

# Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw

Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

Verkehrstechnik Heft V 331

**bast**

# Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw

von

Christian Lippold  
Alexander Schemmel

Technische Universität Dresden  
Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“  
Institut für Verkehrsanlagen  
Lehrstuhl für Gestaltung von Straßenverkehrsanlagen

Alexander Süßmann  
Armin Förg

Förg und Süßmann Ingenieurbüro GbR, München

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Verkehrstechnik Heft V 331

**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 Kommunikation.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Ed. Schünemann KG, 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 Kommunikation.

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

## Impressum

**Bericht zum Forschungsprojekt 01.0196**  
Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw

**Fachbetreuung**  
Marco Irzik

**Referat**  
Straßenentwurf, Verkehrsablauf, Verkehrsregelung

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

**Redaktion**  
Stabsstelle Presse und Kommunikation

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

ISSN 0943-9331  
ISBN 978-3-978-3-95606-521-7  
Bergisch Gladbach, August 2020



## Kurzfassung – Abstract

### Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw

Die Bundesregierung hat vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2016 einen deutschlandweiten Feldversuch mit Lang-Lkw durchgeführt. Ziel war es, die Chancen und Risiken, die sich durch den Einsatz dieser Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge ergeben, zu evaluieren. Die dafür erforderliche verkehrsrechtliche Grundlage wurde durch die Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStVAusnV) gegeben.

Der Feldversuch hat gezeigt, dass Lang-Lkw auf dem geprüften Straßennetz (Positivnetz) überwiegend gut zurechtkommen. Herausforderungen stellen die im Vergleich zur freien Strecke kürzeren Nothaltebuchten in Tunneln und Schrägparkstände auf Rastanlagen. Mit der 8. Änderungsverordnung vom 28.12.2017 haben bisher 15 Bundesländer Strecken für Lang-Lkw freigegeben.

Die Prüfung und Freigabe von Strecken für das Positivnetz obliegt den Verkehrsbehörden der Länder. Sie haben die Befahrbarkeit von Verkehrsanlagen zu beurteilen.

Deshalb wurden die Bundesländer in diesem Teilprojekt zu ihren Erfahrungen bei der Streckenprüfung für Lang-Lkw befragt. Die Befragung umfasste Sachverhalte der fahrgeometrischen Überprüfung, Verkehrssicherheitsfragen im Zusammenhang mit Lang-Lkw und maßgebende Verkehrsanlagen für eine Streckenprüfung.

Maßgebend für die Untersuchungen ist die Festlegung von repräsentativen Bemessungsfahrzeugen für die Typen 1, 2, 3, 4 und 5. Typ 1 nimmt in dieser Untersuchung eine Sonderstellung ein. Typ 1 ist L = 17,80 m lang und damit kürzer als ein konventioneller Gliederzug. Durch die großen Überhänge hat er größere Schleppkurven als konventionelle Lkw. Typ 2 deckt mit seiner Vorkommenshäufigkeit und seinen Schleppkurven die übrigen Lang-Lkw ab. Das heißt, dass Typ 3, 4 und 5 entweder unbedeutend gering vertreten sind (Typ 4) oder viel kleinere Schleppkurven als Typ 2 haben.

Mit den beiden Bemessungsfahrzeugen wurden ausgewählte Verkehrsanlagen fahrgeometrisch

überprüft. Die Ergebnisse zeigen, welche Mindestmaße an Verkehrsanlagen durch einen Lang-Lkw befahrbar sind und bei welchen eine Einzelfallprüfung notwendig ist.

Alle Erkenntnisse sind in einem eigenständigen Handlungsleitfaden integriert, der eine Entscheidungshilfe bei der Überprüfung beantragter Lang-Lkw-Routen bildet.

### Route approval guideline for the use of longer trucks

From January 1<sup>st</sup>, 2012 to December 31<sup>st</sup>, 2016, the Federal Government of Germany has conducted a nationwide field test with longer trucks. The statutory basis required for the use of longer trucks was provided through the Regulation on Exceptions from Traffic Law Regulations for Long Vehicles and Vehicle Combinations (LKWÜberlStVAusnV). The regulation is updated regularly and comprises the admissible combinations of longer trucks and the positively tested road network. The field test has shown that longer trucks perform well on the tested road network (positive network). Challenges are shorter emergency stop bays in tunnels and parking stands at rest areas. With the 8<sup>th</sup> amendment of the regulation from December 28<sup>th</sup>, 2017, so far 15 federal states have approved routes for longer trucks.

The testing and approval of routes for the positive network is the responsibility of the national transport authorities. They have to assess the trafficability of traffic facilities.

For this reason in this subproject, the federal states were asked about their experiences with the route inspection for longer trucks. The survey included facts about the vehicle geometry verification, road safety issues in connection with long trucks and relevant traffic facilities for a route inspection.

The definition of representative design vehicles for types 1, 2, 3, 4 and 5 is decisive for the investigations. Type 1 occupies a special position in this study. Type 1 is 17,80 m long and thus shorter than a conventional articulated train. Due to its large overhangs it has larger tractrix curves than conventional trucks. Type 2 covers the remaining long trucks (type 3, 4 and 5) regarding their

frequency of occurrence and their tractrix curves. This means that types 3, 4 and 5 are either fairly rare (type 4) or have much smaller tractrix curves than type 2. Using these two design vehicles, selected traffic facilities were checked by geometric measurements. The results show which minimum dimensions of traffic facilities can be used by long trucks and where a case-by-case examination is necessary.

All findings are integrated into a separate action guide, which serves as a decision aid for the review of requested longer trucks routes.

## Summary

### Route approval guideline for the use of longer trucks

## 1 Scope

From 1<sup>st</sup> January 2012 to 31<sup>st</sup> December 2016, the Federal Government of Germany has conducted a nationwide field test with longer trucks. Longer trucks exceed the maximum length of lorries approved by the current road traffic regulations in Germany (StVO). They can have a length of up to 25.25m and are being grouped in five types.

The statutory basis required for the use of longer trucks was provided through the Regulation on Exceptions from Traffic Law Regulations for Long Vehicles and Vehicle Combinations (LKWÜberl StVAusnV). The exception provision is updated regularly and comprises the admissible combinations of longer trucks and the positively tested road network.

Since 1<sup>st</sup> January 2017 the permanent operation of longer trucks is permitted for particular routes. The operation is still based on the exception provision. Longer trucks may only be operated within the positively tested road network.

The assessment and approval of routes to extend the positively tested road network pose challenges to the road building administrations and traffic authorities of the federal states. Compared to conventional lorries, longer trucks have larger tracterics or tractor curves due to the differing dimensions. Even though longer trucks have to adhere to the so called BO-Kraftkreis, a specific turning circle outlined in §32 d StVZO, this circle does not necessarily represent the actual driving processes during operation (three-quarter circumnavigation of a roundabout or merging at an intersection). Consequently, for longer trucks all traffic facilities along a route have to be considered in the assessment process.

Therefore, the aim of this project has been to supply a hands-on guideline to the administrations dealing with route approval.

Besides the research report, the project should also yield the foundation for a separate manual. The

manual aims to supply a consistent, efficient, and standardised document on the route approval assessment to the traffic and road building authorities, respectively.

For that, the following topics are to be addressed:

- Definition of standard design vehicles to consider longer trucks during road design, manufacturing tractor curve templates to review existing traffic facilities,
- research experiences in the federal states on route assessments,
- combine administrative and scientific experiences of the field test,
- review a selection of the decisive traffic facilities with the elaborated standard design vehicles.

## 2 Determination of the standard design vehicles

By employing the „85% method“ based on substitute wheel bases, an appropriate standard design vehicle has been determined. The dimensions of both the „95% vehicle“ and the „99% vehicle“ correspond to a rare worst case scenario. In previous methods of selection the „85% method“ has been employed deliberately due to economic reasons in order to avoid having to design thoroughfares based on rarely occurring worst case scenarios. Thus, this proven approach has also been the choice within the framework of the present study.

At the editorial deadline of the project, the draft of the 9<sup>th</sup> amendment ordinance was published. According to this, the permissible length for Type 1 long trucks is to be increased in the future to up to L = 17,88m. Such a vehicle has not been studied here. However, it can be assumed that long trucks with a length of L = 17,88m compared to the L = 17,80m long Type 1 have a comparable driving and cornering behavior without significant deviations. It can also be assumed that the longer trucks with up to L = 25,25m (especially Type 2) have the larger and therefore decisive towing curves.

Two decisive standard design vehicles have been determined in the course of the investigations.

For type 1 a standard design vehicle has been calculated that also covers the „95% vehicle“ and the „99% vehicle“.

Amongst the LHV types 2 and 3, type 2 represents the more critical vehicle due to its wider annulus in the BO-Kraftkreis. Moreover, type 2 can be found more often in the database.

Compared to the types 2 and 3, the two exemplarily studied variants of the LHV type 5 show considerably smaller annulus widths and are thus not decisive for the design of thoroughfares.

For both standard design vehicles tractory curve templates for driving mode 1 and 2 have been elaborated.

### 3 Survey of the federal states

The survey addressed 15 federal states in written form of which 13 completed questionnaires could be evaluated.

The following items have been adapted from the questionnaires for the guideline. They take the suggestions and demands of the administrations and haulage contractors into account.

For a better data basis (according to the administrations) at the start of a route assessment, the guideline should contain recommendations for enclosures (to be supplied by the applicant). The enclosures should contain the following:

- Applicant's details (company, address, contact person with contact details),
- precise description of the route (street names, junctions, approach, start and end point),
- map showing the proposed itinerary.

A key issue is the communication between applicant and administration. In this context it is suggested that the administrations provide the applicant with a portal for the application, state of affairs, and the final decision. Such a platform can be used to exchange tractory curve certificates and communal statements. After completion of an assessment the applicant can view the result and make enquiries where necessary.

The guideline should list entries that encourage a more detailed inspection of a route. These can contain and are not limited to:

- Densely built-up areas around main through-roads,
- traffic-sensitive areas,

- high cycling and pedestrian traffic,
- accident hotspots.

In these cases, the possibility of an alternative route should be considered. Moreover, those limitations applicable to conventional lorries (such as vertical clearance or load limitations) should be taken into account during assessment.

The guideline should list a selection of traffic facilities whose trafficability has been tested with the standard design vehicles.

The listing should contain the following traffic facilities in the course of motorways:

- Vehicular tunnels (emergency lay-bys),
- Service and rest areas,
- Junctions and
- Slip roads with radii  $R < 80.0\text{m}$ .

In the course of B-roads, the trafficability of at-grade junctions (crossroads, intersections, roundabouts) and of railway crossings should be described.

Statements on the trafficability of at-grade junctions and of offsets are desired for last mile urban areas.

In this context, details of the standard design vehicles should be supplied (specification of standard tractory curve templates). In some countries, road building design software is employed. This software should allow for the correct geometric simulation of the standard design vehicles.

A common practice are test drives demonstrating the trafficability of a traffic facility. For such test drives, the guideline should name minimum requirements regarding the vehicle used.

As part of the outcome of a tractory curve testing it is to be decided, how lateral areas that are run over are to be evaluated. The guideline should contain suggestions for interpretation here.

### 4 Trafficability of selected traffic facilities

In this part, the trafficability of selected traffic facilities with the standard design vehicles has been evaluated. The exemplary simulations give an explanation about which traffic facilities can be used by longer trucks without problems.

The compilation of the selected traffic facilities depends on the experiences made during the subprojects and on the federal states' feedback.

For the studies on driving geometry, a number of traffic facilities exhibiting decisive design parameters have been selected (figure 1). The selected traffic

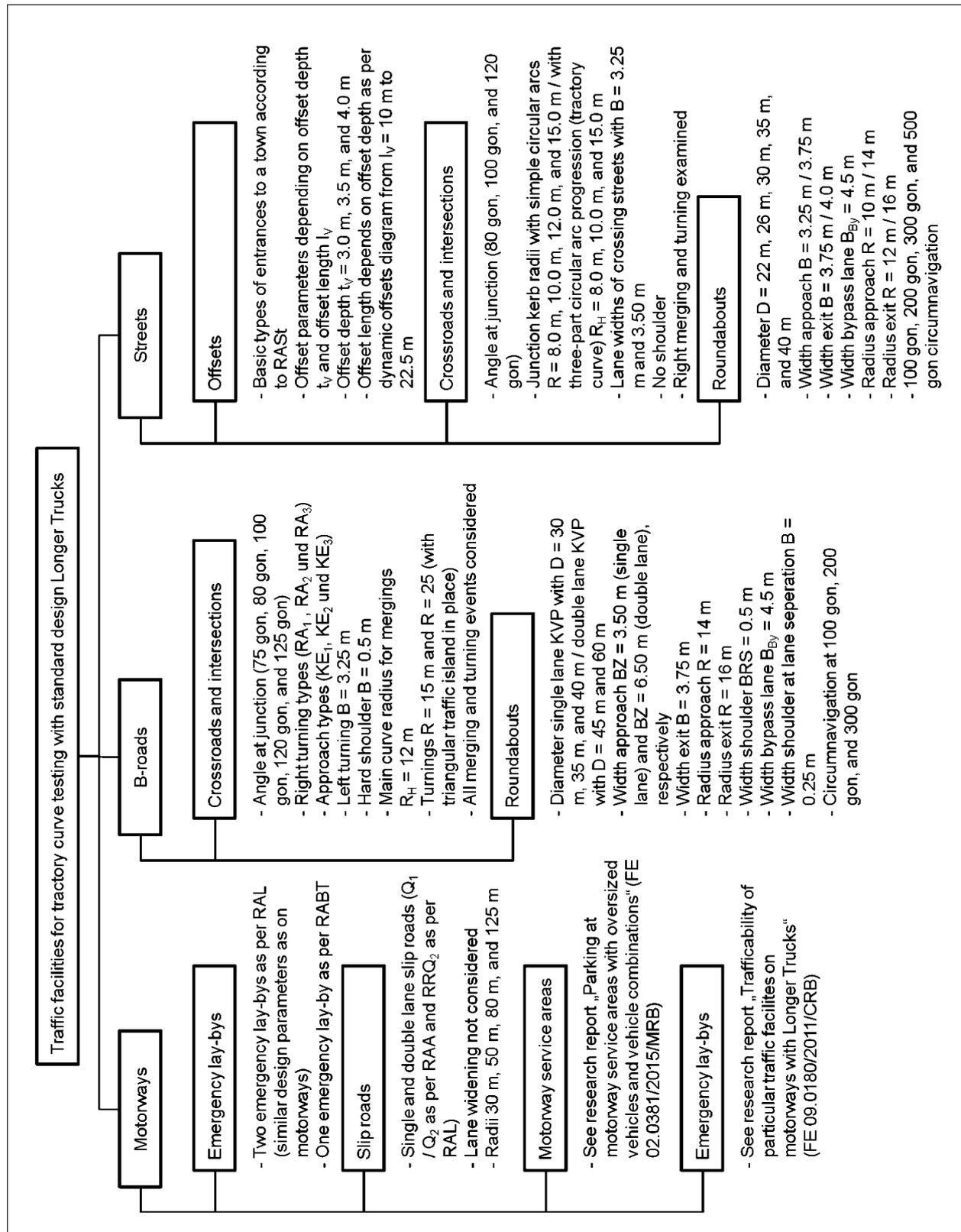


Fig. 1: Overview of the traffic facilities tested regarding driving geometry by using standard design vehicles

facilities have been assessed using the standard design vehicle type 1 and longer trucks with a length up to 25.25m (standard design vehicle type 2). In addition, an articulated vehicle has been compared to the longer trucks. Based on this comparison, the results can be evaluated with relative regard to a conventional lorry.

## 5 Conclusion

The aim of this project has been to elaborate relevant principles for practice-oriented route assessment recommendations regarding longer trucks. Thereby, the foundation for a separate guideline for LHV route assessment in the form of a published manual for administrations was to be laid by this report.

Regarding content and methods, questionnaires that were sent to the federal states have been evaluated, accompanying research reports on longer trucks have been reviewed, standard design vehicles have been defined, and simulations regarding driving geometry have been computed.

As a result, the survey of the federal states yielded a fairly uniform demand for consistent regulations and recommendations concerning LHV route assessments. This reflects the requirement of standard design vehicles, recommendations on the evaluation of railway crossings, or of informing about the strain on roads by longer trucks.

Determining representative standard design vehicles for the types 1, 2, 3, 4, and 5 was crucial for the studies. Also in this study, type 1 occupies a special position. Although its maximum length of 17.80m is still shorter than that of admissible articulated vehicles, its long overhangs cause it to have yet wider tractory curves than conventional lorries. Nevertheless, it can be extensively used in most federal states already today.

Type 2 with its abundance and tractory curves covers the remaining LHV types 2, 3, 4, and 5.

Both standard design vehicles can be simulated using specific tractory curve software as well as simple design software.

During the simulation of longer trucks, dynamic influences should be avoided. These have been proven to yield slimmer tractory curves.

The questions on clearing traffic light controlled junctions have been adopted from the Federal Highway Research Institute's final report. Correspondingly, the legal guidelines consider vehicles not longer than 15m for the times necessary to clear traffic light controlled junctions.

The crossing of at-grade railway facilities by types 2 to 5 in all cases require the involvement of the responsible railway line operator. Railway crossings go along with large differences in the assessment bases for safety. This is due to different assessment bases for the technical or non-technical safety and the locally applicable sight triangles between train driver and road traffic. A railway crossing can only be approved for longer trucks if the railway line operator has delivered their opinion to confirm its safe trafficability.

Using the standard design vehicles, selected traffic facilities in the course of motorways, B-roads, and streets have been designed with minimum dimensions according to the legal guidelines and tests regarding driving geometry have been carried out. The traffic facilities have been simulated with both longer trucks and conventional lorries on the same route. The comparison with a conventional lorry confirms that with particular design parameters a traffic facility may only be used to a limited extent or may not be used at all by an LHV and the reference vehicle at the same time.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	11	4.2.1 Typ 1.....	28
			4.2.2 Typ 2.....	30
<b>2</b>	<b>Veranlassung und Zielstellung</b> .....	11	4.2.3 Typ 3.....	30
2.1	Veranlassung .....	11	4.3 Ausschermaße und Kreisringbreiten der Bemessungsfahrzeuge .....	33
2.2	Zielstellung .....	11	4.4 Empfehlungen für den Leitfaden .....	35
<b>3</b>	<b>Literaturanalyse</b> .....	12	<b>5 Umfrage zur Streckenprüfung in den Ländern</b> .....	36
3.1	Konzept der Lang-Lkw .....	12	5.1 Zielstellung und Vorgehensweise.....	36
3.2	Streckenfreigabe und Änderungs- verordnung .....	13	5.2 Auswertung der Länderbefragung ....	37
3.2.1	Rechtliche Regelungen .....	13	5.3 Auswertung der Speditions- befragung .....	43
3.2.2	Streckenprüfung .....	14	5.4 Empfehlungen für den Leitfaden .....	44
3.3	Technische Eigenschaften von Lang-Lkw .....	15	<b>6 Prüfung maßgebender Verkehrs- anlagen mit Simulationen</b> .....	45
3.4	Maßgebende Verkehrsanlagen für Lang-Lkw .....	17	6.1 Zielstellung und Vorgehensweise.....	45
3.4.1	Fahrgeometrische Untersuchungen auf Verkehrsanlagen .....	18	6.2 Auswahl maßgebender Verkehrs- anlagen .....	46
3.4.2	Erkenntnisse aus nationalen Modell- versuchen .....	20	6.2.1 Autobahnen .....	46
3.4.3	Weitere maßgebende Unter- suchungen .....	20	6.2.2 Landstraßen .....	47
3.5	Berechnung von Schleppkurven .....	22	6.2.3 Stadtstraßen.....	48
3.5.1	Grundlagen der Schleppkurven- bestimmung .....	22	6.2.4 Durchführung der Simulationen .....	50
3.5.2	Vergleich Simulation und Realfahrt ...	24	6.3 Prüfung der maßgebenden Verkehrsanlagen .....	51
3.6	Bestimmung eines Bemessungs- fahrzeuges .....	24	6.3.1 Autobahnen .....	51
3.7	Zusammenfassung und Annahmen für die Untersuchung .....	25	6.3.2 Landstraßen .....	52
			6.3.3 Stadtstraßen.....	58
<b>4</b>	<b>Bestimmung der Bemessungs- fahrzeuge</b> .....	26	6.4 Empfehlungen für den Leitfaden .....	64
4.1	Vorgehensweise.....	26	6.4.1 Autobahnen .....	65
4.2	Auswahl der maßgebenden Lang- Lkw-Typen .....	28	6.4.2 Landstraßen .....	65
			6.4.3 Stadtstraßen.....	66
			<b>7 Zusammenfassung</b> .....	68

<b>Literatur</b> .....	69
<b>Bilder</b> .....	71
<b>Tabellen</b> .....	72

**Anhang**

- A 4.4 Schleppkurvenschablonen der Bemessungsfahrzeuge
- A 5.2 Kontaktadressen der zuständigen Verkehrsbehörden und Straßenbauverwaltungen der Länder
- A 6.3 Prüfung der maßgebenden Verkehrsanlagen

Der Anhang zum Bericht sowie die Handlungsempfehlungen zum Leitfaden sind im elektronischen BAST-Archiv ELBA unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de> abrufbar.

## 1 Einleitung

Die Bundesregierung hat vom 01.01.2012 bis zum 31.12.2016 einen deutschlandweiten Feldversuch mit Lang-Lkw durchgeführt. Ziel war es, die Chancen und Risiken zu evaluieren, die sich durch den Einsatz dieser Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge ergeben. Die dafür erforderliche verkehrsrechtliche Grundlage wurde durch die Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStV AusnV) gegeben.

Mit der 8. Änderungsverordnung vom 28.12.2017 haben bisher 15 Bundesländer Strecken für Lang-Lkw freigegeben.

Die Prüfung und Freigabe von Strecken für das Positivnetz obliegt den Verkehrsbehörden der Länder. Sie haben die Befahrbarkeit von Verkehrsanlagen zu beurteilen.

Bislang gibt es für Lang-Lkw keine einheitlichen Vorgaben für Bemessungsfahrzeuge oder entwurfs-technische Vorgaben für die Prüfung der maßgebenden Verkehrsanlagen. Dadurch haben sich in den Bundesländern jeweils unterschiedliche Vorgehensweisen für die Streckenprüfung entwickelt.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, die Grundlagen für eine bundeseinheitliche Methodik zur Prüfung und Freigabe potenzieller Strecken für Lang-Lkw im nachgeordneten Netz zu erarbeiten. Dafür wird mit einer Datenbankauswertung der vermessenen Lang-Lkw ein repräsentatives Bemessungsfahrzeug festgelegt. Weiterhin sollen alle Bundesländer zu ihren Erfahrungen und methodischen Vorgehensweisen der Streckenprüfung befragt werden. Ausgewählte Verkehrsanlagen werden fahrgeometrisch mit den Bemessungsfahrzeugen untersucht. Aus den gesammelten Daten wird geschlussfolgert welche Verkehrsanlagen mit Lang-Lkw befahren werden können. Die Ergebnisse werden in einem Bericht und in einem gesonderten Handlungsleitfaden zusammengefasst.

In den Untersuchungen wird zwischen den Lang-Lkw bis  $L = 17,80$  m (Typ 1) und den Lang-Lkw bis  $L = 25,25$  m unterschieden. Die differenzierte Bewertung beruht auf den Erkenntnissen, dass Typ 1 durch seine Länge kürzer ist als z. B. ein Gliederzug oder ein Autotransporter. Trotzdem hat er durch seine großen Überhänge besondere Fahreigenschaften, weshalb er in der Untersuchung separat berücksichtigt wird.

Zum Redaktionsschluss des vorliegenden Berichtes wurde der Entwurf der 9. Änderungsverordnung veröffentlicht. Demnach soll künftig für Lang-Lkw von Typ 1 die zulässige Länge auf bis zu  $L = 17,88$  m angehoben werden. Ein solches Fahrzeug wurde hier noch nicht untersucht. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass Lang-Lkw mit einer Länge von  $L = 17,88$  m gegenüber dem  $L = 17,80$  m langen Typ 1 ein vergleichbares Fahr- und Kurvenlaufverhalten ohne erhebliche Abweichungen haben. Weiter ist davon auszugehen, dass die Lang-Lkw mit bis zu  $L = 25,25$  m (allen voran Typ 2) die größeren und damit maßgebenden Schleppkurven haben.

## 2 Veranlassung und Zielstellung

### 2.1 Veranlassung

Für den Betrieb von Lang-Lkw wurden unter Federführung des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) bisher eine Ausnahme-Verordnung und acht Änderungsverordnungen erlassen. Diese regeln die grundlegenden straßenverkehrsrechtlichen Voraussetzungen für den Betrieb von Lang-Lkw. Ein maßgebender Punkt sind die Festlegungen zum Positivnetz. Möchte ein Spediteur mit einem Lang-Lkw am öffentlichen Verkehr teilnehmen, so hat er zu prüfen, ob seine Route bereits im Positivnetz enthalten ist. Ist das nicht der Fall, muss die Route bei der in den einzelnen Bundesländern zuständigen Straßenverkehrsbehörde und (bzw.) Straßenbauverwaltung beantragt werden. Beantragte Routen werden von der zuständigen Verwaltung geprüft und bei positivem Ergebnis in die nächste Änderungsverordnung aufgenommen. An dieser Stelle besteht jedoch die Herausforderung, dass die Verwaltungen für ihre Prüfaufgabe keine einheitlichen Vorgehensweisen und keine Prüffahrzeuge haben. Im Verlauf des Feldversuches haben die teilnehmenden Länder eine eigene Routine für die Streckenprüfungen entwickelt. Die Vorgehensweisen in den Ländern und die damit verbundenen Erfahrungen sind im Bericht zusammenzufassen und bilden die Grundlage für die Empfehlungen des Leitfadens.

### 2.2 Zielstellung

Das Ergebnis des Projektes soll neben dem Forschungsbericht die Grundlage für einen eigenstän-

digen Handlungsleitfaden sein. Der Handlungsleitfaden hat die Aufgabe, den Straßenverkehrs- und (bzw.) Straßenbauverwaltungen ein widerspruchsfreies, effizientes und einheitliches Dokument zur Freigabeprüfung von Strecken zur Verfügung zu stellen.

Dafür sind die folgenden Schwerpunkte zu bearbeiten:

- Definition von Bemessungsfahrzeugen zur Berücksichtigung von Lang-Lkw beim Straßenentwurf, Erstellen von Schleppkurvenschablonen zur Überprüfung vorhandener Verkehrsanlagen,
- Recherche der Erfahrungen aus den Bundesländern zu Streckenprüfungen,
- Zusammenführen der behördlichen und wissenschaftlichen Erfahrungen aus dem Feldversuch,
- Überprüfung einer Auswahl der maßgebenden Verkehrsanlagen mit den erarbeiteten Bemessungsfahrzeugen.

### 3 Literaturanalyse

#### 3.1 Konzept der Lang-Lkw

Das Konzept der Lang-Lkw (Rechtsgrundlage, Streckennetz und Fahrverhalten) wurde im Abschlussbericht der BASt zusammengefasst (IRZIK, 2016). Zur Übersicht sollen im folgenden Kapitel lediglich die vorhandenen Lang-Lkw vorgestellt werden (siehe Bild 1).

- Typ 1: Sattelkraftfahrzeug mit bis zu 17,80 m (Bild 2),
- Typ 2: Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger bis zu 25,25 m (Bild 3),



Bild 1: Mögliche Fahrzeugkombinationen nach LKWÜberStV AusnV

- Typ 3: Lastkraftwagen mit Unterachse und Sattelanhänger bis zu 25,25 m (Bild 4),
- Typ 4: Sattelkraftfahrzeug mit einem weiteren Sattelanhänger bis zu 25,25 m (Bild 5),
- Typ 5\*: Lastkraftwagen mit einem Anhänger bis zu 24,00 m (Bild 6).

#### Typ 1

Lang-Lkw vom Typ 1 (Bild 2) bestehen aus einer Sattelzugmaschine mit einem verlängerten Sattelanhänger (auch Euro Trailer genannt). Das zulässige Höchstmaß für dieses überlange Sattelkraftfahrzeug beträgt  $L = 17,80$  m. Hierbei ergibt sich eine Verlängerung des Fahrzeughecks um einen Meter hinter dem Dreiachsaggregat und  $L = 0,3$  m vor dem Königsbolzen. Das verlängerte Sattelkraftfahrzeug bietet den gleichen Palettenstauraum wie ein konventioneller Gliederzug ( $L = 18,75$  m), ist aber rund einen Meter kürzer. Das soll sich positiv auf die Infrastruktur und die Verkehrssicherheit, etwa bei Überholvorgängen, auswirken (KOEGL, 2013).

#### Typ 2

Die zweite Fahrzeugkombination besteht aus einem Sattelkraftfahrzeug mit einem angehängten Tandemachsanhänger (Bild 3). Die Achsen des An-



Bild 2: Lang-Lkw Typ 1



Bild 3: Lang-Lkw Typ 2

hängers sind zentral in der Mitte angeordnet. Dabei gibt es in Abhängigkeit von der Achslast Ausführungen mit einer, zwei oder drei Achsen. Die Richtlinie 96/53/EG sieht aber nach dem modularen Konzept nur zwei oder drei Achsen vor. Insofern dürfen nur diese an den Lang-Lkw angehängt werden. In der Praxis hat sich gezeigt, dass am häufigsten ein zweiachsiger Anhänger eingesetzt wird. Das resultiert aus den vergleichsweise günstigen Anschaffungskosten. In der Regel sind beide Achsen starr. Vereinzelt gibt es Modifikationen, bei denen die Vorderachse gelenkt werden kann. Durch die Anordnung der Achsen entsteht ein zentraler Rotationspunkt. Der Tandemachsanhänger hat damit eine gute Wendigkeit.

### Typ 3

Das im Feldversuch am häufigsten vertretene Fahrzeugkonzept ist Typ 3 (Bild 4). Die Verbindung zwischen Lastkraftwagen und Sattelanhänger geschieht mittels Untersetzachse (Dolly). Bei Typ 3 können gelenkte und ungelenkte Dollys vorkommen. Um bei ungelenktem Dolly die Kurvenlaufeigenschaften zu verbessern, werden Lenkachsen eingesetzt.

### Typ 4

Typ 4 ist eine Kombination aus zwei Sattelanhängern (Bild 5). Dabei zieht eine Sattelzugmaschine einen Sattelanhänger, der eine Sattelkupplung für einen zweiten Sattelanhänger hat. Diese Variante (B-Double) kommt vor allem im Ausland zum Einsatz. Im Feldversuch in Deutschland wurde diese Fahrzeugkombination nur selten eingesetzt, sie spielt eher eine untergeordnete Rolle.

### Typ 5\*

Typ 5\* ist ein Motorwagen mit Anhänger (Bild 6). Diese Fahrzeugkombination unterscheidet sich von einem konventionellen Gliederzug nur durch die Länge. In Kanada sind diese Fahrzeuge als „Pony Trailer Combination“ oder „Full Trailer Combination“ mit Längen von bis zu  $L = 23$  m bekannt (Council of Ministers of Transportation and Highway Safety, 2011). Im deutschen Feldversuch darf diese Fahrzeugkombination eine Gesamtlänge von bis zu  $L = 24,0$  m haben. Die am Versuch teilnehmenden Fahrzeugkombinationen erreichten durch ihre Einsatzbestimmung nur eine Länge von  $L = 23$  m. Fahrzeuge mit einer Länge von  $L = 24$  m kamen im



Bild 4: Lang-Lkw Typ 3



Bild 5: Lang-Lkw Typ 4 (Quelle Contrail)



Bild 6: Lang-Lkw Typ 5\*

deutschen Feldversuch nicht vor. Aus diesem Grund wird im weiteren Verlauf des Berichtes nur von Typ 5\* gesprochen, um die spezifische Fahrzeuglänge von  $L = 23$  m zu berücksichtigen.

## 3.2 Streckenfreigabe und Änderungsverordnung

### 3.2.1 Rechtliche Regelungen

Lang-Lkw sind mit bis zu  $L = 25,25$  m um  $L = 6,50$  m länger als konventionelle Lkw. Dadurch haben sie andere Kurvenlaufeigenschaften als konventionelle Lkw. Um dennoch gute Kurvenlaufeigenschaften zu erreichen, haben Lang-Lkw mehrere Knickpunkte, Lenkachsen und andere technische Hilfsmittel (vgl. Kapitel 3.3).

