Verkehr verfügen konventionelle Lkw in den Achslastklassen 6 t und 7 t über deutlich höhere relative Anteile als Lang-Lkw. In Achslastklasse 8 t überwiegt der Anteil von Lang-Lkw-Achsen, die höheren Achslastklassen weisen keine ausgeprägten Unterschiede auf.

Die unternehmensbezogene Analyse der Achslastklassenverteilung zeigt infolge des unterschiedlichen Datenumfanges sowie der eingesetzten Fahrzeugtypen unterschiedliche Funktionsverläufe, wobei die grundsätzlichen Aussagen zum Direktverkehr und kombiniertem Verkehr weitgehend reflektiert werden. Einzige Ausnahme bildet der einzige, im Feldversuch eingesetzte 9-achsige Lang-Lkw, dessen maximale Achslasten unterhalb von 8 t liegen und somit im Hinblick auf die Kriterien der Straßenbeanspruchung deutlich günstigere Verhältnisse als äquivalente konventionelle Lkw bieten.

Die aus den Achslastverteilungen resultierenden Unterschiede von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw hinsichtlich der Beanspruchung des Oberbaus von Straßen wurden nach den RStO 12 [FGSV 2012] sowie nach den RDO Asphalt 2009 [FGSV 2009] ermittelt und analysiert. Die Anzahl äquivalenter 10-t-Achsübergänge nach den RStO 12 [FGSV 2012] weist für Lang-Lkw im Direktverkehr einen um 5 % niedrigeren Wert als für konventionelle Lkw aus. Im kombinierten Verkehr liegt die Anzahl äquivalenter 10-t-Achsübergänge von Lang-Lkw ca. 16 % unter der für äquivalente konventionelle Lkw. Hinsichtlich der Dimensionierung des Oberbaus nach den RStO 12 (FGSV 2012) liefern die Lang-Lkw des untersuchten Datenbestandes somit grundsätzlich marginal günstigere Kenngrößen als äquivalente konventionelle Lkw.

Zur Analyse der Auswirkung des Einsatzes von Lang-Lkw auf den Schichtenaufbau des Oberbaus von Straßen wurden vergleichende Betrachtungen des Gesamtkollektives BAB-Fernverkehr nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] mit und ohne Lang-Lkw durchgeführt. Hierzu wurde das Achslastkollektiv BAB-Fernverkehr durch unterschiedliche Anteile Lang-Lkw von 2 %, 5 % und 9 % rechnerisch modifiziert unter Anwendung der im vorliegenden Datenbestand ermittelten Kennwerte. Mit zunehmendem Anteil an Lang-Lkw ergibt sich dabei eine Verschiebung der relativen Häufigkeiten in Richtung der unteren Achslastklassen ≤ 6 t.

Im Ergebnis vergleichender Prozeduren der rechnerischen Dimensionierung nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009] mittels des Programmsystems TISAD [TU Dresden 2013] wurde der Einfluss der ermittelten Achslastkollektive BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw auf den Ermüdungsstatus am Ende der Nutzungsdauer von 30 Jahren sowie auf die zu erwartende Nutzungsdauer bis zum Erreichen eines Ermüdungsstatus von 100 % (= Grenze zum Versagen der Befestigung) untersucht.

Der Ermüdungsstatus spiegelt praktisch den „Verbrauch“ der mechanischen Widerstandskräfte der Asphaltbefestigung zum jeweiligen Betrachtungszeitpunkt wider. Im Vergleich zur Beanspruchung durch BAB-Fernverkehr ohne Lang-Lkw ergeben sich für BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw am Ende einer 30-jährigen Nutzungsdauer geringfügige Reduzierungen des Ermüdungsstatus. Somit verbleiben noch marginale Widerstandsreserven der Befestigung. Deren Größe steigt mit zunehmendem Anteil Lang-Lkw auf bis zu 0,7 % bei maximalem Lang-Lkw-Anteil von 9 % am BAB-Fernverkehr. Ursache hierfür ist das vergleichsweise geringfügig niedrigere Beanspruchungsniveau der Lang-Lkw auf die Straßenbefestigung als es konventionelle Lkw induzieren.

Betrachtet man die erreichte Nutzungsdauer bei Ermüdungsstatus 100 % und damit genau am Ende der vollständigen Gebrauchsfähigkeit einer Asphaltstraße, so beträgt diese unter der zugrunde gelegten Vergleichsbeanspruchung durch BAB-Fernverkehr ohne Lang-Lkw 30 Jahre. Bei Beanspruchung durch BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw erhöht sich die zu erwartende Nutzungsdauer auf rechnerisch bis zu 30,14 Jahre und damit marginal um 0,5 % bei einem geschätzten maximalen Lang-Lkw-Anteil von 9 %.

Im Vergleich des Beanspruchungsniveaus auf Straßenbefestigungen durch Fahrzeugkollektive mit Lang-Lkw und äquivalente Fahrzeugkollektive ohne Lang-Lkw zeigt sich auf der Grundlage des vorliegenden, stichprobenartigen Datenbestandes, dass keine nennenswerten Mehr- oder Minderbeanspruchungen festzustellen sind. Die rechneri-

sche Analyse liefert nur unwesentlich günstigere Werte für Fahrzeugkollektive mit Lang-Lkw in Form einer Erhöhung der prognostizierten Nutzungsdauer des Befestigungsaufbaus um maximal 0,5 %. Inwiefern sich ein genereller Einsatz von Lang-Lkw auf die Dimensionierung von Straßen auswirken wird, hängt von mehreren Faktoren, wie beispielsweise dem Anteil von Lang-Lkw am Gesamtkollektiv Schwerverkehr, dem zulässigen Gesamtgewicht, logistischen Optimierungsprozessen oder fahrzeugtechnischen Entwicklungen, ab.

Vor diesem Hintergrund werden im Zusammenhang mit dem Einsatz von Lang-Lkw weitere Untersuchungen unter Ausrichtung auf folgende Sachverhalte und Kriterien als zielführend eingeschätzt:

- Zur genauen und einzelachsbezogenen Datenerhebung sollten Achslastmessungen in den teilnehmenden Unternehmen über einheitlich definierte Zeiträume an allen im Einsatz befindlichen Lang-Lkw stattfinden.
- In die Achslastmessungen sind die von den Unternehmen eingesetzten äquivalenten konventionellen Lkw einzubeziehen, sofern diese parallel zu Lang-Lkw für die gleichen Transportaufgaben eingesetzt werden.
- Der Datenbestand sollte statistisch relevant über alle Typen Lang-Lkw und äquivalente konventionelle Lkw erhoben werden inklusive unternehmensspezifischer Fahrzeugkonfigurationen.
- Die Untersuchung des Beanspruchungsniveaus auf die Straßenbefestigung kann somit fahrzeugtypabhängig erfolgen und wichtige Erkenntnisse bezüglich der Auswirkung spezieller Fahrzeugkonfigurationen liefern. Besonders relevant erscheinen hierzu Untersuchungen zur Anzahl und zur Anordnung der Achsen von Lang-Lkw. Im Ergebnis sind entsprechende Empfehlungen zu fahrzeugtechnischen Kenn- und Grenzwerten von Lang-Lkw, gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Verkehrsart (Direktverkehr, kombinierter Verkehr) und der Fahrzeuggesamtmasse möglich.
- Auf dieser Datenbasis sind weiterführende, vergleichende Analysen hinsichtlich der Auswirkung des Beanspruchungspotenzials verschieden zusammengesetzter Lang-Lkw-Kollektive mit unterschiedlich hohem Anteil am Schwerverkehr realisierbar. Daraus können auf der Grundlage verschiedener Szenarien Prognosen zur zukünftigen Beanspruchung der Straßeninfrastruktur erstellt werden.

11 Literatur

[BASt 2002]

Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen, TLS 2002, Bergisch-Gladbach 2002

[BASt 2012.1]

Feldversuch mit Lang-Lkw, Informationen im Internet, www.bast.de/Fachthemen/Verkehrstechnik/ Feldversuch Lang-Lkw, Bergisch-Gladbach 2012

[BASt 2012.2]

Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen, TLS 2012, Bergisch-Gladbach 2012

[FGSV 2009]

Richtlinien zur rechnerischen Dimensionierung von Oberbauten für Verkehrsflächen mit Asphaltdecke, RDO Asphalt 09, Köln 2009

[FGSV 2012]

Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, RStO 12, Köln 2012

[TU Dresden 2013]

Technische Universität Dresden:

Test Interpretation, Structural Analysis and Design Tool for Pavements, Version V1.7, Dresden, 2013

[WOLF 2000]

Wolf, A.:

Analyse der im 1. Quartal 1998 im Rahmen des Probetriebes von 13 Achslastwaagen auf Bundesautobahnen in Hessen erfaßten Achslasten und Einzelfahrzeugdaten im Hinblick auf straßenbautechnische Fragestellungen, AP-Projekt 98 341, Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch Gladbach, 2000

[WOLF 2010]

Wolf, A.:

Modell zur straßenbautechnischen Analyse der durch den Schwerverkehr induzierten Beanspruchung des BAB-Netzes, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft S 61, Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch Gladbach, 2010

Anlage 1

Mittlere Zusammensetzung des konventionellen Schwerverkehrs auf verschiedenen Bundesautobahnen [WOLF 2010]

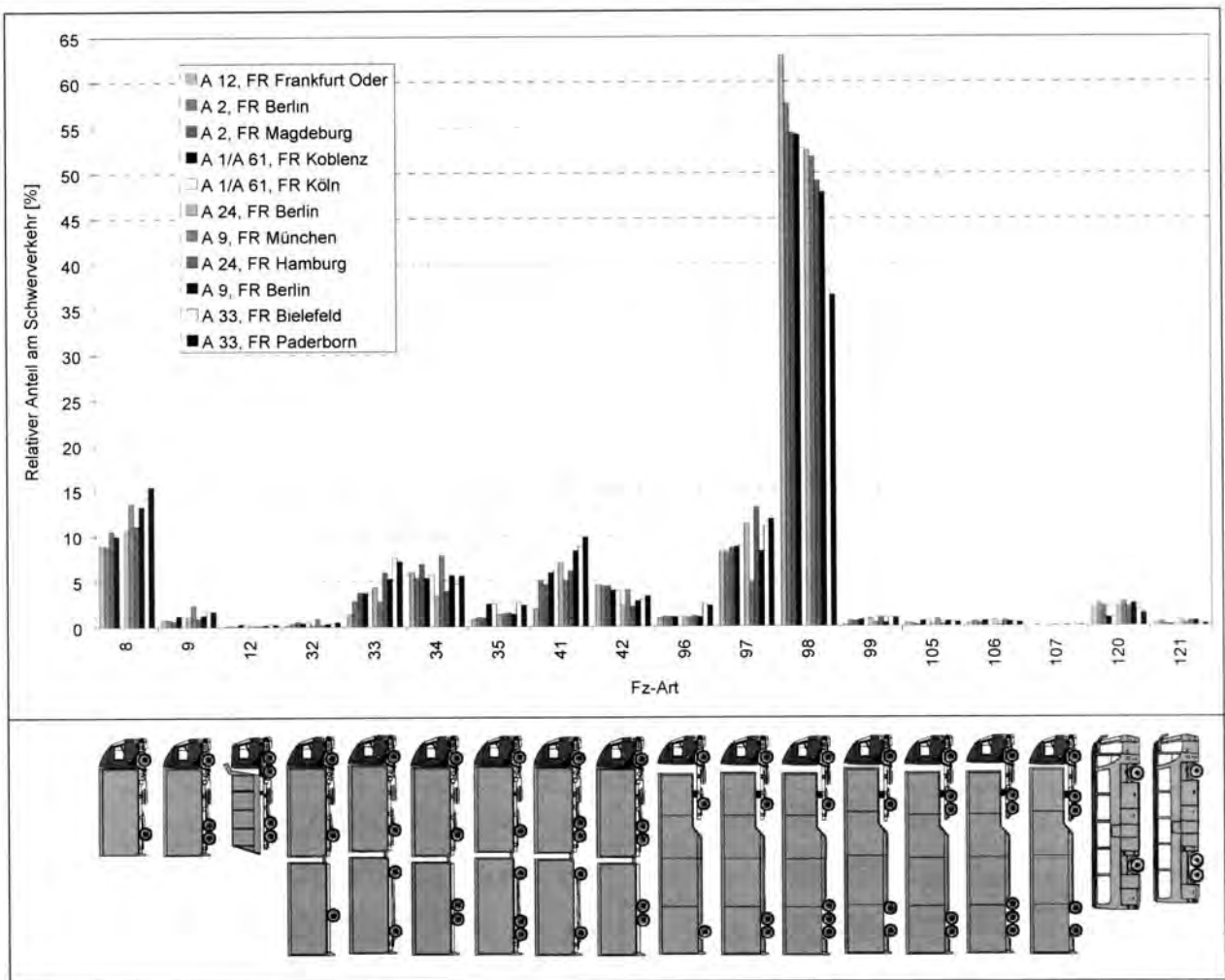


Bild 9: Mittlere Zusammensetzung des konventionellen Schwerververkehrs auf verschiedenen Bundesautobahnen [WOLF 2010]

Anlage 2

**Achslastklassen und zugeordnete Häufigkeiten nach den RDO Asphalt 09
[FGSV 2009]**

Bezeichnung	Achslastklasse (statische Achslast) [t]										
	0 – 2	2 – 4	4 – 6	6 – 8	8 – 10	10 – 12	12 – 14	14 – 16	16 – 18	18 – 20	>20
	Häufigkeit [%] der jeweiligen Achslastklasse										
BAB Fernverkehr ^{*)}	2,8396	21,4670	26,4848	30,7195	11,7032	4,9098	1,6540	0,2087	0,0126	0,0007	0,0001
BAB Mischverkehr ^{**)}	3,4940	24,9439	27,4935	26,3373	11,0538	4,6596	1,7180	0,2711	0,0257	0,0031	
BAB Stadtnahe Verkehr ^{***)}	4,0101	36,7995	29,3512	17,1376	7,5290	3,8888	1,1408	0,1399	0,0031		

^{*)} Fernverkehr entspricht der Verbindungsfunktionsstufe 0 und I, „kontinental/großräumig“ nach den „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (RAL)/bzw. „Richtlinien für die Anlage von Autobahnen“ (RAA)

^{**)} Mischverkehr entspricht der Verbindungsfunktionsstufe II „überregional“ nach den RAL/RAA

^{***)} Stadtnahe Verkehr entspricht der Verbindungsfunktionsstufe III „regional“ nach den RAL/RAA

Bild 10: Achslastklassen und zugeordnete Häufigkeiten nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009]

Anlage 3

Klassifizierung von Fahrzeugen nach den TLS 2012 [BASt 2012.2]

Fahrzeug- klasse bei 5+1 Klassen	Fahrzeug- klasse bei 8+1 Klassen	Code Fahrzeug- typ	Beschreibung des Fahrzeugtyps	Grenzwert für Überladung in kg
6	6	0	unbekannter Fahrzeugtyp / nicht zuordnungsbares Fahrzeug	
1	7	1	Pkw (E, E)	3500
2	2	2	Pkw mit Anhänger (E, E + E)	7000
2	2	3	Pkw mit Anhänger (E, E + Dp)	7000
1	11	4	Kleintransporter (E, E)	3500
2	2	5	Kleintransporter mit Anhänger (E, E + E)	7000
2	2	6	Kleintransporter mit Anhänger (E, E + Dp)	7000
		7	reserviert für spätere Definition	
3	3	8	Lkw (E, E)	18000
3	3	9	Lkw (E, Dp)	26000
3	3	10	Lkw (E, Dr)	32000
3	3	11	Lkw (Dp, E)	26000
3	3	12	Lkw (Dp, Dp)	32000
4	8	32	Lkw mit Anhänger(E, E + E)	28000
4	8	33	Lkw mit Anhänger(E, E + E, E)	36000
4	8	34	Lkw mit Anhänger(E, E + Dp)	36000
4	8	35	Lkw mit Anhänger (E, E + E, Dp)	40000
4	8	36	Lkw mit Anhänger (E, E + Dp, Dp)	40000
4	8	37	Lkw mit Anhänger(E, E + E, Dr)	40000
4	8	38	Lkw mit Anhänger(E, E + Dr)	40000
		39	reserviert für spätere Definitionen	
4	8	40	Lkw mit Anhänger(E, Dp + E)	36000
4	8	41	Lkw mit Anhänger (E, Dp + E, E)	40000
4	8	42	Lkw mit Anhänger(E, Dp + Dp)	40000
4	8	43	Lkw mit Anhänger (E, Dp + E, Dp)	40000
4	8	44	Lkw mit Anhänger (E, Dp + Dp, Dp)	40000
4	8	45	Lkw mit Anhänger (E, Dp + E, Dr)	40000
4	8	46	Lkw mit Anhänger(E, Dp + Dr)	40000
		47	reserviert für spätere Definitionen	
4	8	48	Lkw mit Anhänger(E, Dr + E)	40000
4	8	49	Lkw mit Anhänger(E, Dr + E, E)	40000
4	8	50	Lkw mit Anhänger(E, Dr + Dp)	40000
4	8	51	Lkw mit Anhänger(E, Dr + E, Dp)	40000
4	8	52	Lkw mit Anhänger(E, Dr + Dp, Dp)	40000
4	8	53	Lkw mit Anhänger(E, Dr + E, Dr)	40000
4	8	54	Lkw mit Anhänger(E, Dr + Dr)	40000

Fahrzeug- klasse bei 5+1 Klassen	Fahrzeug- klasse bei 8+1 Klassen	Code Fahrzeug- typ	Beschreibung des Fahrzeugtyps	Grenzwert für Überladung in kg
		55	reserviert für spätere Definitionen	
4	8	56	Lkw mit Anhänger(Dp, E + E)	36000
4	8	57	Lkw mit Anhänger(Dp, E + E , E)	40000
4	8	58	Lkw mit Anhänger(Dp, E + Dp)	40000
4	8	59	Lkw mit Anhänger (Dp, E + E, Dp)	40000
4	8	60	Lkw mit Anhänger (Dp, E + Dp, Dp)	40000
4	8	61	Lkw mit Anhänger (Dp, E + E, Dr)	40000
4	8	62	Lkw mit Anhänger(Dp, E + Dr)	40000
		63	reserviert für spätere Definitionen	
4	8	64	Lkw mit Anhänger(Dp, Dp + E)	40000
4	8	65	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + E , E)	40000
4	8	66	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + Dp)	40000
4	8	67	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + E, Dp)	40000
4	8	68	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + Dp, Dp)	40000
4	8	69	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + E, Dr)	40000
4	8	70	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + Dr)	40000
		71..95	reserviert für spätere Definitionen	
4	9	96	Sattelkraftfahrzeug (E, E + E)	28000
4	9	97	Sattelkraftfahrzeug (E, E + Dp)	36000
4	9	98	Sattelkraftfahrzeug (E, E + Dr)	40000
4	9	99	Sattelkraftfahrzeug (E, E + E, E)	38000
		100..103	reserviert für spätere Definitionen	
4	9	104	Sattelkraftfahrzeug (E, Dp + E)	36000
4	9	105	Sattelkraftfahrzeug (E, Dp + Dp)	44000
4	9	106	Sattelkraftfahrzeug (E, Dp + Dr)	44000
4	9	107	Sattelkraftfahrzeug (E, Dp + E, E)	44000
6	6	108	Sonderfahrzeug mit beliebig vielen Achsen und Achskombinationen	65000
		109..119	reserviert für spätere Definitionen	
5	5	120	Bus (E, E)	18000
5	5	121	Bus (E, Dp)	26000
5	5	122	Bus (E, E + E)	28000
5	5	123	Bus (E, E + Dp)	36000
5	5	124	Bus (E, Dp + E)	36000
5	5	125	Bus (E, Dp + Dp)	40000
		126...200	reserviert für spätere Definitionen	
1	-	201	PkwG	-
2	2	202	PkwA	-

Fahrzeug- klasse bei 5+1 Klassen	Fahrzeug- klasse bei 8+1 Klassen	Code Fahrzeug- typ	Beschreibung des Fahrzeugtyps	Grenzwert für Überladung in kg
3	3	203	Lkw	-
4	-	204	LkwK	-
5	5	205	Bus	-
6	6	206	nk Kfz	-
1	7	207	Pkw	-
4	8	208	Lkwa	-
4	9	209	Sattel-Kfz	-
1	10	210	Krad	-
1	11	211	Lieferwagen	-
		212...255	reserviert für spätere Definitionen	

Tabelle 2-12: Klassifizierung nach Silhouette und Achskonfiguration

E = Einzelachse

Dp = Doppelachse

Dr = Dreifachachse

+ = Kopplung für Anhänger, Auflieger etc.