Ein Lang-Lkw hat gegenüber normalen Lkw abweichende Fahreigenschaften. Deshalb dürfen Lang-

Lkw nur auf einem geeigneten Streckennetz fahren. Das geprüfte Streckennetz umfasste zum Ende des Feldversuches (31.12.2016) rund 11.600 km. Davon sind rund 70 % Autobahnen. Seitdem wurden weitere Strecken gemeldet, die jedoch nicht genauer beziffert werden können.

Die Festlegungen sind in der „Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStVAusnV)“ geregelt. In den Aktualisierungen wird hauptsächlich das befahrbare Streckennetz durch die von den Ländern geprüften Strecken fortgeschrieben.

Die Notwendigkeit der LKWÜberlStVAusnV ergibt sich aus der Abweichung von der StVZO. Durch die Ausnahme-Verordnung wird das Erfordernis von einzelnen Ausnahmegenehmigungen aufgehoben. Zudem ließ sich nur auf diesem Wege eine bundeseinheitliche Regelung treffen.

Grenzüberschreitender Verkehr mit Lang-Lkw ist durch die gültige Ausnahme-Verordnung nicht direkt geregelt. Die Ausnahme-Verordnung beruht in Teilen auf der Richtlinie 96/53/EG vom 25. Juli 1996. Für einen grenzüberschreitenden Lang-Lkw-Verkehr muss nach der aktuellen Rechtslage der EU-Richtlinie ein bilateraler Vertrag zwischen den Nachbarländern abgeschlossen werden. Zuständig für derartige Vereinbarungen ist das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI).

Die am Versuch teilnehmenden Fahrzeugtypen 2 bis 5 sind auf modularer Basis zusammengestellt. „Modular“ bezeichnet dabei die Kombination von nach StVZO zulässigen Zugmaschinen und Anhängern zu Lang-Lkw. Die einzige Ausnahme stellt Typ 1 dar, bei dem es sich um einen verlängerten Sattelaufleger handelt.

In der Ausnahme-Verordnung der Lang-Lkw sind die Anzahl lenkbarer Achsen oder deren Position nicht festgelegt (BMVBS, 2011). Die Notwendigkeit von zusätzlich gelenkten Achsen bei Fahrzeugen dieser Länge ergibt sich aus den Anforderungen an die Kurvenlaufeigenschaften nach § 32 d StVZO (BMVBS, 2011). Ohne zusätzliche Lenkachsen kann es passieren, dass ein Fahrzeug nicht den vorgeschriebenen sogenannten BO-Kraftkreis nach § 32 d Abs. 1 einhält. Für die Vereinbarkeit mit der Ausnahme-Verordnung muss nach § 7 LKWÜberlStVAusnV die Einhaltung des BO-Kraftkreises durch ein Gutachten für die jeweilige Fahrzeugkombination mit Überlänge nachgewiesen werden.

Der BO-Kraftkreis soll gewährleisten, dass ein Fahrzeug Kurvenfahrten im gesamten öffentlichen Straßennetz problemlos durchführen kann. (STÜRMEER, 2009). Fahrzeugbetreiber müssen dies dann absichern, wenn sie ihre Anhänger und Sattelaufleger individuell anfertigen lassen (Auskunft der Spediteure bei Gesprächen).

Erfahrungen aus der Praxis zeigen jedoch, dass der BO-Kraftkreis nicht alle vorkommenden Elementfolgen und Bewegungsvorgänge, wie z. B. die Fahrt durch einen Kreisverkehr mit verschiedenen Richtungswechseln (rechts-links-Kombination) vollständig abdeckt. Insofern werden im praktischen Straßenentwurf ergänzend Schleppkurven zur Berücksichtigung des tatsächlichen Platzbedarfs bei Kurvenfahrten verwendet (vgl. Kapitel 3.5).

### 3.2.2 Streckenprüfung

Sofern ein Einsatz von Lang-Lkw bis zu  $L = 25,25$  m erwogen wird, ist zuerst durch den Transportunternehmer zu prüfen, ob die Routen, die mit einem Lang-Lkw befahren werden sollen, auch Bestandteil des Positivnetzes sind. Dies betrifft besonders auch die Strecken von den Autobahnanschlussstellen zu den Verladepunkten. Sofern die Routen nicht vollständig enthalten sind, besteht die Möglichkeit, eine Aufnahme der zu befahrenden Strecken in die Ausnahme-Verordnung bei den betroffenen Landesministerien zu beantragen. Die Landesministerien veranlassen dann die Prüfung der Eignung der Strecken für den Einsatz mit Lang-Lkw und leiten gegebenenfalls Strecken als geeignet zur Aufnahme in das Positivnetz an das BMVI weiter. Eine Aktualisierung des Positivnetzes mit neuen Strecken erfolgt periodisch.

Die Streckenprüfung und -ausweisung erfolgt nicht fahrzeugspezifisch, sondern für alle Lang-Lkw gleichermaßen.

Der Lang-Lkw vom Typ 1 ist das einzige Fahrzeug das sich in bestimmten Bundesländern neben den Strecken des Positivnetzes auch auf allen anderen öffentlichen Straßen bewegen darf. Dieser Lang-Lkw darf flächenhaft die Straßen in den Ländern Bayern, Hamburg, Hessen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Schleswig-Holstein und Thüringen befahren (Stand: achte Änderungsverordnung).

Umleitungen durch Streckensperrungen können in unvorhersehbare und vorhersehbare Ereignisse

unterteilt werden. Unvorhersehbare Ereignisse können durch die Verordnung nicht berücksichtigt werden. Die Fahrer eines Lang-Lkw müssen sich nach § 10 LKW-ÜberlStVAusnV vor Fahrtantritt über Streckenbeeinflussungen informieren. Sollte eine Route nicht befahrbar sein, darf die Fahrt nicht angetreten werden. Bei Streckensperrungen liegt es im Ermessen der Polizei (Opportunitätsprinzip), ob die Umleitungsroute für den Lang-Lkw geeignet ist.

Bisher prüfen die Verwaltungen mit unterschiedlichen Methoden die Eignung der Strecken:

- Simulation mit einem Lang-Lkw (keine gelenkten Achsen) aus den Entwurfsprogrammen durch Dritte oder durch die zuständige Fachabteilung,
- Fahrversuche mit einem verfügbaren Lang-Lkw,
- Prüfung in Anlehnung an die Großraum- und Schwerlasttransporte.

Die Verbreitung der Prüfmethode in den Ländern ist nicht bekannt. Es ist aber bekannt, dass die nachgeordneten Fachbehörden in den Ländern, je nach technischer Ausstattung, unterschiedliche Vorgehensweisen anwenden.

### 3.3 Technische Eigenschaften von Lang-Lkw

Das Fahrverhalten von Lang-Lkw kann durch gelenkte Untersetzachsen (Dollies), gezogene Lenkachsen (Bild 7), Liftachsen und verschiedene Positionen der Knickpunkte beeinflusst werden.

#### Lenkbare Nachziehachsen

Gezogene Lenkachsen führen zum Ausschwenken des Aufliegerhecks auf der kurvenäußeren Seite

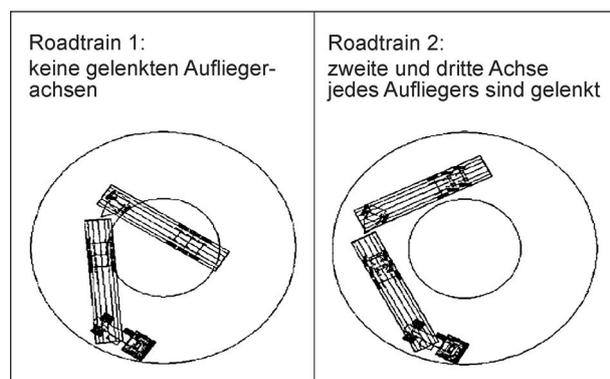


Bild 7: Unterschied von gelenkten und nicht gelenkten Aufliegern (Fka, 2005)

(Bild 7 und Bild 8). Nebeneffekt ist eine kleinere Flächenbeanspruchung auf der kurveninneren Seite (GLAESER et al., 2008). Bild 7 verdeutlicht diesen Zusammenhang. Es ist erkennbar, dass der Auflieger mit gezogener Lenkachse am Anfang des Einbiegevorganges weiter ausschwenkt. Dagegen fällt der Flächenbedarf auf der kurveninneren Seite geringer aus.

Das Lenkverhalten wird durch belastete oder unbelastete Lenkachsen nur sehr gering beeinflusst (GLAESER et al., 2008).

#### Liftachsen und dynamische Achslastverteilung

Liftachsen sind Achsen an Mehrfachachs-Aggregaten die bei geringer Zuladung angehoben werden können um beispielsweise den Reifenverschleiß zu verringern. Dadurch verändert sich jedoch auch der Drehpunkt von Anhängern und Motorwagen. Bei einem Anhänger mit gelifteter Achse (liftbare letzte Achse) erhöht sich nach dem Liften der Überhang am Heck. Bild 9 zeigt einen Vergleich mit und ohne gelifteter Achse. Mit einer gelifteten Achse kann sich der Anhänger weiter eindrehen. Der Überhang am Heck des Fahrzeuges schwenkt weiter aus (0,8 m statt 0,7 m). Es ergibt sich eine geringere

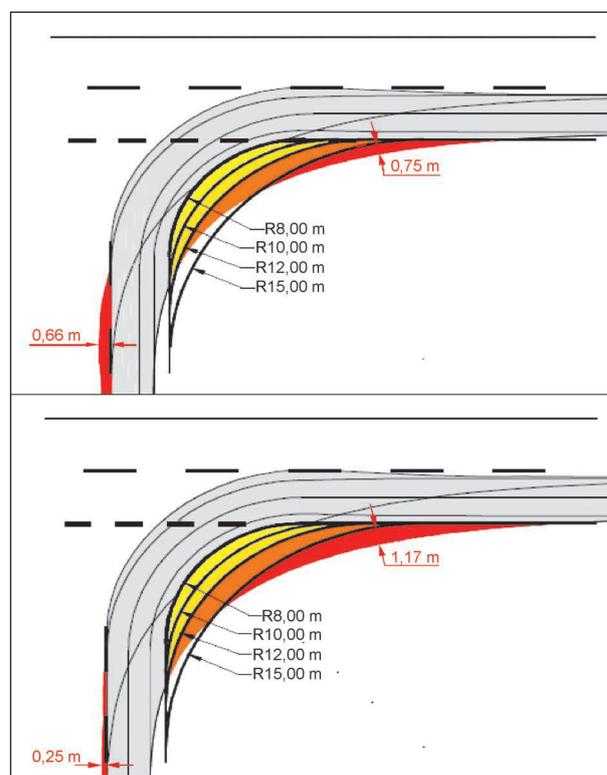


Bild 8: Lang-Lkw Typ 3 mit (oben) und ohne (unten) gezogener Lenkachsen und jeweils starren Dolly (GLAESER et al., 2008)

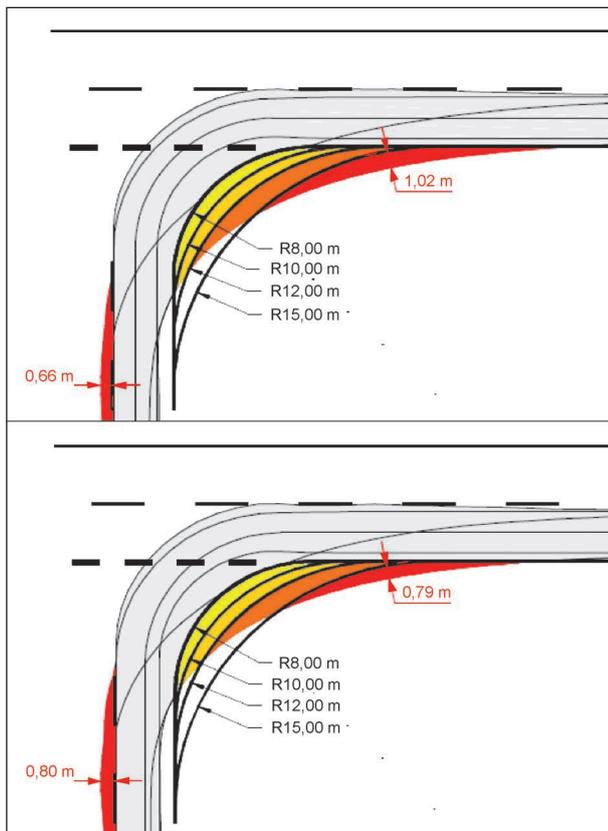


Bild 9: Lang-Lkw Typ 2 mit abgesenkter (oben) und gelifteter (unten) 5. Achse (GLAESER et al., 2008)

Platzbeanspruchung auf der kurveninneren Seite. Diese Eigenschaft wird unter anderem bei Sattelanhängern des Lang-Lkw des Typ 2 angewandt. Der Kupplungspunkt des Starrdeichselanhängers schwenkt dadurch weiter aus. Somit wird bei Abbiegevorgängen weniger Fläche auf der kurveninneren Seite benötigt (GLAESER et al., 2008; SÜßMANN et al., 2014).

Einen vergleichbaren Effekt wie Liftachsen haben Systeme zur dynamischen Achslastverteilung. Diese regulieren den Druck in den Luftbalgen von luftgefederten Achsen und verlagern so die Achslast bei Mehrachsaggregaten untereinander. Bei Dreiachsaggregaten an Sattelanhängern wird beispielsweise die letzte Achse entlastet und die beiden vorderen Achsen belastet.

### Gelenkte und starre Dollys

Gelenkte Untersetzachsen (Dolly) werden bei Lang-Lkw im Typ 3 eingesetzt, um das Folgeverhalten der Sattelanhänger zu begünstigen. Dadurch fährt die Dolly hinter dem Zugfahrzeug einen weiteren Bogen als bei einer starren Dolly (Bild 10) (STÜRMEER, 2009). Dies sei auch in Bild 11 verdeutlicht. Die

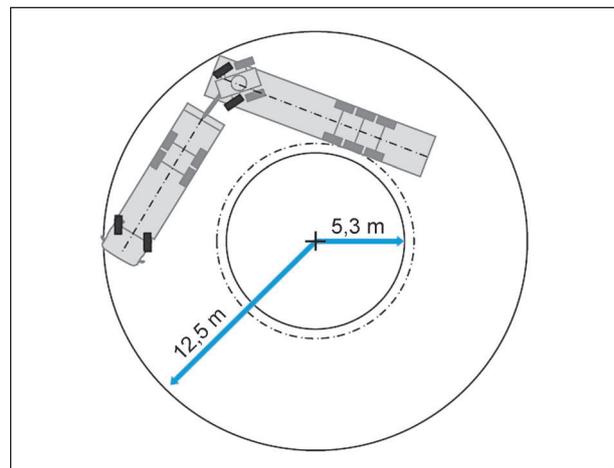


Bild 10: Einhaltung des BO-Kraftkreis nach § 32 StVZO mit gelenktem Dolly (VDA Presse, 2011)

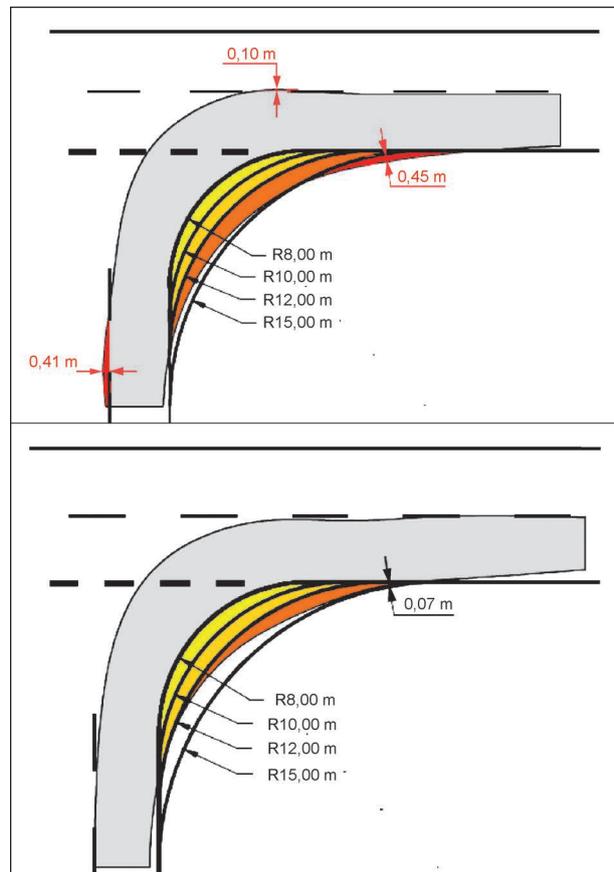


Bild 11: Lang-Lkw Typ 3 mit starren (oben) und gelenktem (unten) Dolly (GLAESER et al., 2008)

Schleppkurve mit starrem Dolly in der oberen Abbildung ist wesentlich breiter als die Schleppkurve in der unteren Abbildung mit gelenktem Dolly.

Bei gelenkten Untersetzachsen ist weiterhin zwischen den unterschiedlichen Systemen verschiedener Hersteller zu unterscheiden.

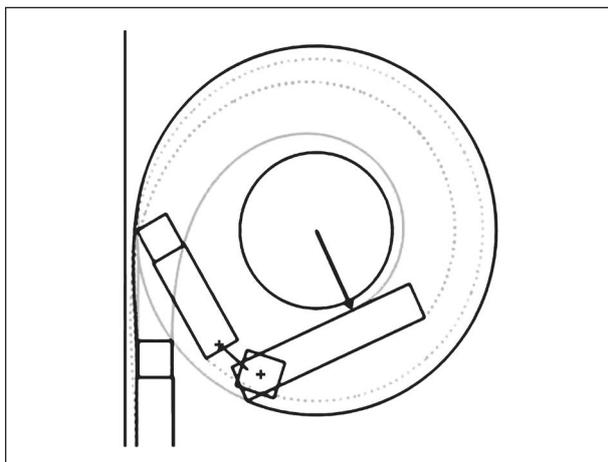


Bild 12: Simulation Kreisfahrt hochgekuppelter Dolly (SÜßMANN et al., 2014)

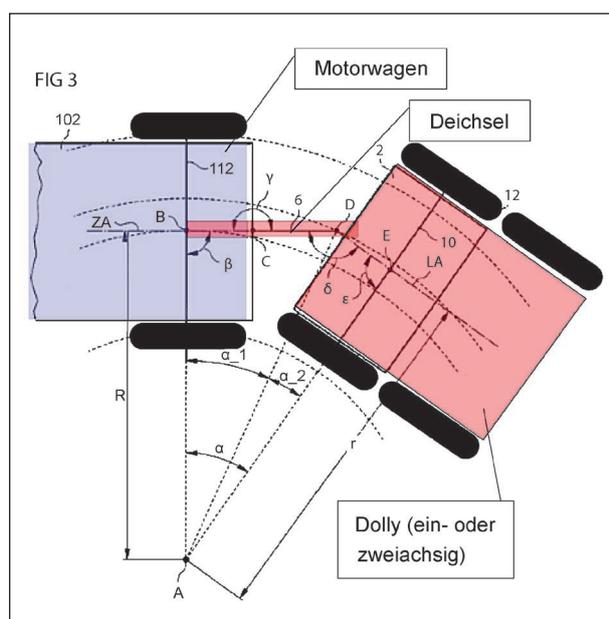


Bild 13: Wirkungsweise der gelenkten Deichsel bei Unteretzachsen vom System B (Patent EP2634018 B1, Figur 3 mit eigenen Anmerkungen)

Die gelenkten Unteretzachsen des Herstellers A, im Folgenden System A genannt, verfügen beispielsweise über eine schwenkbare Deichsel, deren Schwenkwinkel über ein Übersetzungsverhältnis in einen Lenkwinkel der vorderen der beiden Achsen übersetzt wird (Bild 12). Hochgekuppelte Dollys nutzen gegenüber den tiefgekuppelten Dollys nicht die gesamte Kreisfahrbahn des BO-Kraftkreises (SÜßMANN et al., 2014).

Die Unteretzachsen des Herstellers B, im Folgenden System B genannt, verfügen hingegen über eine aktiv gelenkte Deichsel. Ein Regelsystem lenkt die Deichsel stets so, dass diese senkrecht zum Fahrzeugheck gehalten wird.

## Einfluss der Geschwindigkeit

Weiteren Einfluss auf das Kurvenfahrverhalten hat die Geschwindigkeit, mit der ein Fahrzeug fährt. Nach GLAESER et al. (2008) verursachen bereits bei geringen Geschwindigkeiten und geringen Geschwindigkeitsänderungen die dabei auftretenden Zentrifugalkräfte einen größeren Bogen mit entsprechendem Platzbedarf auf der Kurvenaußenseite. Die Fahrzeugkombinationen haben durch die auftretenden Fliehkräfte eine schmalere Schleppkurve. Messfahrten im BO-Kraftkreis von GLAESER haben ergeben, dass Geschwindigkeitsunterschiede von rund 9 km/h einen Unterschied von ca. 0,40 m in der überstrichenen Ringfläche verursachen (GLAESER et al., 2008). Auch FRIEDRICH et al. haben in ihren Untersuchungen den Einfluss unterschiedlicher Geschwindigkeiten auf die Schleppkurven untersucht. Bei zügiger Fahrweise entstanden größere Abweichungen von den simulierten Schleppkurven von bis zu 0,30 m (FRIEDRICH et al., 2013). Simulationen von Schleppkurven haben keine fahrdynamischen Einflüsse (Fliehkräfte am Fahrzeug) und bilden stets den fahrgometrischen Verlauf ab.

## 3.4 Maßgebende Verkehrsanlagen für Lang-Lkw

Zum Feldversuch vom 01.01.2012 bis 31.12.2016 hat die Bundesregierung ein umfangreiches Forschungsprogramm durchgeführt. Untersucht wurden alle für Lang-Lkw relevanten Themenfelder. In den folgenden Forschungsprojekten wurde das Fahrverhalten der Fahrzeuge oder die Befahrbarkeit ausgewählter Verkehrsanlagen mit Lang-Lkw betrachtet:

- Lang-Lkw: Auswirkung auf Fahrzeugsicherheit und Umwelt (82.543),
- Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw (89.284),
- Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw (09.180),
- Überprüfung der Befahrbarkeit innerstädtischer Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs (77.501),
- Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße (02.0381),



den die verfügbaren Lang-Lkw auf plangleichen Knotenpunkten und Kreisverkehren untersucht. Es zeigt sich, dass die Fahrzeuge teilweise den gesamten verfügbaren Bewegungsspielraum der Fahrbahn (inkl. Gegenfahrstreifen) für die Befahrbarkeit benötigten. Die Befahrbarkeit von plangleichen Knotenpunkten konnte, wenn auch eingeschränkt, nachgewiesen werden. Durch ein fehlendes Bemessungsfahrzeug und die Einschränkungen der verfügbaren Knotenpunkte besteht weiterhin Forschungsbedarf auf plangleichen Kreuzungen und Kreisverkehren.

Das dritte Teilprojekt der TU Dresden behandelte das Parken überlanger Fahrzeuge und -kombinationen auf Rastanlagen (LIPPOLD/SCHEMMEL, 2016). Mit realgetreuen Simulationen von Lang-Lkw wurden die Befahrbarkeit verschiedener technischer Parklösungen und die Befahrbarkeit von Standardfahrgassen untersucht. Dadurch wurden auch Verkehrsanlagen einbezogen, die nicht im Zuge des Positivnetzes durch einen Lang-Lkw teilweise angefahren werden konnten (Bild 16). Im Projekt wurden Parkstände und Fahrgassen mit unterschiedlichen Entwurfparametern entworfen und die Befahrbarkeit untersucht. Das verwendete Simulationstool wurde mit real gemessenen Fahrzeugen kalibriert (gemessene Lang-Lkw aus LIPPOLD/SCHEMMEL, 2015A). Die angewendete Methodik erlaubte eine umfassende Untersuchung der Befahrbarkeit von Rastanlagen.

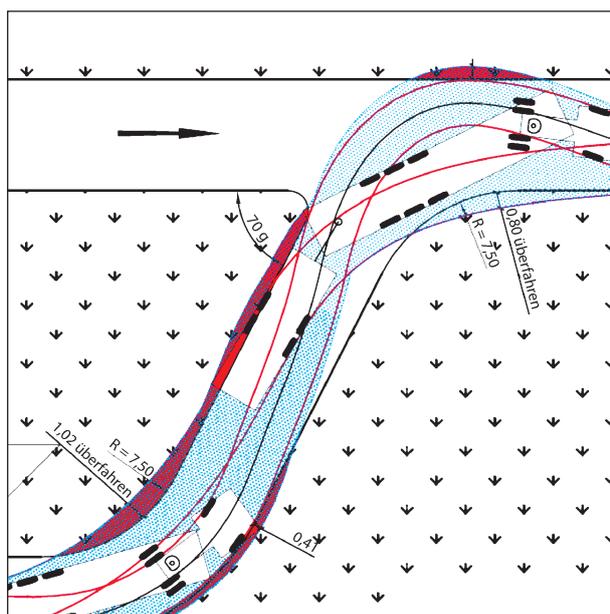


Bild 16: Überfahrten bei schmalen Fahrgassen  $B = 4,50$  m und kleinen Ausrundungsradien (LIPPOLD/SCHEMMEL 2016)

In den Untersuchungen zeigte sich, dass Lang-Lkw innerhalb ihrer Typenklassen teils deutliche Unterschiede im Fahrverhalten haben (vgl. technische Einflussnahme in Kapitel 3.3). Im Feldversuch untersuchte die TU München diesen Zusammenhang anhand des Kurvenfahrverhaltens genauer (BOKRAFTKREIS – SÜßMANN et al., 2014). SÜßMANN konnte mit seinem Simulationstool für alle Lang-Lkw-Typen (zum Teil mehrere Fahrzeuge je Typenklasse) deutliche Unterschiede in der Breite der Schleppkurven und Ausschermaße nachweisen. Die simulierten Lang-Lkw beruhen auf einer umfassenden Recherche der Fahrzeugmodule und ihrer Zulassungsgutachten (Fahrzeugabmessungen). Dazu wurden von SÜßMANN ergänzende Fahrversuche für die Validierung der simulierten Schleppkurven durchgeführt. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Simulationen die gemessenen Schleppkurvenbreiten in einer hohen Übereinstimmung wiedergeben. Abweichungen zwischen Schleppkurvenbreiten nach Gutachten und simulierten Schleppkurven führt SÜßMANN (2014) auf Rundungen und teils fehlerhafte Angaben der Fahrzeuggeometrie zurück. So kam es vor, dass in den Lang-Lkw-Gutachten von den realen Fahrzeugen abweichende Achsabstände auftraten.

Unterschiede zwischen Simulationen und real gemessenen Schleppkurven haben auch FRIEDRICH et al. festgestellt (2013). Die Untersuchungen zur Befahrbarkeit von innerstädtischen Knotenpunkten mit überlangen Fahrzeugen umfassen zwar nur die Lang-Lkw-Typen 1 und 5, zeigten aber, dass Simulationen an das reale Fahrverhalten recht nah herankommen. Typ 5\* kam im Feldversuch nur mit einer Gesamtlänge von  $L = 23,00$  m vor. Für die Simulationen von FRIEDRICH et al. (2013) wurde ein  $L = 24,00$  m langer Typ 5 frei konfiguriert.

Die Untersuchungen im Feldversuch haben gezeigt, dass aktuell nur eine überschaubare Anzahl an EDV-Programmen Lang-Lkw realgetreu simulieren können (FRIEDRICH et al., 2013; LIPPOLD/SCHEMMEL, 2013; SÜßMANN et al., 2014). Oft handelt es sich dabei um Spezialsoftware, die nicht in jeder Straßenbauverwaltung zur Verfügung steht. Aus diesem Grund ist für eine praxisgerechte Anwendung auch eine simulationsgestützte Überprüfung von Verkehrsanlagen vorzusehen, die für standardisierte, richtliniengerechte Verkehrsanlagen die Prüfung der Befahrbarkeit ermöglicht. Bei Abweichungen von den Standardabmessungen, zum Beispiel bei einem Kreisverkehr, sind dynamische Prüfungen unerlässlich.

### 3.4.2 Erkenntnisse aus nationalen Modellversuchen

Neben dem Feldversuch Lang-Lkw gab es in Deutschland bereits früher Modellversuche mit überlangen Lkw. So wurden in Baden-Württemberg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen und Thüringen überlange Lkw erprobt (bei IRZIK et al., 2016). Die Modellversuche hatten unterschiedliche Ergebnisse in der Befahrbarkeit von Verkehrsanlagen. So wurden in Niedersachsen fast ausschließlich Autobahnen befahren und kaum Verkehrsanlagen im nachgeordneten Netz. Dadurch ergab der Versuch keine umfassend belastbaren Ergebnisse. Der Modellversuch „Ecocombi“ in Baden-Württemberg zeigte, dass der getestete Lang-Lkw (Typ 3) teilweise auf den befahrenen Verkehrsanlagen deutlich an seine Grenzen kam. In Nordrhein-Westfalen und Thüringen konnten die Lang-Lkw auf weitläufigen Verkehrsanlagen ohne Probleme fahren. Aus den Modellversuchen lassen sich keine Empfehlungen für den Entwurf oder für Streckenprüfungen ableiten. Dafür fehlt in den Modellversuchen eine messtechnische Erfassung und Auswertung wie das im bundesweiten Feldversuch der Fall war (Knotenpunktvermessung, Erfassung der Fahrvorgänge und nachträgliche Schleppkurvenerstellung).

### 3.4.3 Weitere maßgebende Untersuchungen

Neben der reinen fahrgeometrischen Befahrbarkeit maßgebender Verkehrsanlagen gibt es auch Fahrvorgänge, die aus verkehrstechnischer Sicht zu begutachten sind. Dazu gehört das Räumen von Knotenpunkten und Bahnanlagen.

#### Räumen von Straßenknotenpunkten

Das Räumen von Knotenpunkten wurde von ZIMMERMANN et al. (2015B) untersucht. ZIMMERMANN et al. gibt an, dass Lang-Lkw durch ihre Länge größere Räumzeiten haben. Allerdings kann dieser Sachverhalt unter Berücksichtigung der Annahmen aus den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA), die aktuell auch andere längere Fahrzeuge nicht umfassend einbeziehen, vernachlässigt werden. Für Knotenpunkte ohne Lichtsignalanlage gibt es gegenüber den lichtsignalgeregelten Knotenpunkten keine Räumzeiten. Trotzdem nimmt ZIMMERMANN et al. an, dass das Prinzip der signalgeregelten Knotenpunkte auch auf Knotenpunkte ohne Lichtsignalregelung übertragen werden kann. So wird davon ausgegangen, dass ein gro-

ßes Fahrzeug – wie der Lang-Lkw – durch seine Seitenflächen rechtzeitig durch andere Fahrzeuge in der Annäherung erkannt wird. Das sehr defensive Verhalten der Fahrer von Lang-Lkw zeigte sich in den Untersuchungen von ZIMMERMANN et al. und in den Begleitfahrten der BAST. Deshalb wird davon ausgegangen, dass Änderungen der Räumzeitberechnungen methodisch nicht notwendig sind. Die maximalen Fahrzeuglängen in den Räumzeitenberechnungen werden im realen Verkehrsablauf bereits (bewusst) deutlich überschritten. Die Untersuchungen von ZIMMERMANN ergaben, dass beim Räumen durch Lang-Lkw kein erhöhtes Sicherheitsrisiko entsteht (ZIMMERMANN et al., 2015B).

#### Räumen von Bahnübergängen

Das Queren von höhengleichen Eisenbahnanlagen wurde im Feldversuch nicht gesondert untersucht. In einem Schreiben des BMVBS vom 27.02.2012 wurde festgelegt, dass höhengleiche Bahnübergänge (BÜ) Teil des Positivnetzes sein können, wenn der Eisenbahnstreckenbetreiber seine Zustimmung für die Befahrung erteilt (IRZIK et al., 2016).

Die maßgebenden Berechnungsgrundlagen sind je Bahnübergang für die sichere Befahrbarkeit mit Lang-Lkw zu prüfen. Eine allgemeine Vorgabe kann durch die große Entwurfsvielfalt an Bahnübergängen nicht erfolgen.

Nachfolgend werden allgemeingültige Anhaltspunkte für die Prüfung dargestellt.

Bahnübergänge werden in zwei grundlegende Sicherungsarten unterteilt (nichttechnisch und technisch gesichert), die in unterschiedlicher Weise von den Längen der Straßenfahrzeuge beeinflusst werden.

- Nichttechnische Sicherung

Die Straßenverkehrsteilnehmer müssen hier durch Sehen und Hören unmittelbar prüfen, ob die Eisenbahnstrecke gefahrlos überquert werden kann. Am Bahnübergang gibt es keine technischen Einrichtungen, die vor Schienenfahrzeugen warnen. Man spricht deshalb von nichttechnisch gesicherten Bahnübergängen.

Die Sicherheit beruht hier vor allem auf dem richtigen Verhalten der Straßenverkehrsteilnehmer, sie hängt jedoch auch von der regelkonformen Gestaltung des Bahnübergangs ab. Maßgebend sind die freizuhaltenden Sichtdreiecke für das schnellste

und langsamste Straßenfahrzeug (Bild 17) zwischen Gleis und Straße. Die Sichtdreiecke werden auf Basis vorgegebener Kennwerte berechnet. Für neugeplante Bahnübergänge gelten die Kennwerte der RiL 815 (STOTZ, 2008). Für ältere Bahnübergänge sind die damals maßgebenden Berechnungsgrundlagen zu begutachten.

Die Auswirkungen auf Sichtflächen und Pfeiftafelstandorte durch Lang-Lkw an nichttechnisch gesicherten Bahnübergang sind verhältnismäßig einfach zu berechnen, da sich die erforderlichen Räumzeiten und somit auch die Annäherungstrecken im Wesentlichen im Verhältnis der geänderten Fahrzeuglängen vergrößern (SCHÖNE, 2016).

- Technische Sicherung

Einer der wichtigsten Planungsparameter einer technischen Bahnübergangssicherungsanlage, der auch die Kosten maßgeblich beeinflusst, ist die Länge der Einschaltstrecke  $s_e$  (vgl. Bild 18). Sie bestimmt die Lage des Einschaltpunktes vor dem Bahnübergang. Bild 18 zeigt die maßgebenden Strecken- und Weglängen eines technisch gesicherten Bahnüberganges. Die Darstellung bezieht sich vereinfacht auf zuggesteuerte Bahnübergänge mit Überwachungssignalen, Fernüberwachung oder Überwachungssignalen mit optimierter Ein-

schaltung sowie Sicherung durch Halbschranken. Bei Deckung durch Hauptsignale oder Sicherung durch Schranken können zusätzliche Abhängigkeiten wirksam werden, die Zusammenhänge mit der Straßenfahrzeuglänge sind jedoch ähnlich (SCHÖNE, 2016).

Die Einschaltstrecke wird durch mehrere Bedingungen bestimmt. Maßgebend sind die Bedingungen mit dem größten Zeit- und Wegbedarf.

Die Räumzeit zum Durchfahren der Räumstrecke (bestehend aus Anhalteweg  $l_a$ , Sperrstrecke  $d$  und Straßenfahrzeuglänge  $l_{St}$  – rote und gelbe Markierung in Bild 18) wird durch das langsamste und längste Fahrzeug bestimmt.

SCHÖNE kommt in seinen Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass der Lang-Lkw an vielen Bahnübergängen hinsichtlich der Räumzeiten voraussichtlich keine maßgebende Rolle einnehmen wird. Das ist vor allem auf die heute gültigen Mindestwerte (pauschalisierte Untergrenzen für Räumzeiten von langsameren Verkehrsteilnehmern – Fußgängern) zurückzuführen, die wohl durch Lang-Lkw nicht überschritten werden. Vor allem der Fußgängerverkehr spielt durch seinen Zeitbedarf beim Räumen in vielen Fällen eine maßgebende Rolle. Dennoch ist dieser Sachverhalt in jedem Einzelfall zu prüfen. SCHÖNE empfiehlt grundsätzlich die Prüfung aller

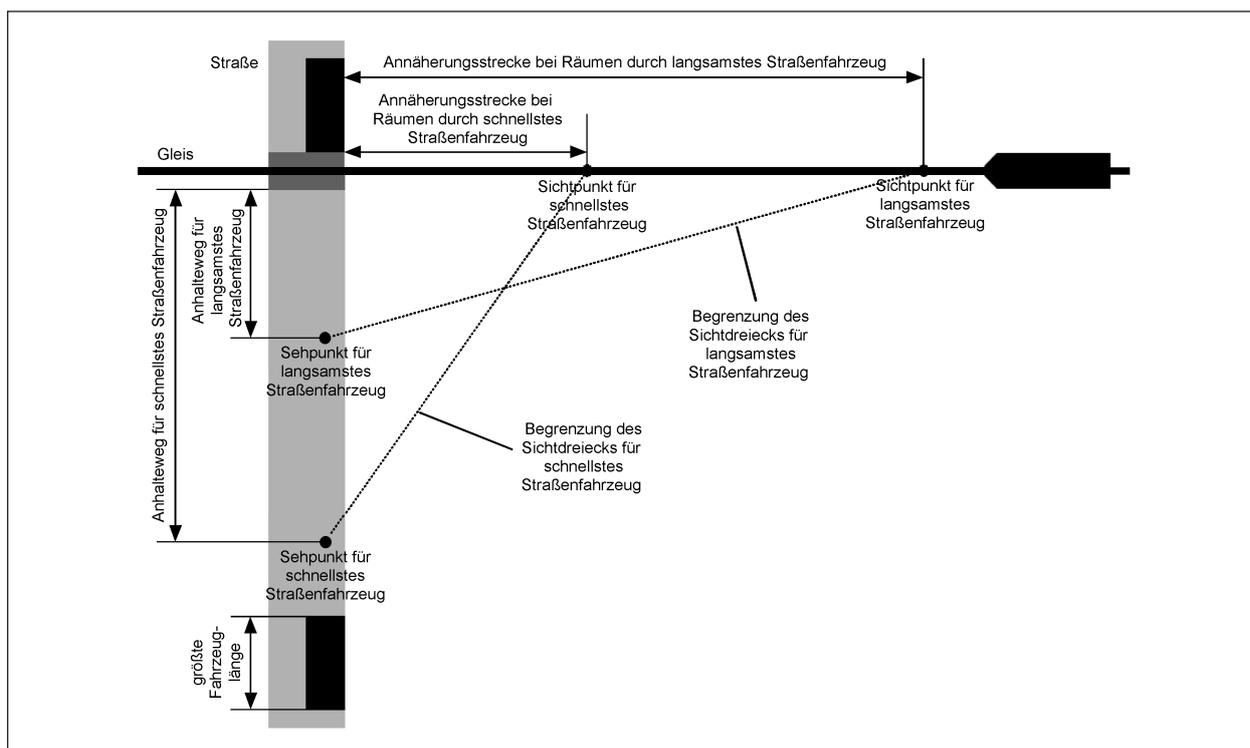


Bild 17: Bildung von Sichtdreiecken für nichttechnisch gesicherte Bahnübergänge (SCHÖNE, 2018)

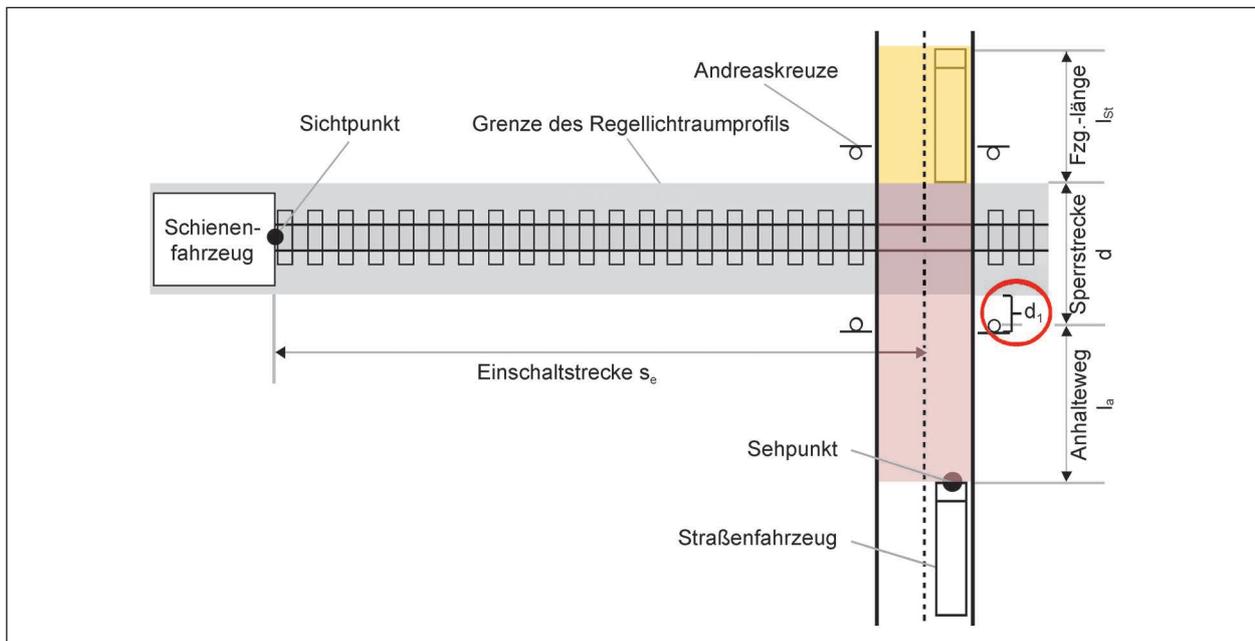


Bild 18: Punkte und Strecken zur Berechnung technisch gesicherter BÜ (SCHÖNE et al. 2016)

Bahnübergängen um die sichere Befahrbarkeit nachzuweisen.

Ist die Aufstelllänge hinter einem Bahnübergang (gelbe Markierung – Bild 18) für einen ggf. wartepflichtigen Lang-Lkw zu kurz, können Gefahren für die Verkehrssicherheit entstehen. Maßgebend für die Planung neuer Bahnübergänge ist das Regelwerk Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik – RiL 815 (DB NETZ AG 2008). In den Richtlinien beträgt die Aufstelllänge hinter einem Bahnübergang  $L = 20,0$  m plus einem Sicherheitszuschlag von  $L = 5,0$  m (gelbe Markierung in Bild 18). In der aktuellen VwV-StVO hat das BMVI die Länge von Regelfahrzeugen auf  $L = 25,0$  m erhöht (VwV-StVO). In den aktuell gültigen „TM 1-2016-10136 I.NPF 1 – Straßenbreite“ hat der gültige Räumbereich jetzt für neu zu planende Bahnübergänge eine Länge von  $L = 27,0$  m.

Bei Unterschreitung dieses Wertes müssen bauliche, technische oder verkehrsregelnde Vorkehrungen getroffen werden. Oder der Bahnübergang wird nicht freigegeben. Es gibt keinen Zwang zur Freigabe. Insbesondere die technischen Lösungen wie vorgeschaltete Lichtzeichen oder Abhängigkeiten zu benachbarten Lichtsignalanlagen wirken sich wiederum auf die Länge der Einschaltstrecke aus.

### Fazit

Es wird empfohlen, dass bei einer Streckenprüfung für Lang-Lkw eine Überprüfung sämtlicher Bahn-

übergänge im Bestand vorzunehmen ist, wobei sowohl die Zeitabläufe als auch die Räumbarkeit zu betrachten sind. Das beruht vor allem auf den verschiedenen Bemessungsgrundlagen mit denen bestehende Bahnübergänge dimensioniert sind. Bei einer Streckenprüfung muss deshalb eine Zusammenarbeit zwischen Streckenbetreiber und Vorhabensträger (prüfende Verwaltung der potenziellen Lang-Lkw-Route) stattfinden. Für eine rechnerische Überprüfung können ohne den Streckenbetreiber der langsamste anzunehmenden Verkehrsteilnehmer, die maßgebenden Einschaltpunkte und Sichtdreiecke nicht geprüft werden.

Bei Abweichungen der bestehenden Bahnübergänge von den sich neu ergebenden Anforderungen sind entweder entsprechende Anpassungsmaßnahmen durchzuführen oder die Bahnübergänge für Lang-Lkw nicht freizugeben.

## 3.5 Berechnung von Schleppkurven

### 3.5.1 Grundlagen der Schleppkurvenbestimmung

Für Untersuchungen des geometrischen Fahrverhaltens von Fahrzeugen werden Schleppkurven verwendet. Eine Schleppkurve ist mathematisch mit einer Traktrix gleichzusetzen (lateinisch trahere, zu deutsch: schleifen, schleppen). Die Traktrix entsteht durch einen Punkt N, der in einem konstanten Abstand  $d_z$  hinter einem Punkt P hergezogen wird. Be-

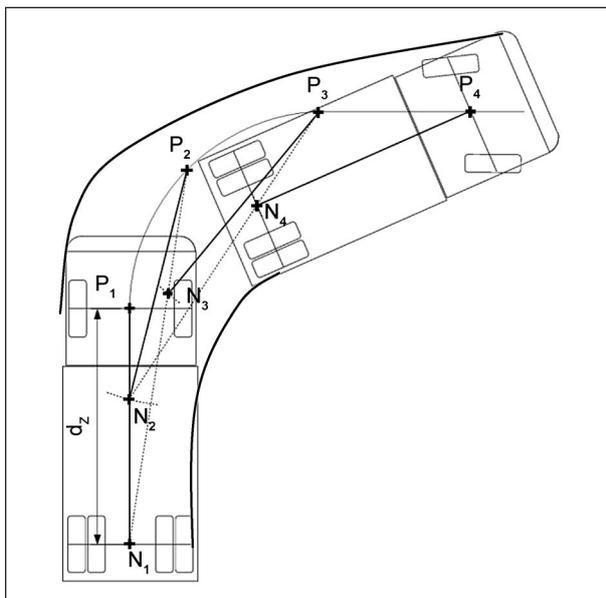


Bild 19: Schematische Darstellung des grafischen Verfahrens zur Schleppkurvenbestimmung (SÜßMANN et al., 2014)

schreitet der Führungspunkt P eine beliebig geformte Kurve, so verläuft der Punkt N auf einer zum Mittelpunkt des befahrenen Radius verlaufenden Bahn (Bild 19). Dies wird auch Radiodrome genannt (Leitstrahlkurve, vom lateinischen „Radius“ (Strahl) und griechischen „Dromos“ (Lauf, Rennen). In der Straßenplanung wird unter einer Schleppkurve die überstrichene Fläche eines Fahrzeuges in einer Kurvenfahrt verstanden. Ein Radiodrome kann, bezogen auf eine Fahrzeugschleppkurve, als der Linienerlauf auf der Innenseite der Schleppkurve verstanden werden (SOBOTTA et al., 2007).

Schleppkurven sind in der Straßenplanung ein unverzichtbares Hilfsmittel zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsanlagen. So ist bereits in der Zulassung von Fahrzeugen das Bestehen des BO-Kraftkreises nach § 32d StVZO vorgeschrieben. In den „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ (FGSV, 2012) wird die Überprüfung der Befahrbarkeit von Knotenpunkten anhand von dynamischen Schleppkurvensimulationen vorgegeben. Üblich sind dafür die analytischen Berechnungen mit geeigneten EDV-Programmen.

Für einen Schleppkurvennachweis gibt es zwei mögliche Vorgehensweisen. Die erste Möglichkeit zur Fahrwegüberprüfung sind Schleppkurvenschablonen, die durch die FGSV herausgegeben werden (FGSV, 2001). Sie beruhen auf den Untersuchungen von SCHNÜLL (2001). Die Schablonen zeigen eine festgelegte Richtungsänderung eines Fahrzeuges (Kurvenfahrt zwischen zwei Tangen-

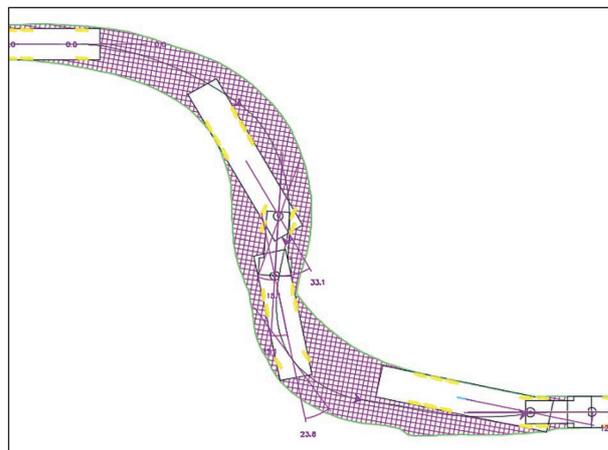


Bild 20: Kurvenfahrt eines Lang-Lkw mit zwei Richtungsänderungen in kurzer Folge

ten) und die zugehörige überstrichene Fläche. Schleppkurven können neben der gedruckten Variante auch als digitale dynamische Simulation erzeugt werden. Dazu können Entwurfsprogramme oder spezielle Schleppkurvenprogramme verwendet werden. Besonders vorteilhaft an den dynamischen Schleppkurvensimulationen mit EDV-Programmen ist die Möglichkeit, mehrere Richtungsänderungen (Befahren eines Kreisverkehrs) zu berücksichtigen. Schleppkurvenschablonen sind bei solchen Fahraufgaben ungeeignet, da sie immer ein gerade ausgerichtetes Fahrzeug als Ausgangspunkt der Kurvenfahrt zeigen. Ist jedoch eine komplexe Fahraufgabe zu prüfen, kann es vorkommen, dass das Prüffahrzeug von der vorherigen Kurvenfahrt nicht gerade ausgerichtet ist (Bild 20).

Aktuell können die am Markt käuflichen Straßenentwurfsprogramme keine Lang-Lkw mit mehreren selbstlenkenden Nachziehhachsen simulieren. Aus diesem Grund hat SÜßMANN in seinen Untersuchungen ein eigenes Simulationstool entwickelt. Spezielle Schleppkurvenprogramme, teilweise sind es Addons für Entwurfsprogramme, sind in der Lage individuell erstellte Fahrzeuge mit gelenkten Nachziehhachsen und mehreren Knickpunkten zu simulieren (Bild 20).

Für die Berechnung von Schleppkurven beschreibt SOBOTTA (2007) drei grundlegende Möglichkeiten:

- theoretische Verfahren (grafische, numerische und analytische Berechnungen),
- Modellversuche (maßstabsgerecht auf dem geplotteten Plan mit Modellfahrzeugen),
- praktische Fahrversuche (befahren einer Verkehrsanlage mit einem Prüffahrzeug).

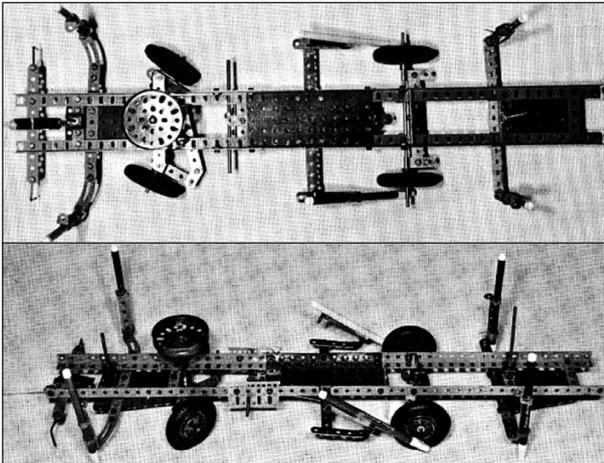


Bild 21: Modellversuch zur Bestimmung einer Schleppkurven (SOBOTTA, 2007)

In der Praxis kann ein Planer heute anhand eines CAD-Programms eine frei festgelegte Leitlinie in seine geplante Verkehrsanlage legen und das maßgebende Prüffahrzeug maßstabsgerecht entlang dieser Linie fahren lassen (theoretisches Verfahren). Die dabei überstrichene Fläche wird als Schleppkurve ausgegeben (Bild 20). Durch die TU Dresden wurden auf diese Weise bereits zweimalig Streckenprüfungen für das Bundesland Brandenburg durchgeführt (LIPPOLD/SCHEMMEL, 2015B; LIPPOLD/SCHEMMEL, 2017).

Für die Durchführung eines Fahrversuches wurde ein Plan geplottet und mit einem maßstäblichen Modell befahren. Dabei wurden die überstrichenen Flächen mit Stiften nachgezogen (Bild 21). Modellversuche werden heute nicht mehr angewendet, da sie durch moderne Rechentechnik kostengünstig ersetzt werden können.

Praktische Fahrversuche sind sehr aufwändig und kostenintensiv. Sie können zur Bestimmung von Schleppkurven angewendet werden (nachstehendes Vermessen der überstrichenen Fläche) oder zur Überprüfung einer Simulation (Bild 22). Früher wurden die Fahrzeugkanten mit Wasser- oder Farbtropfen und die daraus resultierenden überstrichenen Flächen markiert. Mit einem Theodolit wurden dann die Tropfspuren vermessen (SOBOTTA, 2007). Heute werden für solche Fahrversuche hochgenaue GPS an den Fahrzeugen verwendet (FRIEDRICH et al., 2013; SOBOTTA, 2007).

### 3.5.2 Vergleich Simulation und Realfahrt

Von SÜßMANN et al. (2014) wurde ein Simulationsprogramm zur Berechnung von geometrischen



Bild 22: Peilhilfe der überstrichenen Fläche durch Wassertropfen (SÜßMANN, 2014)

Fahrverläufen entwickelt. Damit können auch Schleppkurven nach § 32d StVZO (BO-Kraftkreis) berechnet werden. Das Simulationsprogramm wurde von SÜßMANN et al. in eigenen Fahrversuchen validiert. Bei diesen Fahrversuchen kam eine Peilhilfe an der vorderen, äußeren Fahrzeugbegrenzung zum Einsatz, um ein exaktes Fahrmanöver entlang der Solllinie zu gewährleisten (Bild 22). Bei den Fahrversuchen zeigte sich eine gute Übereinstimmung mit den simulierten Schleppkurven. Die Abweichungen lagen im Bereich von 10 cm. Auch FRIEDRICH et al. (2014) haben in ihren Untersuchungen solche Vergleiche mit vergleichbaren Ergebnissen unternommen.

Zwischen den Messergebnissen in den Übereinstimmungsnachweisen (Fahrversuche bei Zulassungen von Lang-Lkw, die durch Dritte durchgeführt wurden) und der Simulation ergaben sich vereinzelt höhere Abweichungen. Dies ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die Fahrversuche des Zulassungsprozesses teilweise ohne Peilhilfe durchgeführt wurden.

Neben der exakten Fahrzeugführung auf der Leitlinie gibt es zwei weitere wesentliche Einflüsse die die Übereinstimmung von Simulation und Messergebnissen negativ beeinflussen. Dies sind die Fahrzeuggeschwindigkeit und Beladung bei Systemen zur dynamischen Achslastverteilung (Kapitel 3.3).

## 3.6 Bestimmung eines Bemessungsfahrzeuges

Aktuell werden in Deutschland zur fahrgeometrischen Bemessung von Verkehrswegen für den Schwerverkehr Bemessungsfahrzeuge verwendet, die auf statistischen Auswertungen und Berechnung von SCHNÜLL et al. (2001) beruhen.

Die zugrundeliegende Methodik zur Fahrzeugwahl beruht auf der Auswahl eines „85%-Fahrzeuges“ je Fahrzeuggruppe. Beispielhafte Fahrzeuggruppen sind Lastzüge oder auch Sattelkraftfahrzeuge mit einer bestimmten Achsformel. Das „85%-Fahrzeug“ ist definiert als jenes Fahrzeug aus einem Kollektiv, dass in seinen Teillängen die geringste Abweichung von den 85%-Perzentilen hat.

Hintergrund der „85%-Perzentilmethodik“ ist, dass Straßenverkehrsanlagen nicht nach selten auftretenden Fahrzeugen mit Maximalabmessungen ausgelegt werden sollen.

FRIEDRICH et al. (2014) haben in ihren Untersuchungen die Gültigkeit der statistischen Fahrzeuglängen aus den Untersuchungen von SCHNÜLL et al. überprüft. Dazu wendeten sie ein zweistufiges Auswahlverfahren an. In der ersten Stufe wurde je Fahrzeuggruppe nach Auftretenshäufigkeit eine repräsentative Achsformel ausgewählt. In der zweiten Stufe erfolgte die Auswahl eines Bemessungsfahrzeugs nach SCHNÜLL et al. (2001). Hierbei wird je Fahrzeug des Kollektives die mittlere Abweichung  $A$  entsprechend nachfolgender Gleichung berechnet.

$$A_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \left| 1 - \frac{L_{ij}}{L_{i\ 85}} \right| \quad (\text{Gl. 1})$$

$n$  Anzahl der Teillängen

$L_{ij}$  Teillänge  $i$  des Fahrzeugs  $j$

$L_{i\ 85}$  85%-Perzentil der Teillänge  $i$

Das Fahrzeug, dass von den 85%-Abmessungen am geringsten abweicht, ist das maßgebende Bemessungsfahrzeug.

Die aktuellen Bemessungsfahrzeuge sind von der FGSV mit Schleppkurvenschablonen im Regelwerk „Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen“ veröffentlicht (FGSV, 2001). Für jedes Bemessungsfahrzeug sind je zwei Fahrweisen angegeben. Bei der ersten Fahrweise folgt das Fahrzeug einer Leitlinie aus zwei Geraden und einem Kreisbogen. Die Übergänge sind tangential (Bild 23). Der Außenradius entspricht dabei dem Wendekreis des jeweiligen Fahrzeuges. Das Fahrzeug fährt mit zunehmendem Lenkeinschlag in den Kreisbogen ein und wieder aus. Bei der zweiten Fahrweise ergibt sich beim Einfahren in den Kreisbogen ein Knick (Bild 24). Der Knick wird durch eine Lenkwinkel-

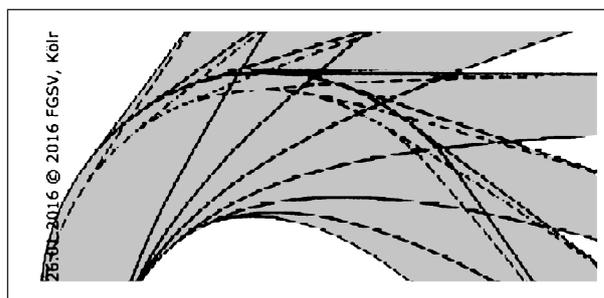


Bild 23: Fahrweise 1 – ohne Knick – eines Lkw (FGSV, 2001)

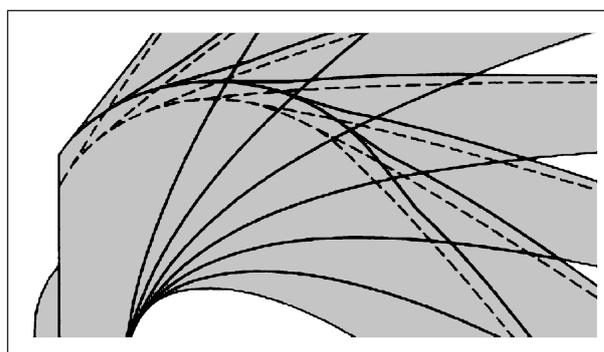


Bild 24: Fahrweise 2 – mit Knick – eines Lkw (FGSV, 2001)

änderung im Stand erreicht. Aus dem Kreisbogen fährt das Fahrzeug wieder tangential aus.

### 3.7 Zusammenfassung und Annahmen für die Untersuchung

Für einen praxisnahen Leitfaden sind die Länder anzuhören und ihre Erfahrungen bei der Prüfung für Lang-Lkw zusammenzufassen. Die Befragung und die Auswertung sind in Kapitel 5 beschrieben.

Aus der Literatur und der Länderbefragung kann abgeleitet werden, dass für einen Handlungsleitfaden die fahrgeometrische Überprüfung ausgewählter Verkehrsanlagen förderlich ist. Dazu sind nach der Methodik aus Kapitel 3.6 ein geeignetes Bemessungsfahrzeug für den Typ 1 und einen maßgebenden Lang-Lkw mit bis zu  $L = 25,25$  m zu berechnen.

Für die fahrdynamische Überprüfung wird die Fahrweise 1 (langsame stetige Fahrweise mit gleichzeitigem Lenken) empfohlen. Sie repräsentiert einen gleichmäßigen Fahrverlauf entlang einer Leitlinie. Fahrweise 2 (voller Lenkeinschlag der Räder bei annäherndem Stillstand) repräsentiert vielmehr das Rangieren, dass so nicht im öffentlichen Verkehr – z. B. bei der Fahrt auf einem Kreisverkehr – vorkommt. Für die Streckenprüfung werden ausge-

wählte Verkehrsanlagen nach den Richtlinien konstruiert und mit den Bemessungsfahrzeugen geprüft.

Maßgebende Verkehrsanlagen für die fahrgeometrische Prüfung werden entlang von Autobahnen, Landstraßen und angebauten Straßen ausgewählt.

Liegen Bahnübergänge auf Strecken, die auf Befahrbarkeit mit Lang-Lkw geprüft werden sollen, sind diese zunächst wie im Verfahren zu Großraum- und Schwertransporten (GST) zu behandeln (dort Randnummer 104, 114 der VwV zu § 29 StVO). Demnach sind die Betreiber der Schienenwege ab einer Fahrzeuglänge von  $L = 25,00$  m anzuhören, was bei Lang-Lkw in der Regel der Fall ist.

Wenn die Schienenbetreiber die Freigabe ablehnen, müssen sie dies begründen. Kein ausreichender Grund ist eine (bei GST häufig vorkommende) Forderung der Auflage, vor jeder Überfahrt müsse der Transporteur die Fahrt beim Schienenbetreiber anmelden. Diese Auflage kann bei GST z. B. gerechtfertigt sein aufgrund von Besonderheiten bei Gewicht, Bodenfreiheit oder Geschwindigkeit des Transports. Diese Besonderheiten sind bei Lang-Lkw aber nicht gegeben. Auch ist eine entsprechende Auflage nicht möglich, da die Strecken für Lang-Lkw allgemein freigegeben werden.

Gründe für eine Ablehnung sind Sichtbehinderungen oder zu kurze Aufstelllängen hinter dem Bahnübergang. Das Überqueren von Bahnübergängen kann nicht abgelehnt werden, wenn die signaltechnischen Bemessungsgrundlagen für einen Lang-Lkw nicht kritisch sind (z. B. die Räumzeit eines anderen Verkehrsteilnehmers ist gegenüber dem Lang-Lkw kritischer).

Der Schienenbetreiber kann für die Prüfung keine Kosten in Rechnung stellen, da hierfür keine Rechtsgrundlage besteht (BMVI).

## 4 Bestimmung der Bemessungsfahrzeuge

Ziel der Untersuchung ist unter anderem auch die Auswahl von Bemessungsfahrzeugen, die für alle Lang-Lkw-Kombinationen nach § 5 LKWÜberStV AusnV gültig sind.

Typ 1 nimmt in der Untersuchung eine Sonderrolle ein. Er ist mit seiner Länge von  $L = 17,80$  m kürzer als die großen Lang-Lkw mit bis zu  $L = 25,25$  m. Außerdem darf Typ 1 in einigen Bundesländern das

gesamte Straßennetz befahren. Aus diesem Grund wird für Typ 1 ein eigenes Bemessungsfahrzeug sowie ein weiteres, für die Typen 2 bis 5 repräsentatives bestimmt.

### 4.1 Vorgehensweise

Ausgangspunkt für die Fahrzeugauswahl ist die im Forschungsprojekt „Fahrzeugtechnische Eigenschaften von Lang-Lkw“ entstandene Fahrzeugdatenbank (FÖRG et al., 2016) mit allen zum Stichtag 23.06.2016 bei der BASt gemeldeten Lang-Lkw.