Bild 11: Codierung der Fahrzeugtypen nach den TLS 2012 [BASt 2012.2]

Anlage 4

Codierung der Fahrzeugtypen Lang-Lkw

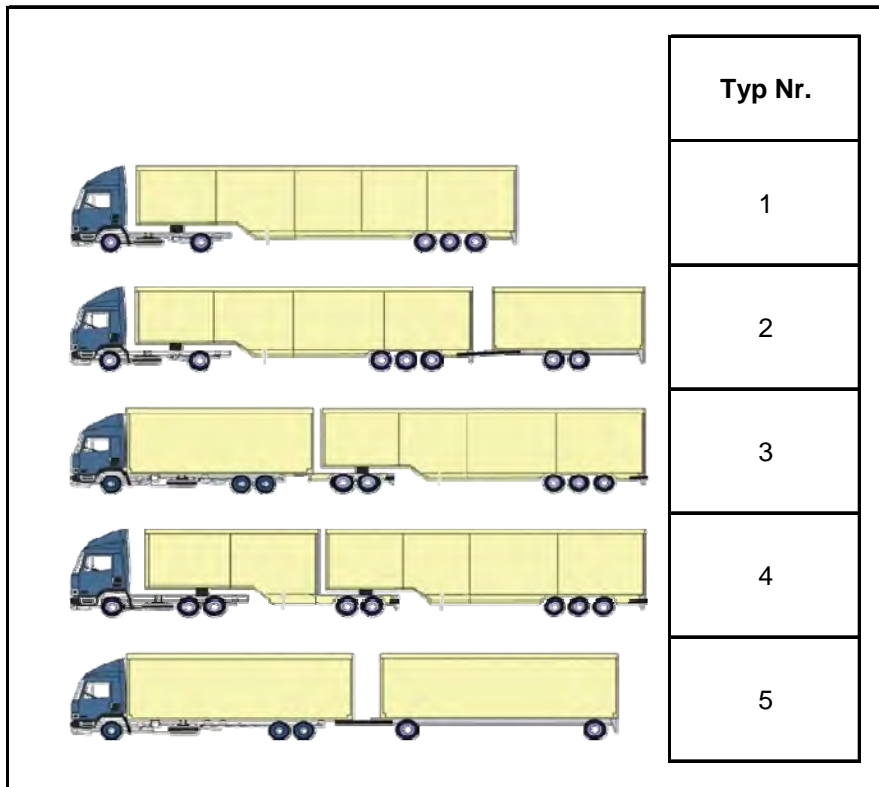


Bild 12: Nummerierung der Fahrzeugtypen Lang-Lkw nach [BASt 2012.1]

	Reihenfolge System TLS Variante 1	Code Nr. Variante 2	Code Nr. Variante 3	Code Nr. Variante 4
	1	L 1	301	311
	2	L 2	302	362
	3	L 3	303	402
	4	L 4	304	432
	5	L 5	305	502

Bild 13: Varianten zur Codierung von Fahrzeugtypen Lang-Lkw

Anlage 5

**Code-Nummern für Lang-Lkw in Anlehnung an die Systematik der TLS 2012
[BASt 2012.2]**

Tab. 19: Codierung von Lang-Lkw in Anlehnung an das System der TLS 2012 [2012.2]

Code FZTYP	Beschreibung des Fahrzeugtyps	Code FZTYP	Beschreibung des Fahrzeugtyps
300	Lkw mit Anhänger (E, E + E)	410	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E + E)
301	Lkw mit Anhänger (E, E + E, E)	411	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E + E, E)
302	Lkw mit Anhänger (E, E + Dp)	412	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E + Dp)
303	Lkw mit Anhänger (E, E + E, Dp)	413	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E + E, Dp)
304	Lkw mit Anhänger (E, E + Dp, Dp)	414	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E + Dp, Dp)
305	Lkw mit Anhänger (E, E + E, Dr)	415	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E + E, Dr)
310	Lkw mit Anhänger (E, Dp + E)	420	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dp + E)
311	Lkw mit Anhänger (E, Dp + E, E)	421	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dp + E, E)
312	Lkw mit Anhänger (E, Dp + Dp)	422	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dp + Dp)
313	Lkw mit Anhänger (E, Dp + E, Dp)	423	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dp + E, Dp)
314	Lkw mit Anhänger (E, Dp + Dp, Dp)	424	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dp + Dp, Dp)
315	Lkw mit Anhänger (E, Dp + E, Dr)	425	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dp + E, Dr)
320	Lkw mit Anhänger (E, Dr + E)	430	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dr + E)
321	Lkw mit Anhänger (E, Dr + E, E)	431	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dr + E, E)
322	Lkw mit Anhänger (E, Dr + Dp)	432	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dr + Dp)
323	Lkw mit Anhänger (E, Dr + E, Dp)	433	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dr + E, Dp)
324	Lkw mit Anhänger (E, Dr + Dp, Dp)	434	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dr + Dp, Dp)
325	Lkw mit Anhänger (E, Dr + E, Dr)	435	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + Dr + E, Dr)
330	Lkw mit Anhänger (Dp, E + E)	440	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E, E + E)
331	Lkw mit Anhänger (Dp, E + E, E)	441	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E, E + E, E)
332	Lkw mit Anhänger (Dp, E + Dp)	442	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E, E + Dp)
333	Lkw mit Anhänger (Dp, E + E, Dp)	443	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E, E + E, Dp)
334	Lkw mit Anhänger (Dp, E + Dp, Dp)	444	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E, E + Dp, Dp)
335	Lkw mit Anhänger (Dp, E + E, Dr)	445	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, E + E, E + E, Dr)
340	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + E)	450	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E + E)
341	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + E, E)	451	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E + E, E)
342	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + Dp)	452	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E + Dp)
343	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + E, Dp)	453	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E + E, Dp)
344	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + Dp, Dp)	454	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E + Dp, Dp)
345	Lkw mit Anhänger (Dp, Dp + E, Dr)	455	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E + E, Dr)
350	Lkw mit Sattelanhänger (E, E + Dp + E)	460	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dp + E)
351	Lkw mit Sattelanhänger (E, E + Dp + Dp)	461	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dp + E, E)
352	Lkw mit Sattelanhänger (E, E + Dp + Dr)	462	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dp + Dp)
353	Lkw mit Sattelanhänger (E, E + Dp + E, E)	463	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dp + E, Dp)
360	Lkw mit Sattelanhänger (E, Dp + Dp + E)	464	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dp + Dp, Dp)
361	Lkw mit Sattelanhänger (E, Dp + Dp + Dp)	465	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dp + E, Dr)
362	Lkw mit Sattelanhänger (E, Dp + Dp + Dr)	470	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dr + E)
363	Lkw mit Sattelanhänger (E, Dp + Dp + E, E)	471	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dr + E, E)
370	Lkw mit Sattelanhänger (E, Dr + Dp + E)	472	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dr + Dp)
371	Lkw mit Sattelanhänger (E, Dr + Dp + Dp)	473	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dr + E, Dp)
372	Lkw mit Sattelanhänger (E, Dr + Dp + Dr)	474	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dr + Dp, Dp)
373	Lkw mit Sattelanhänger (E, Dr + Dp + E, E)	475	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + Dr + E, Dr)
380	Lkw mit Sattelanhänger (Dp, E + Dp + E)	480	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E, E + E)
381	Lkw mit Sattelanhänger (Dp, E + Dp + Dp)	481	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E, E + E, E)
382	Lkw mit Sattelanhänger (Dp, E + Dp + Dr)	482	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E, E + Dp)
383	Lkw mit Sattelanhänger (Dp, E + Dp + E, E)	483	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E, E + E, Dp)
390	Lkw mit Sattelanhänger (Dp, Dp + Dp + E)	484	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E, E + Dp, Dp)
391	Lkw mit Sattelanhänger (Dp, Dp + Dp + Dp)	485	Sattelkraftfahrzeug mit Anhänger (E, Dp + E, E + E, Dr)
392	Lkw mit Sattelanhänger (Dp, Dp + Dp + Dr)	490	Sattelkraftfahrzeug mit Sattelanhänger (E, E + Dp + E)
393	Lkw mit Sattelanhänger (Dp, Dp + Dp + E, E)	491	Sattelkraftfahrzeug mit Sattelanhänger (E, E + Dp + Dp)
400	Sattelkraftfahrzeug (E, E + E)	492	Sattelkraftfahrzeug mit Sattelanhänger (E, E + Dp + Dr)
401	Sattelkraftfahrzeug (E, E + Dp)	493	Sattelkraftfahrzeug mit Sattelanhänger (E, E + Dp + E, E)
402	Sattelkraftfahrzeug (E, E + Dr)	500	Sattelkraftfahrzeug mit Sattelanhänger (E, Dp + Dp + E)
403	Sattelkraftfahrzeug (E, E + E, E)	501	Sattelkraftfahrzeug mit Sattelanhänger (E, Dp + Dp + Dp)
		502	Sattelkraftfahrzeug mit Sattelanhänger (E, Dp + Dp + Dr)
		503	Sattelkraftfahrzeug mit Sattelanhänger (E, Dp + Dp + E, E)

Anlage 6

Erhebungsformular zur Dokumentation der Achslast- und Fahrzeugdaten

Achslastdokumentation durch Speditionen / Begleitende

1. Spedition/Unternehmen:

2. Datum: Uhrzeit: (hh:min)

4. Amtl. Kennzeichen am Motorwagen:

Fahrzeugkombination: (zutreffende bitte ankreuzen!)



Sattelzugmaschine mit Sattelanhänger (Sattelkraftfahrzeug)



Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger



Lastkraftwagen mit Untersetzachse und Sattelanhänger



Sattelkraftfahrzeug mit einem weiteren Sattelanhänger



Lastkraftwagen mit einem Anhänger

andere

5. Achsfolge:

1. Achse	2. Achse	3. Achse	4. Achse	5. Achse	6. Achse	7. Achse	8. Achse
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Achslast [t]:

--	--	--	--	--	--	--	--

(im Beladungszustand)

6. Bemerkungen:

Vielen Dank für Ihre Unterstützung !

Bitte zurück an: oder per Fax an: oder per Mail an:

Bild 14: Formular zur Achslastdokumentation durch Transportunternehmen oder Beteiligte

Anlage 7

Datenbankstruktur der Online-Erfassung zu FE 89.273

Tab. 20: Datenbankstruktur der Online-Erfassung mit relevanten Datenfeldern zum vorliegenden Projekt

Spalten- bezeichnung	Bedeutung
<i>Roh_Fahrten</i>	
fa_id 1	1. Identifikationsnummer der Fahrt
fa_id 2	2. Identifikationsnummer der Fahrt
fa_id 3	3. Identifikationsnummer der Fahrt
fa_u	Identifikationsnummer des Unternehmens
fa_q1	für die Fahrt genutzte Fahrzeugkombination
fa_q2	Quelle der Fahrt (Startort), gegebenenfalls mit konkreter Angabe der Adresse
fa_q3	Route die während der Fahrt zwischen Quelle und Senke gewählt wurde
fa_q4	Senke der Fahrt (Zielort), gegebenenfalls mit konkreter Angabe der Adresse
fa_q5	Transportdistanz der Fahrt, Angabe in Kilometer (km)
fa_q6	Fahrtzeit, Angabe in Stunden (h); ausschließlich für die Fahrt benötigte Zeit ohne Angabe von Be-/Entladezeiten
fa_q7	Art der Quelle
fa_q8	Art der Senke
fa_q9	Art der Fahrt
fa_q10	KV-Einsatz während der Fahrt (KV = Kombiniertes Verkehr)
fa_q11	notwendiger Umschlag wegen Probleme bei der Befahrbarkeit der ersten Meile
fa_q12	notwendiger Umschlag wegen Probleme bei der Befahrbarkeit der letzten Meile
fa_q13	alternative Fahrzeugkombination an Stelle des Lang-Lkw
fa_q14	Anzahl der Fahrten für den Transport bei Einsatz eines konventionellen Lkw
fa_q15	Datum - Start der Fahrt (tt.mm.jjjj)
fa_q16	Uhrzeit - Start der Fahrt
fa_q17	Leerfahrt
fa_q18	durchschnittl. Kraftstoffverbrauch des LangLkw pro Relation, Angabe in Liter (l)
fa_q19_xx	Gutart xx der während der Fahrt beförderten Güter, Einteilung nach NST 2007
fa_q19_1	Erzeugnisse der Landwirtschaft, Jagd und Forstwirtschaft; Fische und Fischereierzeugnisse
fa_q19_2	Kohle; rohes Erdöl und Erdgas
fa_q19_3	Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse; Torf; Uran- und Thoriumerze
fa_q19_4	Nahrungs- und Genussmittel
fa_q19_5	Textilien und Bekleidung; Leder und Lederwaren

Spaltenbezeichnung	Bedeutung
fa_q19_6	Holz sowie Holz-, Kork- und Flechtwaren (ohne Möbel); Papier, Pappe und Waren daraus; Verlags- und Druckerzeugnisse, bespielte Ton-, Bild und Datenträger
fa_q19_7	Kokereierzeugnisse und Mineralölerzeugnisse
fa_q19_8	Chemische Erzeugnisse und Chemiefasern; Gummi- und Kunststoffwaren; Spalt- und Brutstoffe
fa_q19_9	Sonstige Mineralerzeugnisse
fa_q19_10	Metalle und Halbzeug daraus; Metallerzeugnisse, ohne Maschinen und Geräte
fa_q19_11	Maschinen und Ausrüstungen a.n.g.; Büromaschinen, Datenverarbeitungsgeräte und -einrichtungen; Geräte der Elektrizitätserzeugung und -verteilung u. ä.; Nachrichtentechnik, Rundfunk- und Fernsehgeräte sowie elektronische Bauelemente; Medizin-, Mess-, steue
fa_q19_12	Fahrzeuge
fa_q19_13	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren und sonstige Erzeugnisse
fa_q19_14	Sekundärrohstoffe; kommunale Abfälle und sonstige Abfälle
fa_q19_15	Post, Pakete
fa_q19_16	Geräte und Material für die Güterbeförderung
fa_q19_17	Im Rahmen von privaten und gewerblichen Umzügen beförderte Güter; Gepäckstücke und Gegenstände, die von Reisenden mitgenommen werden; zum Zwecke der Reparatur bewegte Fahrzeuge; sonstige nichtmarktbestimmte Güter a.n.g.
fa_q19_18	Sammelgut: eine Mischung verschiedener Arten von Gütern, die zusammen befördert werden
fa_q19_19	Nicht identifizierbare Güter: Güter, die sich aus irgendeinem Grund nicht genau bestimmen lassen und daher nicht den Gruppen 01-16 zugeordnet werden können
fa_q19_20	Sonstiges
fa_q19_20_1	Bezeichnung des sonstigen Gutes
fa_q20	Ladungsgewicht, netto, Angabe in Tonnen (t)
fa_q21	Ladungsvolumen, Angabe in Kubikmeter (m ³)
fa_q22	Auslastung der Stellfläche durch die Ladung, Angabe in Prozent (%)
fa_q23_1	Art des Transportbehälters 1
fa_q23_2	Art des Transportbehälters 2
fa_q23_3	Art des Transportbehälters 3
fa_q24_1	Form der Ladung, andere Ladungsform
fa_q24_2	Form der Ladung, Behälter / Wechselaufbau
fa_q24_3	Form der Ladung, Gebündelte Güter
fa_q24_4	Form der Ladung, KV (Straße / Schiene)
fa_q24_5	Form der Ladung, Massengüter (unverpackt)
fa_q24_6	Form der Ladung, Palettiertes Gut
fa_q24_7	Form der Ladung, Stückgut

Spaltenbezeichnung	Bedeutung
<i>Roh_Unternehmen</i>	
u id 1	1. Identifikationsnummer des Unternehmens
u id 2	2. Identifikationsnummer des Unternehmens
u u 1	Identifikationsnummer des Unternehmens
u u 2	Name des Unternehmens
u u 3	Adresse des Unternehmens
u u 4	Ansprechpartner der Unternehmens
u q1 x	Wirtschaftszweig x des Unternehmens nach NACE Code
u q1 a	Land- und Fortswirtschaft, Fischerei
u q1 b	Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
u q1 c	Verarbeitendes Gewerbe / Herstellung von Waren
u q1 d	Energieversorgung
u_q1_e	Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen
u q1 f	Baugewerbe / Bau
u q1 g	Handel; Instandhaltung und Reperatur von Kraftfahrzeugen
u q1 h	Verkehr und Lagerei
u q1 i	Gastgewerbe / Beherbergung und Gastronomie
u q1 j	Information und Kommunikation
u q1 k	Erbringung von Finanz- und Versicherungsleistungen
u q1 l	Grundstücks- und Wohnungswesen
u_q1_m	Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen
u q1 n	Erbringung von sonstigen Wirtschaftlichen Dienstleistungen
u q1 o	Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung
u q1 p	Erziehung und Unterricht
u q1 q	Gesundheits- und Sozialwesen
u q1 r	Kunst, Unterhaltung und Erholung
u q1 s	Erbringung von sonstigen Dienstleistung
u_q1_t	Private Haushalte mit Hauspersonal; Herstellung von Waren und Erbringung von Dienstleistungen durch private Haushalte für den Eigenbedarf ohne ausgeprägten Schwerpunkt
u q1 u	Exterritoriale Organisation und Körperschaften
u q2	Art des Unternehmens
u q3 1	Marktsegment des Unternehmens =Ladungsverkehre
u q3 2	Marktsegment des Unternehmens =Teilladungsverkehre
u q3 3	Marktsegment des Unternehmens =Stückgut/Sammelgutverkehre
u q3 4	Marktsegment des Unternehmens =Kurier- /Express- /Paketdienste
u q3 5	Marktsegment des Unternehmens =Gefahrgutverkehre
u q3 6	Marktsegment des Unternehmens =Temperaturgeführte Verkehre
u q3 7	Marktsegment des Unternehmens =Tank- und Silotransporte
u q3 8	Marktsegment des Unternehmens =Sonstiges mit Freitexteingabe

Spaltenbezeichnung	Bedeutung
u_q3_8_1	Marktsegment des Unternehmens =Sonstiges
u_q4_1	hauptsächlich transportierte Gutart =Landwirtschaftliche Erzeugnisse
u_q4_2	hauptsächlich transportierte Gutart =Kohle, Erze
u_q4_3	hauptsächlich transportierte Gutart =Möbel /Umzugsgut
u_q4_4	hauptsächlich transportierte Gutart =Messe /Kunstgut
u_q4_5	hauptsächlich transportierte Gutart =Sonstige Güter mit Freitexteingabe
u_q4_5_1	hauptsächlich transportierte Gutart =Sonstige Güter
u_q4_6	hauptsächlich transportierte Gutart =Mineralölprodukte
u_q4_7	hauptsächlich transportierte Gutart =Baustoffe
u_q4_8	hauptsächlich transportierte Gutart =Düngemittel
u_q4_9	hauptsächlich transportierte Gutart =Chemische Güter
u_q4_10	hauptsächlich transportierte Gutart =Lebensmittel /-grundstoffe
u_q4_11	hauptsächlich transportierte Gutart =Textilien
u_q4_12	hauptsächlich transportierte Gutart =Maschinen
u_q4_13	hauptsächlich transportierte Gutart =Kfz
u_q5	Anzahl der Mitarbeiter (davon Lkw-Fahrer)
u_q6	Fuhrparkstruktur: Anzahl Lkw $\leq 7,5t$
u_q7	Fuhrparkstruktur: Anzahl Lkw $> 7,5t$
u_q8	Fuhrparkstruktur: Anzahl Lang-Lkw
u_q9	Anzahl der Standorte des Unternehmens im Ausland
u_q10	Anzahl der Standorte des Unternehmens im Inland
u_q11	Anzahl der Sendungen per Lang-LKW
u_q12	Anzahl der pro Jahr transportierten Tonnen gesamt
u_q13	Anzahl Tonnen per Straße pro Jahr
u_q14	Anzahl Tonnen per Strasse und Lang-Lkw pro Jahr
u_q15	Jahresumsatz letztes Geschäftsjahr
u_q16	Anzahl der Sendungen (gesamt) pro Jahr
u_q16_1	Anteil der Sendungen pro Jahr per Straße
u_q16_2	Anteil der Sendungen pro Jahr per Schiene
u_q16_3	Anteil der Sendungen pro Jahr per KV (Straße - Schiene)
u_q16_4	Anteil der Sendungen pro Jahr per KV (Straße - Binnenschiff)
u_q16_5	Anteil der Sendungen pro Jahr per Binnenschiff
u_q17	Befahrung von innerörtlicher Straßen mit Lang-Lkw: Anzahl km pro Fahrt
u_q18	Befahrung von innerörtlicher Straßen mit Lang-Lkw: Anzahl innerörtlicher Knotenpunkte pro Fahrt =Abbiegevorgänge
u_q19	Befahrung von Bahnübergängen mit Lang-Lkw
u_q20	Befahrung von Landstraßen mit Lang-Lkw: Anzahl km pro Fahrt
u_q21	Anzahl der Arbeitsstellen der BAB auf der Lang-Lkw-Route
u_q22	Befahrung von T&R -Anlagen mit dem Lang-Lkw
u_q23	Vorhandensein eines Gleisanschlusses
u_q24	Entfernung bis zum nächsten Umschlagsterminal, Angabe in Kilometer (km)

Spaltenbezeichnung	Bedeutung
u_q25	Art des nächsten Umschlagsterminals
u_q26	Durchschnittliche Fahrerkosten pro Jahr, Angabe in Euro (€)
u_q27	Zuschlag Lohn bei Fahrern eines Lang-Lkw, Angabe in Prozent (%)
u_q28	Welche Regelung halten Sie für unangemessen/unnötig?
u_q29	Welche Regelung hat Schwierigkeiten bei der technischen Umsetzung verursacht?
u_q30	Welche Regelung hat Schwierigkeiten bei der administrativen Umsetzung verursacht?
u_q31	Welche Regelung sollte ggf. klarer gefasst werden?
u_q32	Was wäre Ihr Wunsch für eine neue Ausnahmereverordnung?
Roh_Fahrzeugmodule	
m_id 1	1. Identifikationsnummer des Fahrzeugmoduls
m_id 2	2. Identifikationsnummer des Fahrzeugmoduls
m_id 3	3. Identifikationsnummer des Fahrzeugmoduls
m_q1	Typ des Lkw-Moduls, Typennummer oder Freitexteingabe
m_q2	Hersteller des Lkw-Moduls
m_q3	Ladekapazität: Nutzlast, Angabe in Tonnen (t)
m_q4	Ladekapazität: Volumen, Angabe in Kubikmeter (m ³)
m_q5	Ladekapazität: Anzahl und Art der Stellplätze
m_q6	Ladekapazität: Anzahl der Lademeter
Roh_Fahrzeugkombination	
k_id 1	1. Identifikationsnummer der Fahrzeugkombination
k_id 2	2. Identifikationsnummer der Fahrzeugkombination
k_id 3	3. Identifikationsnummer der Fahrzeugkombination
k_q1	Fahrzeugkombination-ID
k_q2_1	Aus welchen Modulen setzt sich die Fahrzeugkombination zusammen?
k_q2_2	Aus welchen Modulen setzt sich die Fahrzeugkombination zusammen?, Angabe von Typen und Typennummer
k_q3_1	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: Bulk
k_q3_2	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: General Truck Load, Komplettladungen
k_q3_3	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: Hinterlandverkehre (See- und Binnenhafen)

Spaltenbezeichnung	Bedeutung
k_q3_4	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: KEP /Post
k_q3_5	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: Kontraktlogistik
k_q3_6	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: Lagerhaltungs-, Terminalverkehre
k_q3_7	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: LTL, Stückgut, Teilladungsverkehre, Systemverkehre
k_q3_8	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: Luftfracht
k_q3_9	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: Projektladung
k_q3_10	Einsatzbereich Lang-Lkw in Cluster: Temperaturgeführte Verkehre
k_q4_1	Einsatzbereich Lang-Lkw in Form der Ladung: andere Ladungsform
k_q4_2	Einsatzbereich Lang-Lkw in Form der Ladung: Behälter (20/40ft DC Container) /Wechselaufbau
k_q4_3	Einsatzbereich Lang-Lkw in Form der Ladung: Gebündelte Güter
k_q4_4	Einsatzbereich Lang-Lkw in Form der Ladung: KV (Strasse /Schiene)
k_q4_5	Einsatzbereich Lang-Lkw in Form der Ladung: Massengüter (unverpackt)
k_q4_6	Einsatzbereich Lang-Lkw in Form der Ladung: Palettiertes Gut
k_q4_7	Einsatzbereich Lang-Lkw in Form der Ladung: Stückgut
k_q5	durchschnittl. Gesamtkostensätze Lang-Lkw pro Stellplatzkilometer, Angabe in Euro (€)
k_q6	durchschnittl. Kraftstoffverbrauch Lang-Lkw je 100km, Angabe in Liter (l)
k_q7	Unterschied durchschnittl. Kraftstoffverbrauch Lang-Lkw zu konventionellem Lkw, Angabe in Prozent (%)
k_q8	durchschnittl. Mautkosten Lang-Lkw pro Fahrt, Angabe in Euro (€)
k_q9	durchschnittl. Gesamtkostensätze Lang-Lkw pro Tonnenkilometer (Tkm), Angabe in Euro (€)
k_q10	durchschnittl. Gesamtkostensätze Lang-Lkw pro Lkwkilometer (Lkwkm), Angabe in Euro (€)
k_q11	Unterschied durchschnittl. Gesamtkostensätze Lang-Lkw zu konventionellem Lkw pro Tonnenkilometer (Tkm), Angabe in Prozent (%)
k_q12	Unterschied durchschnittl. Gesamtkostensätze Lang-Lkw zu konventionellem Lkw pro Lkwkilometer (Lkwkm), Angabe in Prozent (%)
k_q13	Unterschied durchschnittl. Gesamtkostensätze Lang-Lkw zu konventionellem Lkw pro Stellplatzkilometer, Angabe in Prozent (%)
k_q14	Motivation/Gründe für die Auswahl dieser Typkombination Lang-Lkw

Anlage 8

Erhebungszeiträume

Tab. 21: Erhebungszeiträume der Achslastdatenerfassung

Unternehmen Nr.	Zeitraum 1		Zeitraum 2		Zeitraum 3		Zeitraum 4		Zeitraum 5	
	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
U 1	11.03.2013	28.03.2013	08.04.2013	12.04.2013	23.04.2013	26.04.2013	06.05.2013	31.07.2013		
U 2	03.04.2013	01.06.2013								
U 3	05.06.2013	05.07.2013								
U 4	18.04.2013	30.05.2013								
U 5	09.04.2013	31.05.2013								
U 6	24.04.2013	16.05.2013								
U 7	16.04.2013	31.05.2013								
U 8	17.03.2013	26.03.2013	07.04.2013	17.04.2013	13.05.2013	27.05.2013	09.06.2013	23.06.2013		
U 9	12.03.2013	03.05.2013	17.05.2013	09.08.2013	19.08.2013	24.08.2013	02.09.2013	02.09.2013	14.09.2013	20.09.2013
U 10	04.04.2013	31.05.2013								
U 11	05.04.2013	26.04.2013	06.05.2013	31.05.2013						
U 12	13.06.2013	24.06.2013								
U 13	25.03.2013	31.05.2013								
U 14	06.05.2013	31.05.2013								
U 15	27.03.2013	27.03.2013								
U 16	11.04.2013	17.04.2013	15.05.2013	16.05.2013	29.05.2013	13.06.2013				
U 17	04.03.2013	26.03.2013	02.04.2013	26.04.2013	10.06.2013	27.06.2013				
U 18	12.03.2013	26.03.2013	02.04.2013	12.04.2013	26.04.2013	02.08.2013				

Anlage 9

Datenbankstruktur zur Dokumentation der Achslastdaten









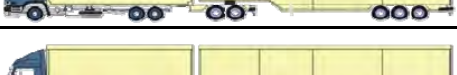









Tab. 22: Struktur der Eingabedatenbank zur Achslastdokumentation

Feldname	Inhalt
ID	Identifikationsnummer
SPEDITION	Name des Unternehmens
DATUM	Datum
UHRZEIT	Uhrzeit
KENNZEICHEN	polizeiliches Kennzeichen des Motorwagens
TYPLLKW	Typ LLkw gemäß BASt-Nummerierung
BEMERKUNG	Bemerkungen auf Erhebungsformular
AL A1	Achslast Achse 1 [t]
AL A2	Achslast Achse 2 [t]
AL A3	Achslast Achse 3 [t]
AL A4	Achslast Achse 4 [t]
AL A5	Achslast Achse 5 [t]
AL A6	Achslast Achse 6 [t]
AL A7	Achslast Achse 7 [t]
AL A8	Achslast Achse 8 [t]
AL A9	Achslast Achse 9 [t]
AL A1-3	Summe Achslast Achsen 1 bis 3 [t]
AL A2-3	Summe Achslast Achsen 2 und 3 [t]
AL A3-4	Summe Achslast Achsen 3 und 4 [t]
AL A4-5	Summe Achslast Achsen 4 und 5 [t]
AL A4-6	Summe Achslast Achsen 4 bis 6 [t]
AL A4-8	Summe Achslast Achsen 4 bis 8 [t]
AL A5-7	Summe Achslast Achsen 5 bis 7 [t]
AL A6-7	Summe Achslast Achsen 6 bis 7 [t]
AL A6-8	Summe Achslast Achsen 6 bis 8 [t]
G ZM	Summe Achslasten Zugmaschine [t]
G AH	Summe Achslasten Auflieger/Hänger [t]
G DO	Summe Achslasten Aufliegerachse (Dolly) [t]
G FZ	Fahrzeuggesamtgewicht [t]
G LA	Ladungsgewicht [t]
K1 A1	Kennung zu Achse 1: Wertursprung 1 = Eingabewert 2 = Berechnungswert
K2 A1	Kennung zu Achse 1: Achsart Ei = Einzelachse Do = Doppelachse Dr = Dreifachachse
K1 A2	Kennung zu Achse 2: Wertursprung (wie oben)
K2 A2	Kennung zu Achse 2: Achsart (wie oben)
K1 A3	Kennung zu Achse 3: Wertursprung (wie oben)
K2 A3	Kennung zu Achse 3: Achsart (wie oben)
K1 A4	Kennung zu Achse 4: Wertursprung (wie oben)
K2 A4	Kennung zu Achse 4: Achsart (wie oben)
K1 A5	Kennung zu Achse 5: Wertursprung (wie oben)
K2 A5	Kennung zu Achse 5: Achsart (wie oben)
K1 A6	Kennung zu Achse 6: Wertursprung (wie oben)
K2 A6	Kennung zu Achse 6: Achsart (wie oben)
K1 A7	Kennung zu Achse 7: Wertursprung (wie oben)
K2 A7	Kennung zu Achse 7: Achsart (wie oben)
K1 A8	Kennung zu Achse 8: Wertursprung (wie oben)
K2 A8	Kennung zu Achse 8: Achsart (wie oben)
K1 A9	Kennung zu Achse 9: Wertursprung (wie oben)
K2 A9	Kennung zu Achse 9: Achsart (wie oben)

Anlage 10

Fahrzeugkonfigurationen von Lang-Lkw mit Achslastdokumentation

Tab. 23: Fahrzeugkonfigurationen mit Achslastdokumentation

Unternehmen Nr.	Typ LLkw	Anzahl Achsen	KV	Symbol
U 1	3	8	ja	
U 2	3	7		
U 3	2	7		
U 4	4	8	ja	
U 5	2	7		
U 6	3	8		
U 7	3	8		
U 8	3	8		
U 9	3	8		
U 10	2	7	ja	
U 11	3	8		
U 12	3	8		
U 13	3	7		
U 14	2	7		
U 15	5	6		
U 16	4	9		
U 17	3	8		
U 18	3	7		

Anlage 11

Berechnungsprozeduren zur Ermittlung von Einzelachslasten

Tab. 24: Berechnung von Einzelachslasten

Untern. Nr.	Anzahl Fahrten	Feld	Wert	Anzahl DS	Ermittlung
U 1	281	AL 3	= 0	183	Achse geliftet
		AL 4	fehlt	281	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	281	
		AL 6	fehlt	281	
		AL 7	fehlt	281	rechnerisch durch Drittelung AL 6-8
		AL 8	fehlt	281	
U 2	629	AL 3	fehlt	629	rechnerisch durch Halbierung AL 3-4
		AL 4	fehlt	629	
		AL 5	fehlt	629	
		AL 6	fehlt	629	rechnerisch durch Drittelung AL 5-7
		AL 7	fehlt	629	
		AL 3-4	fehlt	1	rechnerisch aus prozentualer Verteilung der Datensätze mit gleicher AL 5-7
U 3	44	AL 6	fehlt	44	rechnerisch durch Halbierung AL 6-7
		AL 7	fehlt	44	
U 4	17	AL 1	fehlt	alle	rechnerisch aus Gesamtgewicht und aus prozentualer Verteilung AL1 zu AL2 Unternehmen Nr. U 10
		AL 2	fehlt	alle	
U 5	46	AL 1	fehlt	1	rechnerisch durch arithmetischen Mittelwert der übrigen Datensätze
		AL 3	= 0	1	Achse geliftet
		AL 5	= 0	1	Achse geliftet
U 6	20	AL 4	fehlt	20	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	20	
		AL 6	fehlt	20	
		AL 7	fehlt	20	rechnerisch durch Drittelung AL 6-8
		AL 8	fehlt	20	
U 7	112	AL 1	fehlt	112	rechnerisch aus G ZM und prozentualer Verteilung AL1 bis AL3 eines anderen Lang-Lkw des Unternehmens
		AL 2	fehlt	112	
		AL 3	fehlt	112	
		AL 4	fehlt	112	rechnerisch durch Halbierung G DO
		AL 5	fehlt	112	
		AL 6	fehlt	112	rechnerisch durch Drittelung G AH
		AL 7	fehlt	112	
		AL 8	fehlt	112	
U 8	22	AL 4	fehlt	18	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	18	
		AL 6	fehlt	18	
		AL 7	fehlt	18	rechnerisch durch Drittelung AL 6-8
		AL 8	fehlt	18	
		AL 4	fehlt	4	
		AL 5	fehlt	4	rechnerisch aus AL 4-8 und prozentualer Verteilung der übrigen, berechneten Datensätze
		AL 6	fehlt	4	
		AL 7	fehlt	4	
		AL 8	fehlt	4	

Untern. Nr.	Anzahl Fahrten	Feld	Wert	Anzahl DS	Ermittlung
U 9	256	AL 2	fehlt	5	AL 2 = AL 2-3 (AL 3 = 0 = geliftet)
		AL 3	fehlt	5	
		AL 3	fehlt	16	= 0 , da Achse geliftet
		AL 4	fehlt	256	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	256	
		AL 6	fehlt	256	rechnerisch durch Drittelung AL 6-8
		AL 7	fehlt	256	
		AL 8	fehlt	256	
U 11	195	AL 4	fehlt	196	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	196	rechnerisch durch Drittelung AL 6-8
		AL 6	fehlt	196	
		AL 7	fehlt	196	
		AL 8	fehlt	196	
U 12	12	AL 4	fehlt	6	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	6	rechnerisch durch Drittelung AL 6-8
		AL 6	fehlt	6	
		AL 7	fehlt	6	
		AL 8	fehlt	6	
U 13	79	AL 2	fehlt	8	rechnerisch = AL2-3 (Achse 3 geliftet)
		AL 3	fehlt	29	= 0 , da Achse geliftet
		AL 4	fehlt	38	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	38	
		AL 6	fehlt	39	rechnerisch durch Halbierung AL 6-7
		AL 7	fehlt	39	
U 15	1	AL 4	fehlt	alle	rechnerisch durch Drittelung AL 4-6
		AL 5	fehlt	alle	
		AL 6	fehlt	alle	
U 17	81	AL 4	fehlt	20	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	20	rechnerisch durch Drittelung AL 6-8
		AL 6	fehlt	20	
		AL 7	fehlt	20	
		AL 8	fehlt	20	
U 18	174	AL 1	fehlt	13	rechnerisch aus AL 1-3 und prozentualer Verteilung der übrigen Datensätze
		AL 2	fehlt	13	
		AL 3	fehlt	13	
		AL 4	fehlt	174	rechnerisch durch Halbierung AL 4-5
		AL 5	fehlt	174	
		AL 6	fehlt	174	rechnerisch durch Halbierung AL 6-7
		AL 7	fehlt	174	

Anlage 12

Datenüberprüfung mittels externer Achslastdokumentation

Tab. 25: Abgleich der Dokumentation erfasster Achslasten von beteiligten Forschungsnehmern und Unternehmen

Beteiligte	Unternehmen	Datum	Prüfergebnis	Bemerkung
FE 09.181	U 13	25.03.2013	---	kein äquivalentes Datenblatt des Unternehmens vorhanden
FE 09.181	U 13	25.03.2013	---	kein äquivalentes Datenblatt des Unternehmens vorhanden
FE 09.181	U 17	26.03.2013	weitgehende Übereinstimmung	unterschiedliche Datenfelder ausgefüllt
FE 09.181	U 15	27.03.2013	keine Übereinstimmung	nur pauschale Angaben des Unternehmens vorhanden
FE 09.181	U 18	09.04.2013	Übereinstimmung	
FE 09.181	U 10	09.04.2013	---	Kopie des Datenblattes des Unternehmens
FE 09.181	U 10	09.04.2013	---	Kopie des Datenblattes des Unternehmens
FE 09.181	U 4	10.04.2013	---	keine Gewichtsangaben enthalten
FE 09.181	U 11	10.04.2013	Übereinstimmung	
FE 09.181	U 16	11.04.2013	Übereinstimmung	
FE 09.180	U 6	06.03.2013	---	kein äquivalentes Datenblatt des Unternehmens vorhanden; vergleichbare Datensätze stimmen überein
FE 09.180	U 7	06.03.2013	---	kein äquivalentes Datenblatt des Unternehmens vorhanden; vergleichbare Datensätze stimmen überein