Die Fahrzeugdatenbank umfasst die Daten der Übereinstimmungsnachweise und „Zulassungsbescheinigungen Teil 1“ aller Fahrzeugmodule von 147 Fahrzeugen der 58 am damaligen Feldversuch teilnehmenden Speditionen. Hieraus gehen unter anderem je Fahrzeug folgende Informationen hervor, die für die Fahrzeugauswahl maßgebend sind:

- Zulässige Abmessungen der Fahrzeugmodule,
- Typ der Fahrzeugkombination,
- Hersteller und Typ der Fahrzeugmodule,
- Achsabstände in der Fahrzeugkombination,
- Lenk- und Liftbarkeit einzelner Achsen und
- Angaben zum Kurvenlaufverhalten des Lang-Lkw sowie Bestätigung der Einhaltung der Kurvenlaufeigenschaften nach § 32 d StVZO.

Die Mehrheit der gemeldeten Fahrzeuge bildeten der Typ 2 mit 29 % und der Typ 3 mit 54 % (Bild 25).

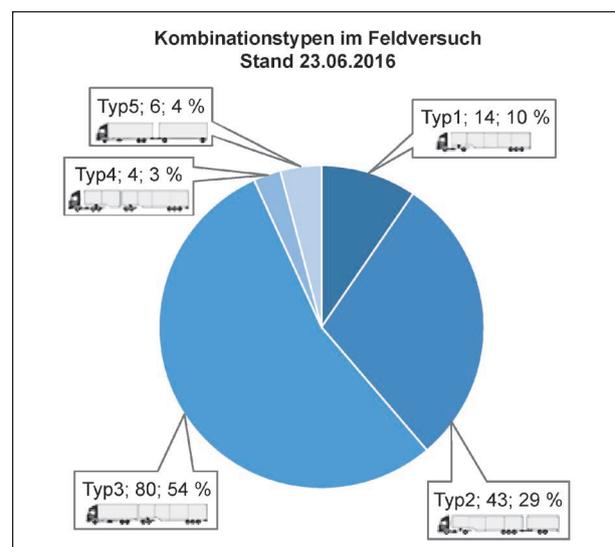


Bild 25: Aufteilung der angemeldeten Fahrzeugkombination auf Lang-Lkw-Typen (FÖRG et al., 2016)

Für den Vergleich zwischen 85%-Fahrzeug und einem „Worst-Case-Fahrzeug“ (Worst Case: entspricht der ungünstigsten Fahrzeugkombination des relevanten Lang-Lkw-Typs) werden bei den berechneten Fahrzeugen die 99 % Fahrzeuge gegenübergestellt.

Durch die Zusammenstellung von verschiedenartigen Fahrzeugmodulen ergeben sich bei Lang-Lkw für Typ 2 sowohl 5- und 6-achsige als auch 7-achsige Lang-Lkw (Bild 26).

Beim Lang-Lkw von Typ 3 ergeben sich neben unterschiedlichen Achszahlen von 6 bis 9 (Bild 27) zusätzliche kurvenlaufrelevante Unterschiede durch Untersetzachsen (Dolly) mit unterschiedlichen Lenkkonzepten.

Das zweistufige Auswahlverfahren nach FRIEDRICH et al. (2014) würde durch die unterschiedlichen Untertypen, Achszahlen und Untersetzachsen zu einer Vielzahl einzelner 85%-Fahrzeuge aus kleinen Kollektiven führen, aus denen das finale Bemessungsfahrzeug ausgewählt werden müsste.

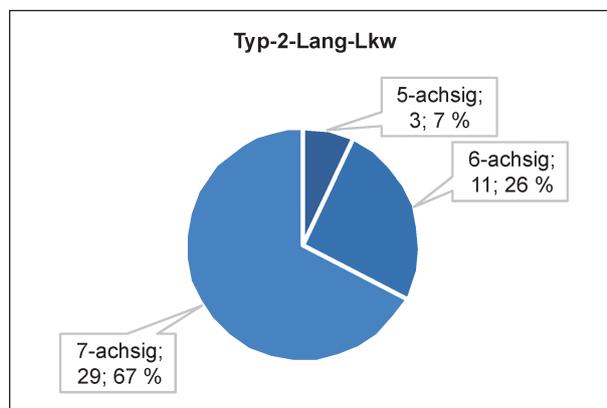


Bild 26: Verteilung der Achszahl bei Lang-Lkw vom Kombinationstyp 2 (FÖRG et al., 2016)

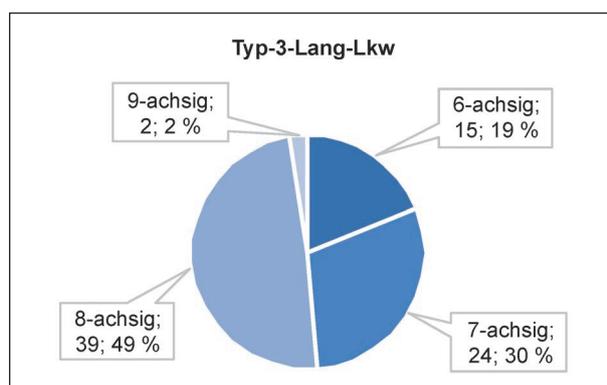


Bild 27: Verteilung der Achszahl bei Lang-Lkw vom Kombinationstyp 3 (FÖRG et al., 2016)

Die Zergliederung nach Achszahlen wurde daher über die Berechnung von Ersatzradständen aufgelöst. In Ersatzradständen werden Mehrfachachsen (Tandemachsen, Dreifachachsen) auf eine fahrgeometrisch äquivalente Ersatzachse umgerechnet. Die Berechnung des Ersatzradstandes sei am Beispiel eines dreiachsigen Motorwagens erläutert (Bild 28). Dieser Motorwagen verfügt neben der Lenkachse über eine doppelbereifte Antriebsachse und über eine nicht gelenkte Nachlaufachse. Die Ersatzachse liegt zwischen den beiden Achsen im Verhältnis zu deren Achslasten. Der Ersatzradstand berechnet sich somit entsprechend nachfolgender Gleichung:

$$l_{ZE} = \frac{l_{z12} * F_2 + (l_{z12} + l_{z23}) * F_3}{F_2 + F_3} \quad (\text{Gl. 2})$$

- $l_{ZE}$  Ersatzradstand
- $l_{z12}$  Abstand der ersten zur zweiten Achse
- $l_{z23}$  Abstand der zweiten zur dritten Achse
- $F_2$  Achslast der zweiten Achse
- $F_3$  Achslast der dritten Achse

Geliftete sowie gelenkte Achsen werden in dieser Rechnung ebenfalls berücksichtigt. Eine gelenkte

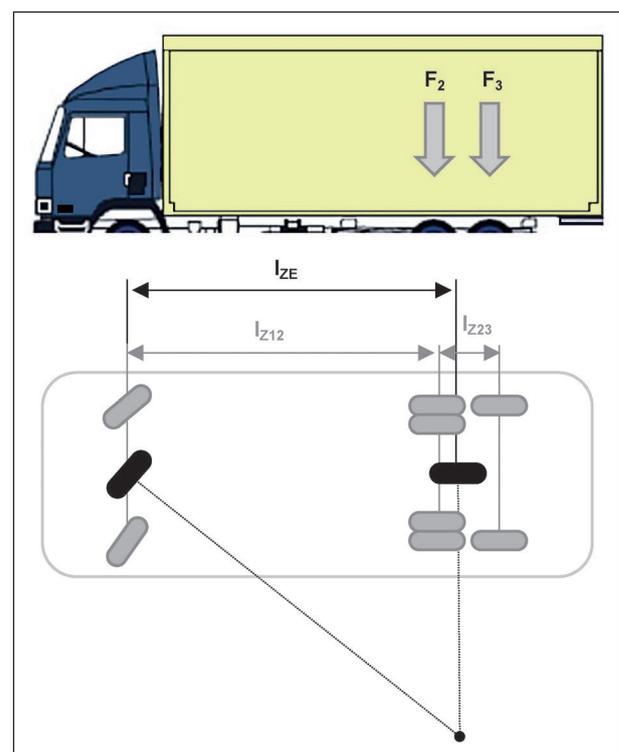


Bild 28: Ersatzradstand eines 3-achsigen Motorwagens mit starrer Nachlaufachse

Nachziehachse an einem Mehrachsaggregat wird durch einen kürzeren Ersatzradstand am Fahrzeug berücksichtigt. An Bild 28 kann dieser Sachverhalt recht gut verdeutlicht werden. Das dargestellte Fahrzeug hat keine gelenkte Nachziehachse. Deshalb ist sein Ersatzradstand  $l_{ZE}$ . Wäre die dritte Achse gelenkt hätte Sie keinen Einfluss durch einen Lenkwiederstand wie eine starre Achse. Deshalb wäre in diesem Fall der Ersatzradstand  $l_{ZE} = l_{Z12}$ .

Mit Ersatzradständen können die Fahrzeuge aller Typen in ihrer Fahrgeometrie über folgende Parameter abgebildet werden (Bild 29):

- vorderer Überhang  $U_{ZV}$ ,
- Achsabstände basierend auf Ersatzachsen (bspw.  $U_{Z1E1}$ ) und Positionen der Kuppelpunkte (bspw.  $U_{EGa}$ ).

Für die Auswahl der Bemessungsfahrzeuge wurde daher folgendes Vorgehen gewählt:

- Berechnung der 85%-Fahrzeuge basierend auf Ersatzradständen für die Lang-Lkw-Typen 1 bis 3,
- Vergleich der Kurvenlaufeigenschaften nach § 32d StVZO (BO-Kraftkreis),
- Auswahl des Bemessungsfahrzeugs als Vertreter der Lang-Lkw-Typen 2 bis 5.

Das Kollektiv der Lang-Lkw Typ 3 wurde zusätzlich nach unterschiedlichen Lenksystemen aufgeteilt und davon jeweils ein 85%-Fahrzeug bestimmt.

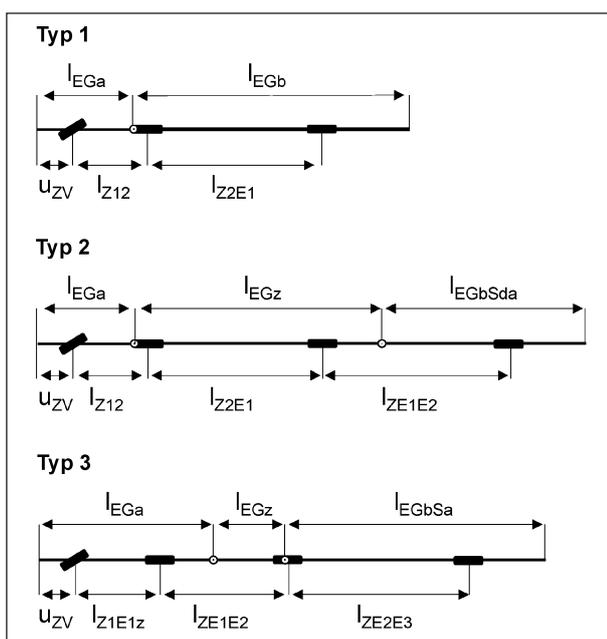


Bild 29: Parametrische Abbildung von Lang-Lkw-Typen 1 bis 3 mit Ersatzradständen und Kuppelmaßen

Der Lang-Lkw von Typ 4 wurde wegen der geringen Anzahl an gemeldeten Fahrzeugen und unvollständiger Datenbankeinträge von der Untersuchung ausgenommen. Hinzu kommt, dass die bisherigen Untersuchungen im Feldversuch belegen, dass Typ 4 durch die Lang-Lkw vom Typ 3 bzw. insbesondere 2 abgesichert ist.

Der Lang-Lkw von Typ 5\* ist kürzer als  $L = 24,00$  m. In Deutschland wird dieser Fahrzeugtyp im Feldversuch nur mit einer Länge von  $L = 23,00$  m eingesetzt. Die bisherigen Untersuchungen im Feldversuch belegen, dass Typ 5\* durch die längeren Lang-Lkw abgesichert ist. Daher wurde auch Typ 5\* von der Untersuchung ausgenommen.

## 4.2 Auswahl der maßgebenden Lang-Lkw-Typen

### 4.2.1 Typ 1

Wie in der Einleitung beschrieben kann im Bericht der im Entwurf der 9. Änderungsverordnung um 8 cm verlängerte Typ 1 mit bis zu  $L = 17,88$  m nicht berücksichtigt werden. Es ist aber nicht durch die geringfügige Längenzunahme (8 cm) von erheblichen Änderungen des Fahr- und Kurvenlaufverhaltens auszugehen. Zudem ist durch die Zulassungsvoraussetzung (BO-Kraftkreis) ein vergleichbares Ausschwenken von Fahrzeugüberhängen, wie bei einem 17,80 m langen Typ 1, zu erwarten.

Die Datenbank enthält 13 valide Datensätze für Typ 1. Daraus wurde das Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) berechnet (Tabelle 1). Der vordere Überhang wurde für alle Fahrzeuge mit  $L = 1,43$  m als Standardwert angenommen. Dieser Wert war nicht Teil der Datenerhebung, ist aber für solche Zugmaschinen der Standardwert zweiachsiger Sattelzugmaschinen aus dem Regelwerk für Bemessungsfahrzeuge der FGSV (FGSV, 2001). Der Sattelanhänger des Typ 1 ist gegenüber einem konventionellen Sattelanhänger um  $L = 1,30$  m nach hinten verlängert. Dadurch ergibt sich ein Abstand zwischen Königszapfen und Fahrzeugheck von  $L = 13,30$  m ( $l_{EGb}$ ) gegenüber den üblichen  $L = 12$  m bei einem konventionellen Sattelanhänger. Das Kuppelmaß  $l_{EGa}$  wurde aus der Fahrzeuggesamtlänge und dem Abstand zwischen Königszapfen und Fahrzeugheck  $l_{EGb}$  berechnet.

Die Parameterangaben des Ersatzachsenmodells aus Tabelle 1 sind in Bild 30 grau hinterlegt.

	Überhang vorne* [m]	Radstand [m]	Abstand 2. Achse zu Ersatzachse des Aufliegers [m]	Abstand Fahrzeugfront zu Sattelkupp- lung** [m]	Abstand Sattel- kupplung zu Fahrzeug- heck*** [m]	Gesamtlänge Fahrzeug kombination [m]
	$u_{ZV}$	$l_{Z12}$	$l_{Z2E1}$	$l_{EGa}$	$l_{EGb}$	$l_{Zugges}$
Anzahl	13					
Mittelwert	1,43	3,70	7,39	4,50	13,30	17,80
Standardabweichung	–	0,09	0,18	0,00	–	0,00
Maximalwert	–	3,79	7,69	4,50	–	17,80
Minimalwert	–	3,60	7,23	4,49	–	17,79
95%-Konf.	–	0,05	0,10	0,00	–	0,00
99%-Quantil	–	3,79	7,69	4,50	–	17,80
95%-Quantil	–	3,79	7,69	4,50	–	17,80
85%-Quantil	–	3,79	7,63	4,50	–	17,80
15%-Quantil	–	3,60	7,23	4,50	–	17,80
99%-Fahrzeug	1,43	3,60	7,69	4,50	13,30	17,80
95%-Fahrzeug	1,43	3,60	7,69	4,50	13,30	17,80
<b>85%-Fahrzeug</b>	<b>1,43</b>	<b>3,70</b>	<b>7,44</b>	<b>4,50</b>	<b>13,30</b>	<b>17,80</b>

\* Annahme eines festen Wertes  
\*\* Berechnung aus Differenz  $l_{Zugges} - l_{EGb}$   
\*\*\* Verlängerung des Standardwertes 12,0 m um 1,3 m

Tab. 1: Maße des 85%-Bemessungsfahrzeuges für Typ 1

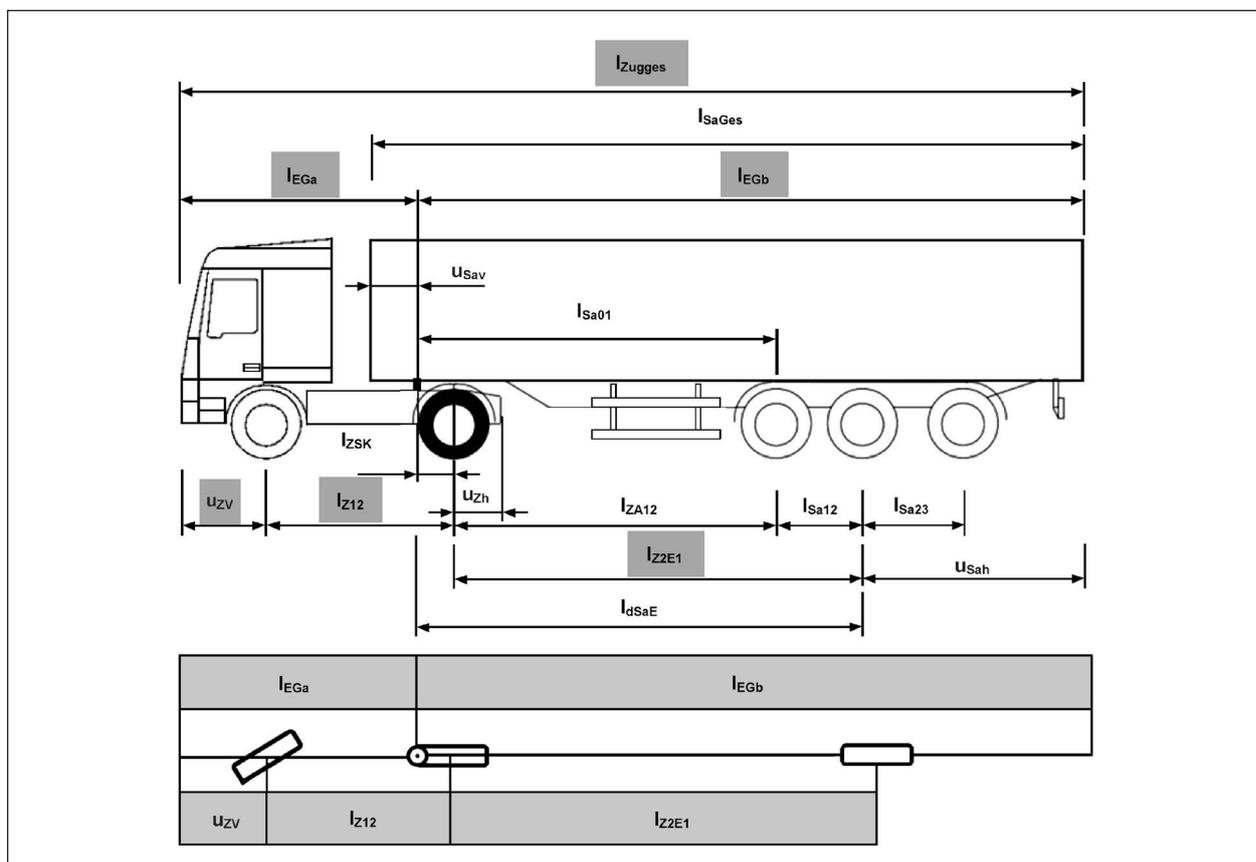


Bild 30: Parameterdarstellung von Typ 1 nach Tabelle 1

#### 4.2.2 Typ 2

Die Datenbank enthält 34 valide Datensätze für Typ 2. Daraus wurde das Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) berechnet (Tabelle 2). Nicht betrachtet wurden Fahrzeuge aus dem Sonderfahrzeugbau (z. B. Tieflader). Der vordere Überhang des Zugfahrzeuges wurde wie bei allen Lang-Lkw-Typen mit  $L = 1,43$  m angenommen. Da Kuppelmaße nicht als Teil der Datenerhebung in der Fahrzeugdatenbank enthalten sind, wurde der Abstand zwischen Sattelkupplung und Kupplungsmaul am Auflieger ( $l_{EGz}$ ) mit dem Standardwert  $L = 11,10$  m angenommen. Die Festlegung beruht auf ingenieurtechnischen Erfahrungen und stellt eine ausgewogene Lösung zwischen Kurvenlaufverhalten und kollisionsfreiem Knickverhalten dar. Der Abstand zwischen Maulkupplung und Fahrzeugheck des Starrdeichselanhängers  $l_{EGbSda}$  wurde aus der Fahrzeuggesamtlänge und den Kuppelmaßen  $l_{EGa}$  und  $l_{EGz}$  berechnet. Da Lang-Lkw von Typ 2 den BO-Kraftkreis erfahrungsgemäß nur mit möglichst kurzem Ersatzradstand am Auflieger einhalten, wur-

den die hinteren Liftachsen eines Dreiachsaggregates im angehobenen Zustand angenommen. Dreiachsaggregate ohne hintere lenkbare Achse sind in der Regel mit einem System zur dynamischen Achslastverteilung ausgestattet. Dieses wirkt bezüglich des Ersatzradstandes vergleichbar mit einer hinten angehobenen Achse eines Dreiachsaggregats. Dies wurde bei der Berechnung der Ersatzradstände berücksichtigt. In der Darstellung des Bemessungsfahrzeuges (vgl. Kapitel 4.4) wird deshalb nur eine Achse am Sattelaufleger dargestellt.

Die Parameterangaben des Ersatzachsenmodells aus Tabelle 2 sind in Bild 31 grau hinterlegt.

#### 4.2.3 Typ 3

Die Datenbank hat 67 valide Datensätze für Typ 3 zur Berechnung des Bemessungsfahrzeuges (Tabelle 3 und Tabelle 4). Die Kurvenlaufeigenschaften von Lang-Lkw des Kombinationstyps 3 werden maßgeblich von der Wahl der Lenksystemvariante der Unteretzachse bestimmt. Für die Auswahl der

	Überhang vorne* [m]	Radstand [m]	Abstand 2. Achse zu Ersatzachse des Aufliegers [m]	Abstand Ersatzachse 1 zu Ersatzachse 2 [m]	Abstand Fahrzeugfront zu Sattelkupplung* [m]	Abstand Sattelkupplung zu Kupplungsmaul an Auflieger* [m]	Abstand Maulkupplung zu Fahrzeugheck** [m]	Gesamtlänge Fahrzeugkombination [m]
	$u_{ZV}$	$l_{Z12}$	$l_{Z2E1}$	$l_{ZE1E2}$	$l_{EGa}$	$l_{EGz}$	$l_{EGb}$	$l_{Zugges}$
Anzahl	34							
Mittelwert	1,43	3,64	6,37	9,80	4,50	11,10	9,46	25,06
Standardabweichung	–	0,08	0,20	0,54	–	–	0,48	0,48
Maximalwert	–	3,70	6,86	10,17	–	–	9,65	25,25
Minimalwert	–	3,50	6,10	8,56	–	–	7,65	23,25
95%-Konf.	–	0,03	0,07	0,18	–	–	0,16	0,16
99%-Quantil	–	3,70	6,86	10,16	–	–	9,65	25,25
95%-Quantil	–	3,70	6,74	10,15	–	–	9,65	25,25
85%-Quantil	–	3,70	6,56	10,12	–	–	9,65	25,25
15%-Quantil	–	3,55	6,10	8,86	–	–	9,55	25,15
99%-Fahrzeug	1,43	3,70	6,45	10,15	4,50	11,10	9,65	25,25
95%-Fahrzeug	1,43	3,70	6,45	10,15	4,50	11,10	9,65	25,25
<b>85%-Fahrzeug</b>	<b>1,43</b>	<b>3,70</b>	<b>6,45</b>	<b>10,15</b>	<b>4,50</b>	<b>11,10</b>	<b>9,65</b>	<b>25,25</b>
* Annahme eines festen Wertes								
** Berechnung aus $l_{Zugges} - l_{EGz} - l_{EGa}$								

Tab. 2: Maße des 85%-Bemessungsfahrzeuges für Typ 2

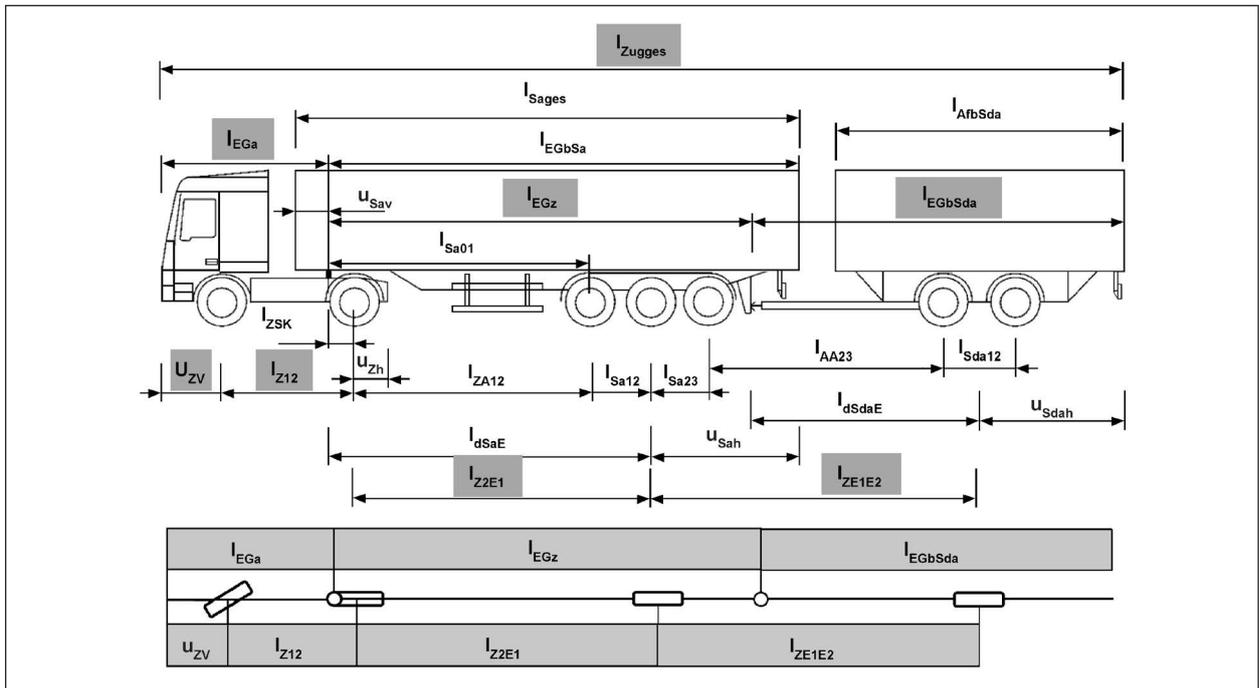


Bild 31: Parameterdarstellung von Typ 2 nach Tabelle 2

	Überhang vorne* [m]	Radstand [m]	Abstand 2. Achse zu Ersatzachse der Dolly [m]	Abstand Ersatzachse 1 zu Ersatzachse 2	Abstand Fahrzeugfront zu Sattelkupplung* [m]	Abstand Kupplungsmaul an Motorwagen zu Sattelkupplung** [m]	Abstand Sattelkupplung zu Fahrzeugheck*** [m]	Gesamtlänge Fahrzeugkombination [m]
	u_ZV	l_Z1E1	l_ZE1E2	l_ZE1E3	l_EGa	l_EGz	l_EGb	l_Zugges
Anzahl	52							
Mittelwert	1,43	5,28	6,32	7,84	8,76	4,27	12,04	25,07
Standardabweichung	-	0,33	0,31	0,42	-	0,17	0,17	0,20
Maximalwert	-	5,80	7,00	8,89	-	4,58	12,47	25,25
Minimalwert	-	4,50	5,84	7,42	-	3,78	11,22	24,00
95%-Konf.	-	0,09	0,08	0,11	-	0,05	0,05	0,05
99%-Quantil	-	5,80	6,92	8,89	-	4,58	12,42	25,25
95%-Quantil	-	5,80	6,85	8,89	-	4,50	12,37	25,25
85%-Quantil	-	5,70	6,66	8,14	-	4,47	12,09	25,22
15%-Quantil	-	4,90	6,00	7,55	-	4,12	11,96	24,92
99%-Fahrzeug	1,43	5,80	6,00	8,89	8,76	4,47	11,99	25,22
95%-Fahrzeug	1,43	5,80	6,00	8,89	8,76	4,47	11,99	25,22
<b>85%-Fahrzeug</b>	<b>1,43</b>	<b>5,42</b>	<b>6,28</b>	<b>8,11</b>	<b>8,76</b>	<b>4,37</b>	<b>12,07</b>	<b>25,20</b>

\* Fest angenommener Wert  
 \*\* Berechnung aus l\_EGa, l\_EGb und l\_Zugges  
 \*\*\* Berechnung aus u\_ZV, l\_Z1E1, l\_ZE1E2 und Sattelvormaß der Dolly

Tab. 3: Maße des 85%-Bemessungsfahrzeuges für Typ 3 mit Untersetzachse System A

	Überhang vorne* [m]	Radstand [m]	Abstand 2. Achse zu Ersatzachse der Dolly [m]	Abstand Ersatzachse 1 zu Ersatzachse 2	Abstand Fahrzeugfront zu Sattelkupplung* [m]	Abstand Kupplungsmaul an Motorwagen zu Sattelkupplung** [m]	Abstand Sattelkupplung zu Fahrzeugheck*** [m]	Gesamtlänge Fahrzeugkombination [m]
	u_ZV	I_Z1E1	I_ZE1E2	I_ZE1E3	I_EGa	I_EGz	I_EGb	I_Zugges
Anzahl	15							
Mittelwert	1,43	5,47	6,02	7,22	8,76	4,06	12,06	24,88
Standardabweichung	–	0,29	0,28	0,14	–	0,05	0,09	0,08
Maximalwert	–	5,80	6,53	7,41	–	4,17	12,19	24,99
Minimalwert	–	4,90	5,70	6,96	–	4,00	11,92	24,70
95%-Konf.	–	0,14	0,14	0,07	–	0,02	0,05	0,04
99%-Quantil	–	5,80	6,49	7,41	–	4,16	12,19	24,98
95%-Quantil	–	5,80	6,34	7,41	–	4,13	12,19	24,96
85%-Quantil	–	5,80	6,26	7,40	–	4,10	12,18	24,95
15%-Quantil	–	5,26	5,70	7,03	–	4,00	11,93	24,77
99%-Fahrzeug	1,43	5,26	6,17	7,41	8,76	4,00	12,19	24,95
95%-Fahrzeug	1,43	5,26	6,17	7,41	8,76	4,00	12,19	24,95
<b>85%-Fahrzeug</b>	<b>1,43</b>	<b>5,36</b>	<b>6,17</b>	<b>7,33</b>	<b>8,76</b>	<b>4,10</b>	<b>11,92</b>	<b>24,77</b>

\* Fest angenommener Wert  
 \*\* Berechnung aus I\_EGa, I\_EGb und I\_Zugges  
 \*\*\* Berechnung aus u\_ZV, I\_Z1E1, I\_ZE1E2 und Sattelvormass der Dolly

Tab. 4: Maße des 85%-Bemessungsfahrzeuges für Typ 3 mit Untersetzachse System B

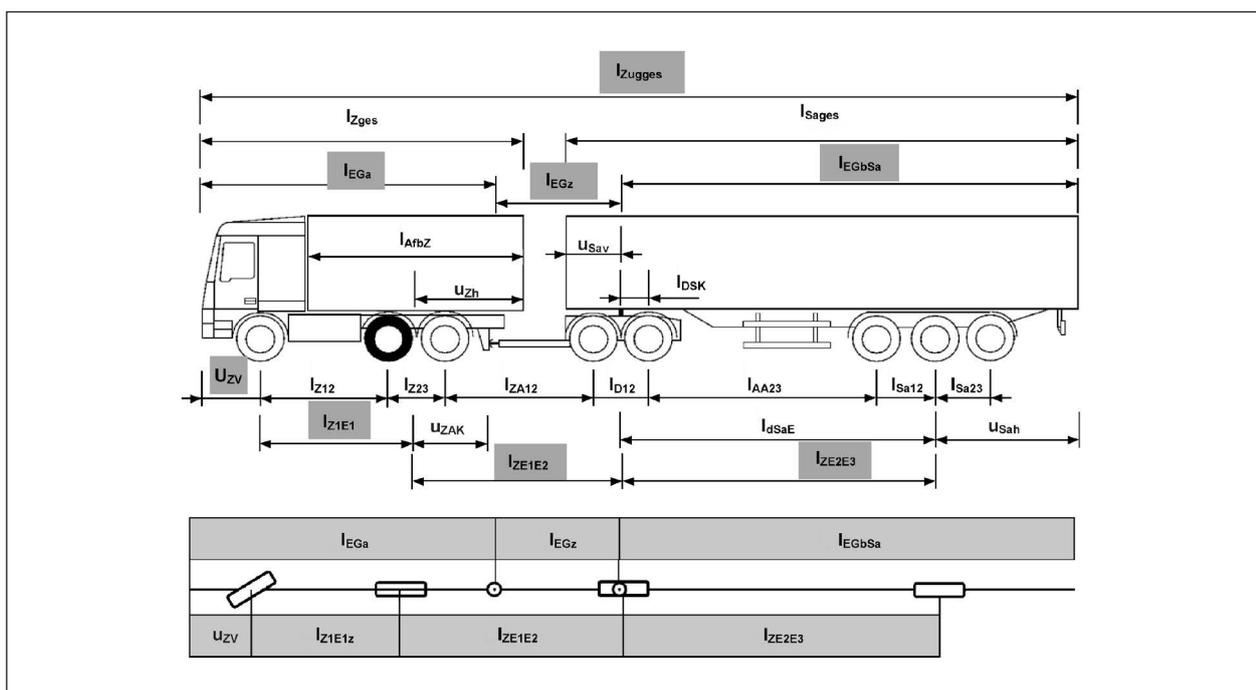


Bild 32: Parameterdarstellung von Typ 3 nach Tabelle 3 und nach Tabelle 4

Bemessungsfahrzeuge wurden folgende Varianten von Unteretzachsen unterschieden:

- System A,
- System B,
- starr bzw. un gelenkt sowie
- sonstige Lenksysteme und Sonderbauformen

Mit einer Anzahl von 52 und 15 Unteretzachsen dominieren die beiden Herstellersysteme von Hersteller A bzw. Hersteller B in der Datenbank. Ungelenkte Unteretzachsen können bei Standardfahrzeugmodulen des Motorwagens und des Sattelanhängers nicht eingesetzt werden, da sonst der BO-Kraftkreis nicht eingehalten werden kann. Die in der Datenbank enthaltenen Fahrzeuge mit un gelenkten Unteretzachsen bleiben daher als Sonderfahrzeuge von der Bestimmung der Bemessungsfahrzeuge unberücksichtigt. Sonstige gelenkte Unteretzachsvarianten sind zahlenmäßig unterrepräsentiert und können auch untereinander nicht verglichen werden. Auch diese wurden daher bei der Bestimmung der Bemessungsfahrzeuge ausgeschlossen.