Anlage 13

Verteilung der Fahrzeuggesamtmassen

Tab. 26: Verteilung der Fahrzeuggesamtmassen

Direktverkehr				Kombinierter Verkehr			
Fahrzeuggesamtmasse [t]	Anzahl Fahrten	relative Häufigkeit	Summenhäufigkeit	Fahrzeuggesamtmasse [t]	Anzahl Fahrten	relative Häufigkeit	Summenhäufigkeit
16	0	0,00%	0,00%	16	0	0,00%	0,00%
17	0	0,00%	0,00%	17	1	0,21%	0,21%
18	0	0,00%	0,00%	18	0	0,00%	0,21%
19	0	0,00%	0,00%	19	0	0,00%	0,21%
20	0	0,00%	0,00%	20	2	0,41%	0,62%
21	27	1,55%	1,55%	21	0	0,00%	0,62%
22	27	1,55%	3,09%	22	3	0,62%	1,24%
23	7	0,40%	3,49%	23	63	13,04%	14,29%
24	12	0,69%	4,18%	24	130	26,92%	41,20%
25	16	0,92%	5,10%	25	47	9,73%	50,93%
26	21	1,20%	6,30%	26	22	4,55%	55,49%
27	42	2,41%	8,71%	27	10	2,07%	57,56%
28	96	5,50%	14,20%	28	2	0,41%	57,97%
29	110	6,30%	20,50%	29	7	1,45%	59,42%
30	85	4,87%	25,37%	30	19	3,93%	63,35%
31	85	4,87%	30,24%	31	29	6,00%	69,36%
32	153	8,76%	39,00%	32	30	6,21%	75,57%
33	85	4,87%	43,87%	33	31	6,42%	81,99%
34	105	6,01%	49,89%	34	27	5,59%	87,58%
35	105	6,01%	55,90%	35	12	2,48%	90,06%
36	167	9,56%	65,46%	36	8	1,66%	91,72%
37	104	5,96%	71,42%	37	5	1,04%	92,75%
38	141	8,08%	79,50%	38	0	0,00%	92,75%
39	115	6,59%	86,08%	39	2	0,41%	93,17%
40	93	5,33%	91,41%	40	4	0,83%	94,00%
41	66	3,78%	95,19%	41	5	1,04%	95,03%
42	53	3,04%	98,22%	42	9	1,86%	96,89%
43	18	1,03%	99,26%	43	8	1,66%	98,55%
44	8	0,46%	99,71%	44	5	1,04%	99,59%
45	2	0,11%	99,83%	45	1	0,21%	99,79%
46	2	0,11%	99,94%	46	1	0,21%	100,00%
47	1	0,06%	100,00%	47	0	0,00%	100,00%
48	0	0,00%	100,00%	48	0	0,00%	100,00%
Summe:	1.746	100,00%		Summe:	483	100,00%	

Anlage 14

Achslastmessstellen auf Fahrtrouten der dokumentierten Lang-Lkw

Tab. 27: Achslastmessstellen auf Fahrtrouten und Erhebungszeiträume der Unternehmen

Unternehmen	Messstelle Nr.	Zeitraum 1		Zeitraum 2	
		von	bis	von	bis
U 1					
U 2	3392	02.04.2013	02.06.2013		
U 3	3392	04.06.2013	06.07.2013		
U 4					
U 5					
U 6					
U 7					
U 8	3392	16.03.2013	24.06.2013		
	9666	16.03.2013	24.06.2013		
U 9					
U 10					
U 11					
U 12	3392	12.06.2013	25.06.2013		
	9666	12.06.2013	25.06.2013		
U 13					
U 14					
U 15					
U 16					
U 17	9625	03.03.2013	27.04.2013	09.06.2013	28.06.2013
U 18	1291	11.03.2013	03.08.2013		

Anlage 15

Datenabgleich mit den Grenzwerten nach der StVZO

Anlage 16

Vergleich der Achslastverteilungen von Lang-Lkw

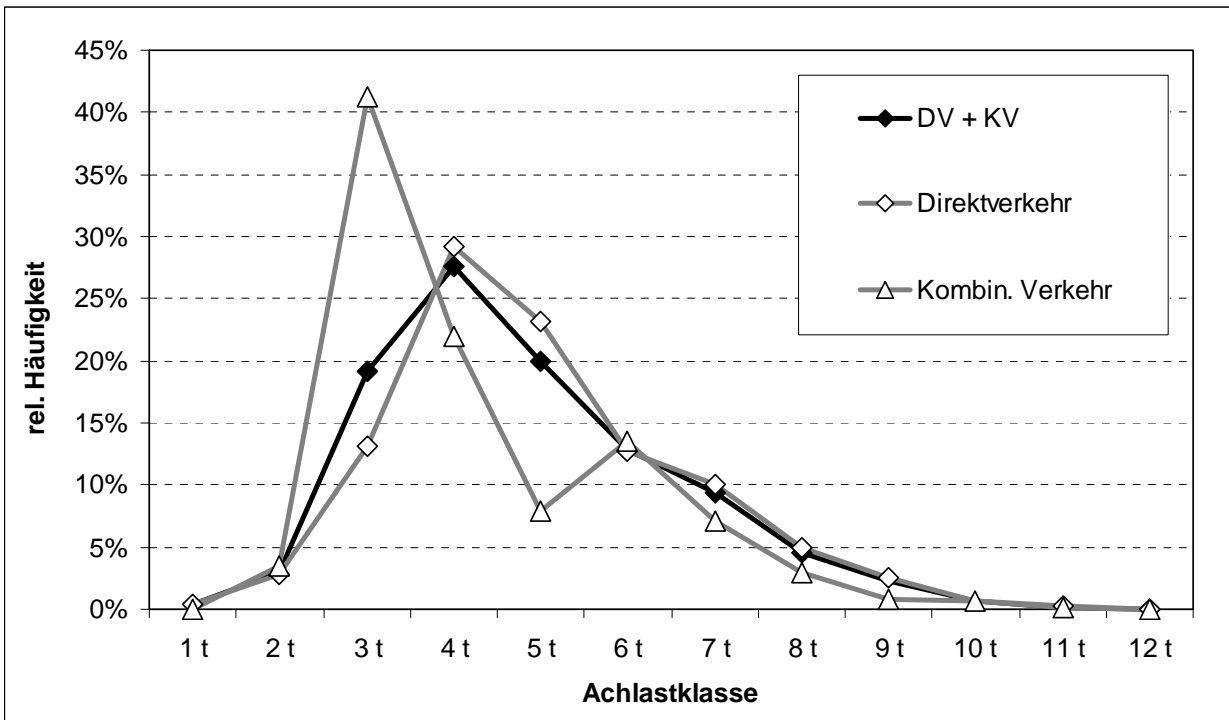


Bild 15: Achslastklassen und zugeordnete Häufigkeiten von Lang-Lkw im Direktverkehr und im kombinierten Verkehr

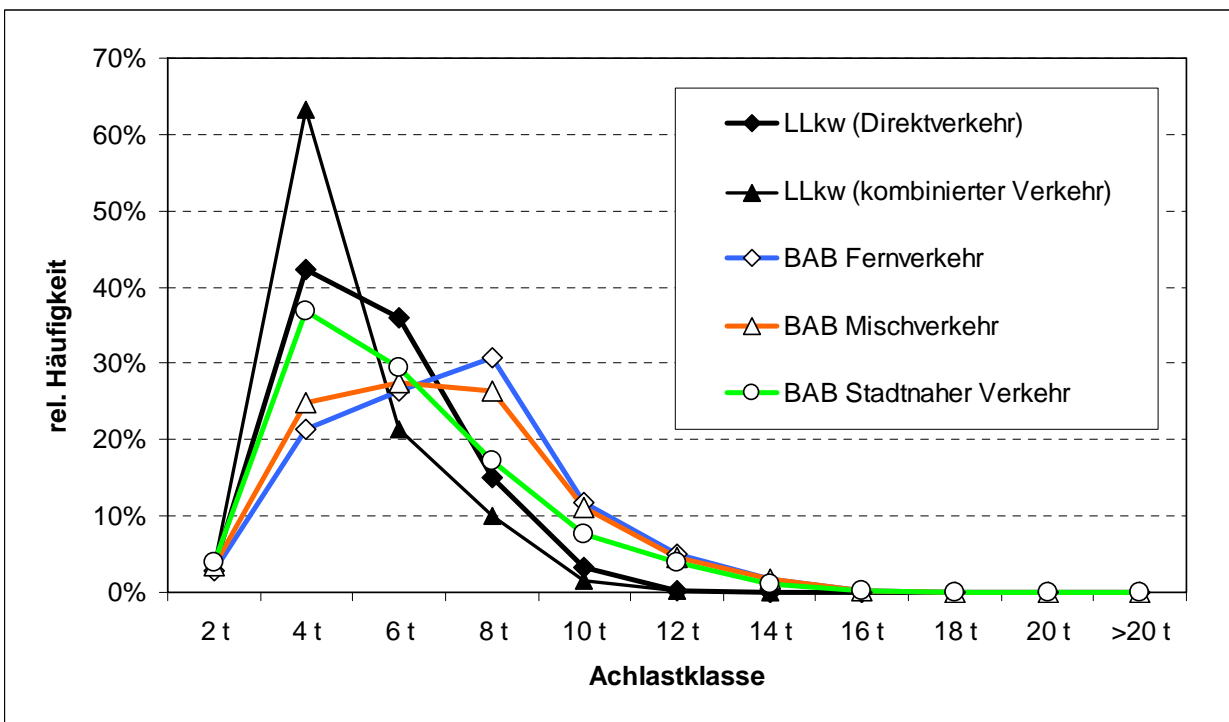


Bild 16: Achslastklassenverteilung von Lang-Lkw im Vergleich zu Verteilungen konventioneller Lkw auf Bundesautobahnen nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009]

Anlage 17

Anzahl der Achsübergänge äquivalenter 10t-Achsen EDTA^(SV) von Lang-Lkw



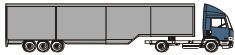

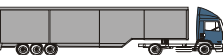

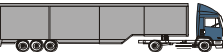


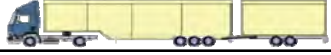









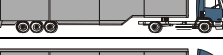
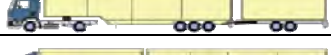





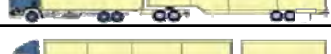











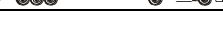
Tab. 29: Anzahl äquivalenter 10-t-Achsübergänge $EDTA^{(SV)}$ von Lang-Lkw bei $DTV^{(SV)}=1.000$ Kfz/24h

L_k	L_0	L_k/L_0	$(L_k/L_0)^4$	Direktverkehr			Kombinierter Verkehr			
				ALK-Ver- teilung	$DTA^{(SV)}$	$(L_k/L_0)^4 \cdot$ $DTA^{(SV)}$	ALK-Ver- teilung	$DTA^{(SV)}$	$(L_k/L_0)^4 \cdot$ $DTA^{(SV)}$	
1	10	0,1	0,0001	0,44%	33	0,00	0,06%	4	0,00	
2	10	0,2	0,0016	2,84%	210	0,34	3,49%	253	0,40	
3	10	0,3	0,0081	13,08%	967	7,84	41,33%	2.992	24,24	
4	10	0,4	0,0256	29,18%	2.159	55,27	21,97%	1.590	40,71	
5	10	0,5	0,0625	23,17%	1.714	107,15	7,87%	569	35,59	
6	10	0,6	0,1296	12,72%	941	121,97	13,53%	979	126,93	
7	10	0,7	0,2401	10,06%	744	178,65	7,12%	516	123,79	
8	10	0,8	0,4096	5,01%	371	151,80	2,95%	213	87,36	
9	10	0,9	0,6561	2,61%	193	126,65	0,83%	60	39,40	
10	10	1,0	1,0000	0,65%	48	48,12	0,72%	52	51,77	
11	10	1,1	1,4641	0,20%	15	21,80	0,14%	10	15,16	
12	10	1,2	2,0736	0,05%	3	7,13	0,00%	0	0,00	
13	10	1,3	2,8561	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00	
14	10	1,4	3,8416	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00	
15	10	1,5	5,0625	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00	
16	10	1,6	6,5536	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00	
Σ				100,00%	7.399	826,72	100,00%	7.239	545,35	
$EDTA^{(SV)}$					827			545		
$DTV^{(SV)}$					1.000			1.000		
f_A					7,40			7,24		
$DTA^{(SV)}$					7.400			7.240		

Anlage 18

Äquivalente konventionelle Fahrzeugtypen des Schwerverkehrs

Tab. 30: Einsatz äquivalenter konventioneller Fahrzeugtypen des Schwerverkehrs

Unternehmen Nr.	KV	Lang-Lkw		äquivalente konventionelle Fahrzeugtypen			
		Typ	Symbol	FZTYP ₁	Symbol	FZTYP ₂	Symbol
U 1	ja	3		41		98	
U 2		3		98			
U 3		2		98			
U 4	ja	4		98			
U 5		2		41		98	
U 6		3		42			
U 7		3		42			
U 8		3		98			
U 9		3		98			
U 10	ja	2		98			
U 11		3		98			
U 12		3		98			
U 13		3		42			
U 14		2		98			
U 15		5		98			
U 16		4		41		98	
U 17		3		41			
U 18		3		98			

Anlage 19

Ladevolumen von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw

Tab. 31: Verhältnissfaktoren der Ladevolumen von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw

Unternehmen		Lang-Lkw		äquivalente konventionelle Fahrzeugtypen					
				Fahrzeug 1			Fahrzeug 2		
Nr.	KV	Typ	Ladevolumen [m³]	FZTYP	Ladevolumen [m³]	f _{LLkw}	FZTYP	Ladevolumen [m³]	f _{LLkw}
U 1	ja	3	140	41	100	1,40	98	90	1,56
U 2		3	154	98	100	1,54			
U 3		2	130	98	90	1,44			
U 4	ja	4	115	98	77	1,50			
U 5		2	130	41	100	1,30	98	90	1,44
U 6		3	160	42	115	1,39			
U 7		3	160	42	115	1,39			
U 8		3	150	98	90	1,67			
U 9		3	150	98	90	1,67			
U 10	ja	2	115	98	77	1,50			
U 11		3	130	98	90	1,44			
U 12		3	140	98	100	1,40			
U 13		3	152	42	90	1,69			
U 14		2	150	98	100	1,50			
U 15		5	152	98	90	1,69			
U 16		4	115	41	77	1,50	98	77	1,50
U 17		3	160	41	115	1,39			
U 18		3	144	98	90	1,60			

Anlage 20

Anzahl äquivalenter konventioneller Fahrzeuge des Schwerverkehrs

Tab. 32: Anzahl äquivalenter konventioneller Lkw zur Realisierung der Transportleistung von Lang-Lkw

Unternehmen		Lang-Lkw				äquivalente konventionelle Fahrzeugtypen													
						Fahrzeug 1						Fahrzeug 2							
Nr.	KV	Typ	Fahrten	f _A	AÜ	FZTYP	Anteil	f _{LLkw}	Fahrten	f _A	AÜ	FZTYP	Anteil	f _{LLkw}	Fahrten	f _A	AÜ		
<u>Direktverkehr:</u>																			
U 2		3	629	7	4.403	98	100%	1,54	968,7	5	4.843,3								
U 3		2	44	7	308	98	100%	1,44	63,6	5	317,8								
U 5		2	46	7	322	41	50%	1,30	29,9	5	149,5	98	50%	1,44	33,2	5	166,1		
U 6		3	20	8	160	42	100%	1,39	27,8	5	139,1								
U 7		3	112	8	896	42	100%	1,39	155,8	5	779,1								
U 8		3	22	8	176	98	100%	1,67	36,7	5	183,3								
U 9		3	256	8	2.048	98	100%	1,67	426,7	5	2.133,3								
U 11		3	195	8	1.560	98	100%	1,44	281,7	5	1.408,3								
U 12		3	12	8	96	98	100%	1,40	16,8	5	84,0								
U 13		3	79	7	553	42	100%	1,69	133,4	5	667,1								
U 14		2	50	7	350	98	100%	1,50	75,0	5	375,0								
U 15		5	1	6	6	98	100%	1,69	1,7	5	8,5								
U 16		4	25	9	225	41	50%	1,50	18,8	5	93,8	98	50%	1,50	18,8	5	93,8		
U 17		3	81	8	648	41	100%	1,39	112,7	5	563,5								
U 18		3	174	7	1.218	98	100%	1,60	278,4	5	1.392,0								
Summe DV			1.746		12.969				2.627,5		13.137,6				52,0		260		
<u>kombiniertes Verkehr:</u>																			
U 1	ja	3	281	8	2.248	41	50%	1,40	196,7	5	983,5	98	50%	1,56	218,6	5	1.092,8		
U 4	ja	4	17	8	136	98	100%	1,50	25,5	5	127,5								
U 10	ja	2	185	7	1.295	98	100%	1,50	277,5	5	1.387,5								
Summe KV			483		3.679				499,7		2.498,5				218,6		1.092,8		
<u>Gesamt:</u>																			
Summe			2.229		16.648				3.127,2		15.636,1				270,5		1.352,6		

Anlage 21

**Verteilung der berechneten Fahrzeuggesamtmassen äquivalenter konventioneller
Fahrzeuge des Schwerverkehrs**

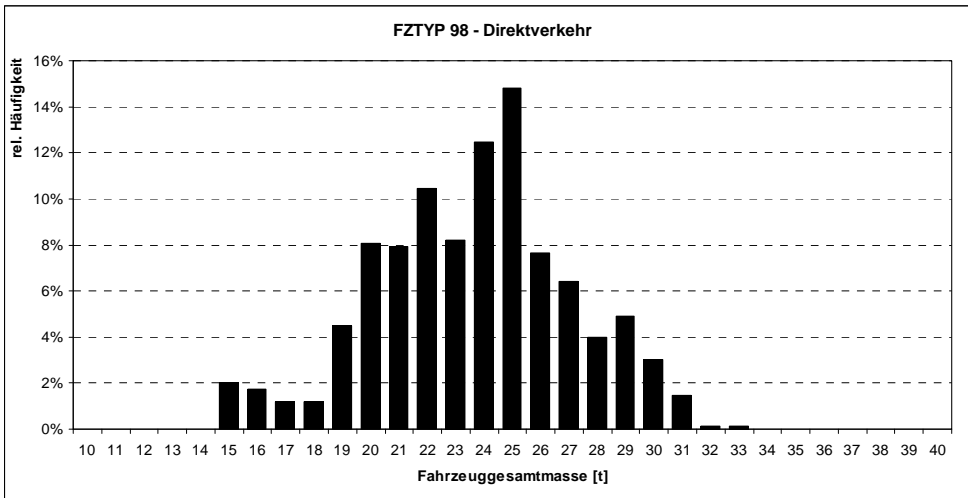


Bild 17: Verteilung der Fahrzeuggesamtmasse äquivalenter Lkw, Fahrzeugtyp 98 im Direktverkehr