Für die Unteretzachsen des Systems A sind in der Datenbank 52 valide Datensätze vorhanden. Aus den Daten wurde das maßgebende Bemessungsfahrzeug berechnet (Tabelle 3).

Für die Unteretzachsen des Systems B sind in der Datenbank 15 Datensätze enthalten. Daraus wurde das maßgebende Bemessungsfahrzeug berechnet (Tabelle 4).

Die Parameterangaben der Ersatzachsenmodelle aus Tabelle 3 und Tabelle 4 sind in Bild 32 grau hinterlegt.

### 4.3 Ausschermaße und Kreisringbreiten der Bemessungsfahrzeuge

In diesem Abschnitt werden die berechneten Bemessungsfahrzeuge der Typen 1 bis 3 anhand der Ausschermaße und Kreisringbreiten im BO-Kraftkreis verglichen. Zusätzlich werden die Kurvenlauf eigenschaften der beiden Varianten des Lang-Lkw von Typ 5\*, die durch ihre geringen Stückzahlen von der 85%-Methodik ausgenommen wurden, dargestellt. Die Ausschermaße und Kreisringbreiten werden über das in SÜßMANN et al. (2014) vorgestellte Simulationsprogramm berechnet.

#### Typ 1

Für das 85%-Fahrzeug von Typ 1 wurden eine Kreisringbreite von  $B = 7,30$  m und ein Ausschermaß des Sattelanhängers von  $D = 0,49$  m berechnet (Bild 33). Die Kreisringbreite liegt  $D = 0,10$  m über der zulässigen Kreisringbreite von  $B = 7,20$  m. Die Abweichung liegt im Bereich der bestimmten Unterschiede bzw. Toleranzen zwischen Simulation und Fahrversuch (SÜßMANN et al., 2014).

Würde aus dem Kollektiv der Fahrzeuge von Typ 1 das 95%-Fahrzeug oder 99%-Fahrzeug gewählt werden (Tabelle 1), ergäbe sich ein Bemessungsfahrzeug, dessen Kurvenlauf eigenschaften etwas schlechter sind. Es hat eine rechnerische Kreisringbreite von  $B = 7,43$  m sowie ein Ausschermaß des Sattelanhängers von  $B = 0,45$  m (Bild 34). Die Kreisringbreite liegt mit  $D = 0,23$  m über der zulässigen

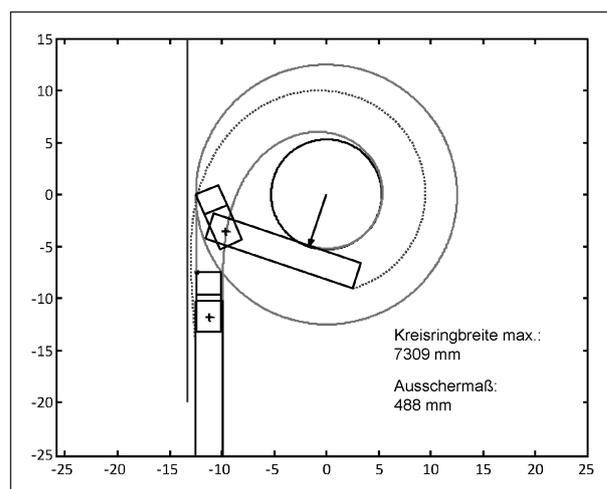


Bild 33: Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) des Typ 1 im BO-Kraftkreis

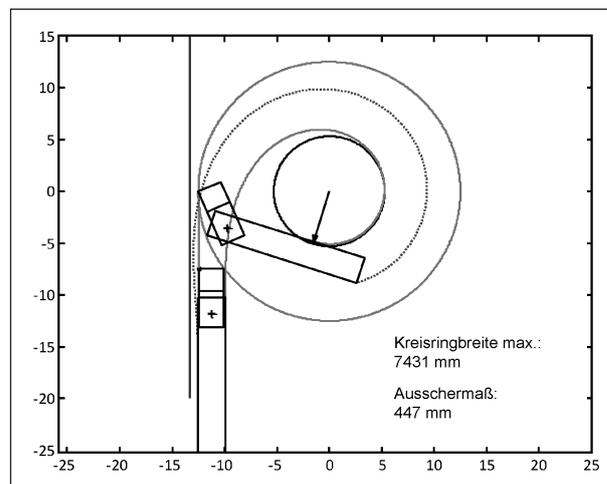


Bild 34: 95%-Fahrzeug und 99%-Fahrzeug des Typ 1 im BO-Kraftkreis

Kreisringbreite von 7,20 m, die im Übereinstimmungsnachweis durch Fahrversuche bestätigt wurde. Die Abweichung liegt etwas oberhalb des Bereichs der ermittelten Unterschiede bzw. Toleranzen zwischen Simulation und Fahrversuch (SÜßMANN et al., 2014). Die Abweichungen zwischen Simulation und maßgeblichem Fahrversuch sind dennoch plausibel, wenn berücksichtigt wird, dass der Fahrversuch möglicherweise ohne Peilhilfe durchgeführt wurde und der Fahrer die Kurvenfahrt in zügiger Fahrweise absolviert hat.

### Typ 2

Für das 85%-Fahrzeug von Typ 2 wurden eine Kreisringbreite von  $B = 7,50$  m, ein Ausschermaß des Sattelanhängers von  $D = 0,43$  m und ein Ausschermaß des Starrdeichselanhängers von  $D = 0,37$  m berechnet (Bild 35). Die Kreisringbreite liegt mit  $D = 0,30$  m über der zulässigen Kreisringbreite von  $B = 7,20$  m. Die Abweichung liegt wiederum oberhalb des Bereichs der Abweichungen zwischen Simulation und Fahrversuch (SÜßMANN et al. 2014). Der in den Übereinstimmungsnachweisen durchgeführte und damit für die Zulassung maßgebliche Fahrversuch ergab eine Kreisringbreite von  $B = 7,20$  m. Die Abweichungen zwischen Simulation und maßgebenden Fahrversuch sind dennoch plausibel unter Berücksichtigung von fehlender Peilhilfe und zügiger Fahrweise.

Würde aus dem Fahrzeugkollektiv für Typ 2 statt des 85%-Fahrzeuges das 95%-Fahrzeug oder 99%-Fahrzeug ausgewählt werden, ergibt sich dasselbe Fahrzeug wie bei den 85%-Abmessungen (Tabelle 2).

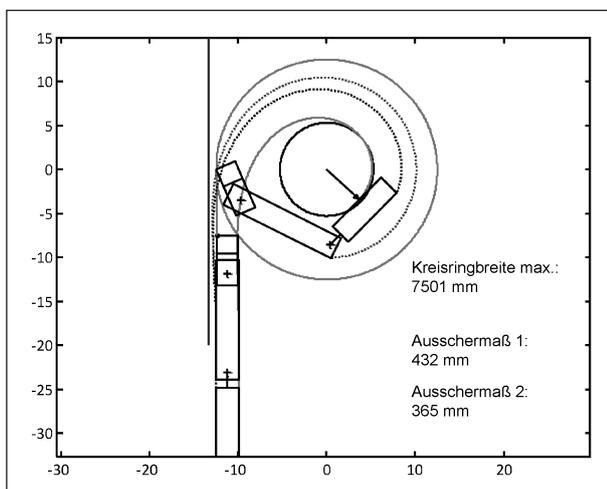


Bild 35: Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) des Lang-Lkw Typ 2 im BO-Kraftkreis

### Typ 3

Für das 85%-Fahrzeug des Typ 3 mit Untersetzachse nach System A wurden eine Kreisringbreite von  $B = 7,40$  m, ein Ausschermaß des Motorwagens von  $D = 0,24$  m und ein Ausschermaß des Sattelanhängers von  $D = 0,16$  m berechnet (Bild 36). Die Kreisringbreite oberhalb von  $B = 7,20$  m ist aus oben genannten Gründen wiederum plausibel.

Für das 85%-Fahrzeug des Typ 3 mit Untersetzachse nach System B wurden eine Kreisringbreite von  $B = 6,37$  m, ein Ausschermaß des Motorwagens von  $D = 0,25$  m und ein Ausschermaß des Sattelanhängers von  $D = 0,81$  m berechnet (Bild 37). Das Fahrzeug verfügt demnach über eine äußerst geringe Kreisringbreite. Das Ausschermaß des Sattel-

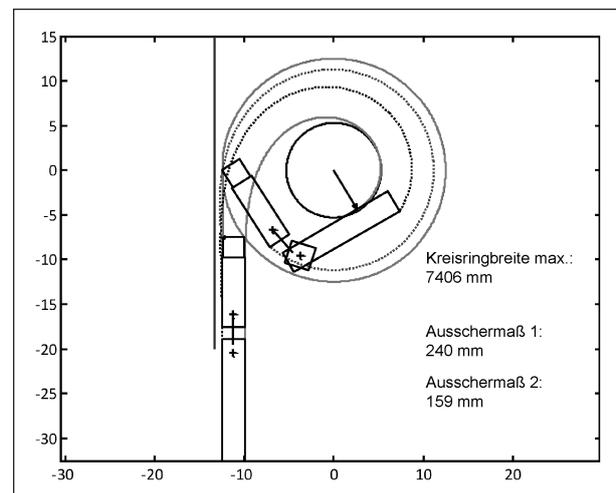


Bild 36: Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) des Kombinationstyps 3 mit Untersetzachse vom System A im BO-Kraftkreis (Lenkübersetzung der Dolly 4,0)

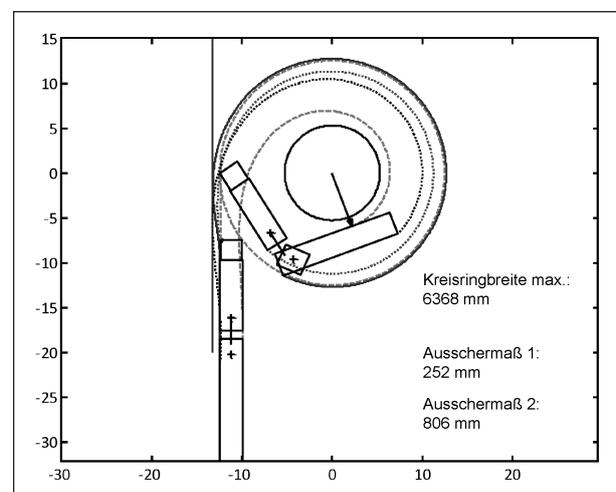


Bild 37: Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) des Kombinationstyps 3 mit Untersetzachse vom System B im BO-Kraftkreis

hängers bewegt sich hingegen in zweierlei Hinsicht nahe an der zulässigen Grenze. Einerseits schert der Sattelanhängers bei der Einfahrt in den BO-Kraftkreis  $D = 0,81$  m aus. Andererseits bewegt sich bei Kreisfahrt im Uhrzeigersinn die vordere linke Ecke des Sattelauflegers außerhalb des Sichtfeldes des Fahrers auf bzw. knapp außerhalb des Radius von  $R = 12,50$  m.

Ein Vergleich der Kurvenlaufeigenschaften der ausgewählten 85%-Fahrzeuge vom Typ 3 mit Unteretzachsen nach System A und System B ergibt, dass die Kreisringbreiten des letzteren Systems wesentlich geringer ausfallen. Innerhalb des Typenklasse 3 ist somit das System A bezüglich überstrichener und überfahrener Flächen maßgebend.

#### 4.4 Empfehlungen für den Leitfaden

Über die 85%-Methode auf der Grundlage von Ersatzradständen wurde ein entsprechendes Bemessungsfahrzeug bestimmt. Das 95%-Fahrzeug und das 99%-Fahrzeug entsprechen in ihren Abmessungen einem seltenen Worst-Case-Szenario. Aus wirtschaftlichen Gründen wurde in vergangenen Auswahlmethoden bewusst auf die 85%-Methode zurückgegriffen, um Verkehrswege nicht nach selten vorkommenden Worst-Case-Fahrzeugen auslegen zu müssen. Von diesem bewährten Ansatz sollte im Rahmen dieser Untersuchung nicht abgewichen werden.

In den Untersuchungen wurden zwei maßgebende Bemessungsfahrzeuge bestimmt. Das Bemessungsfahrzeug für Typ 1 ist in Bild 38 dargestellt.

Unter den Lang-Lkw-Typen 2 und 3 ist Typ 2 durch seine größere Kreisringbreite im BO-Kraftkreis das kritischere Fahrzeug. Außerdem ist Typ 2 häufig in der Datenbank vertreten. Wenn bei Typ 2 das 95%- oder 99%-Fahrzeug ausgewählt wird, ergibt sich dasselbe Fahrzeug wie bei der 85%-Methodik. Die Übereinstimmung zwischen 85%-, 95%- und 99%-Fahrzeug mit demselben realen Fahrzeug ist zufällig und durch die geringen Variationsmöglichkeiten der Fahrzeugabmessungen (Spielraum der Hersteller beim Fahrzeugentwurf) begründet.

Die beiden exemplarisch untersuchten Varianten des Lang-Lkw-Typ 5\* weisen im Vergleich zu den Typen 2 und 3 wesentlich geringere Kreisringbreiten auf und sind daher für die Auslegung von Verkehrswegen nicht maßgebend.

Für beide Bemessungsfahrzeuge sind in Anhang A Schleppkurvenschablonen für Fahrweise 1 und 2 dargestellt.

Das Bemessungsfahrzeug für Typ 2 ist in Bild 39 dargestellt.

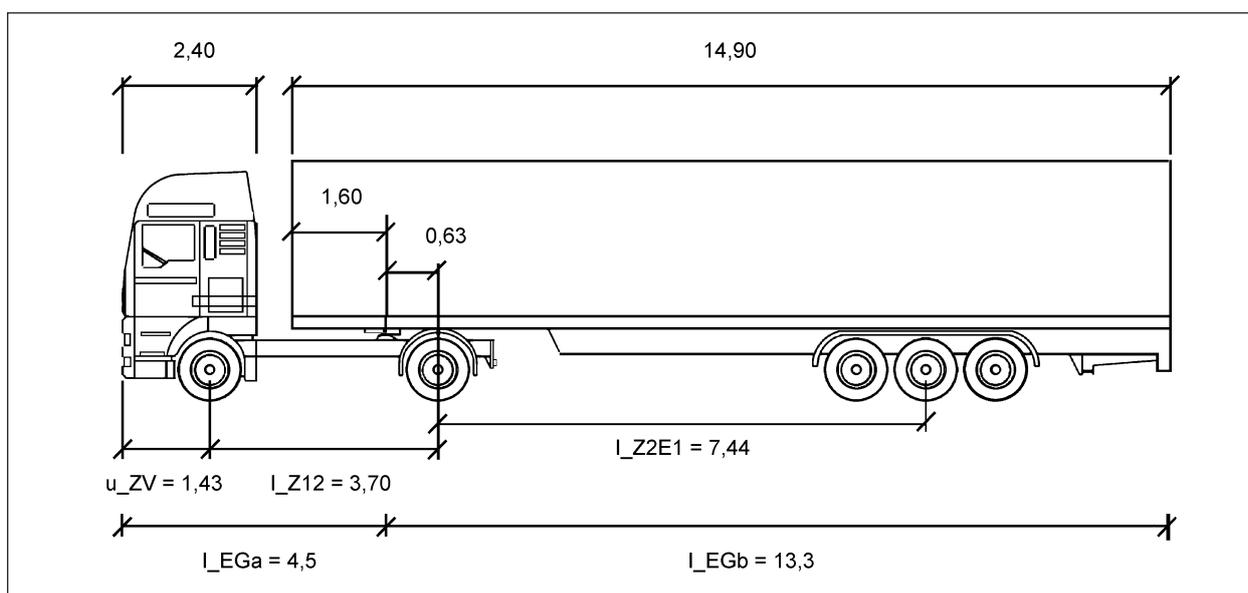


Bild 38: Bemessungsfahrzeug für den 85%-Lang-Lkw von Typ 1 nach Tabelle 1

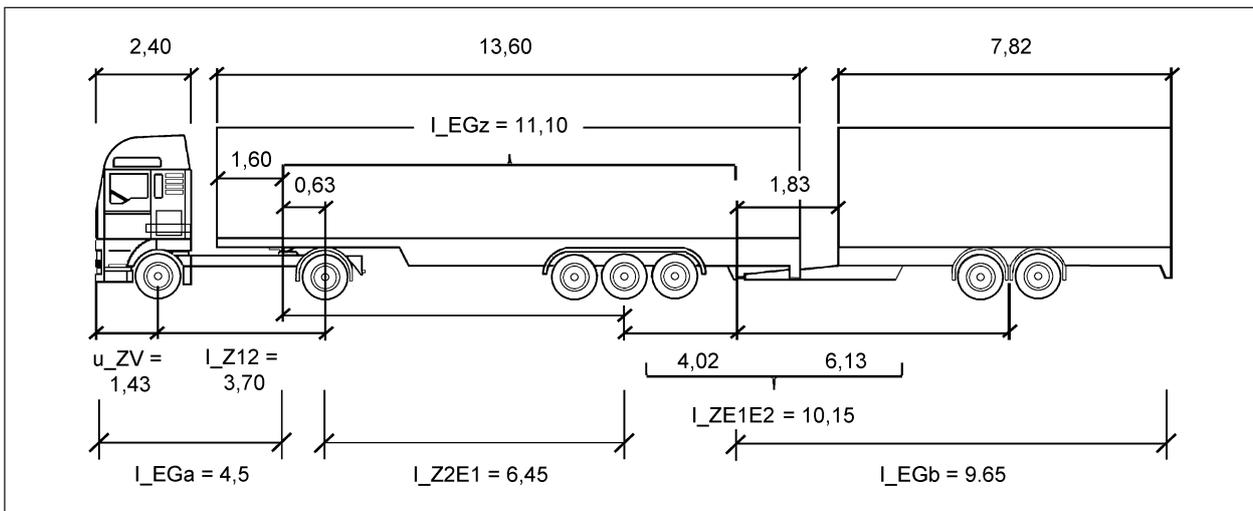


Bild 39: Bemessungsfahrzeug für den 85%-Lang-Lkw von Typ 2 nach Tabelle 2

## 5 Umfrage zur Streckenprüfung in den Ländern

### 5.1 Zielstellung und Vorgehensweise

Für die Erarbeitung eines praxisingerechten Leitfadens wurden die Straßenbaubehörden von ausgewählten Bundesländern zu ihren Erfahrungen bei den Streckenprüfungen und den jeweiligen Vorgehensweisen befragt. Dadurch können die individuellen Regelungen in den Ländern zusammengestellt und verglichen werden. Außerdem sollten mögliche Fragen bzw. Probleme thematisiert und allgemeingültig aufgearbeitet bzw. beantwortet werden.

Dazu wurden 15 Bundesländer zuerst telefonisch kontaktiert. Anschließend wurde ihnen ein Fragebogen übersendet. Berlin hat bislang keine Routen für Lang-Lkw und lehnt deren Prüfung auch ab. Aus diesem Grund wurde Berlin bei der Befragung ausgespart. Insgesamt antworteten 13 von den angefragten Bundesländern. Von Sachsen-Anhalt wurde am Telefon eine Aussage zur Praxisarbeit gegeben. Da in Sachsen-Anhalt keine Prüfungen für Lang-Lkw von  $L = 25,25$  m durchgeführt werden (Koalitionsvertrag), ist der Erkenntnisgewinn für das Projekt begrenzt. Dadurch lagen insgesamt 14 Rückmeldungen für die Auswertung vor.

Die Umfrage in den Bundesländern umfasste folgende Fragen:

1. Wer ist der zuständige Ansprechpartner?

2. Wer führt die Streckenprüfung für Bundes-, Landes-, Kreis- und Kommunalstraßen durch?
3. Welche Verwaltungsebenen werden beteiligt?
4. Gibt es landesweite einheitliche Vorgaben für die nachgeordneten Fachverwaltungen (interne Prüfung oder Vergabe an Dritte)?
5. Gibt es für ausgewählte Verkehrsanlagen eine besondere Prüfroutine? (Aufzählung mehrerer Verkehrsanlagen im Fragebogen)
6. Welche Konsequenzen folgen bei Überstreichungen oder Überfahrungen?
7. Erfolgt eine Ablehnung des Prüfauftrages, wenn die Route der „letzten Meile“ durch innerstädtische Bereiche führt?
8. Wie wird mit verkehrsempfindlichen Bereichen entlang der Route umgegangen? (Schulen, Kitas oder Wohngebiete)
9. Werden die Lang-Lkw bei der Prüfung differenziert betrachtet oder erfolgt eine pauschale Prüfung? Welcher Typ wird als maßgebendes Fahrzeug verwendet?
10. Gab es Fälle, bei denen Strecken aus dem Positivnetz wieder herausgenommen wurden? Unter welchen Randbedingungen war dies der Fall?
11. Wird für die Überprüfung eine spezielle Software verwendet?

12. Gibt es im Bundesland einen internen Leitfaden zu Lang-Lkw?
13. Welche Anforderungen sollte der Leitfaden entsprechen und welche Regelungen sollten in einem Leitfaden enthalten sein?

In einer zweiten Umfrage wurden 13 Speditionen zu ihren Erfahrungen bei der Beantragung von Routen für Lang-Lkw befragt. Die befragten Speditionen wurden aus den Teilnehmerlisten des Feldversuches ausgewählt. Die befragten Speditionen verteilen sich über das gesamte Bundesgebiet. Nach Kontaktaufnahme und Versand der Fragebögen antworteten 10 Speditionen.

Die Umfrage in den Speditionen umfasste folgende Fragen:

1. Inwiefern wird die Spedition in den Prüfprozess mit einbezogen, welche Strecken/Verkehrsanlagen müssen sie selber prüfen?
2. Welche Erfahrungen hat die Spedition in den einzelnen Bundesländern mit der Antragstellung/Streckenprüfung gemacht?
3. Hat die Spedition zusätzlich zu den bisher befahrenen Routen neue Strecken beantragt? Wenn ja, welche?
4. Gibt es auf einzelnen Strecken Probleme bei der Befahrung von Verkehrsanlagen? Wenn ja, welche?

## 5.2 Auswertung der Länderbefragung

### Zu Frage 1 – Anlaufstellen

Im Anhang 2 ist eine Tabelle mit derzeit aktuellen Kontaktdaten der ersten Anlaufstellen (Abteilungen und Referate in den Ländern) enthalten. Auf der Internetseite der BAST sind darüber hinaus regelmäßig aktualisierte Links zu den Ministerien der Länder vorhanden. Personenbezogene Daten werden nicht in der Liste aufgeführt.

### Zu den Fragen 2 und 3 – Federführende Verwaltungsebenen

Die zweite und dritte Frage beschäftigten sich mit der Erhebung der federführenden Verwaltungsebenen und den im Prüfprozess beteiligten Verwal-

tungsorganen. In den Bundesländern ist durch die Verwaltungsebenen klar vorgegeben, wer in den einzelnen Zuständigkeitsbereichen eine Prüfung durchführt. Unterschiede in den Bundesländern bestehen durch die Zuständigkeit entweder bei den Straßenbau- oder den Verkehrsbehörden. Der aktuelle Stand der zuständigen obersten Ebene ist in Anhang 2 angefügt. Weiterhin sind Informationen der Homepage der BAST zu entnehmen.

In Baden-Württemberg wird die detaillierte Streckenprüfung (Prüfung der Befahrbarkeit) von den örtlich zuständigen Landratsämtern und Gemeinden (für Kreis- und Kommunalstraßen) bzw. den Landratsämtern (für Landes- und Bundesfernstraßen) durchgeführt. Das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg führt eine Prüfung nach übergreifenden Kriterien durch (vorhandene Ortsdurchfahrten, Bahnanlagen, siehe auch Frage 5).

In Bayern erfolgt die Streckenprüfung durch die Untersten Straßenverkehrsbehörden. In Abhängigkeit von der Strecke werden dabei die Baulastträger (kommunale/staatliche) sowie die Polizei in das Verfahren eingebunden. Betrifft die Strecke den Zuständigkeitsbereich mehrerer Unterer Straßenverkehrsbehörden, beteiligt die Straßenverkehrsbehörde des Zielpunktes die weiteren betroffenen Straßenverkehrsbehörden. Die durchgeführten Teilprüfungen werden in die Verkehrsbehörde am Zielpunkt übersendet und von dort dem Ministerium übergeben. (Schreiben des Bayerischen Staatsministeriums des Innern 2011).

In Brandenburg erfolgt die Streckenprüfung für Bundesfern- und Landstraßen durch den Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg (LS) im Auftrag des Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung Brandenburg (MIL). Für Kreis- und Kommunalstraßen erfolgt die Prüfung durch die betroffenen Landkreise, Städte und Gemeinden. Mit den Antragsunterlagen muss vom Antragsteller nachgewiesen werden, dass die Strecke ungehindert befahren werden kann. Der Antragsteller muss die Befahrbarkeit mit Schleppkurven nachweisen sowie die Baulastträger in das Antragsverfahren einbeziehen (Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung 2017, Hinweisblatt).

In Bremen wird die Streckenprüfung vom Senator für Umwelt, Bau und Verkehr – SUBV (oberste Landesverwaltung) in Abstimmung mit dem Amt für Straßen und Verkehr Bremen und dem Magistrat

Bremerhaven (Straßenverkehrsbehörde) durchgeführt.

In Hamburg erfolgt die Streckenprüfung durch die Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI) und die Verwaltung für Inneres und Sport (BIS). Beteiligt werden die Straßenbaulastträger (Hamburg Port Authority und Bezirke) sowie die zuständigen Straßenverkehrsbehörden.

In Hessen wird die Streckenprüfung für Bundes-, Landes- und Kreisstraßen von Hessen Mobil (obere Straßenbauverwaltung) durchgeführt. Für Kommunalstraßen erfolgt die Prüfung durch die örtlich zuständigen Straßenverwaltung. Der Antragsteller muss mit der Kommune abklären, ob sich die Strecken für die Befahrung durch Lang-Lkw eignen. Beteiligt wird das Ministerium als oberste Straßenbauverwaltung und oberste Straßenverkehrsbehörde.

In Niedersachsen wird die Streckenprüfung von Bundes-, Landes-, Kreis- und Kommunalstraßen von den örtlich zuständigen Straßenverkehrsbehörden durchgeführt. Für Bundesautobahnen erfolgt eine Prüfung durch die Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr.

In Nordrhein-Westfalen erfolgt die Streckenprüfung von Bundes-, Landes-, Kreis- und Kommunalstraßen durch die örtlich zuständigen Straßenverkehrsbehörden (Kreise, kreisfreie Städte, mittlere und große kreisangehörige Städte und Gemeinden). Dabei werden die jeweiligen Straßenbauverwaltungen und Polizeibehörden beteiligt. Die Autobahnen sind in NRW flächendeckend für Lang-Lkw freigegeben.

In Rheinland-Pfalz erfolgt die Streckenprüfung generell durch die Unteren Straßenverkehrsbehörden (Kreisverwaltung, Stadtverwaltung, bei Kreis- und Kommunalstraßen zusätzlich Verbandsgemeindeverwaltung).

Im Saarland führt der Landesbetrieb für Straßenbau (LfS) die Streckenprüfung unter Beteiligung der jeweiligen Kommunen durch. Die Entscheidung über die Meldung der Strecke wird durch die oberste Straßenverkehrsbehörde und oberste Straßenbaubehörde getroffen.

In Sachsen wird die Prüfung von den Baulastträgern und Verkehrsbehörden sowie den örtlich zuständigen Polizeidirektionen durchgeführt.

In Schleswig-Holstein führen der Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-

SH) und die Verkehrsbehörden die Prüfung von Bundes- und Landesstraßen durch. Für die Prüfung von Kreis- und Kommunalstraßen sind die Kreise und Gemeinden zuständig. Aufgrund vertraglicher Regelungen mit einigen Kreisen ist bei entsprechenden Strecken der LBV-SH zuständig.

In Thüringen führt das Landesamt für Bau und Verkehr (TLBV) die Prüfung für Bundesfern- und Landesstraßen und der jeweilige Straßenbaulastträger die Prüfung von Kreis-, Kommunal-, und Gemeindestraßen durch. Die betroffenen Gemeinden haben bisher unterschiedliche Verwaltungsebenen beteiligt, da es keine Festlegungen gibt (u. a. das Bauamt oder Ordnungsamt).

#### Frage 4 – einheitliche Vorgaben

Auf die Frage nach einheitlichen Vorgaben zur Streckenprüfung verneinten das acht der befragten Bundesländer.

In Bayern haben im Juni 2011 alle Verwaltungsebenen ein Schreiben mit allgemeinen Vorgaben zur Streckenprüfung erhalten. Das Schreiben wird derzeit überarbeitet. Enthalten sind hier Angaben zum Streckennetz, Behandlung der „letzten Meile“ und Vorgaben für die Eignung einer Strecke.

In Brandenburg erfolgt die Beantragung von Strecken über ein Formular, außerdem sind in einem Hinweisblatt alle nötigen Informationen zum Antragsverfahren und der Streckenprüfung enthalten. Damit ist die Antragstellung verhältnismäßig klar geregelt.

In Hessen, Rheinland-Pfalz und Sachsen orientiert sich das bisherige Prüfverfahren am Verfahren zur Prüfung von Großraum- und Schwertransporten (nach § 29 Abs. 3 StVO). In Hessen haben die Kommunen bei der Streckenprüfung für Lang-Lkw wenig Erfahrung. Aus diesem Grund werden in der Regel Fahrversuche veranlasst (unter Beteiligung der Polizei, der Kommune und oftmals auch von Hessen Mobil).

#### Frage 5 – maßgebende Verkehrsanlagen

Hier wurde nach einer besonderen Prüfroutine ausgewählte Verkehrsanlagen gefragt. In Tabelle 5 sind die Antworten der Länder für maßgebende Verkehrsanlagen zusammengefasst. Drei Bundesländer haben keine Antwort abgegeben.

In Baden-Württemberg erfolgt die Prüfung in den meisten Fällen zuerst per Sichtkontrolle. Vereinzelt wurden durch den Antragsteller Fahrversuche durchgeführt (insbesondere auf der „letzten Meile). Außerdem werden örtliche Gegebenheiten und Wartezeiten im fließenden Verkehr beachtet.

In Brandenburg werden Stadt- und Ortskerndurchfahrten sowie Strecken über Bahnübergänge generell nicht genehmigt (evtl. Ausweichstrecken).

In Hamburg wurden keine besonderen Verkehrsanlagen ausgewiesen, aber Hinweise auf die maßgebenden Prüfkriterien (Schleppkurvenprüfungen und Berücksichtigung der Räumzeiten) gegeben.

Niedersachsen orientiert sich an den Kriterien, die seinerzeit vom BMVBS für den Feldversuch vorgegeben wurden: enge Ortsdurchfahrten, Kreisverkehre bestimmter Größenordnung und innerstädtische Bereiche sollten nicht befahren werden; höhengleiche Bahnübergänge dürfen nicht befahren werden.

In Nordrhein-Westfalen liegt die Tiefe der notwendigen Überprüfungen im Ermessen der örtlich zuständigen Straßenverkehrsbehörden. Diese legen gemeinsam mit der Straßenbauverwaltung und der Polizei auf Grundlage ihrer Erfahrungen und Kenntnisse der Verkehrsabläufe und der örtlichen Gegebenheiten die Eignung der Strecken in straßenverkehrsrechtlicher, straßenbautechnischer und polizeilicher Hinsicht fest. Da die Kriterien für die Bemessung der Räumzeiten nach den Richtlinien für Lichtsignalanlagen (RiLSA) für grundsätzlich ausreichend erachtet werden, finden i. d. R. keine

Überprüfungen der Räumzeiten an Lichtsignalanlagen statt. Auf Erlass des Ministeriums für Verkehr (als oberste Straßenverkehrs- und Straßenbauverwaltung des Landes) wurden Überprüfungen von Strecken im Zuge höhengleicher Bahnübergänge aufgrund ungeklärter Fragen der Bahnübergangssicherung, insbesondere hinsichtlich der Schrankenschließzeiten, bis auf Weiteres ausgesetzt.

In Rheinland-Pfalz werden von den Straßenverkehrsbehörden Fahrversuche angeordnet, um die Befahrbarkeit zu prüfen.

Im Saarland erfolgt die Überprüfung mit einer modifizierten Schleppkurve des in card\_1 enthaltenen Lang-Lkw (Bezeichnung EuroCombi). Außerdem werden straßenverkehrsrechtliche Beschränkungen für Lkw (z. B. Durchfahrtsverbote) und Lastbeschränkungen für Lkw aufgrund abgelasteter Brückenbauwerke beachtet. Weitere Ausschlusskriterien für den Einsatz von Lang-Lkw auf einer Strecke sind z. B. enge Bebauung, starker Fußgängerverkehr oder Radverkehr, Schulen oder Altenheime. Konfliktpunkte entstehen außerdem durch das Überschleppen von Borden und Einbauten oder durch Überschleppen des Seitenraumes (Bankette und Gehwege).

In Sachsen liegt die Anwendung gesonderter Prüfkriterien bislang im Ermessen der örtlich zuständigen Verwaltungen, da diese am besten mit den örtlichen Gegebenheiten vertraut sind. Höhengleiche Bahnübergänge werden grundsätzlich nicht genehmigt, bei privaten Anschlussbahnen erfolgt im Einzelfall die Einbeziehung des Landeseisenbahnbefragten. Eine Prüfung von Alternativrouten erfolgt bei Erforderlichkeit. Da bisher die Annahme getroffen wurde, dass das Kurvenlaufverhalten von Lang-Lkw dem der normalen Lkw entspricht, war i. d. R. keine gesonderte Prüfung z. B. von Kreisverkehren gefordert. Bei Besonderheiten einzelner Knotenpunkte wird eine ergänzende Untersuchung als sinnvoll erachtet.

In Schleswig-Holstein erfolgt die Prüfung von Bahnübergängen durch die jeweils betroffene Infrastruktureinrichtung (Eisenbahnstreckenbetreiber).

In Thüringen ist derzeit keine besondere Prüfung gefordert. Die einzelnen Gemeinden/Kreise haben bisher unterschiedliche Überprüfungen durchgeführt (u. a. Tragfähigkeiten der kommunalen Brücken, Befahrbarkeit von Kreisverkehren hinsichtlich der Auswirkungen auf Randbereiche, Sichtprüfungen).

Element	besondere Prüfung	
	ja	nein
plangleiche Einmündungen und Kreuzungen	4	6
teilplangleiche, teilplanfreie, planfreie Knotenpunkte	4	6
Kreisverkehre	4	6
Räumzeiten an lichtsignalgeregelten Knotenpunkten	2	8
Rastanlagen	1	9
Arbeitsstellen	2	8
Ortsdurchfahrten	2	8
Tunnel	1	9
Bahnübergänge	5	6

Tab. 5: Ergebnisse der Befragung zu besonderen Prüfroutinen

### Frage 6 – Überfahrungen und Überstreichungen

Bei einer Streckenprüfung kann es in Abhängigkeit von der jeweiligen Situation zu Überstreichungen oder Überfahrungen außerhalb des Fahrstreifens kommen. Die Länder wurden deshalb zu den Konsequenzen solcher Ergebnisse befragt. Bremen und Schleswig-Holstein machten keine Angaben.

In Baden-Württemberg wird vorab die Beschaffenheit der Flächen geprüft; nach der Befahrung wird überprüft, ob Schäden entstanden sind (beschädigte Bordsteine oder Verkehrszeichen). Außerdem wird angeregt, bei bestimmten Flächen bauliche Anpassungen vorzunehmen (z. B. bei Banketten).

In Bayern wird grundsätzlich vorausgesetzt, dass Lang-Lkw die Kurvenlaufeigenschaften nach § 32 d StVO einhalten (vgl. § 7 LKWÜberlStVAusnV) und es dadurch nicht zwangsläufig zu fahrgeometrischen Problemen kommen sollte. Außerdem erfolgt jeweils unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten eine Beurteilung des Einzelfalls.

In Brandenburg wurden den Antragstellern für die Prüfung Fahrversuche angeboten. Kam es zu Überfahrungen und Überstreichungen, kann die Befahrbarkeit auf Kosten der Antragsteller hergestellt werden.

In Hamburg, Hessen und Nordrhein-Westfalen erfolgt in diesen Fällen eine Ablehnung der Strecke. In Hessen werden ggf. Fahrversuche durchgeführt. In Nordrhein-Westfalen wird u. U. eine alternative Streckenführung erwogen und geprüft.

In Niedersachsen erfolgt bei erforderlichen Umbauten im Seitenraum in den meisten Fällen keine Genehmigung durch die Verkehrsbehörden. In Einzelfällen werden Umbauten vorgenommen. Falls verfügbar, wird eine alternative Streckenführung erwogen und geprüft.

In Rheinland-Pfalz wird davon ausgegangen, dass durch die Prüfung nach § 29 Abs. 3 StVO (Übermäßige Straßenbenutzung) keine Überstreichungen und Überfahrungen vorkommen.

Im Saarland werden bei Überstreichungen oder Überfahrungen Einzelfallentscheidungen mit Gefahrenabschätzung getroffen und Sichtprüfungen mit oder ohne Fahrversuch durchgeführt. Das Überstreichen und -fahren von Gehwegen führt in der Regel zur Nichteignung der Strecke.

In Sachsen wird davon ausgegangen, dass das gesetzliche Kurvenlaufverhalten eingehalten wird und

ein Überfahren von Flächen nur bei nicht regelrechtem Ausbau erfolgt.

In Thüringen wird die Strecke in Anwesenheit der Baulastträger begutachtet und geprüft, wie Überstreichen oder Überfahren zukünftig verhindert werden können. Wenn notwendig, erfolgen bauliche Anpassungen. Der Unternehmer haftet für Schäden im öffentlichen Verkehrsraum. Es folgen keine Konsequenzen, wenn die Flächen nach den Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO) gestaltet sind.

### Frage 7 – Routen durch innerstädtische Bereiche

Die Frage sollte klären, wie mit dem Verlauf der „letzten Meile“ durch einen Ortskern (Stadtkern) umgegangen wird. Bayern, Brandenburg und Bremen lehnen eine Durchfahrung von Ortskernen mit Lang-Lkw ab.

In den übrigen Bundesländern werden die Strecken bis zum Ziel geprüft, es gibt keine grundsätzliche Ablehnung von Ortsdurchfahrten.

In Nordrhein-Westfalen muss eine Ablehnung von den Straßenverkehrsbehörden hinreichend begründet werden.

In Thüringen ist die Prüfung der „letzten Meile“ bisher unterschiedlich gehandhabt worden, teilweise erfolgte eine Ablehnung von Routenanträgen, weil sie durch innerstädtische Bereiche führen.

### Frage 8 – verkehrsempfindliche Bereiche

Derzeit werden in vier Bundesländern Strecken, die verkehrsempfindliche Bereiche (Kitas, Schulen, Wohngebiete, Altenheime, Krankenhäuser, Behinderteneinrichtungen) berühren, von der Freigabe für Lang-Lkw ausgeschlossen (Hamburg, Nordrhein-Westfalen, Saarland und Thüringen).

In Hamburg wurde ein Kriterienkatalog für die Prüfung erstellt, um Verkehrsbelastungen der Bewohner durch Lang-Lkw zu vermeiden. Darin sind folgende Rahmenbedingungen enthalten:

- Das Gebiet wird rein industriell/gewerblich genutzt.
- Das Gebiet kann unmittelbar von Bundesfernstraßen beziehungsweise aus dem bestehenden Positivnetz erreicht werden, ohne durch

Straßen mit geschlossener Wohnbebauung zu fahren.

- Es darf kein nachgeordnetes Netz befahren werden, in dem Schulwege beziehungsweise Tempo-30-Zonen ausgewiesen sind.
- Es dürfen keine Kollisionen mit übergeordneten Plänen, wie z. B. der Lärmaktionsplanung, bestehen.

In Baden-Württemberg und Bremen ist der Einsatz von Lang-Lkw in verkehrsempfindlichen Bereichen nicht vorgesehen. In der Regel sind Wohngebiete bei den beantragten Routen nur selten von Lang-Lkw betroffen.

In den übrigen Bundesländern erfolgt eine Prüfung und Einzelfallentscheidung in der Regel durch die jeweils zuständigen Straßenverkehrsbehörden.

Sachsen berücksichtigt Verkehrssicherheitsaspekte durch die Prüfbeteiligung der Polizei.

Schleswig-Holstein und Thüringen haben angegeben, dass mögliche Ausweichstrecken geprüft werden.

### Frage 9 – verwendete Typen von Lang-Lkw für Prüfungen

Aus den Ergebnissen der Forschungsprojekte von LIPPOLD et al. (2013) und SÜßMANN et al. (2014) ergibt sich die Frage nach dem Lang-Lkw-Typ, der in den Schleppkurvenprüfungen und Fahrversuchen der Länder zugrunde gelegt wurde. So gibt es deutliche Unterschiede der fahrgeometrischen Eigenschaften zwischen Typ 2 bis 5 gegenüber Typ 1. Aber auch innerhalb der Typen gibt es deutliche Unterschiede in einer Fahrzeugklasse (SÜßMANN, 2014). Grundlegend sind Streckenfreigaben für alle Lang-Lkw gültig. Es gibt keine Freigabe nur für einen Typ. Das heißt das eine Strecke, die mit einem Typ 5\* geprüft wurde, auch zukünftig mit einem fahrgeometrisch schlechteren Fahrzeug von Typ 2 befahren werden darf.

Die Bundesländer konnten die Frage nicht eindeutig beantworten. Auf Nachfrage wurde mitgeteilt, dass eine pauschale Aussage nicht möglich ist. Das begründet sich darin, dass in den Ländern teils unterschiedliche Fahrzeuge (z. T. verfügbare Fahrzeuge der Antragsteller) für Fahrversuche herangezogen wurden. Deshalb gibt es in den Ländern nicht den einen Lang-Lkw-Typ der für eine Prüfung maßgebend war.

In Baden-Württemberg und Hessen werden bei der Prüfung alle Typen berücksichtigt Typ 2 – 5. Typ 1 ist auf allen Straßen freigegeben. In den anderen Ländern erfolgt eine pauschale Prüfung und ggf. Freigabe für alle Lang-Lkw.

Im Saarland erfolgt eine pauschale Prüfung mit einer modifizierten Schleppkurve des EuroCombi, diese soll die Typen 2 und 3 abdecken.

Bremen und Hamburg berücksichtigen i. d. R. die längste Fahrzeugkombination mit L = 25,25 m.

### Frage 10 – gemeldete Strecken zurücknehmen

Hier wurde gefragt, ob es zum aktuellen Zeitpunkt der Befragung Strecken im Positivnetz gibt, die das betroffene Bundesland gern wieder aus dem Positivnetz ausschließen möchte. Durch die BASt wurde dazu bereits eine ähnliche Umfrage bei den Ländern durchgeführt.

In Hessen kommt offensichtlich folgende Regelung zum Einsatz: Bestehen Zweifel, ob ein Straßenabschnitt in einer Kommune befahrbar ist, wird die Strecke in Abstimmung aller beteiligten probeweise in die nächste Änderungsverordnung aufgenommen (Einzelausnahmen für Streckenmeldungen gibt es nicht). Das heißt das die Befahrbarkeit ein halbes Jahr praktisch erprobt wird. Je nach Ergebnis wird die Strecke dann bei der nächsten Fortschreibung wieder herausgenommen. Außerdem kam es in Hessen zu nachträglichen Streichungen durch die Änderung eines Baulastträgers infolge der Abstufungen von Straßen. Die Entscheidungen treffen die Gemeinden für ihr Straßennetz in eigener Verantwortung. Das Land nimmt die kommunale Eigenverantwortung ernst und deshalb hierauf keinen Einfluss.

In Mecklenburg-Vorpommern wurden gemeldete Strecken durch geplante Umbauarbeiten von Knotenpunkten wieder aus dem Positivnetz genommen.

In Niedersachsen wurden Strecken wieder gestrichen, weil sich an den gemeldeten Strecken zu einem späteren Zeitpunkt Gewichtsbeschränkungen an Brücken bzw. Zufahrten zu Firmengeländen geändert oder Durchfahrhöhen auf H = 3,50 m reduziert hatten.

### Frage 11 – Einsatz von Software

Eine weitere Frage sollte klären, welche Software zur Fahrwegprüfung in den Ländern eingesetzt

wird. Ziel war es, die Häufigkeit von eingesetzten Schleppkurven- oder CAD-Programmen zusammenzutragen. Insgesamt 10 Bundesländer verneinten die Frage nach dem Einsatz spezieller Software bei der Streckenprüfung bzw. machten dazu keine Angaben.

In Hamburg kommt ein Entwurfsprogramm zum Einsatz, zukünftig wird der Einsatz eines speziellen Schleppkurvenprogramms erwogen.

Im Saarland wird ebenfalls ein Entwurfsprogramm eingesetzt.

In Baden-Württemberg wird bisher keine spezielle Software eingesetzt. Die Prüfungen werden vorwiegend über das Geoinformationssystem und ein Entwurfsprogramm bearbeitet.

Die in Thüringen bisher befragten Gemeinden sehen einen Einsatz von Software als nicht lohnenswert an.

### Frage 12 – länderinterner Leitfadens

Ergänzend zu Frage 4 sollte der zwölfte Punkt des Bogens nach einem Leitfadens oder Kriterienkatalog (intern oder öffentlich) für die Streckenprüfung im jeweiligen Land fragen. Bis auf Bayern, Brandenburg und Hamburg gibt es bisher in keinem Bundesland einheitliche Vorgaben zur Streckenprüfung von Lang-Lkw. Auf die Vorgehensweisen und Kriterien der o. g. Länder wurde bereits in den Fragen 2 bis 4 und 8 eingegangen.

### Frage 13 – Inhalt eines Leitfadens

In einer Stellungnahme sollten die Bundesländer die aus ihrer Sicht maßgebenden Inhalte eines Handlungsleitfadens nennen. Die Mehrheit der befragten Bundesländer spricht sich für einen – bundeseinheitlichen – Handlungsleitfadens aus. Zwei Bundesländer sehen keinen Bedarf. Als Begründung wird die erprobte Routine analog der Streckenprüfungen für Groß- und Schwerlasttransporte angegeben. Außerdem gibt es in den betreffenden Ländern eigene Kriterien zur Streckenprüfung der Lang-Lkw. Von zwei weiteren Bundesländern gab es keine eindeutige Stellungnahme. Der Grund sind unterschiedliche Meinungen in den Straßenverkehrsbehörden zu einem einheitlichen Handlungsleitfadens.

Von vielen Bundesländern wurden Hinweise für Regelungen/Kriterien gegeben, die in einem Leitfadens

enthalten sein sollten. Die Antworten werden als maßgebende Inhalte im Handlungsleitfadens (eigenständiges Dokument) berücksichtigt. Diese werden im Folgenden zusammengefasst:

- spezifische Prüfpunkte bei Lang-Lkw (im Vergleich zum konventionellen Lkw, z. B. Tragfähigkeit der Fahrbahn (sanierungsbedürftige Abschnitte und Ingenieurbauwerke) Lichtraumprofile und Straßenausstattung sowie Fahrbahnrande und Überkopfbeschilderungen),
- Prüfung der letzten Meile, auch die Ein- und Ausfahrt am Start- bzw. Zielort (Toreinfahrt und Platzbedarf bei der Einfahrt in den öffentlichen Bereich),
- Bemessungsfahrzeug für jeden Typ mit dazugehörigen Schleppkurven (für CAD-Anwendung und als Schablonen),
- allgemeine, eindeutige Bewertungs- und Ausschlusskriterien für die Streckenprüfung,
- Umgang mit länderübergreifenden Streckenprüfungen (innerdeutsch),
- einheitliches Antragsverfahren zur Prüfung/Aufnahme neuer Strecken, klare Beschreibung der Verfahrensabläufe,
- Regelungen (Checkliste für Antragsteller und eigener Leitfadens) wie in Brandenburg,
- Umgang mit innerstädtischen Bereichen und Ortsdurchfahrten,
- Behandlung von Strecken im Zuge höhengleicher Bahnübergänge,
- Umgang mit Baustellen,
- Umgang mit bestehenden unfallauffälligen Bereichen (Unfallschwerpunkten/Unfallhäufungsstellen),
- Aufnahme von Prüfkriterien für die Bewertung von Verkehrsanlagen und das Kurvenlaufverhalten (plangleiche Knotenpunkte, Nothaltebuchten oder Rastanlagen),
- Qualitätsanforderungen an die durch die Speditionen vorgelegten Streckenvorschläge (genauer Streckenverlauf mit Start- und Zieladresse sowie der konkreten Darstellung in einer Karte je Fahrtstrecke, insbesondere in der Nähe des Start- und Zielortes),

- Benennung der Ansprechpartner bei Bund und Land,
- Bereitstellung von Formblättern für die Antragstellung,
- Kriterien zur Herausnahme von Strecken aus dem Positivnetz,
- Behandlung von straßenverkehrsrechtlichen, straßenbautechnischen und verkehrssicherheitsrelevanten Sachverhalten.

Mehrfachnennungen traten insbesondere bei der Bereitstellung von Bemessungsfahrzeugen und Schleppkurven sowie bei Bewertungskriterien für die Streckenprüfung auf.

#### Frage 14 – Anmerkungen und Anregungen

Schlussendlich wurden die Bundesländer um weitere Anmerkungen und Anregungen gebeten.

- Die Länder wünschen einen bundesweiten Erfahrungsaustausch nach einem Jahr Regelbetrieb.
- Die Lang-Lkw sollen in der StVO bzw. in VwV-StVO verankert werden.
- Fristen und Termine der Fortschreibung sollten durch den Bund besser kommuniziert werden (auf Seiten der Spediteure bestehen Unklarheiten zum Status ihrer gemeldeten Strecken).
- Durch Antragsteller wird zumeist die Flexibilität (Streckenaktualisierung durch Änderungsverordnung) in Frage gestellt. Auch für eine mögliche Streckenherausnahme ist dies wichtig.
- Eine Überführung des Lang-Lkw in das Verfahren nach § 29 Absatz 3 StVO (VEMAGS) erscheint vor dem Hintergrund der Beibehaltung des Grundsatzes der Unteilbarkeit der Ladung nicht zweckmäßig.
- Teilweise bestehen noch Unsicherheiten bzgl. des Kurvenlaufverhaltens von Lang-Lkw (und damit Relevanz für Streckenprüfung) bei einigen beteiligten Verwaltungen.
- Falls systembedingte Unterschiede im Kurvenlaufverhalten erkannt werden, sollte eine ergänzende Klärung in der Lang-Lkw-Verordnung eingefügt werden. Gegebenenfalls muss auf eine typbezogene Prüfung hingewiesen oder der Be-

zug schlechtesten Lang-Lkw verdeutlicht werden.

- Eine Vorprüfung der Strecke sollte zentral erfolgen. In den Kommunen, in denen die „letzte Meile“ liegt, ist oft kein speziell geschultes Personal vorhanden.

Bundesautobahnen erscheinen nach der abgeschlossenen BAST-Untersuchung für den Einsatz von Lang-Lkw in besonderem Maße geeignet, sodass hierfür eine generelle Freigabe in Erwägung gezogen werden sollte und weitergehende Festlegungen für grundsätzlich obsolet erachtet werden

### 5.3 Auswertung der Speditionsbefragung

Die Auswertung der befragten Speditionen hat ergeben, dass bisher äußerst unterschiedliche Erfahrungen bei den Streckenprüfungen gesammelt wurden. Drei Speditionen schildern generell positive, die restlichen Befragten jedoch negative Erfahrungen. Nachstehend sind allgemeine Probleme/Kritikpunkte der Befragten Speditionen bei der Beantragung von Strecken aufgelistet:

- lange Zeitspanne zwischen Genehmigung und tatsächlicher Eintragung in das Positivnetz,
- Probleme bei der Kommunikation (Ansprechpartner),
- kein einheitliches Antragsverfahren in den Bundesländern,
- umfangreicher Schriftverkehr, da für jeden Streckenabschnitt ein separater Antrag gestellt werden muss (Zuständigkeiten).

Aus Sicht der Unternehmen sollten die folgenden Punkte in einem Handlungsleitfaden enthalten sein und bei der Bearbeitung der Anträge Beachtung finden:

- Einheitliches Verfahren in allen Bundesländern mit klaren Zuständigkeiten,
- Informationen zur Antragstellung,
- Ansprechpartner in den obersten Verwaltungen der Bundesländern,
- Befahren von Verkehrsanlagen (Kreisverkehre, BO-Kraftkreis).

Ein Unternehmen schlägt eine zentrale Anlaufstelle (wie beim Feldversuch) vor. Weitere Anregungen/Vorschläge wurden hinsichtlich eines automatisierten Updates des Prüfstatus gegeben; denkbar wäre auch eine EDV-Lösung, damit ersichtlich ist, ob sich eine Strecke bereits in der Prüfung befindet oder um Strecken zu melden.

## 5.4 Empfehlungen für den Leitfaden

Für den Leitfaden werden aus den Befragungen die nachstehenden Punkte abgeleitet. Sie berücksichtigen die Anregungen und Forderungen der Verwaltungen und Speditionen.

Im Handlungsleitfaden ist die Abgrenzung des Dokumentes zu beschreiben. So ist der Leitfaden ein Hinweispapier und hat keine rechtliche Wirkung.

Im Handlungsleitfaden sollten die Anschriften der wichtigsten Verwaltungen in den Ländern zusammengefasst werden.

Im Leitfaden sollten Hinweise auf die gültige Änderungsverordnung (LKWÜberStVAusnV), die Typen der Lang-Lkw und die maßgebenden Forschungsbeiträge aus dem Feldversuch gegeben sein. Die Hinweise auf die abgeschlossenen Forschungsbeiträge sollen nur eine Aufzählung der Berichte umfassen.

Für eine gute Datengrundlage (aus Sicht der Verwaltungen) zu Beginn einer Streckenprüfung sollte der Leitfaden Empfehlungen für Anlagen umfassen (sind vom Antragsteller zu erbringen). In den Anhängen sollten die folgenden Punkte enthalten sein:

- Angaben des Antragstellers (Firma, Anschrift, Ansprechpartner mit Kontaktdaten),
- genaue Beschreibung der Fahrtstrecke (Straßenbezeichnungen, Anschlussstellen, Torzufahrt, Start und Ziel),
- Karte mit der geplanten Streckenführung,
- Schleppkurvennachweise,
- Stellungnahmen von betroffenen Kreisen, Gemeinden, Städten oder einem Bahnstreckenbetreiber.

Ein wichtiger Punkt ist die Kommunikation zwischen Antragsteller und Verwaltung. In diesem Zusammenhang wird empfohlen, dass die Verwaltungen

dem Antragsteller ein Portal zur Antragstellung, zum Sachstand und der Entscheidung anbieten. Über eine solche Plattform können Unterlagen zu Schleppkurvennachweisen, Stellungnahmen von Gemeinden ausgetauscht werden. Nach Abschluss einer Prüfung kann der Antragsteller das Ergebnis der Prüfung einsehen und gegebenenfalls Nachfragen stellen.

Im Leitfaden sollten Punkte, die zum Ausschluss einer Route oder einer besonderen Prüfung führen, aufgelistet sein. Dazu können folgende Punkte gehören:

- enge Bebauung in Ortsdurchfahrten,
- verkehrsempfindliche Bereiche,
- hoher Rad-/Fußgängerverkehr,
- Unfallschwerpunkte.

In diesen Fällen sollte die Möglichkeit einer Ausweichstrecke in Betracht gezogen werden. Zudem sollten auch auf konventionelle Lkw zutreffende Beschränkungen (bspw. Durchfahrtshöhen oder Lastbeschränkungen) bei der Prüfung beachtet werden.

Im Leitfaden sollte eine Auswahl von Verkehrsanlagen aufgelistet sein, bei denen die Befahrbarkeit mit den Bemessungsfahrzeugen geprüft wurde.

Die Auflistung sollte folgende Verkehrsanlagen im Zuge von Autobahnen umfassen

- Straßentunnel (Nothaltebuchten),
- Tank- und Rastanlagen,
- Anschlussstellen und
- Rampen mit Radien  $R < 80,0$  m.

Im Zuge von Landstraßen sollte die Befahrbarkeit von plangleichen Knotenpunkten (Kreuzungen, Einmündungen, Kreisverkehre) und von Bahnübergängen beschrieben werden.

Für innerstädtische Bereiche der „letzten Meile“ sind Aussagen zur Befahrbarkeit von plangleichen Knotenpunkten und von Versätzen gewünscht.

In diesem Zusammenhang sollten Angaben zu den Bemessungsfahrzeugen zur Verfügung gestellt werden (Angabe von Standardschleppkurvenschablonen). In einigen Ländern kommt Straßenentwurfsoftware (CARD1 oder VESTRA) zum Einsatz. Die Bemessungsfahrzeuge sollten mit dieser

Software fahrgeometrisch richtig simuliert werden können.

Eine häufige Praxis sind Fahrversuche, die die Befahrbarkeit einer Verkehrsanlage nachweisen. Für solche Fahrversuche sollen im Leitfaden Mindestanforderungen an das verwendete Fahrzeug gestellt werden.

Im Ergebnis einer Schleppkurvenprüfung ist zu entscheiden, wie überstrichene und überfahrene Seitenräume bewertet werden sollen. Im Leitfaden sollen dazu Anregungen zur Interpretation enthalten sein.

## 6 Prüfung maßgebender Verkehrsanlagen mit Simulationen

### 6.1 Zielstellung und Vorgehensweise

In diesem Teil wird die Befahrbarkeit ausgewählter Verkehrsanlagen mit den Bemessungsfahrzeugen überprüft. Die exemplarischen Simulationen geben darüber Aufschluss, welche Verkehrsanlagen mit einem Lang-Lkw problemlos befahren werden können.

Die Zusammenstellung der ausgewählten Verkehrsanlagen hängt von den Erfahrungen aus den Teilprojekten des Feldversuches und den Rückmeldungen der Bundesländer ab.

Für die fahrgeometrischen Untersuchungen wird eine Auswahl von Verkehrsanlagen getroffen, die maßgebende Entwurfparameter haben. Die ausgewählten Verkehrsanlagen werden mit dem Bemessungsfahrzeug für Typ 1 und die Lang-Lkw bis  $L = 25,25$  m (Bemessungsfahrzeug Typ 2) geprüft. Vergleichend wird ein Sattelkraftfahrzeug den Lang-Lkw gegenübergestellt. Durch den Vergleich können die Ergebnisse in relativem Bezug zu einem normalen Lkw bewertet werden.

Ein Beispiel für die Notwendigkeit eines relativen Vergleiches sind: Innerortsknotenpunkte. Nach den RASt ist die Nutzung des Gegenfahrstreifens unter bestimmten Verkehrsstärken und der auftretenden Häufigkeit zulässig (FGSV, 2006b). Wird bei einer Knotenpunktprüfung der Gegenfahrstreifen durch den Lang-Lkw mitbenutzt und das auch, zwar im reduzierten Maße, durch das Sattelkraftfahrzeug, dann muss in beiden Fällen der Gegenverkehr kurz-

zeitig den Lkw passieren lassen. Die Befahrbarkeit ist in einem solchen Fall aus fahrgeometrischer Sicht nicht zwangsläufig auszuschließen.

### Auswertung und Bewertung

Nach den geltenden Regelwerken (FGSV, 2005; FGSV, 2012) sollen um Schleppkurven Toleranzbereiche von bis zu 0,50 m berücksichtigt werden. Bei eingeschränkten Bewegungsspielräumen können die seitlichen Toleranzen auf 0,25 m reduziert werden (FGSV, 2001). In den durchgeführten Simulationen werden die vorhandenen Bewegungsspielräume zumeist vollständig ausgenutzt, es verbleiben kaum Toleranzbereiche. Die jeweils gewählten Fahrlinien stellen Idealfälle dar, geringe Abweichungen von den Fahrlinien bewirken ein stärkeres Mitnutzen von Randbereichen oder angrenzenden Fahrstreifen.

Die Gewährleistung der Toleranzbereiche für Lang-Lkw hätte (auch bei Neuplanungen) größere Entwurfparameter der Verkehrsanlagen zur Folge. Grundsätzlich ist das Überfahren oder Überstreichen von Fahrbahnmarkierungen und Randstreifen unkritisch zu bewerten, da es sich hierbei um asphaltierte, befestigte Flächen handelt. Nach den RAL (FGSV, 2012) wird für Eckausrundungen zudem das kurzzeitige Ausschwenken auf den Linksabbiegestreifen von rechtseinbiegenden Fahrzeugen des Schwerverkehrs in Kauf genommen. Das Ausschwenken des Fahrzeuges über den Fahrbahnteiler oder die Dreiecksinsel ist kritisch zu bewerten, da sich hier Personen oder Einbauten befinden können. Ebenso kritisch ist der Fall zu bewerten, wenn die Schleppkurve das Bankett touchiert bzw. über den Randstreifen hinausreicht. Diese kritischen Fälle können zur Gefährdung anderer Verkehrsteilnehmer oder der Beschädigung von Fahrbahnteilern oder Eckausrundungen führen.

Die Auswertung und Bewertung erfolgen anhand einer Einteilung in drei Kriterien:

- Uneingeschränkte Befahrbarkeit,
- eingeschränkte Befahrbarkeit sowie
- keine Befahrbarkeit.

Maßgebend für diese Einteilung sind sämtliche Fahrvorgänge, die zu Schäden an der Infrastruktur führen können, wie die Überfahrung von Randstreifen, Borden oder Banketten.

Es wird folgende Einteilung getroffen:

- ■ Überstreichung oder Überfahung von Randstreifen (bzw. Banketten) oder Borden, Abstand zu Fahrbahnteilern/Dreiecksinseln  $\geq 0,25$  m.
- ■ Eingeschränkte Befahrbarkeit: Überstreichung oder Überfahung von Randstreifen, Abstand zu Fahrbahnteilern/Dreiecksinseln  $\leq 0,25$  m.
- ■ \* Einzelprüfung erforderlich: Überstreichung oder Überfahung von Flächen außerhalb des Randstreifens (Borde, Fahrbahnteiler oder Bankette), Überstreichen von mehr als  $0,25$  m benachbarter Fahrstreifen.