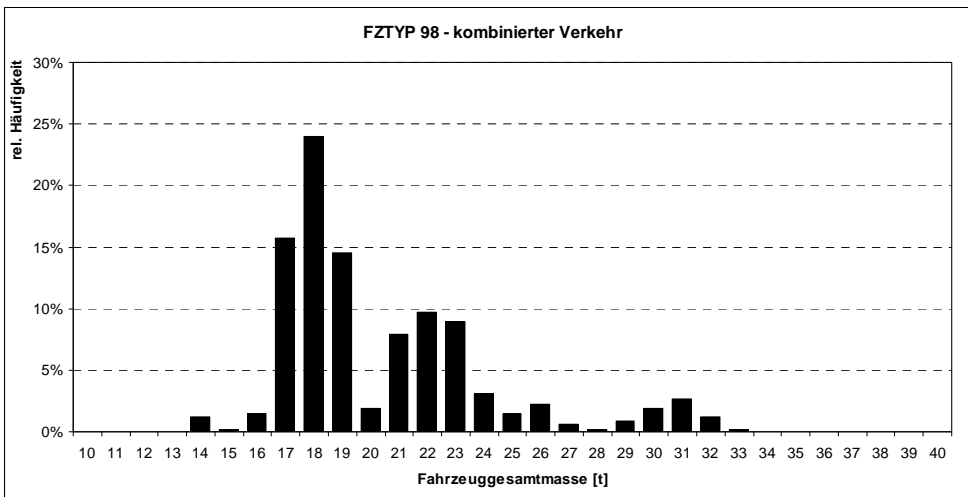


Bild 18: Verteilung der Fahrzeuggesamtmasse äquivalenter Lkw, Fahrzeugtyp 98 im kombinierten Verkehr

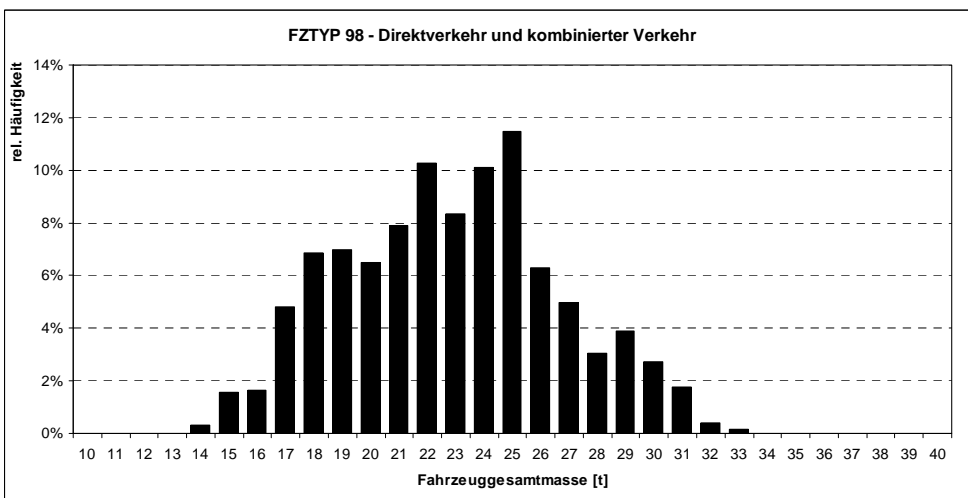


Bild 19: Verteilung der Fahrzeuggesamtmasse äquivalenter Lkw, Fahrzeugtyp 98 im Direktverkehr und kombinierten Verkehr

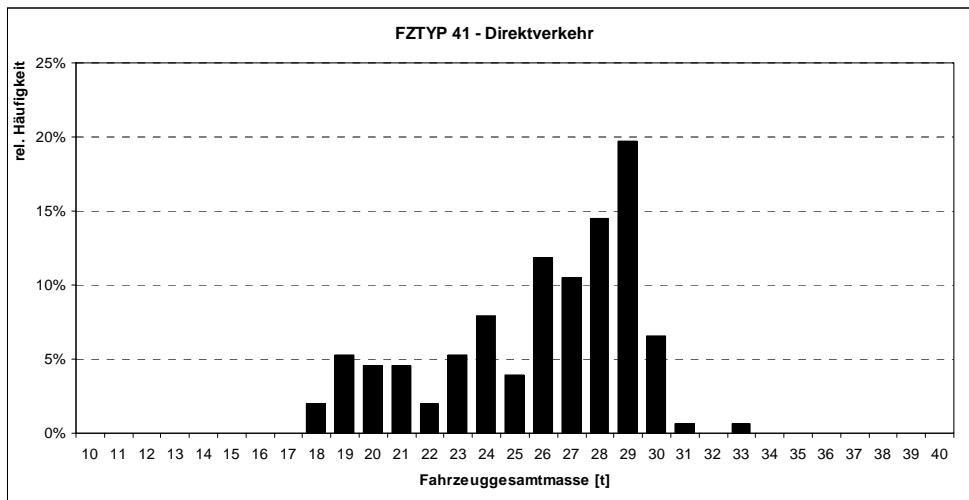


Bild 20: Verteilung der Fahrzeuggesamtmasse äquivalenter Lkw, Fahrzeugtyp 41 im Direktverkehr

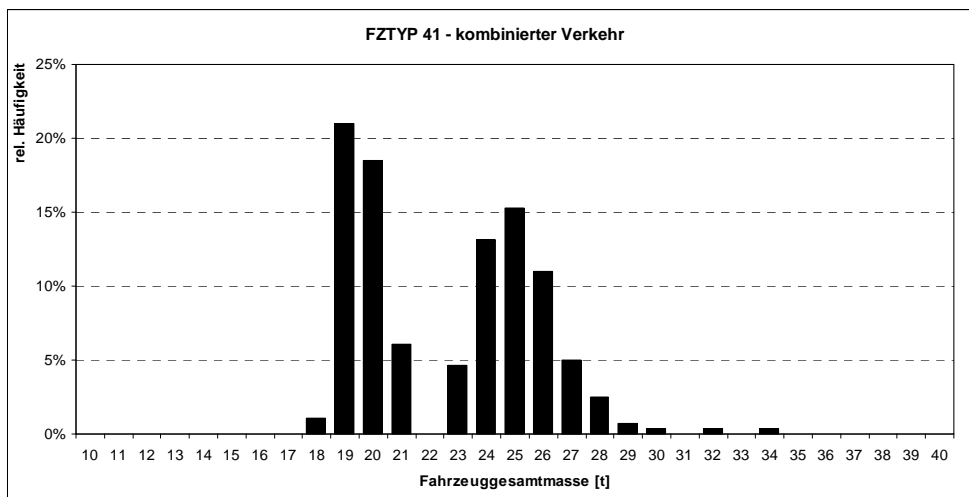


Bild 21: Verteilung der Fahrzeuggesamtmasse äquivalenter Lkw, Fahrzeugtyp 41 im kombinierten Verkehr

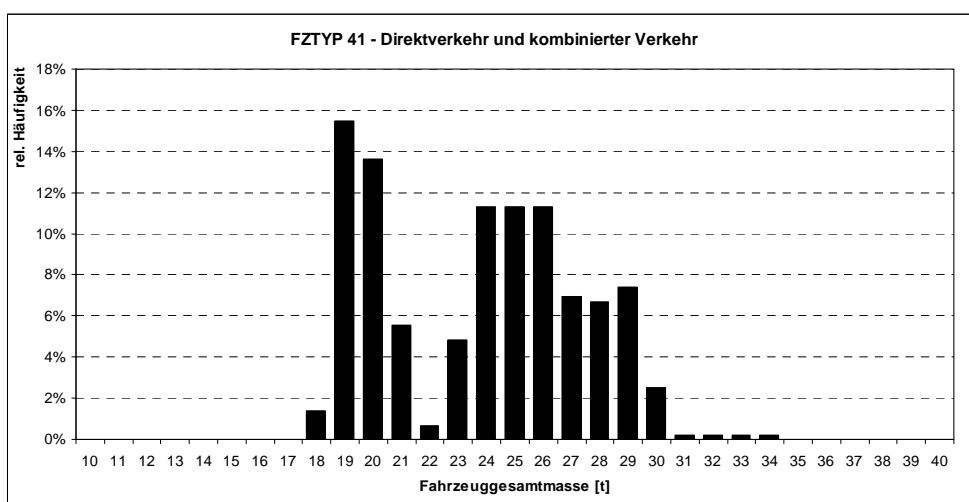


Bild 22: Verteilung der Fahrzeuggesamtmasse äquivalenter Lkw, Fahrzeugtyp 41 im Direktverkehr und kombinierten Verkehr

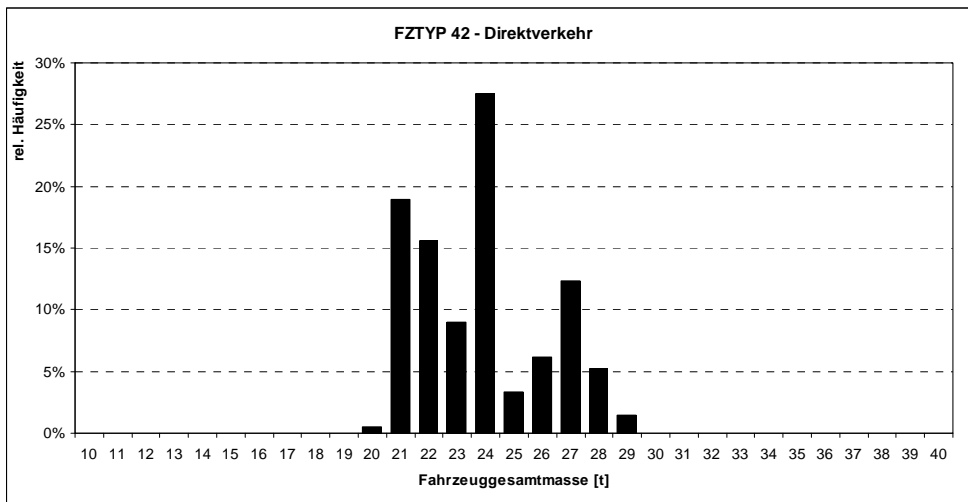


Bild 23: Verteilung der Fahrzeugesamtmasse äquivalenter Lkw, Fahrzeugtyp 42 im Direktverkehr

Anlage 22

Koeffizienten zur Ermittlung der Achslasten äquivalenter konventioneller Fahrzeuge des Schwerverkehrs

Tab. 3 Berechnungsparameter zur Ermittlung der Achslasten äquivalenter konventioneller Fahrzeuge des Schwerverkehrs nach [WOLF 2010]

Berechnungsgröße	Berechnung / Parameter	FZTYP 41		FZTYP 42		FZTYP 98	
			R ²		R ²		R ²
alast1	Formel	= GGZFz-DpZFz		= GGZFz-DpZFz		= GGZFz-alast2	
GGZFz	Formel	= a • x ^b	0,85	= a • x ^b	0,88	= a • x ^b	0,78
	x	GGFz		GGFz		GGFz	
	a	5,6050		3,6740		23,9300	
	b	0,7890		0,8320		0,6260	
DpZFz	Formel	= a • x ^b	0,95	= a • x ^b	0,96		
	x	GGZFz		GGZFz			
	a	0,0361		0,0433			
	b	1,2930		1,2770			
alast2	Formel	= a • x ^b	0,99	= a • x ^b	0,99	= a • x ^b	0,97
	x	DpZFz		DpZFz		GGZFz	
	a	0,9630		0,7670		0,0079	
	b	0,9540		0,9780		1,4420	
alast3	Formel	= a • x ^b	0,98	= a • x ^b	0,97	= 0,333•GGAnh	0,99
	x	DpZFz		DpZFz			
	a	0,1860		0,2690			
	b	1,0760		1,0360			
GGAnh	Formel	= a • x ^b	0,85	= a • x ^b	0,84	= a • x ^b	0,94
	x	GGFz		GGFz		GGFz	
	a	0,0090		0,0148		0,0083	
	b	1,3570		1,3060		1,3950	
alast4	Formel	= a • x ^b	0,91	= 0,5•GGAnh	0,99	= 0,333•GGAnh	0,99
	x	GGAnh					
	a	1,0080					
	b	0,9330					
alast5	Formel	= a • x ^b	0,90	= 0,5•GGAnh	0,99	= 0,333•GGAnh	0,99
	x	GGAnh					
	a	0,2170					
	b	1,0810					

Erläuterung:
alast=Achslast ; GGFz=Gesamtgewicht Fahrzeug ; GGZFz=Gesamtgewicht Zugfahrzeug ;
GGAnh=Gesamtgewicht Anhänger ; DpZFz=Doppelachse am Zugfahrzeug

Anlage 23

Wertetabellen der Achslastklassenverteilungen von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw

Anlage 24

Verteilungsfunktionen der Achslastklassen von Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw

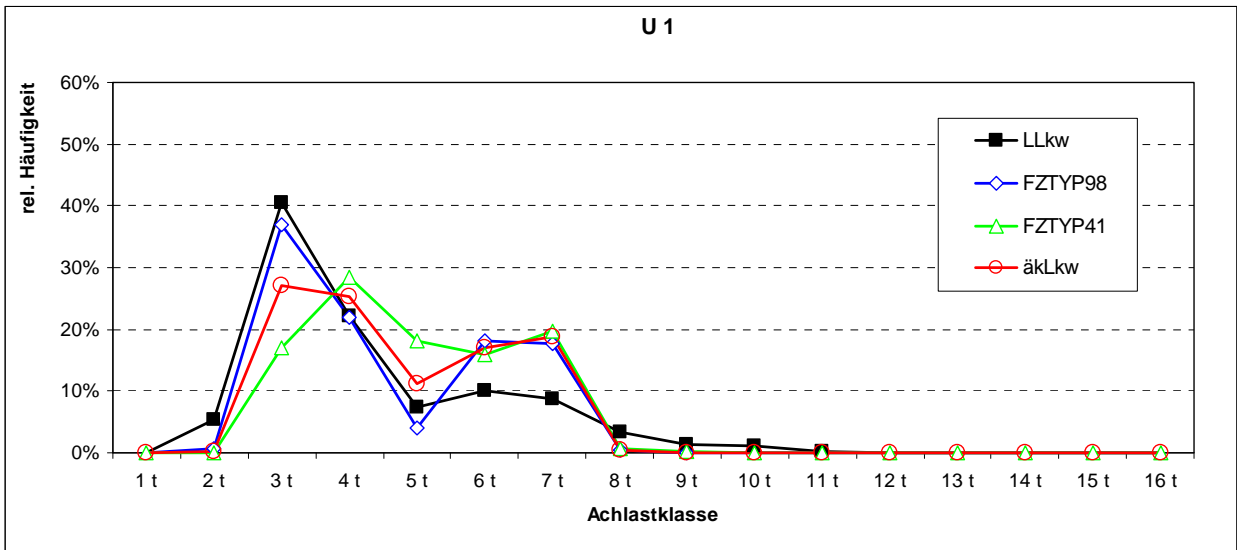


Bild 24: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U1 (kombinierter Verkehr)

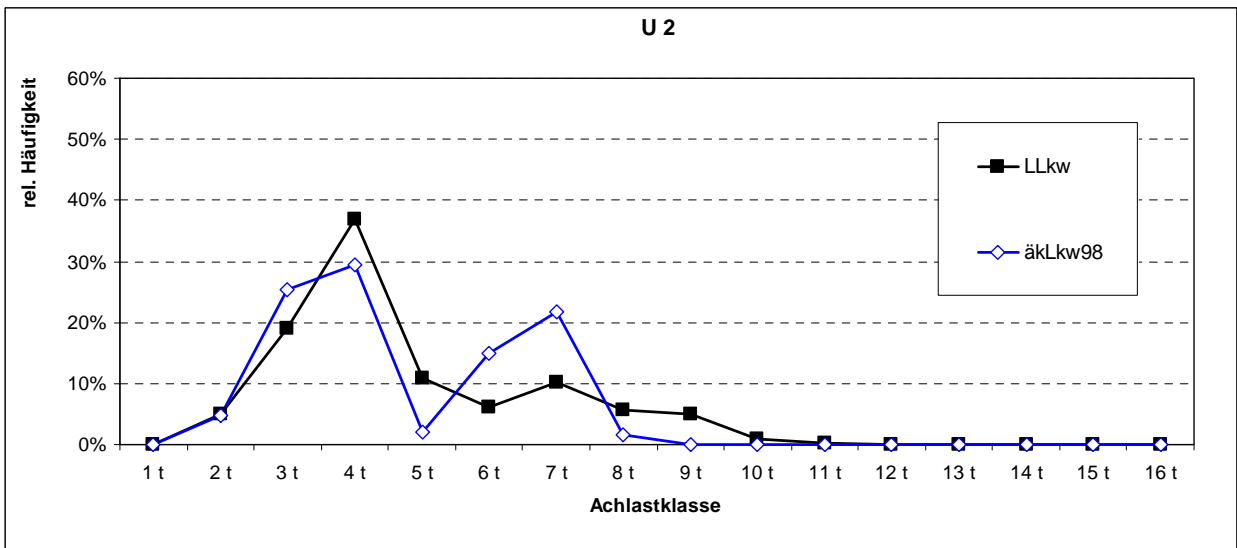


Bild 25: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U2 (Direktverkehr)

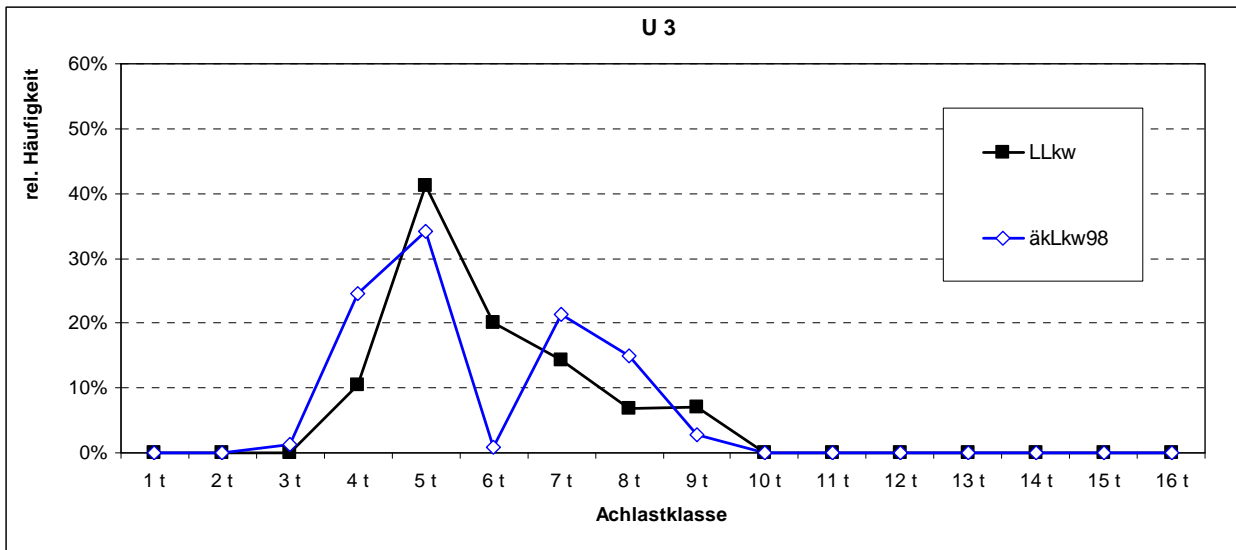


Bild 26: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U3 (Direktverkehr)

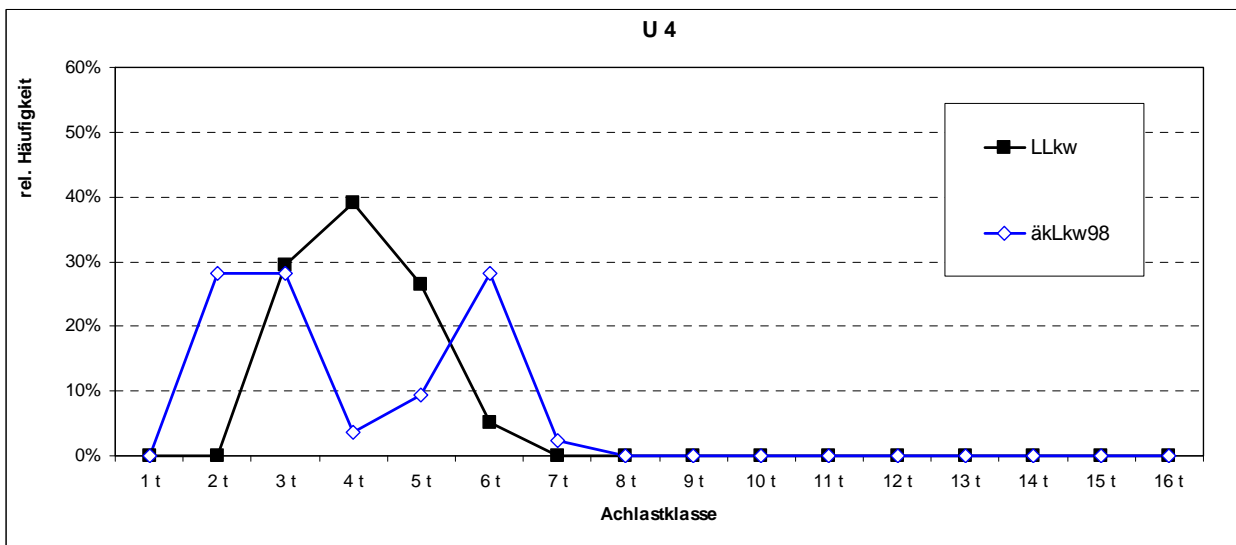


Bild 27: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U4 (kombinierter Verkehr)

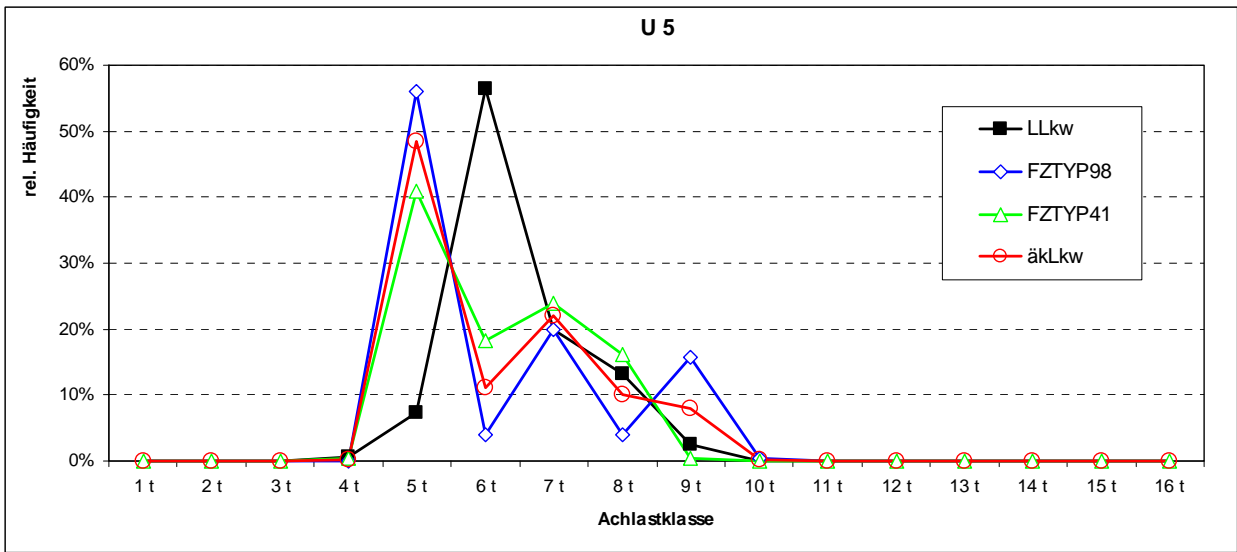


Bild 28: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U5 (Direktverkehr)

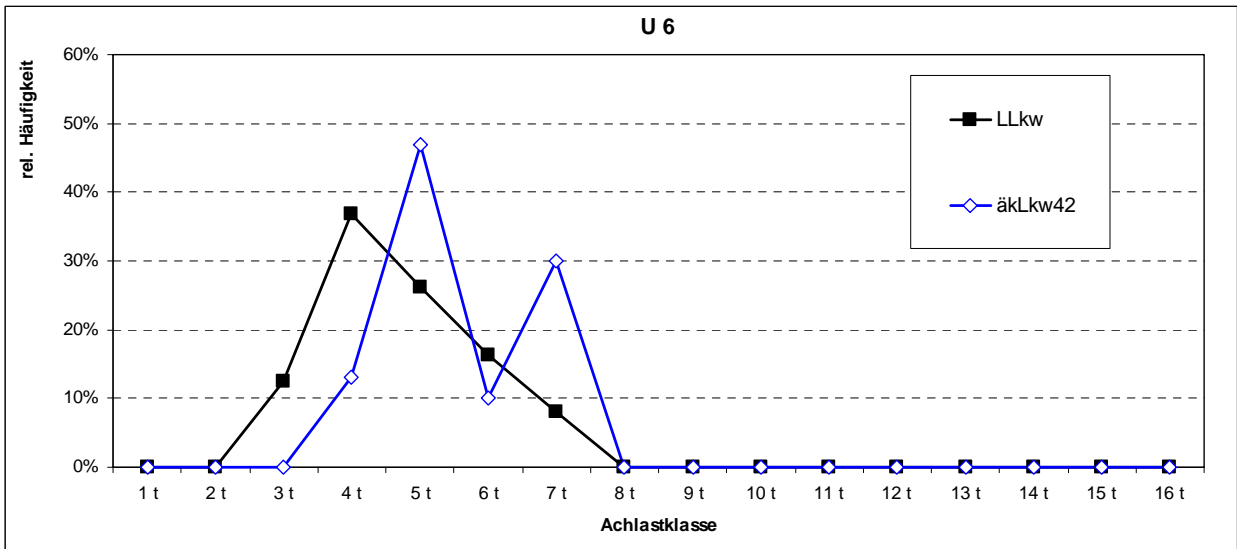


Bild 29: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U6 (Direktverkehr)

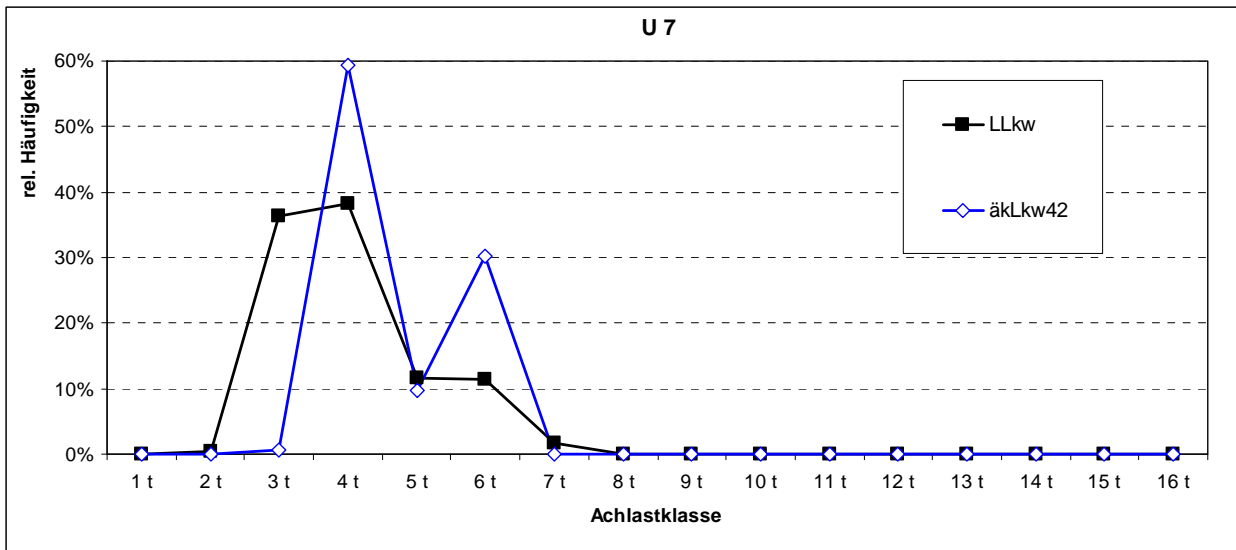


Bild 30: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U7 (Direktverkehr)

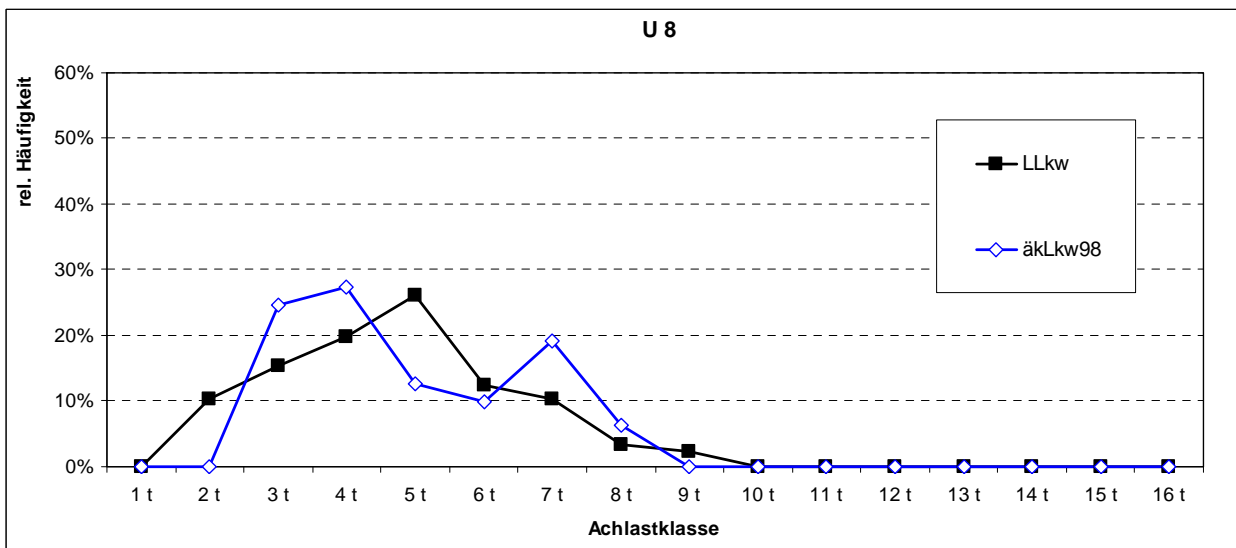


Bild 31: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U8 (Direktverkehr)

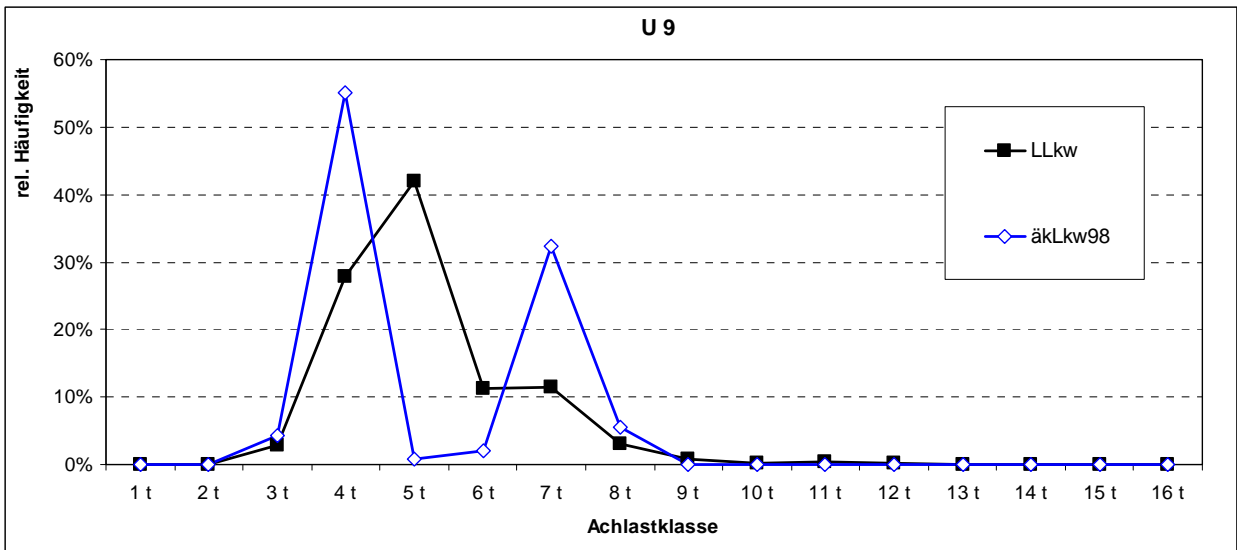


Bild 32: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U9 (Direktverkehr)

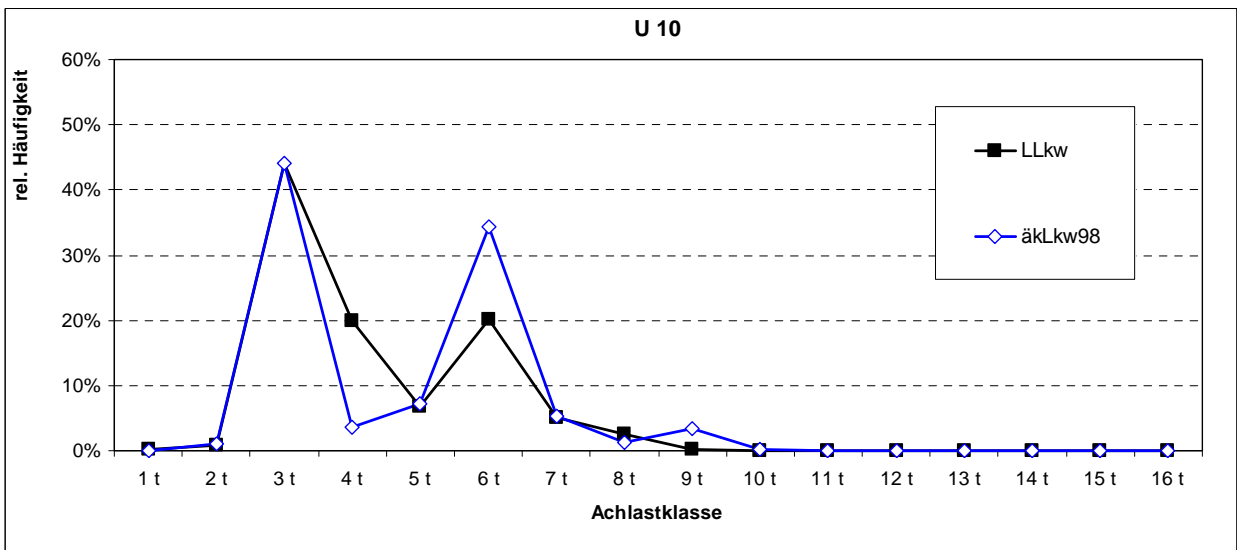


Bild 33: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U10 (kombinierter Verkehr)

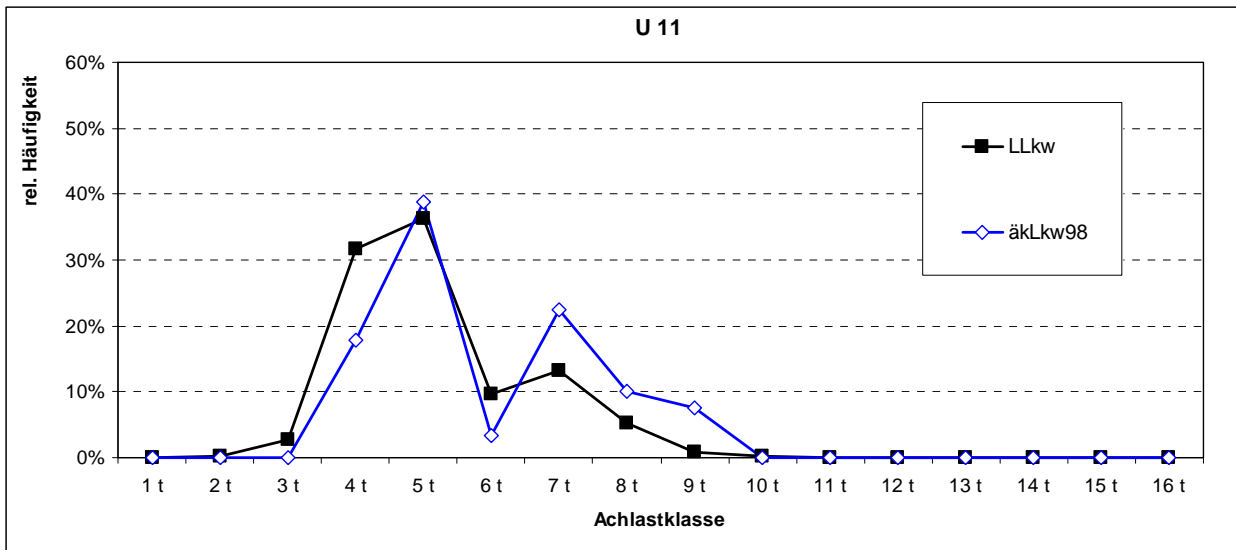


Bild 34: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U11 (Direktverkehr)

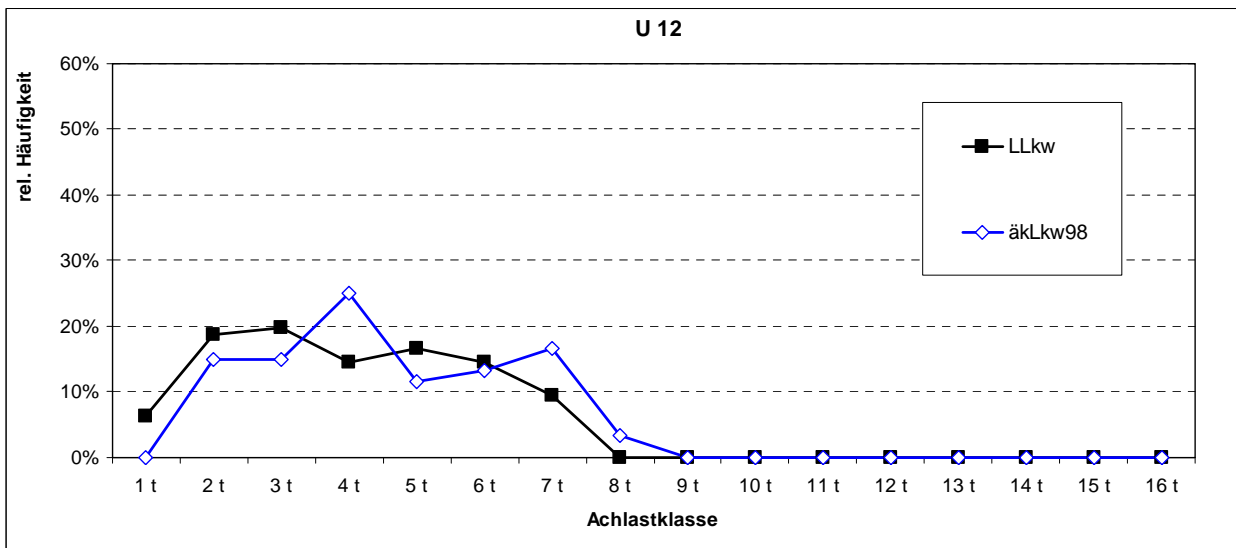


Bild 35: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U12 (Direktverkehr)