\* Ist eine Verkehrsanlage durch die Bemessungsfahrzeuge nur eingeschränkt befahrbar, so muss der Lang-Lkw Flächen außerhalb der Fahrbahn (Fahrstreifen plus vorhandenen Randstreifen) überfahren oder überstreichen. Die Mitnutzung von Gegenfahrstreifen oder das Überstreichen von Fahrbahnteilern hängt vor allem von deren Lage (innerorts oder außerorts) ab. Innerorts können, gegenüber einer Verkehrsanlage außerorts, beim Überstreichen Personen auf den Wartebereichen gefährdet werden. Inwieweit die Überstreichung von z. B.  $0,1$  m,  $0,2$  m oder gar  $0,5$  m akzeptiert wird, ist durch die Baulastträger im konkreten Einzelfall festzulegen.

Ist eine geprüfte Fahrbeziehung nur eingeschränkt befahrbar, können Aufpflasterungen im Seitenraum den verfügbaren Bewegungsspielraum erweitern und die Befahrbarkeit mit einem Lang-Lkw zulassen.

## 6.2 Auswahl maßgebender Verkehrsanlagen

### 6.2.1 Autobahnen

Autobahnen wurden im Teilprojekt „Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw“ (LIPPOLD/SCHEMMEL, 2013) bereits umfassend untersucht.

Zur maßgebenden Infrastruktur gehören Knotenpunkte und Anschlussstellen an Autobahnen. Sie bestehen aus Rampen, Verflechtungsbereichen und plangleichen Teilknotenpunkten. Die Anschlussstellen von Autobahnen mit dem nachgeordneten Netz werden häufig mit plangleichen Knoten-

punkten nach den Richtlinien für Landstraßen geplant. Deshalb sind plangleiche Knotenpunkte in Kapitel 6.2.2 aufgeführt.

Verflechtungsbereiche von planfreien Knotenpunkten sind für die Befahrbarkeit unproblematisch.

Rampen sind für die Lang-Lkw ebenfalls befahrbar, solange die volle Querschnittsbreite verfügbar ist (LIPPOLD/SCHEMMEL, 2013). Es werden Rampen mit den Radien von  $30$  m,  $50$  m,  $80$  m und  $125$  m untersucht. Dabei wird auf den Rampenquerschnitten Q1 und Q2 (nach RAA) sowie RRQ2 (nach RAL) die Befahrbarkeit simuliert. Der Rampenquerschnitt RRQ1 (nach RAL) und der Querschnitt Q1 (nach RAA) haben die gleichen Entwurfparameter. Von einer Untersuchung der übrigen Querschnitte (Q3 und Q4 nach RAA) wird durch die gleichen Abmessungen der Fahrstreifen  $B = 3,50$  m je Fahrstreifen abgesehen. Für den Fall einer Einnengung durch havarierte Fahrzeuge oder Arbeiten des Betriebsdienstes ist die Befahrbarkeit mit Lang-Lkw zu überprüfen. Dazu werden in den oben genannten Querschnitten die Restbreiten in Abhängigkeit der vorhandenen Schleppkurvenbreite aufgelistet.

Eine weiterer maßgebender Schwerpunkt sind Nothaltebuchten in Tunneln und an der freien Strecke. Untersucht werden:

- NHB1 und NHB2 für die freie Strecke (nach den RAL) und
- NHB3 nach RABT für Straßentunnel.

Die Nothaltebucht NHB1 nach Tabelle 6 ist mit ihren Entwurfparametern vergleichbar mit einer Nothaltebucht nach den RAA. Die Parameter der zu untersuchenden Nothaltebuchten sind in Tabelle 6 enthalten. Der Randstreifen in den Nothaltebuchten NHB1 und NHB2 ist  $0,75$  m breit. Der Randstreifen kann nach den Regelwerken auch  $0,5$  m breit sein. Der Fahrstreifen im Tunnel (NHB3) ist durch eine  $0,25$  m breite Fahrbahnmarkierung und den  $1,0$  m breiten Notgehweg begrenzt.

Angaben	Maße	Nothaltebucht		
		NHB1	NHB2	NHB3
Gesamtlänge	m	84,0	112,0	47,5
Breite	m	3,0	3,0	2,5
Verziehung Anfang	m	12,0	36,0	2,5
Verziehung Ende	m	12,0	36,0	7,5

Tab. 6: Parameterauswahl für Nothaltebuchten

### 6.2.2 Landstraßen

#### Plangleiche Knotenpunkte

Für die Untersuchung der Ein- und Abbiegevorgänge an plangleichen Knotenpunkten werden drei Einmündungen mit verschiedenen Rechtsabbiege- und Zufahrtstypen nach den Vorgaben der RAL gewählt (Tabelle 7). Jeder Knotenpunkt wird mit verschiedenen Kreuzungswinkeln  $\alpha$  der Achsen untersucht (75, 80, 100, 120 und 125 gon). Bei den Kreuzungswinkeln 75 gon und 125 gon wird die Achse der untergeordneten Zufahrt abgekröpft, sodass diese rechtwinklig auf die übergeordnete Straße trifft. In allen drei Einmündungen beträgt die Breite des Linksabbiegestreifens  $B = 3,25$  m, die Randstreifen sind  $B = 0,5$  m breit. Die Eckausrundungen werden stets als dreiteilige Kreisbogenfolge mit einem Hauptbogenradius von  $R_H = 12,0$  m ausgeführt.

Einmündung 1 (Bild 40) ist mit einer Dreiecksinsel und einem großen Tropfen ausgestattet (Rechtsabbiegetyp RA 1). Der parallel zur übergeordneten Fahrbahn geführte Rechtsabbiegestreifen ist  $B = 3,25$  m breit. Die Eckausrundung ist mit einem einfachen Kreisbogen  $R_H = 25,0$  m ausgeführt. In der untergeordneten Knotenpunktzufahrt sind zwei  $B = 3,25$  m breite Fahrstreifen für Linkseinbieger und Rechtseinbieger angeordnet (Zufahrtstyp KE 1).

Elemente	Einmündung		
	E1	E2	E3
Rechtsabbiegetyp	RA 1	RA 2	RA 3
Zufahrtstyp	KE 1	KE 2	KE 3
Dreiecksinsel	ja	nein	ja
Tropfen	groß	klein	groß

Tab. 7: Parameter der zu untersuchenden Einmündungen

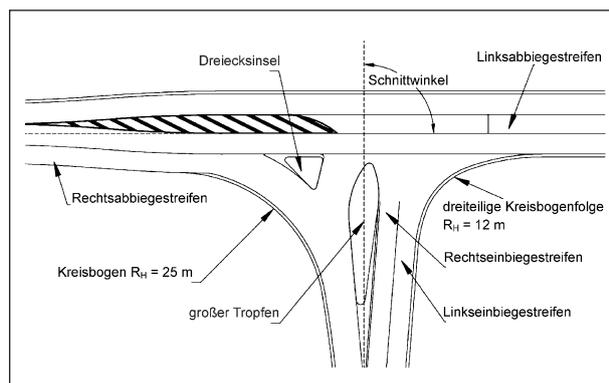


Bild 40: Elemente Einmündung 1

Bei Einmündung 2 (Bild 41) ist der Rechtsabbiegetyp RA 2 angeordnet, die Ausführung der Eckausrundung erfolgt mit einer dreiteiligen Kreisbogenfolge ( $R_H = 15,0$  m) und einem kleinen Tropfen. Bedingt durch den Zufahrtstyp KE 2 ist der Aufstellbereich in der Zufahrt einstreifig.

In Einmündung 3 (Bild 42) sind der Rechtsabbiegetyp RA 3 und der Zufahrtstyp KE 3 angeordnet. Die Rechtsabbieger werden über einen Ausfahrkeil geführt, die Eckausrundung erfolgt mit einem Kreisbogen  $R_H = 25,0$  m, einer Dreiecksinsel und einem großen Tropfen. Der Aufstellbereich in der Zufahrt ist einstreifig.

#### Kreisverkehre

Untersucht werden fünf Kreisverkehre mit unterschiedlichen Durchmessern, Kreisringbreiten und Bypässen. Folgende Kennwerte wurden auf Grundlage des „Merkblatts für die Anlage von Kreisverkehren“ (FGSV, 2006a) und den RAL (FGSV, 2012) festgelegt und treffen auf alle gewählten Kreisverkehre zu:

- Breite der Zufahrt  $B_Z = 3,50$  m (einstreifig) bzw.  $B_Z = 6,50$  m (zweistreifig),

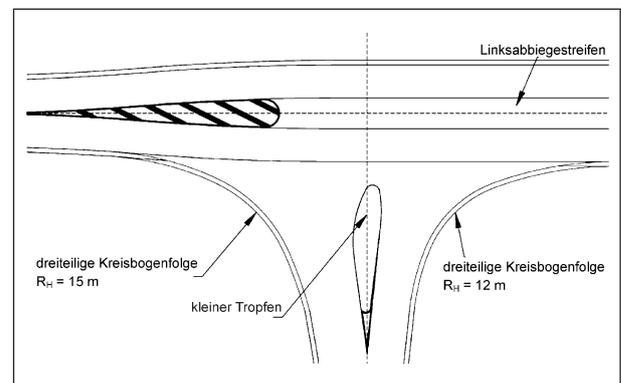


Bild 41: Elemente Einmündung 2

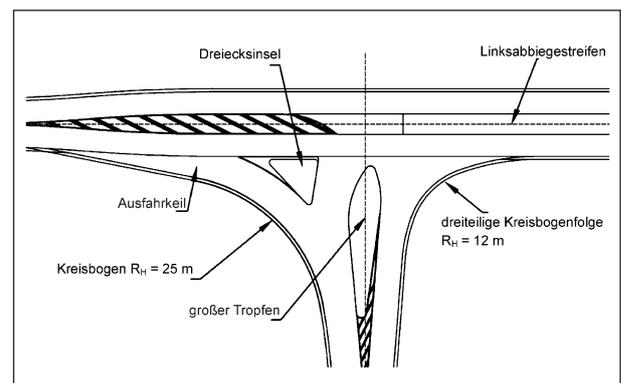


Bild 42: Elemente der Einmündung 3

- Breite Randstreifen  $B_{RS} = 0,5 \text{ m}$ ,
- Fahrstreifenbreite Bypass  $B_{By} = 4,5 \text{ m}$ ,
- Fahrbahnteiler
  - Länge  $l = 11,25 \text{ m}$ ,
  - Breite Randstreifen  $B_{RS} = 0,25 \text{ m}$ .

Die gewählten Außendurchmesser, Fahrbahnbreiten und Bypassradien (siehe Tabelle 8) entsprechen den Vorgaben der oben genannten Regelwerke. In Bild 43 ist beispielhaft Kreisverkehr 1 mit den festgelegten Parametern dargestellt.

Der Bypass wurde nur am kleinsten Kreisverkehr überprüft. Bei einer uneingeschränkten Befahrbarkeit ist eine Überprüfung der größeren Bypässe nicht maßgebend.

\*KV<sub>a</sub> 4 und \*KV<sub>a</sub> 5 sind Kreisverkehre mit zweistreifigen Kreisfahrbahnen.

Entwurfsmerkmale	Kreisverkehre Angaben in [m]				
	Kv <sub>a</sub> 1	Kv <sub>a</sub> 2	Kv <sub>a</sub> 3	*Kv <sub>a</sub> 4	*Kv <sub>a</sub> 5
Durchmesser	30	35	50	45	60
Breite Kreisfahrbahn	9,0	7,0	6,5	8,0	8,0
Breite Zufahrt	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Breite Ausfahrt	3,75	3,75	3,75	3,75	3,75
Radius Zufahrt	14	14	14	14	14
Radius Ausfahrt	16	16	16	16	16

Tab. 8: Entwurfsparameter der untersuchten Kreisverkehre

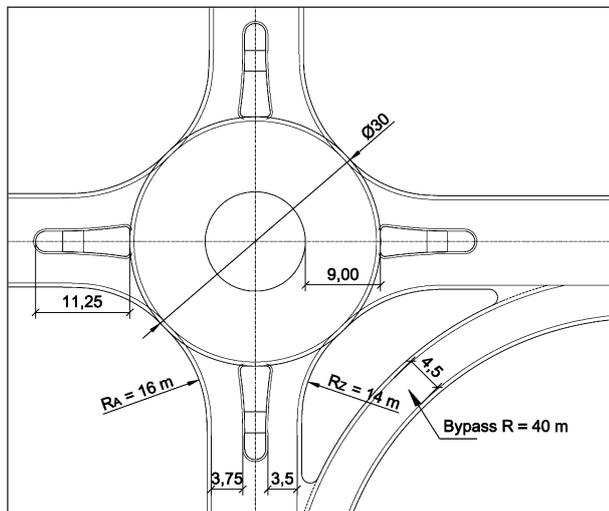


Bild 43: Entwurfsmerkmale am Beispiel von Kreisverkehr 1

### 6.2.3 Stadtstraßen

Für die Untersuchung der Befahrbarkeit wurden maßgebende Verkehrsanlagen aus den „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“ (FGSV, 2006B) ausgewählt.

#### Versätze in Ortseinfahrten

Die Verschwenkungen unterteilen sich in zwei Bereiche. Zum einen werden Verschwenkungen im Bereich von Ortseinfahrten untersucht. Hierfür werden die drei möglichen Grundformen mit beidseitigen Versätzen (Bild 44) betrachtet. Die einseitig versetzte Grundform mit einem zweiteiligen Oval wird nicht weiter betrachtet, da keine fahrgeometrischen Unterschiede zu einem beidseitig versetzten Oval vorhanden sind.

Weiterhin werden Versätze mit unterschiedlichen Versatzlängen und Versatztiefen untersucht. Die Festlegungen beruhen auf den Annahmen, dass ein Lang-Lkw bei einer Ortsdurchfahrt im Zuge einer Hauptverkehrsstraße einen Fahrstreifenversatz vorfinden kann. Solche Versätze kommen bei Ortsdurchfahrten durch Fahrbahnteiler oder Engstellen vor. Die Auswahl ist in Tabelle 9 zusammengestellt. Die Werte ergeben sich aus dem Diagramm (Bild 45) für fahrdynamische Versätze nach den RAS (FGSV, 2006B). Um die kritischsten Fälle abzubilden, werden nur geringe Fahrbahnbreiten gewählt. Die Versatztiefen entsprechend der jeweiligen Fahrstreifenbreite sowie einem Wert unterhalb und oberhalb der gewählten Versatztiefe.

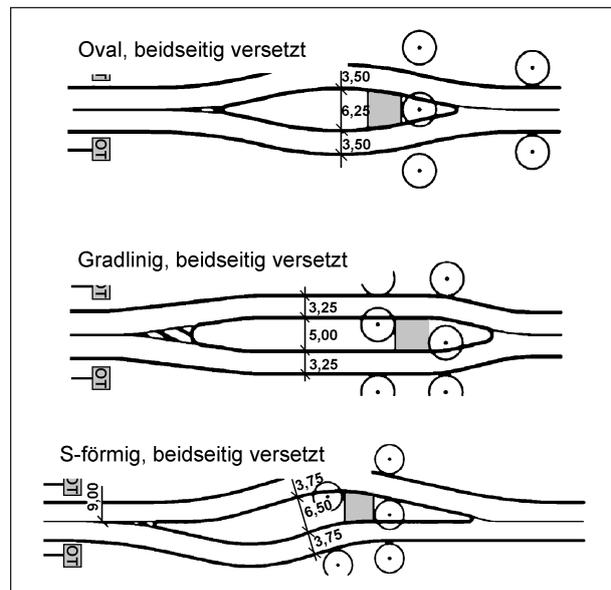


Bild 44: Grundformen von Mittelinseln bei Ortseingängen (FGSV, 2006B)

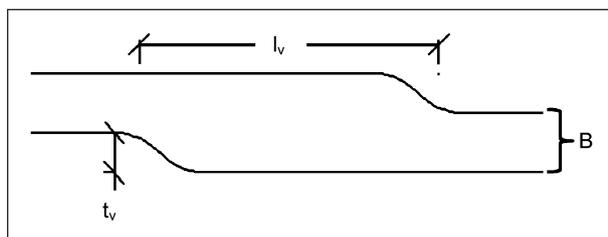


Bild 45: Versatzkennwerte in Abhängigkeit von der Versattiefe  $t_v$  und Versatzlänge  $l_v$

Fahrbahnbreiten B in [m]	Versattiefe $t_v$ [m]	Versatzlänge $l_v$ [m]
3,0	2,0	15,0
	3,0	18,8
	4,5	22,5
3,5	2,5	13,1
	3,5	16,9
	5,0	20,3
4,0	3,0	10,0
	4,0	15,0
	5,5	18,8

Tab. 9: Annahmen für geprüfte Versätze in Anlehnung an Bild 45

## Knotenpunkte

Wie bei den Landstraßen sind auch bei Stadtstraßen die Knotenpunkte maßgebende Herausforderungen für Lang-Lkw. Auf der „letzten Meile“ müssen Lang-Lkw Knotenpunkte in Form von Einmündungen, Kreuzungen und Kreisverkehren befahren.

## Plangleiche Knotenpunkte

Für die Knotenpunkte werden nur Ein- und Abbiegevorgänge überprüft. Die Ergebnisse von Ein- und Abbiegevorgängen können auf die Teilbereiche bei anderen Knotenpunktformen (z. B. teilplangleiche Knotenpunkte) mit gleichen oder größeren Entwurfsparametern übertragen werden.

Die Befahrbarkeit eines Knotenpunktes muss nach den RASt durch das größte nach der StVZO zulässige Fahrzeug mit niedriger Geschwindigkeit und eventuell unter Mitnutzung von Gegenfahrstreifen möglich sein. Für innerstädtische Knotenpunkte wird deshalb auch die Befahrbarkeit von Knotenpunkten unter Mitnutzung der Gegenfahrstreifens untersucht.

Randstreifen sind in den RASt nicht vorgesehen und werden somit nicht betrachtet. Überfährt oder

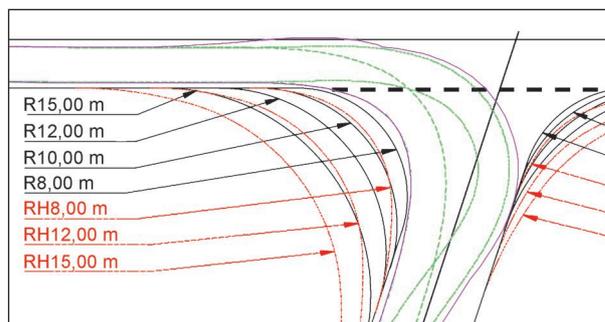


Bild 46: Schlepplurve eines übersteuerten Einbiegevorganges

Kreuzungswinkel der Achsen in [gon]	Hauptbogenradius in [m]	
	Rechtseinbieger	Rechtsabbieger
80	Kreisbögen 8,0 bis 15,0	Kreisbögen 8,0 bis 15,0
100		
120		
80	Korbbögen RH 8,0 bis 15,0	Korbbögen RH 8,0 bis 15,0
100		
120		

Tab. 10: Entwurfsparameter der geprüften Knotenpunkte

überstreicht ein Fahrzeug die Begrenzungslinien der Fahrstreifen, so entspricht das dem Überfahren oder Überstreichen von Borden.

Für die Gestaltung von Knotenpunkten in innerstädtischen Gebieten ist eine Vielzahl an Variationen möglich. In Anlehnung an die Arbeit von GLAESER sollen deshalb für plangleiche Knotenpunkte die Abbiege- und Einbiegevorgänge mit einer Radienfolge dargestellt werden (vgl. Bild 46). Dadurch ist es möglich, die notwendigen Radien ohne überfahren der Fahrbahnräder abzulesen.

Um den Einfluss der Kreuzungswinkel der Fahrbahnachsen zu berücksichtigen, werden Knotenpunkte mit einem Winkel von 80, 100 und 120 gon untersucht. Zudem werden bei allen Knotenpunkten die Eckausrundungen als Korbbögen und als einfache Kreisbögen gestaltet. Bei den Korbbögen wird in den Zeichnungen nur das Maß für den Hauptbogen RH abgedruckt. Das Verhältnis der Bogenfolge ist  $R_1 : R_2 : R_3 = 2 : 1 : 3$ . So kann mit einer simulierten Schlepplurve die Befahrbarkeit für verschiedene Eckausrundungen in einer Grafik abgelesen werden.

Als Fahrstreifenbreite wird eine Breite von 3,25 m bzw. 3,50 m angenommen. Die Radien der Eckausrundungen entsprechen den Angaben aus Tabelle 10.

Entwurfsmerkmale	Kreisverkehre Angaben in [m]				
	Kv <sub>i</sub> 1	Kv <sub>i</sub> 2	Kv <sub>i</sub> 3	Kv <sub>i</sub> 4	Kv <sub>i</sub> 5
Durchmesser	22	26	30	35	40
Breite Kreisfahrbahn	6,0	9,0	8,0	7,0	6,5
Breite Zufahrt	3,75	a = 3,25/b = 3,75			
Breite Ausfahrt	4,0	a = 3,75/b = 4,0			
Radius Zufahrt	10	a = 10/b = 14			
Radius Ausfahrt	10	a = 12/b = 16			

Tab. 11: Entwurfsmerkmale von Kreisverkehren in bebauten Gebieten

### Kreisverkehre

Für Kreisverkehre gibt es zwei maßgebende Typen:

- Minikreisverkehr (1),
- Kleiner Kreisverkehr (2 bis 5).

Die Abmessungen der untersuchten Kreisverkehre sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Kreisverkehr 1 dient der Untersuchung des kleinsten für einen Lang-Lkw anzutreffenden Kreisverkehr. Kleinere Durchmesser als 22 m sind für Lang-Lkw nicht maßgebend, weil solche Kreisverkehre nicht im bevorzugten Streckennetz liegen. Für die Kreisverkehre 2 bis 5 werden immer zwei Ausführungen (Indizes = a oder b) der Fahrstreifenbreiten und Ausrundungsradien untersucht. Die alternativen Entwurfsparameter sind in Tabelle 11 durch ein „/“ voneinander getrennt.

#### 6.2.4 Durchführung der Simulationen

Jede Verkehrsanlage wird mit den Bemessungsfahrzeugen und einem Standardsattelzug als Referenzfahrzeug befahren. Mit der Simulation werden die überstrichenen Flächen berechnet und dargestellt. Für die beschriebenen Verkehrsanlagen werden folgende Simulationen durchgeführt:

- Rampen mit Querschnittseinengungen: Befahren von einem Halbkreis,
- Nothaltebuchten: Einfahren, Halten und Ausfahren,
- Einmündungen: Ein- und Abbiegevorgänge nach den RAL

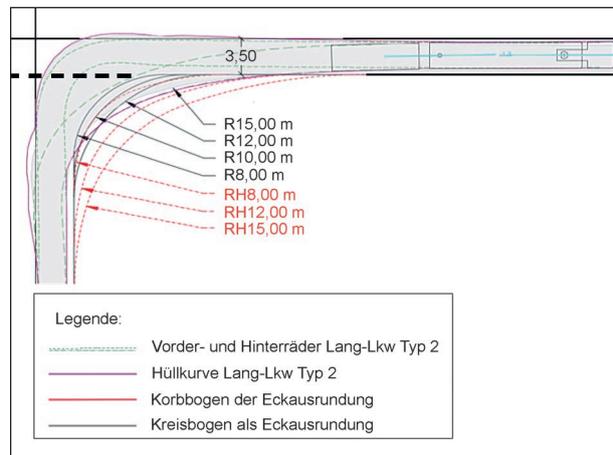


Bild 47: Einbiegevorgang eines Typ 2 mit hinterlegtem Referenzfahrzeug

- Rechtsabbiegen (RA),
- Rechtseinbiegen (RE),
- Linksabbiegen (LA),
- Linkseinbiegen (LE).

In der fahrgeometrischen Überprüfung von innerstädtischen Einmündungen werden Rechtseinbiege- und Rechtsabbiegevorgänge untersucht. Außerdem werden die Fahrstreifenbreiten und die Radien der Eckausrundungen variiert (Bild 47).

- Kreisverkehrsplätze: 100 gon, 200 gon und 300 gon Kreisfahrt und Befahren des Bypasses (nur bei Landstraßen),
- Kreisverkehre (innerorts): indirektes Abbiegen (500 gon).

Für den Vergleich zwischen Lang-Lkw und Referenzfahrzeug ist die Schleppkurve eines Standardsattelfahrzeuges als graue Fläche hinterlegt. Das Sattelkraftfahrzeug wird zur besseren Gegenüberstellung mit der gleichen Fahrlinie wie der jeweilige Lang-Lkw simuliert. Maßgebende Unterschiede zwischen konventionellen Lkw und Lang-Lkw sind dadurch besser erkennbar.

Für die Simulationen wird Fahrweise 1 ausgewählt. Dadurch kann eine konstante Fahrt über die Verkehrsanlage abgebildet werden. Auf den Knotenpunkten werden Ein- und Abbiegevorgänge ohne das Überfahren von benachbarten Fahrstreifen berechnet (Bild 47). Dadurch zeigt sich auf der Schleppkurveninnenseite der notwendige Platzbedarf der Fahrzeuge. Für Knotenpunkte an angebauten Straßen werden übersteuerte Ein- und Abbiegevorgänge berechnet. Bei einer übersteuerten Fahrt

benutzt der Lkw den Gegenfahrstreifen der Zielstraße für seinen Fahrvorgang.

Die Simulationen werden mit Geschwindigkeiten von unter 10 km/h berechnet. Dadurch treten fahrdynamische Einflüsse (Fliehkräfte) nicht in Erscheinung und verringern nicht die Schleppkurvenbreite (siehe auch Kapitel 3.3).

## 6.3 Prüfung der maßgebenden Verkehrsanlagen

### 6.3.1 Autobahnen

#### Rampen

Um die Befahrbarkeit von Rampen zu untersuchen, wurden Befahrungen mit unterschiedlichen Radien und Querschnitten durchgeführt.

Die Breite der Schleppkurven wurde in der Mitte (halbe Kreisfahrt auf der Rampe) gemessen. Die Breiten der Schleppkurven werden mit größeren Radien schmaler. Da sich die Werte der drei verschiedenen Rampenquerschnitte nur geringfügig unterscheiden, werden Mittelwerte der berechneten Schleppkurvenbreiten berechnet (Tabelle 12 und Tabelle 14). Durch Subtraktion der Mittelwerte von den jeweiligen Fahrbahnbreiten (Fahrstreifen inklusive Randstreifen) ergibt sich die Restbreite, die zur Bewertung der Befahrbarkeit bei Querschnittseingengungen herangezogen werden kann (Tabelle 13 und Tabelle 14).

Radius in [m]	Querschnitte mit Schleppkurvenbreiten in [m]			Mittelwert in [m]
	Q1	Q2	RRQ2	
30	3,89	3,89	3,89	3,89
50	3,42	3,46	3,45	3,44
80	3,10	3,16	3,13	3,13
125	2,91	2,91	2,89	2,90

Tab. 12: Schleppkurvenbreiten Typ 1 in verschiedenen Rampenquerschnitten

Radius in [m]	Restbreiten in den Rampen in [m]		
	Q1	Q2	RRQ2
30	2,11	3,61	4,11
50	2,56	4,06	4,56
80	2,87	4,37	4,87
125	3,10	4,60	5,10

Tab. 13: Restbreiten auf den Rampen bei Typ 1

Für Typ 1 hat die Prüfung ergeben, dass bei einem Rampenradius von  $R = 30,0$  m die Schleppkurve  $B = 3,89$  m breit ist. Bei größeren Radien ist die Schleppkurve  $B = 2,90$  m breit (vgl. Tabelle 12).

Bei eingeschränkten Querschnitten in Rampen hat Typ 1 im ungünstigsten Fall eine nutzbare Restbreite von  $B = 2,11$  m bei einstreifigen Rampen bis  $B = 5,10$  m bei zweistreifigen Rampen (vgl. Tabelle 12 und Tabelle 13).

Die Untersuchung der Rampen mit Typ 2 hat ergeben, dass der Lang-Lkw bei kleinen Rampenradien eine Schleppkurvenbreite von  $B = 3,98$  m hat (Bild 48). Bei größeren Rampenradien verringert sich die Breite auf  $B = 2,93$  m (vgl. Tabelle 14).

Für einstreifige Rampen mit einem kleinen Rampenradius bleibt eine nutzbare Restbreite von  $B = 2,02$  m. Bei zweistreifigen Rampen verbleiben nutzbare Restbreiten in den Rampen von bis zu  $B = 5,08$  m (Tabelle 14 und Tabelle 15).

Die Ergebnisse zeigen, dass einstreifige Rampen problemlos befahren werden können.

Radius in [m]	Querschnitte mit Schleppkurvenbreiten in [m]			Mittelwert in [m]
	Q1	Q2	RRQ2	
30	3,98	3,97	3,98	3,98
50	3,46	3,51	3,51	3,49
80	3,13	3,19	3,16	3,16
125	2,93	2,93	2,89	2,92

Tab. 14: Schleppkurvenbreiten Typ 2 in verschiedenen Rampenquerschnitten



Bild 48: Beispiel einer Schleppkurve (grau) von Typ 2 in einer Q1 Rampe mit  $R = 30,0$  m

Radius in [m]	Restbreiten in den Rampen in [m]		
	Q1	Q2	RRQ2
30	2,02	3,52	4,02
50	2,51	4,01	4,51
80	2,84	4,34	4,84
125	3,08	4,58	5,08

Tab. 15: Restbreiten in den Rampen bei Typ 2

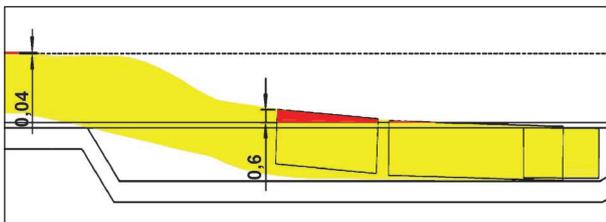


Bild 49: Typ 2 in Nothaltebucht 3, Abmessungen in [m]

Mit den Bemessungsfahrzeugen wird beim Befahren von zweistreifigen Rampen mit Radien  $R = 30,00$  m und  $R = 50,00$  m entweder der Nachbarfahrstreifen überstrichen oder der rechte Randstreifen überfahren. Die berechneten Schleppkurvenbreiten überschreiten die Fahrstreifenbreiten von  $B = 3,50$  m (Q2) bzw.  $B = 3,25$  m (RRQ2).

### Nothaltebuchten

Die Nothaltebuchten NHB1 und NHB 2 auf der freien Strecke können ohne Einschränkungen befahren werden. Dieses Ergebnis der Simulationen deckt sich mit den Untersuchungen von Nothaltebuchten von LIPPOLD/SCHEMMEL (2013).

In Nothaltebucht 3 (NHB3) schwenkt Lang-Lkw Typ 1 bei der Einfahrt um  $0,10$  m über die Mittelmarkierung, Typ 2 um  $0,04$  m. Wie in Bild 49 außerdem zu erkennen ist, liegt die Schleppkurve bei der Einfahrt äußerst nah an der Ecke des Notweges. In der Endposition ragen beide Lang-Lkw-Typen in den Fahrstreifen, hier ist Typ 2 mit  $0,60$  m maßgebend.

Die Untersuchungen von LIPPOLD/SCHEMMEL (2013) haben ergeben, dass die Lang-Lkw in der realen Fahrsituation weiter über den angrenzenden Fahrstreifen ausschwenken und auch die Endposition ungünstiger ausfällt. Hierbei wurde die Empfehlung für eine Länge von  $60,0$  m (inklusive einer längeren Anfangsverzögerung) gegeben, um ein vollständiges Einfahren zu ermöglichen.

## 6.3.2 Landstraßen

Maßgebende Verkehrsanlagen für die Streckenprüfung von Landstraßen sind plangleiche Knotenpunkte in Form von Einmündungen (Kreuzungen) und Kreisverkehren. In Kapitel 6.2.2 wurden die ausgewählten Knotenpunkte vorgestellt.