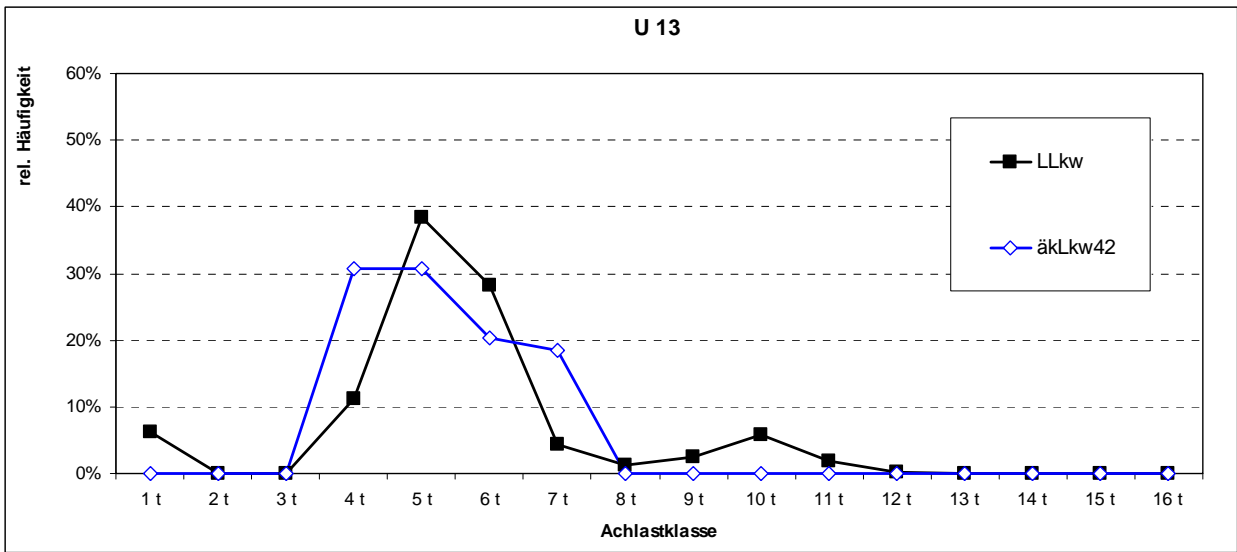


Bild 36: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U13 (Direktverkehr)

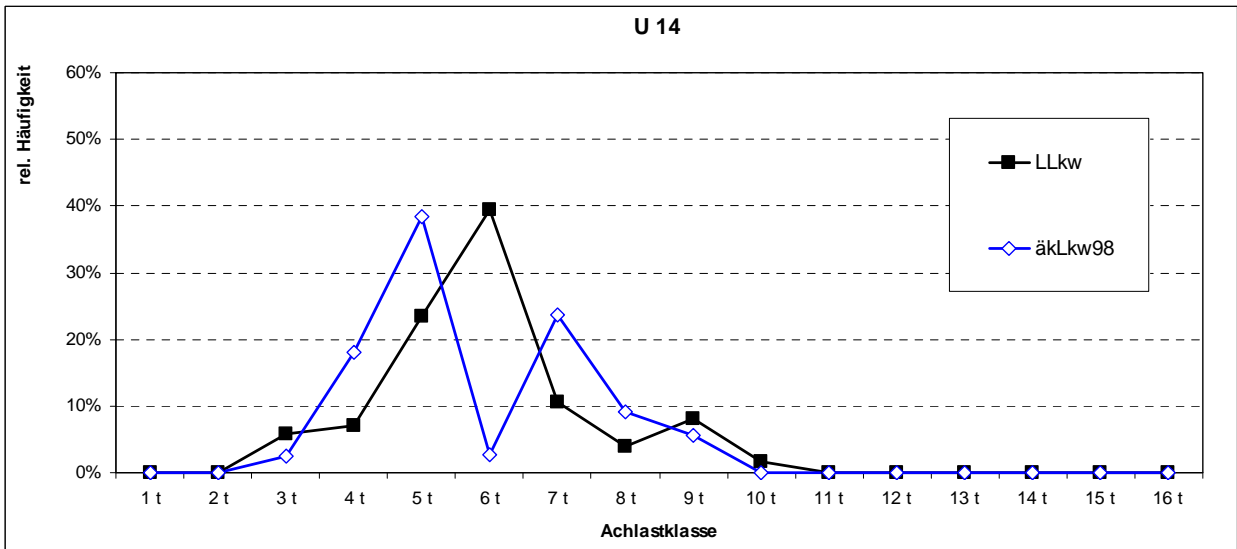


Bild 37: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U14 (Direktverkehr)

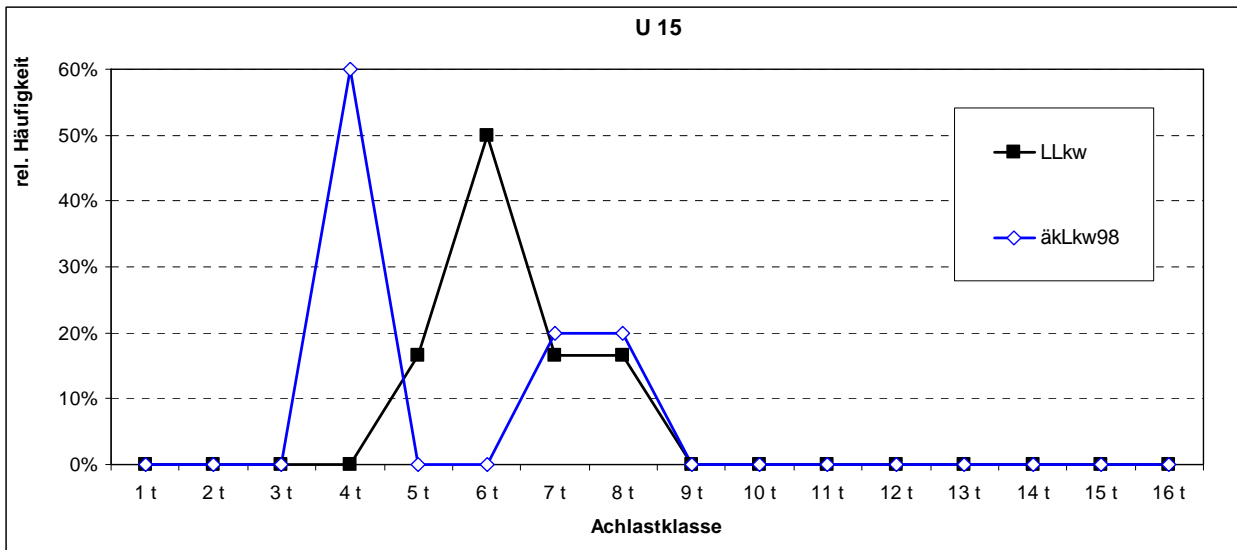


Bild 38: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U15 (Direktverkehr)

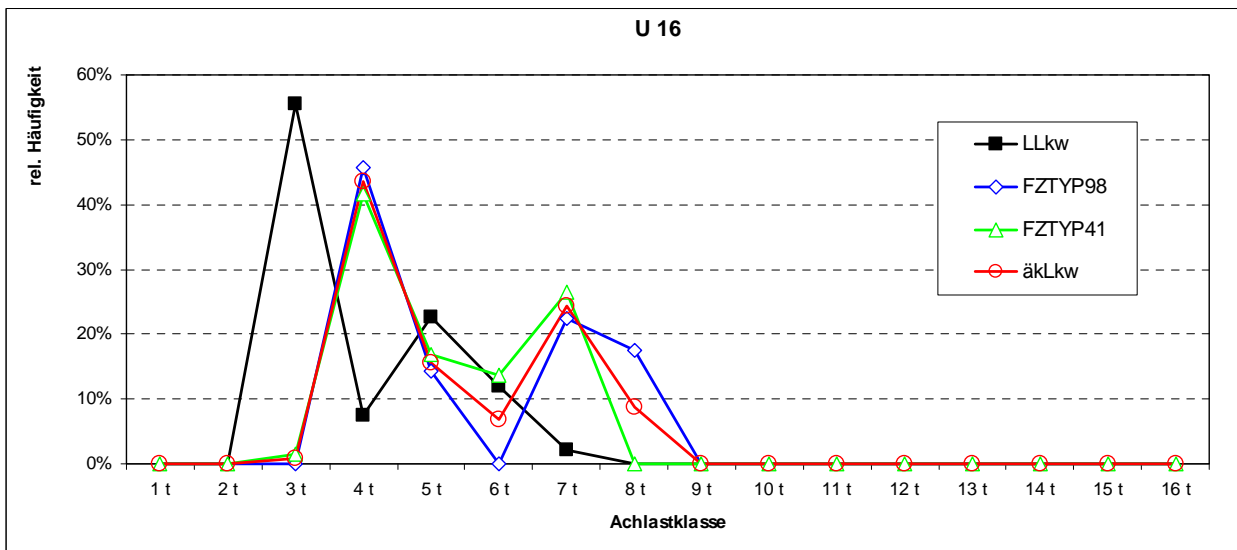


Bild 39: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U16 (Direktverkehr)

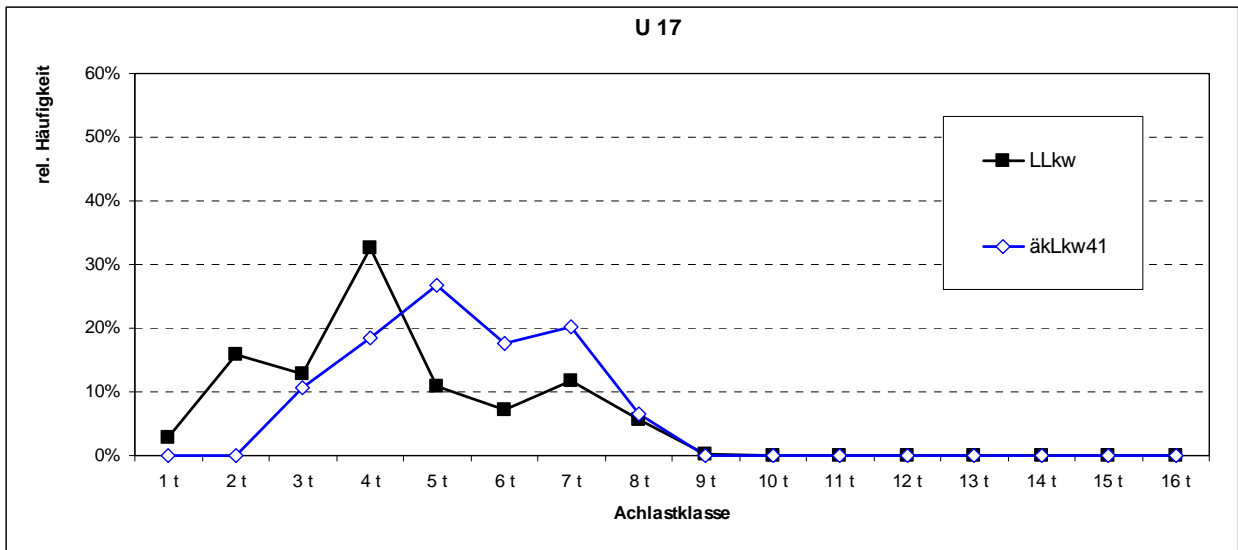


Bild 40: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U17 (Direktverkehr)

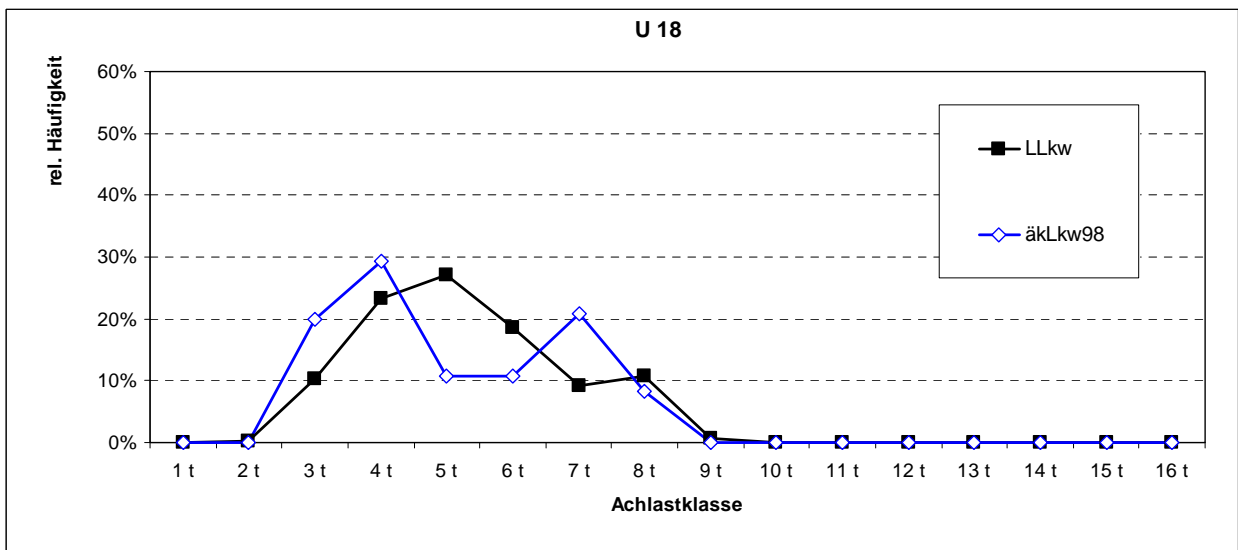


Bild 41: Verteilungsfunktionen der Lang-Lkw und äquivalenten konventionellen Lkw des Unternehmens U18 (Direktverkehr)

Anlage 25

Verteilungsfunktionen der Einzelachslasten von Lang-Lkw

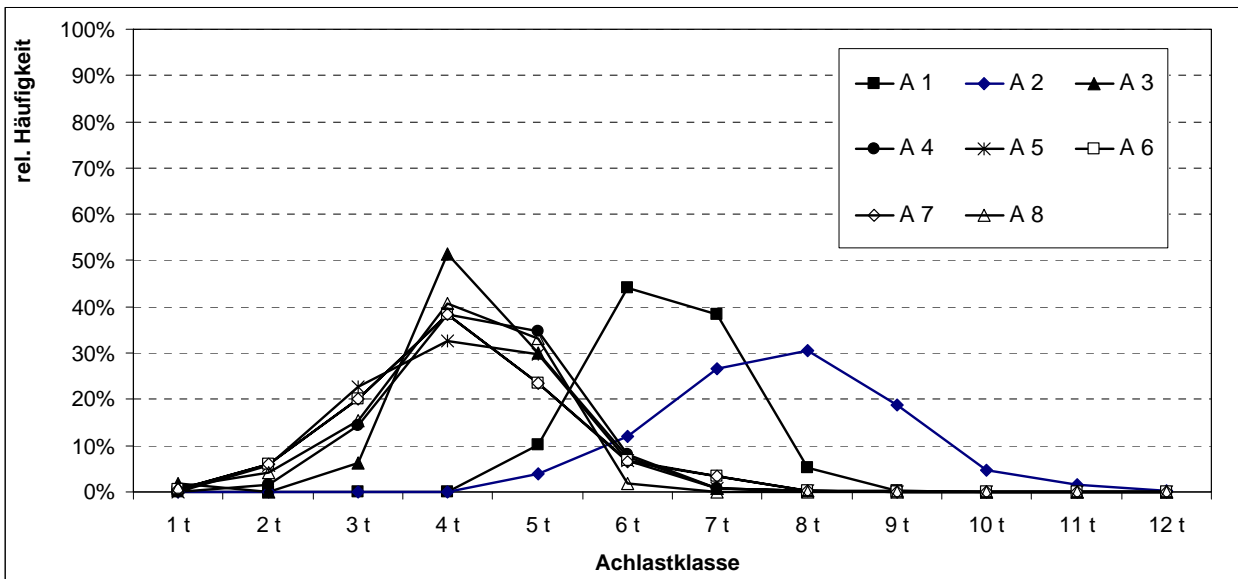


Bild 42: Verteilungsfunktionen der Einzelachslasten von Lang-Lkw im Direktverkehr ohne Unternehmen U16

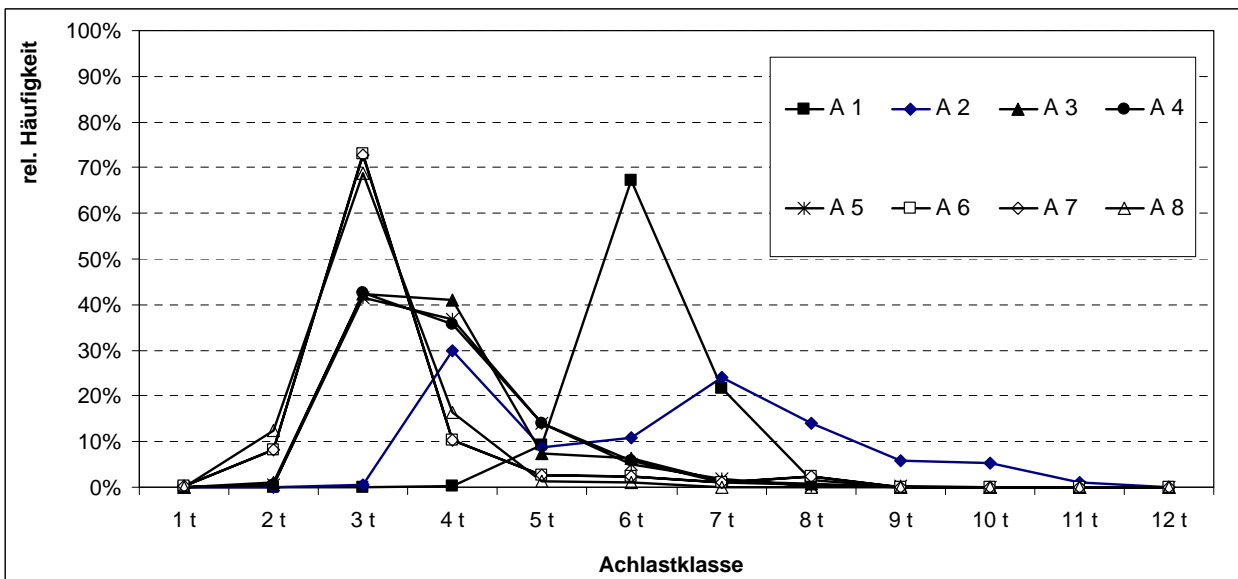


Bild 43: Verteilungsfunktionen der Einzelachslasten von Lang-Lkw im kombinierten Verkehr

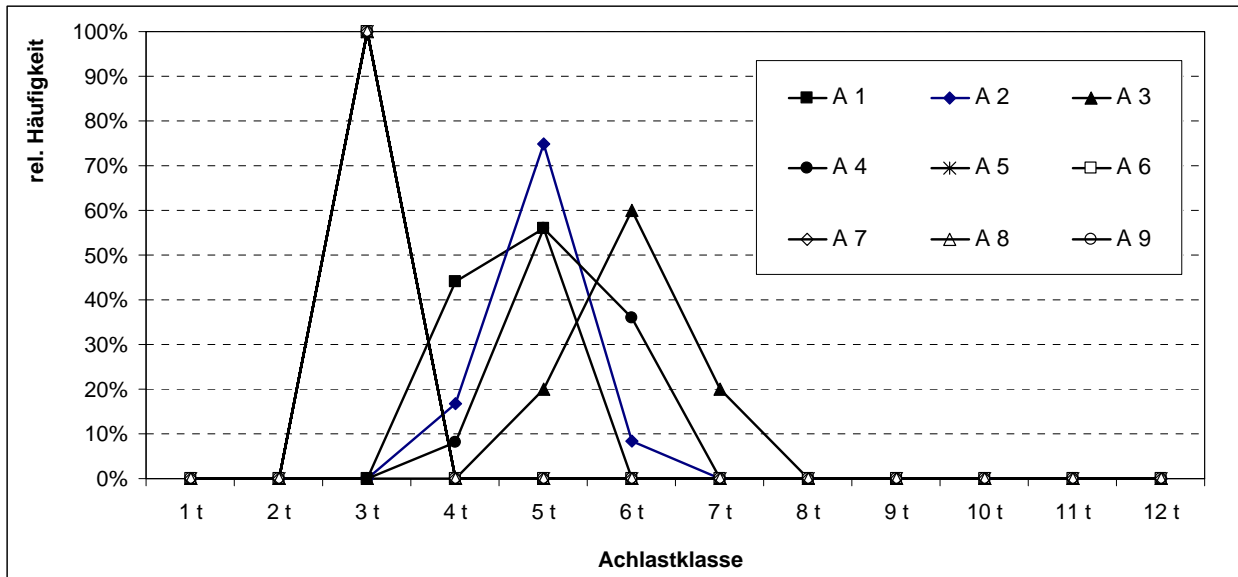


Bild 44: Verteilungsfunktionen der Einzelachslasten von Lang-Lkw des Unternehmens U16 (Direktverkehr)

Anlage 26

Anzahl der Achsübergänge äquivalenter 10t-Achsen EDTA^(SV) von äquivalenten konventionellen Lkw

Tab. 39: Anzahl äquivalenter 10-t-Achsübergänge $EDTA^{(SV)}$ von äquivalenten konventionellen Lkw bei $DTV_{LLkw}^{(SV)}=1.000$ Kfz/24h

L_k	L_0	L_k/L_0	$(L_k/L_0)^4$	Direktverkehr			Kombinierter Verkehr		
				ALK-Ver- teilung	$DTA^{(SV)}$	$(L_k/L_0)^4 \cdot$ $DTA^{(SV)}$	ALK-Ver- teilung	$DTA^{(SV)}$	$(L_k/L_0)^4 \cdot$ $DTA^{(SV)}$
1	10	0,1	0,0001	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00
2	10	0,2	0,0016	1,86%	142	0,23	1,55%	116	0,19
3	10	0,3	0,0081	12,81%	980	7,94	33,60%	2.503	20,28
4	10	0,4	0,0256	32,13%	2.458	62,92	16,19%	1.206	30,88
5	10	0,5	0,0625	13,73%	1.051	65,67	9,52%	710	44,35
6	10	0,6	0,1296	11,66%	892	115,61	23,98%	1.786	231,48
7	10	0,7	0,2401	21,76%	1.665	399,75	13,00%	969	232,57
8	10	0,8	0,4096	4,75%	364	148,96	0,77%	57	23,38
9	10	0,9	0,6561	1,29%	99	64,68	1,35%	100	65,78
10	10	1,0	1,0000	0,01%	0	0,44	0,04%	3	3,08
11	10	1,1	1,4641	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00
12	10	1,2	2,0736	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00
13	10	1,3	2,8561	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00
14	10	1,4	3,8416	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00
15	10	1,5	5,0625	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00
16	10	1,6	6,5536	0,00%	0	0,00	0,00%	0	0,00
Σ				100,00%	7.650	866,19	100,00%	7.450	651,99
$EDTA^{(SV)}$						866			652
$DTV_{LLkw}^{(SV)}$						1.000			1.000
f_{DTVsv}						1,53			1,49
$DTV_{\text{äkLkw}}^{(SV)}$						1.530			1.490
f_A						5,00			5,00
$DTA^{(SV)}$						7.650			7.450

Anlage 27

**Achslastkollektive zur Analyse der Beanspruchungswirkung von Schwerverkehr
mit Lang-Lkw-Anteil**

Tab. 40: Achslastkollektive zur Berechnung des Vergleichskollektivs BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw

Achslast- klasse [t]	Lang-Lkw		äquiv. konv. LLkw		BAB- Fernverkehr [%]
	DV	KV	DV	KV	
	[%]	[%]	[%]	[%]	
2	3,2825%	3,5469%	1,8557%	1,5528%	2,8396%
4	42,2544%	63,3009%	44,9370%	49,7930%	21,4670%
6	35,8907%	21,3959%	25,3952%	33,4990%	26,4848%
8	15,0654%	10,0686%	26,5178%	13,7681%	30,7195%
10	3,2593%	1,5446%	1,2944%	1,3872%	11,7032%
12	0,2477%	0,1430%	0,0000%	0,0000%	4,9098%
14	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	1,6540%
16	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,2087%
18	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0126%
20	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0007%
>20	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0001%

Tab. 41: konstante Eingangsgrößen zur Berechnung des Vergleichskollektivs BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw

Anteil Direktverkehr an Lang-Lkw Gesamt	78,33%
Anteil kombinierter Verkehr an Lang-Lkw Gesamt	21,67%
f_{DTVSV} für Lang-Lkw im Direktverkehr	1,535
f_{DTVSV} für Lang-Lkw im kombinierten Verkehr	1,487

Tab. 42: variable Eingangsgrößen und Berechnung der Vergleichskollektive BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw

	BAB-Fernverkehr	BAB-Fernverkehr LLkw	BAB-Fernverkehr LLkw	BAB-Fernverkehr LLkw				
variable Eingangsgrößen:								
Anteil LLkw	0,00%	2,00%	5,00%	9,00%				
DTV^(SV)	1.000	988	972	952				
f_A	4,50	4,55	4,61	4,70				
DTA^(SV)	4.500	4.491	4.481	4.476				
Achlastkollektive:								
Achslast- klasse [t]	relative Häufigkeit	AÜ	relative Häufigkeit	AÜ	relative Häufigkeit	AÜ	relative Häufigkeit	AÜ
	[%]		[%]		[%]		[%]	
2	2,8396%	128	2,8960%	130	2,9740%	133	3,0775%	138
4	21,4670%	966	21,4569%	964	21,4260%	960	21,4581%	960
6	26,4848%	1.192	26,6600%	1.197	26,9576%	1.208	27,3229%	1.223
8	30,7195%	1.382	30,4025%	1.365	29,9290%	1.341	29,2906%	1.311
10	11,7032%	527	11,7774%	529	11,8798%	532	11,9949%	537
12	4,9098%	221	4,9274%	221	4,9495%	222	4,9699%	222
14	1,6540%	74	1,6573%	74	1,6610%	74	1,6629%	74
16	0,2087%	9	0,2091%	9	0,2096%	9	0,2098%	9
18	0,0126%	1	0,0126%	1	0,0127%	1	0,0127%	1
20	0,0007%	0	0,0007%	0	0,0007%	0	0,0007%	0
>20	0,0001%	0	0,0001%	0	0,0001%	0	0,0001%	0
Summe	100,0000%	4.500	100,0000%	4.491	100,0000%	4.481	100,0000%	4.476

Anlage 28

**Vergleich der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung B nach den RStO 12
[FGSV 2012] für BAB-Fernverkehr und BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw**

Tab. 43: Eingangsgrößen zur Berechnung der dimensionierungsrelevanten Beanspruchung von BAB-Fernverkehr und BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw

Eingangsgröße	BAB-Fernverkehr	BAB-Fernverkehr LLkw		
	LLkw 0%	LLkw 2%	LLkw 5%	LLkw 9%
Achslastverteilung	LLkw 0%	LLkw 2%	LLkw 5%	LLkw 9%
Achszahlfaktor f_A	4,50	4,55	4,61	4,70
Fahrstreifenfaktor f_1	1,00			
Fahrstreifenbreitenfaktor f_2	1,00			
Steigungsfaktor f_3	1,02			
Mittlere jährliche Zunahme des Schwerverkehrs p	0,03			
Mittl. jährl. Zuwachsfaktor des Schwerverkehrs f_Z	1,586			
Nutzungsdauer	30 Jahre			

Tab. 44: Berechnung und Ergebnis der B-Zahl nach den RStO 12 [FGSV 2012] von BAB-Fernverkehr und BAB-Fernverkehr mit Lang-Lkw für $DTV^{(SV)}_{BAB-Fernverkehr} = 1.000 \text{ Kfz/24h}$

$f_1 = 1,00 \quad N = 30$ $f_2 = 1,00 \quad f_Z = 1,586$ $f_3 = 1,02$				BAB-Fernverkehr			BAB-Fernverkehr LLkw			BAB-Fernverkehr LLkw			BAB-Fernverkehr LLkw		
				LLkw = 0,00%			LLkw = 2,00%			LLkw = 5,00%			LLkw = 9,00%		
				$f_A = 4,50$			$f_A = 4,55$			$f_A = 4,61$			$f_A = 4,70$		
L_K	L_0	L_K/L_0	$(L_K/L_0)^4$	ALK-Vert.	$DTA^{(SV)}$	$(L_K/L_0)^4 \cdot DTA^{(SV)}$	ALK-Vert.	$DTA^{(SV)}$	$(L_K/L_0)^4 \cdot DTA^{(SV)}$	ALK-Vert.	$DTA^{(SV)}$	$(L_K/L_0)^4 \cdot DTA^{(SV)}$	ALK-Vert.	$DTA^{(SV)}$	$(L_K/L_0)^4 \cdot DTA^{(SV)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	10	0,20	0,0016	2,8396%	128	0,20	2,8960%	130	0,21	2,9740%	133	0,21	3,0775%	138	0,22
4	10	0,40	0,0256	21,4670%	966	24,73	21,4569%	964	24,67	21,4260%	960	24,58	21,4581%	960	24,59
6	10	0,60	0,1296	26,4848%	1.192	154,46	26,6600%	1.197	155,17	26,9576%	1.208	156,55	27,3229%	1.223	158,50
8	10	0,80	0,4096	30,7195%	1.382	566,22	30,4025%	1.365	559,26	29,9290%	1.341	549,32	29,2906%	1.311	537,00
10	10	1,00	1,0000	11,7032%	527	526,64	11,7774%	529	528,92	11,8798%	532	532,34	11,9949%	537	536,89
12	10	1,20	2,0736	4,9098%	221	458,14	4,9274%	221	458,86	4,9495%	222	459,90	4,9699%	222	461,28
14	10	1,40	3,8416	1,6540%	74	285,93	1,6573%	74	285,93	1,6610%	74	285,93	1,6629%	74	285,93
16	10	1,60	6,5536	0,2087%	9	61,55	0,2091%	9	61,55	0,2096%	9	61,55	0,2098%	9	61,55
18	10	1,80	10,4976	0,0126%	1	5,95	0,0126%	1	5,95	0,0127%	1	5,95	0,0127%	1	5,95
20	10	2,00	16,0000	0,0007%	0	0,50	0,0007%	0	0,50	0,0007%	0	0,50	0,0007%	0	0,50
22	10	2,20	23,4256	0,0001%	0	0,10	0,0001%	0	0,10	0,0001%	0	0,10	0,0001%	0	0,10
Summe:				100,0000%	4.500	2.084	100,0000%	4.491	2.081	100,0000%	4.481	2.077	100,0000%	4.476	2.073
Ergebnisse:				$DTV^{(SV)}$	$DTA^{(SV)}$	$EDTA^{(SV)}$	$DTV^{(SV)}$	$DTA^{(SV)}$	$EDTA^{(SV)}$	$DTV^{(SV)}$	$DTA^{(SV)}$	$EDTA^{(SV)}$	$DTV^{(SV)}$	$DTA^{(SV)}$	$EDTA^{(SV)}$
				1.000	4.500	2.084	988	4.491	2.081	972	4.481	2.077	952	4.476	2.073
B-Zahl				36.923.774			36.865.103			36.790.927			36.712.542		
Verhältnis				100,00%			99,84%			99,64%			99,43%		

Anlage 29

Eingangsgrößen und Parameter zur rechnerischen Dimensionierung mittels Programmsystem TISAD [TU Dresden 2013]

Tab. 45: Eingangsgrößen zur rechnerischen Dimensionierung mittels TISAD [TU Dresden 2013]

Eingangsgröße	Wert / Belegung
<u>Material:</u>	
Asphaltdeckschicht	ADS_Kali_RDO09
Asphaltbinderschicht	ABS_Kali_RDO09
Asphalttragschicht	ATS_Kali_RDO09
Frostschutzschicht	$E_{V2}=120 \text{ N/mm}^2$
Boden	$E_{V2}=45 \text{ N/mm}^2$
<u>Klima und Verkehr:</u>	
Oberflächentemperaturen	RDO_Kali
Achlastklassenverteilung	wie berechnet
Frostempfindlichkeitsklasse	F3
Frosteinwirkungszone	Zone III
Klimaunterschiede	keine besonderen Klimaeinflüsse
Wasserverhältnisse	kein Grund- und Schichtenwasser
Lage der Gradiente	Einschnitt, Anschnitt
Ausführung Randbereiche	Entwässerung über Mulden, Gräben bzw. Böschungen
f_1	1,00
f_2	1,00
f_3	1,02
f_z	1,586
Nutzungsdauer	30 Jahre
f_A	wie berechnet
$DTV^{(SV)}$ BAB Fernverkehr	frei wählbar
$DTV^{(SV)}$ BAB Fernverkehr LLkw	entsprechend Berechnung

Anlage 30

**Ergebnisse der rechnerischen Dimensionierung nach den RDO Asphalt 09 [FGSV
2009]**

Tab. 46: Ergebnisse der rechnerischen Dimensionierung nach den RDO Asphalt 09 [FGSV 2009]

Parameter / Kriterium	BAB Fernverkehr		BAB Fernverkehr LLkw					
	LLkw 0%		LLkw 2%		LLkw 5%		LLkw 9%	
DTV ^(SV)	6.210		6.143		6.045		5.915	
Schichtenaufbau nach (RStO Tafel 1, Zeile 1)	Bk100		Bk100		Bk100		Bk100	
Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus	85 cm		85 cm		85 cm		85 cm	
Schichtenaufbau:	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund
1: ADS_Kali_RDO09	4 cm	100%	4 cm	100%	4 cm	100%	4 cm	100%
2: ABS_Kali_RDO09	8 cm	100%	8 cm	100%	8 cm	100%	8 cm	100%
3: ATS_Kali_RDO09	22 cm	0%	22 cm	0%	22 cm	0%	22 cm	0%
4: FSS_120	51 cm	0%	51 cm	0%	51 cm	0%	51 cm	0%
5: Boden_45		0%		0%		0%		0%
Achszahlfaktor f_A	4,50		4,54		4,61		4,70	
Ermüdungsstatus nach Nutzungsdauer	100,00%		100,00%		99,79%		99,52%	
Prognostizierte Nutzungsdauer bis 100% Ermüdungsstatus	30,00 Jahre		30,00 Jahre		30,04 Jahre		30,09 Jahre	
Relation zu BAB Fernverkehr	100,00%		100,00%		100,13%		100,30%	
Parameter / Kriterium								
	BAB Fernverkehr		BAB Fernverkehr LLkw					
	LLkw 0%		LLkw 2%		LLkw 5%		LLkw 9%	
DTV ^(SV)	2.383		2.356		2.319		2.270	
Schichtenaufbau nach (RStO Tafel 1, Zeile 1)	Bk32		Bk32		Bk32		Bk32	
Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus	85 cm		85 cm		85 cm		85 cm	
Schichtenaufbau:	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund
1: ADS_Kali_RDO09	4 cm	100%	4 cm	100%	4 cm	100%	4 cm	100%
2: ABS_Kali_RDO09	8 cm	100%	8 cm	100%	8 cm	100%	8 cm	100%
3: ATS_Kali_RDO09	18 cm	0%	18 cm	0%	18 cm	0%	18 cm	0%
4: FSS_120	55 cm	0%	55 cm	0%	55 cm	0%	55 cm	0%
5: Boden_45		0%		0%		0%		0%
Achszahlfaktor f_A	4,50		4,54		4,61		4,70	
Ermüdungsstatus nach Nutzungsdauer	100,00%		99,77%		99,69%		99,43%	
Prognostizierte Nutzungsdauer bis 100% Ermüdungsstatus	30,00 Jahre		30,04 Jahre		30,06 Jahre		30,11 Jahre	
Relation zu BAB Fernverkehr	100,00%		100,13%		100,20%		100,37%	
Parameter / Kriterium								
	BAB Fernverkehr		BAB Fernverkehr LLkw					
	LLkw 0%		LLkw 2%		LLkw 5%		LLkw 9%	
DTV ^(SV)	830		820		807		789	
Schichtenaufbau nach (RStO Tafel 1, Zeile 1)	Bk10		Bk10		Bk10		Bk10	
Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus	85 cm		85 cm		85 cm		85 cm	
Schichtenaufbau:	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund	Dicke	Verbund
1: ADS_Kali_RDO09	4 cm	100%	4 cm	100%	4 cm	100%	4 cm	100%
2: ABS_Kali_RDO09	8 cm	100%	8 cm	100%	8 cm	100%	8 cm	100%
3: ATS_Kali_RDO09	14 cm	0%	14 cm	0%	14 cm	0%	14 cm	0%
4: FSS_120	59 cm	0%	59 cm	0%	59 cm	0%	59 cm	0%
5: Boden_45		0%		0%		0%		0%
Achszahlfaktor f_A	4,50		4,55		4,61		4,70	
Ermüdungsstatus nach Nutzungsdauer	100,00%		99,90%		99,61%		99,28%	
Prognostizierte Nutzungsdauer bis 100% Ermüdungsstatus	30,00 Jahre		30,02 Jahre		30,08 Jahre		30,14 Jahre	
Relation zu BAB Fernverkehr	100,00%		100,07%		100,27%		100,47%	

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Verkehrstechnik“

2010

V 194: Einbindung städtischer Verkehrsinformationen in ein regionales Verkehrsmanagement
Ansorge, Kirschfink, von der Ruhren, Hebel, Johanning € 16,50

V 195: Abwasserbehandlung an PWC-Anlagen
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Londong, Meyer € 29,50

V 196: Sicherheitsrelevante Aspekte der Straßenplanung
Bark, Kutschera, Baier, 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 Tausalzösungen
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 – Grundlagenmittlung**
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.

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.