### Einmündungen und Kreuzungen

Nachfolgend werden die Untersuchungsergebnisse für die Knotenpunkte differenziert nach Linksabbiegen, Linkseinbiegen, Rechtsabbiegen und Rechteinbiegen vorgestellt. Der Fahrvorgang Kreuzen nicht maßgebend. Aus diesem Grund werden für die Untersuchung alle maßgebenden Fahrvorgänge an Einmündungen untersucht. Die Ergebnisse der Rechtsabbiegetypen und Zufahrtstypen sind auf andere Knotenpunkte mit den gleichen Entwurfsparametern übertragbar.

#### Linksabbiegen

Für den Linksabbiegevorgang von der übergeordneten in die untergeordnete Straße werden folgende Kennwerte nach den entwickelten Kriterien aus Kapitel 6.1 bewertet (siehe Bild 50):

- Ausschwenken zur Kurvenaußenseite (Kennwert A),
- Abstand zum Tropfen (Kennwert B),
- Abstand zur Dreiecksinsel oder Eckausrundung (Kennwert C).

In Tabelle 16 ist zu erkennen, dass bei allen Einmündungen beide Lang-Lkw über die Markierung oder den angrenzenden Fahrstreifen schwenken (Kennwert A). Bei den Einmündungen 1 und 3 beträgt der Abstand zwischen Schleppkurve und Fahrbahnsteiler bzw. Dreiecksinsel in einigen Fällen weniger als  $D = 0,25$  m (Kennwerte B und C).

Bei Einmündung 1 und einem Schnittwinkel von  $120$  gon berührt Typ 1 den Tropfen, Typ 2 berührt hier die Dreiecksinsel und den Tropfen ebenso wie in Einmündung 3 (Kennwerte B und C).

Bei Einmündung 2 können beide Lang-Lkw-Typen einen Abstand von mehr als  $D = 0,25$  m zum Fahrbahnsteiler einhalten (Kennwert B), da hier keine Dreiecksinsel vorhanden ist.

Insgesamt fällt die Bewertung für Typ 2 geringfügig schlechter aus als für Typ 1. Bei Einmündung 1

schwenkt Typ 2 um bis zu 0,47 m in den Nachbarfahrstreifen bei einem Kreuzungswinkel von 100 gon und 80 gon. Das vergleichsweise geprüfte Re-

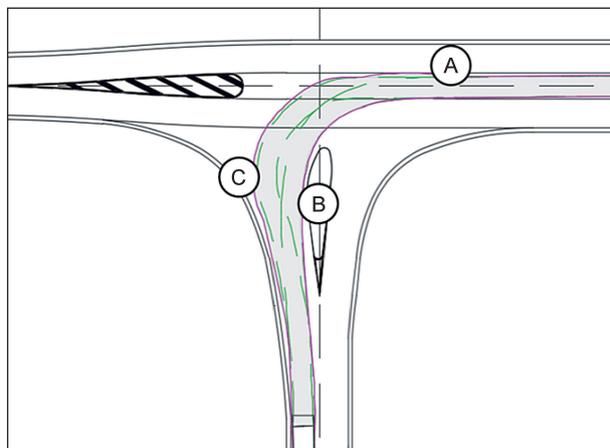


Bild 50: Kennwerte für das Linksabbiegen

		Kreuzungswinkel der Achsen und Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]					
		Kennwert	75 gon	80 gon	100 gon	120 gon	125 gon
Einmündung 1	Typ 1	A	0	0,24	0,19	0,07	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0	0	0	0
	Typ 2	A	0,17	0,38	0,47	0	0,17
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0	0	0,38	0
Einmündung 2	Typ 1	A	0,24	0	0	0,53	0,16
		B	0	0	0	0	0
		C	-	-	-	-	-
	Typ 2	A	0	0	0,05	0,05	0,18
		B	0	0	0	0	0
		C	-	-	-	-	-
Einmündung 3	Typ 1	A	0,14	0,12	0,18	0,23	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0	0	0	0
	Typ 2	A	0,17	0,07	0,14	0	0,13
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0	0	0,23	0

befahrbar  
 eingeschränkt befahrbar  
 Einzelprüfung erforderlich

Tab. 16: Abstände beim Linksabbiegen mit verschiedenen Knickwinkeln an den maßgebenden Kennwerten A, B und C aus Bild 50

ferenzfahrzeug überstreicht ebenfalls den Nachbarfahrstreifen um bis zu 0,25 m.

Das Bankett wird nicht überfahren. Auf den Fahrbahnteilern ist keine Gefährdung von Verkehrsteilnehmern zu erwarten. Die Befahrbarkeit von Einmündung 1 ist im Einzelfall gesondert zu bewerten. Einmündung 2 und 3 sind mit kleinen Einschränkungen befahrbar.

### Linkseinbiegen

Für den Linkseinbiegevorgang von der untergeordneten in die übergeordnete Straße sollen folgende Kennwerte bewertet werden (vgl. Bild 51):

- Abstand zum Fahrbahnrand (Kennwert A),
- Abstand zum Tropfen (Kennwert B),
- Abstand zum Fahrbahnrand (Kennwert C),
- Abstand zur Sperrfläche (Kennwert D).

In Tabelle 17 sind die Ergebnisse der Untersuchung zusammengefasst. Bei den abgekröpften Varianten (Schnittwinkel 75 und 125 gon) von Einmündung 1 überstreichen beide Typen in der Zufahrt stets die Fahrbahnmarkierung zum angrenzenden Fahrstreifen, der Abstand zum Tropfen beträgt bei allen Simulationen weniger als  $D = 0,25$  m (Kennwerte A und B, siehe Tabelle 17). Außerdem werden der Randstreifen und die Sperrfläche auf der übergeordneten Straße überfahren (Kennwerte D).

In den Einmündungen 2 und 3 werden keine Fahrbahnmarkierungen überstrichen, der Abstand zum Fahrbahnteiler ist stets größer als  $D = 0,25$  m (Kennwerte A und B). Die Sperrfläche wird wie bei

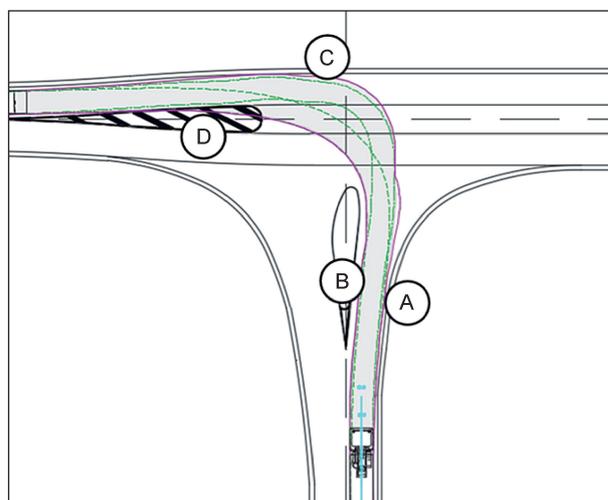


Bild 51: Kennwerte für das Linkseinbiegen

		Kreuzungswinkel der Achsen und Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]					
		Kennwert	75 gon	80 gon	100 gon	120 gon	125 gon
Einmündung 1	Typ 1	A	0	0	0	0	0,08
		B	0,16	0	0,04	0	0
		C	0,39	0	0	0	0,22
		D	0,36	0,49	0,78	0,69	0,35
	Typ 2	A	0,23	0	0	0	0,08
		B	0	0	0	0	0
		C	0,19	0	0	0	0,05
		D	0,69	0,52	0,84	0,67	0,73
Einmündung 2	Typ 1	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0	0	0	0
		D	0,68	1,09	0,97	0,85	0,64
	Typ 2	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0	0	0	0
		D	1	1,14	1,33	0,89	1,08
Einmündung 3	Typ 1	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0,19	0	0	0
		D	0,53	0,42	0,59	0,59	0,44
	Typ 2	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0,07	0,15	0	0
		D	0,55	0,3	0,53	0,69	0,72

	befahrbar
	eingeschränkt befahrbar
	Einzelprüfung erforderlich

Tab. 17: Abstände beim Linkseinbiegen mit verschiedenen Knickwinkeln an den maßgebenden Kennwerten A, B, C und D aus Bild 51

Einmündung 1 in allen Simulationen überfahren (Kennwert D).

Insgesamt ist der Linkseinbiegevorgang bis auf die Überfahrung der Sperrfläche und die fehlenden Bewegungsspielräume beim zweistreifigen Aufstellbereich (Einmündung 1) unproblematisch. Bei allen geprüften Fahrzeugen wird die Sperrfläche überfahren.

Das Bankett wird nie überfahren. Auf den Fahrbahnteilern ist keine Gefährdung von Verkehrsteilnehmern zu erwarten.

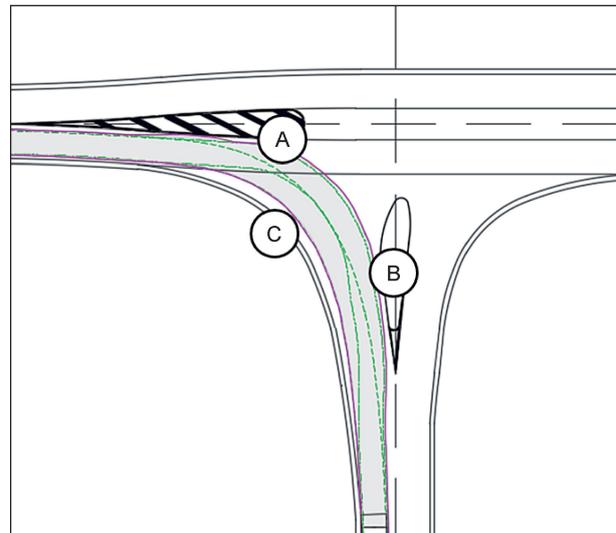


Bild 52: Kennwerte für das Rechtsabbiegen

### Rechtsabbiegen

Für den Rechtsabbiegevorgang von der übergeordneten in die untergeordnete Straße sollen folgende Kennwerte bewertet werden (Bild 52):

- Abstand zum Fahrbahnrand (Kennwert A),
- Abstand zur Dreiecksinsel (Kennwert B),
- Abstand zum Tropfen (Kennwert C),
- Abstand zum Fahrbahnrand (Kennwert D).

Tabelle 18 zeigt, dass es bei den untersuchten Abbiegevorgängen ausschließlich zu Überfahrungen der Randstreifen bei Einmündung 1 kommt. Auf den Einmündungen 2 und 3 ist für den Rechtsabbiegevorgang mehr Platz, wodurch es kaum zu Überfahrungen und Überstreichungen kommt. Das Bankett wird nie überfahren. Auf den Fahrbahnteilern ist keine Gefährdung von Verkehrsteilnehmern zu erwarten.

### Rechtseinbiegen

Für den Rechtseinbiegevorgang von der untergeordneten in die übergeordnete Straße sollen folgende Kennwerte bewertet werden (Bild 53):

- Abstand zum Tropfen (Kennwert A),
- Überstreichen des Linksabbiegefahrstreifens (Kennwert B),
- Abstand zum Fahrbahnrand (Kennwert C).

		Kennwert	Kreuzungswinkel der Achsen und Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
			75 gon	80 gon	100 gon	120 gon	125 gon
Einnündung 1	Typ 1	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0,19	0,3	0	0,08	0,19
	Typ 2	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0,17	0,44	0	0,12	0,18
Einnündung 2	Typ 1	A	0	0	0	0	0
		B	-	-	-	-	-
		C	0,34	0	0	0	0
	Typ 2	A	0	0	0	0	0
		B	-	-	-	-	-
		C	0,45	0	0	0	0
Einnündung 3	Typ 1	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0,35	0	0	0
	Typ 2	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0	0,32	0	0	0

befahrbar

eingeschränkt befahrbar

Einzelprüfung erforderlich

Tab. 18: Abstände beim Rechtsabbiegen mit verschiedenen Knickwinkeln an den maßgebenden Kennwerten A, B und C aus Bild 52

Der Rechtseinbiegevorgang ist mit den Bemessungsfahrzeugen auf allen drei Knotenpunkten unter allen geprüften Kreuzungswinkeln möglich (Tabelle 19). Die Lang-Lkw befahren die Randstreifen, aber nicht das Bankett.

Bei Typ 1 treten bei sehr spitzen und sehr stumpfen Kreuzungswinkeln größere Überstreichungen von bis zu B = 0,27 m auf. Bei 75 gon Kreuzungswinkel schwenkt Typ 1 um bis zu 0,42 m über den Tropfen. In einem solchen Fall ist bei einer Wartefläche auf dem Tropfen die Gefährdung von anderen Verkehrsteilnehmern gesondert zu prüfen.

Auf der Schleppkurveninnenseite befahren die Lang-Lkw maximal den Randstreifen. Das Bankett wird nicht befahren.

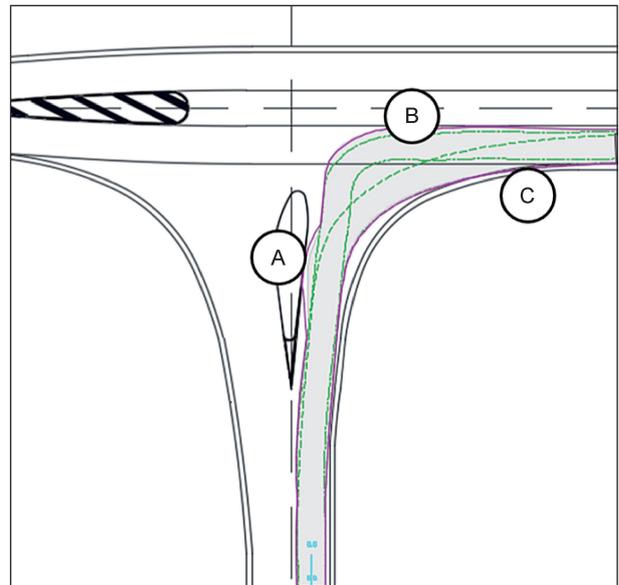


Bild 53: Kennwerte für das Rechtseinbiegen

		Kennwert	Kreuzungswinkel der Achsen und Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
			75 gon	80 gon	100 gon	120 gon	125 gon
Einnündung 1	Typ 1	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0,26
		C	0,27	0,22	0,12	0	0,14
	Typ 2	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0,35	0,41	0,41	0	0,24
Einnündung 2	Typ 1	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0,21	0,18	0,16	0,06	0,09
	Typ 2	A	0	0	0	0	0
		B	0,27	0	0	0	0
		C	0,31	0,21	0,23	0,26	0,12
Einnündung 3	Typ 1	A	0,42	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0,2	0,17	0,21	0	0,04
	Typ 2	A	0	0	0	0	0
		B	0	0	0	0	0
		C	0,33	0,33	0,28	0,08	0,28

befahrbar

eingeschränkt befahrbar

Einzelprüfung erforderlich

Tab. 19: Abstände beim Rechtseinbiegen mit verschiedenen Knickwinkeln an den maßgebenden Kennwerten A, B und C aus Bild 53

Grundsätzlich ist das Befahren unter den geprüften Randbedingungen auf den geprüften Knotenpunkten nur eingeschränkt möglich.

**Kreisverkehre**

In Kapitel 6.2.2 wurden die zu prüfenden Kreisverkehre vorgestellt. Die Prüfung umfasst die fahrgeometrische Prüfung von 100 gon, 200 gon und 300 gon Umrundung.

- 100 gon Umrundung

Die Untersuchung der fünf Kreisverkehre bei einer 100 gon Umrundung hat ergeben, dass Lang-Lkw bei zweistreifigen Kreisfahrbahnen (\*KV<sub>a</sub> 4 und 5)

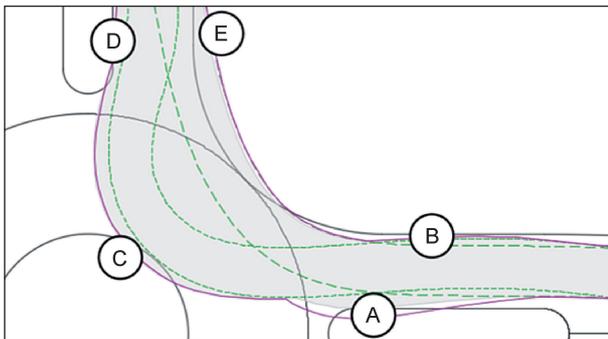


Bild 54: Kennwerte für die 100 gon Umrundung

		Kreisverkehr – 100 gon Befahrung Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		Kennwert	KV <sub>a</sub> 1	KV <sub>a</sub> 2	KV <sub>a</sub> 3	*KV <sub>a</sub> 4
Typ 1	A	0,29	0	0	0,18	1,21
	B	0	0	0	0	0
	C	0	0	0,49	1,87	2,04
	D	0,2	0,24	0,15	0,2	0,25
	E	0,25	0	0	0,31	0,25
Typ 2	A	0,24	0	0	0,56	1,17
	B	0	0	0	0	0
	C	0	0,08	0,56	2,85	2,76
	D	0,24	0,22	0,21	0,24	0,35
	E	0,4	0,15	0,2	0,27	0,28

befahrbar

eingeschränkt befahrbar

Einzelprüfung erforderlich

Tab. 20: Auswertung Kreisverkehre 100 gon Umrundung

den inneren Fahrstreifen um bis zu 2,85 m überfahren. Der Nachbarfahrstreifen in der Zufahrt wurde durch Typ 2 um bis zu 1,17 m überfahren.

Die einstreifigen Kreisverkehre (KV<sub>a</sub> 1, 2 und 3) waren durch die Lang-Lkw besser befahrbar. So kommt es auch auf diesen zu Überfahrungen und Überstreichungen der Randstreifen, aber nicht zu Überfahrungen des Banketts (Kennwert E in Tabelle 20).

In den Ausfahrten wurden bei allen Kreisverkehren die Randstreifen um den Tropfen überstrichen (Kennwert D in Tabelle 20). Nur bei Typ 2 an Kreisverkehr 4 wurde auch der Tropfen um 0,1 m überstrichen.

Bei den geprüften einstreifigen Kreisverkehren ist eine eingeschränkte Befahrbarkeit mit 100 gon gegeben. Bei zweistreifigen Kreisverkehren ist mit größeren Überfahrungen der Nachbarfahrstreifen in der Zufahrt und in der Kreisfahrbahn zu rechnen. Hier kann kein anderer Verkehrsteilnehmer neben einem Lang-Lkw in der Kreisfahrbahn fahren.

- 200 gon Umrundung

Die zweistreifigen Kreisverkehre (\*KV<sub>a</sub> 4 und 5) sind nur unter Mitnutzung der Nachbarfahrstreifen befahrbar (Kennwerte A und C in Tabelle 21). Die Lang-Lkw überfahren die Randstreifen (Kennwert E) in den Ausfahrten um bis zu 0,41 m.

Die 200 gon Umrundung ist bei Kreisverkehr 1 fast uneingeschränkt möglich. Beide Bemessungsfahrzeuge überfahren den Randstreifen (B = 0,5 m) der Kreisinsel. Kreisverkehr 2 ist mit Typ 1 fast uneingeschränkt befahrbar. Mit Typ 2 wird der Tropfen der Ausfahrt touchiert (Kennwert D).

Bei einstreifigen Kreisverkehren wird der Randstreifen (B = 0,5 m) der Kreisinsel um bis zu 0,49 m überfahren.

Die 200 gon Umrundung zeigt, dass die einstreifigen Kreisverkehre eingeschränkt befahrbar sind. Bei Kreisverkehr 1 und 2 werden die Randstreifen weniger befahren als bei Kreisverkehr 3. Die zweistreifigen Kreisverkehre sind fahrgeometrisch befahrbar, was aber immer mit der Mitnutzung der Nachbarfahrstreifen in der Zufahrt und Kreisfahrbahn verbunden ist.

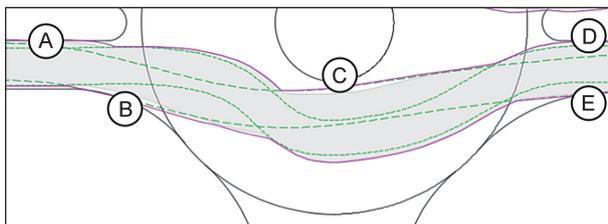


Bild 55: Kennwerte für die 200 gon Umrundung

		Kreisverkehr – 200 gon Befahrung Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		Kennwert	KV <sub>a</sub> 1	KV <sub>a</sub> 2	KV <sub>a</sub> 3	*KV <sub>a</sub> 4
Typ 1	A	0	0	0	0,65	1,07
	B	0	0	0	0	0,27
	C	0,15	0	0,49	2,32	1,96
	D	0	0,24	0	0,21	0,14
	E	0	0	0,23	0	0,41
Typ 2	A	0	0	0	0,65	0,91
	B	0	0	0	0	0
	C	0,3	0	0,46	2,87	3,04
	D	0	0,26	0,19	0,3	0,27
	E	0	0,09	0,28	0,15	0,38

befahrbar  
 eingeschränkt befahrbar  
 Einzelprüfung erforderlich

Tab. 21: Auswertung Kreisverkehre 200 gon Umrundung

### • 300 gon Umrundung

Bei den 300 gon Umrundungen sind auch Probleme durch die Mitnutzung von Nachbarfahrstreifen aufgetreten (Kennwerte A und C in Tabelle 22).

Die einstreifigen Kreisverkehre sind besser befahrbar als die zweistreifigen Kreisverkehre. Mit Typ 1 können Kreisverkehr 1 und 2 uneingeschränkt befahren werden. Bei Typ 2 kommt es bei Kreisverkehr 2 zu Überfahrungen der Randstreifen in der Ausfahrt. Bei Kreisverkehr 1 wird der Randstreifen der Kreisinsel um 0,18 m überfahren.

Bei Kreisverkehr 3 wird der Randstreifen der Kreisinsel und der Eckausrundung durch Typ 1 überfahren. Typ 2 überfährt in der Ausfahrt von Kreisverkehr 3 das Bankett um 0,04 m (Kennwert E – 0,5 m Randstreifenbreite).

Die Kreisverkehre 1 und 2 sind annähernd uneingeschränkt für die Lang-Lkw befahrbar. Die Überfah-

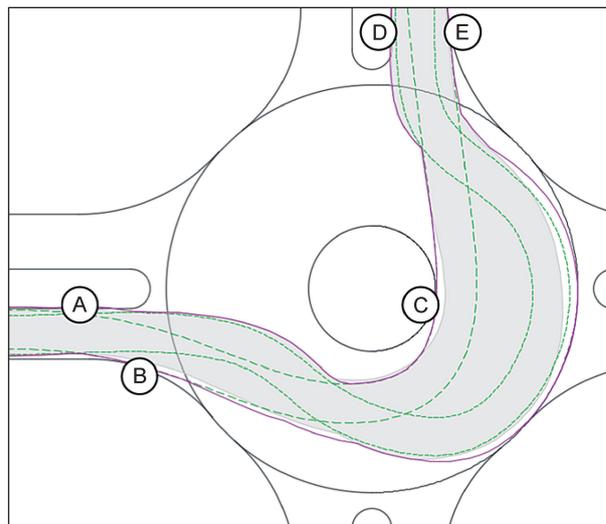


Bild 56: Kennwerte für die 300 gon Umrundung

		Kreisverkehr – 300 gon Befahrung Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		Kennwert	KV <sub>a</sub> 1	KV <sub>a</sub> 2	KV <sub>a</sub> 3	*KV <sub>a</sub> 4
Typ 1	A	0	0	0	0,68	1,17
	B	0	0	0	0	0
	C	0	0	0,49	1,94	2,05
	D	0	0	0,28	0,26	0,25
	E	0	0	0	0	0,07
Typ 2	A	0	0	0	0,46	0,9
	B	0	0	0	0	0
	C	0,18	0	0,45	3,04	2,99
	D	0	0,31	0,24	0,27	0,31
	E	0	0,06	0,54	0,2	0,23

befahrbar  
 eingeschränkt befahrbar  
 Einzelprüfung erforderlich

Tab. 22: Auswertung Kreisverkehre 300 gon Umrundung

ungen begrenzen sich auf die Randstreifen. Kreisverkehre mit den Entwurfsparametern von Kreisverkehr 3 sollten einer Einzelprüfung für die 300 gon Umrundung unterzogen werden.

Zweistreifige Kreisverkehre sind nur unter Mitnutzung der Nachbarfahrstreifen und Überfahrungen der Randstreifen in den Ausfahrten befahrbar. Die Freigabe von realen Kreisverkehren mit gleichen Entwurfsparametern liegt im Ermessen der zuständigen Straßenverkehrsbehörden.

### 6.3.3 Stadtstraßen

#### Versätze in Ortseinfahrten

Die Befahrbarkeit von Versätzen wurde an den in Kapitel 6.2.3 aufgezählten Versatztypen untersucht (Bild 57).

Alle drei Varianten der Ortseingänge sind für das Referenzfahrzeug nur eingeschränkt befahrbar. Bereits der erste Versatz führt in allen Fällen zu Überfahrungen. Die maßgebliche Ursache hierfür ist die geringe Fahrstreifenbreite von  $B = 3,25$  m. Die Untersuchung der Befahrbarkeit mit Lang-Lkw ergibt ein ähnliches Bild. Mit beiden Lang-Lkw ist ebenfalls keine Befahrung der Verkehrsanlage ohne Überfahrung der Randbereiche möglich. Die Überschreitungen sind bei der s-förmigen Verschwenkung durch alle Fahrzeuge am höchsten. Weiterhin zeigt der Lang-Lkw Typ 2 die größten Überschreitungen.

Der Versatz oval beidseitig versetzt und geradlinig beidseitig versetzt ist durch eine Aufpflasterung von  $B = 0,50$  m befahrbar. Die s-förmige Zufahrt benötigt eine Aufpflasterung von mindestens  $B = 0,75$  m.

#### Versätze in Abhängigkeit von der Versattiefe und Versattlänge

Die untersuchten Verschwenkungen sind in Tabelle 23 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass mit

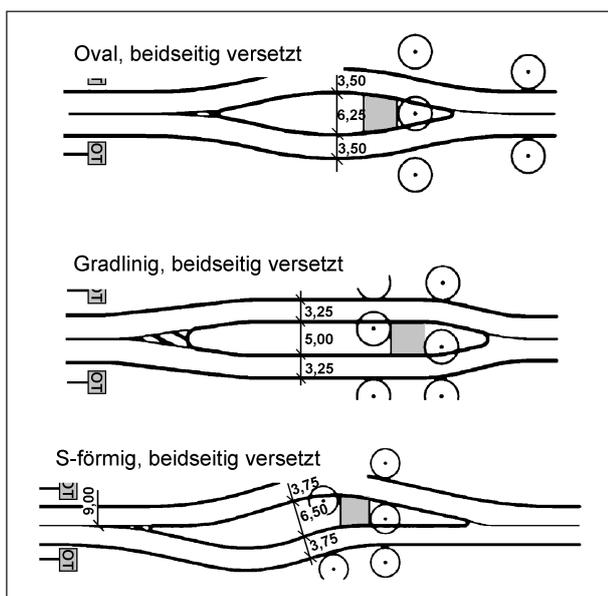


Bild 57: Darstellung der untersuchten Ortseingänge (FGSV, 2006B)

dem Referenzfahrzeug sämtliche Versätze uneingeschränkt befahrbar sind. Mit den Lang-Lkw Typ 1 und Typ 2 hingegen kommt es bei Verschwenkungen mit einer Fahrbahnbreite von  $B = 3,0$  m unabhängig von der Versattiefe oder Versattlänge zu Überstreichungen der Randbereiche. Dadurch sind diese für Lang-Lkw nicht befahrbar. Verschwenkungen, die eine Fahrbahnbreite von  $B = 3,5$  m oder größer haben, sind durch alle Fahrzeuge uneingeschränkt befahrbar (Tabelle 23).

#### Befahrbarkeit Knotenpunkten

Für das Ein- und Abbiegen auf Knotenpunkten wurden zwei unterschiedliche Fahrvorgänge untersucht. Beim ersten Fahrvorgang sollte mit dem kurvenäußeren Rad die Nachbarfahrstreifen nicht überfahren werden (Bild 58). Der Fahrvorgang wird im weiteren Verlauf als Übersteuert bezeichnet. Im zweiten Fahrvorgang durfte der Nachbarfahrstreifen überfahren werden.

Fahrstreifenbreite B [m]	Versattiefe $t_v$ [m]	Versattlänge $l_v$ [m]	Typ 1	Typ 2
3,0	2,0	15,0	[Red]	[Red]
	3,0	18,8		
	4,5	22,5		
3,5	2,5	13,1	[Green]	[Green]
	3,5	16,9		
	5,0	20,3		
4,0	3,0	10,0	[Green]	[Green]
	4,0	15,0		
	5,0	18,8		

■ befahrbar  
■ Einzelprüfung erforderlich

Tab. 23: Bewertung der Befahrbarkeit von fahrdynamischen Verschwenkungen mit Lang-Lkw

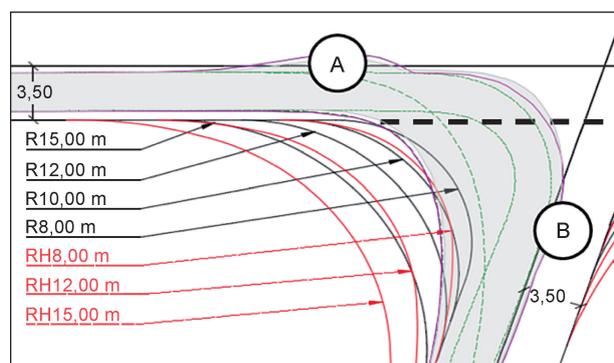


Bild 58: Kennwerte für das Rechtsabbiegen

### Rechtsabbiegen

Für das Rechtsabbiegen aus der übergeordneten in die untergeordnete Straße wurden die in Bild 58 dargestellten Kennwerte abgelesen. Die Kennwerte sind in Tabelle 24 zusammengefasst. Für den Kennwert C wird jeweils die Eckausrundung (Kreis- oder Korbbogen) genannt, die nicht von dem Lkw überfahren wird. Alle kleineren Ausrundungsradien werden demnach von dem Lkw überfahren. Das in Bild 58 dargestellte Fahrzeug kann demnach an Knotenpunkten mit einem Korbbogen ab  $R_H = 12,0$  m nach rechtsabbiegen. Der Kreisbogen mit  $R = 15,0$  m wird dagegen berührt. Größere Kreisbögen als  $R = 15,0$  m sind mit dem Lang-Lkw befahrbar.

Die Auswertung zeigt, dass mit Lang-Lkw große Überstreichungen auftreten können. Die maximale

Ausdehnung der Überstreichungen hängt dabei von dem Schnittwinkel der Achsen und dem Lang-Lkw-Typ ab. Tendenziell hat Typ 2 gegenüber Typ 1 kleinere Überstreichungen durch seine ausschwenkenden Fahrzeugteile (vgl. Tabelle 24). Vor allem bei Richtungswechseln mit schnellem Einlenken schwenkt Typ 1 mit dem hinteren Überhang wesentlich weiter aus.

Die Bilder zu den Schleppekurven sind im Anhang A 6.3 dargestellt.

Bei der Überprüfung mit übersteuerten Schleppekurven überfahren beide Lang-Lkw nicht die Eckausrundungen mit den kurveninneren Rädern. Das bedeutet, dass die geprüften Fahrstreifenbreiten und Eckausrundungen bei dieser Fahrweise befahrbar sind.

		Kreuzungswinkel Maße von Überfahrungen, Überstreichungen in [m] und die Befahrbarkeit von Eckausrundungen			
		Kennwert	80 gon	100 gon	120 gon
3,25 m Fahrstreifenbreite	Typ 1	A	0,80	0,81	0,58
		B	0,44	0,16	0,20
		Eckausrundung [m]	R = 8 – 15 RH = 8	R = 8 – 15 RH = 8/12	R = 8 – 15 RH = 8/12
	Typ 2	A	0,68	0,70	0,38
		B	0,09	0,16	0,31
		Eckausrundung [m]	R = 8 – 15 RH = 8/12	R = 8 – 15 RH = 8/12	R = 8 – 15 RH = 8/12
3,50 m Fahrstreifenbreite	Typ 1	A	0,80	0,81	0,58
		B	0,44	0,16	0,20
		Eckausrundung [m]	R = 8 – 12 RH = 8	R = 8 – 15 RH = 8	R = 8 – 15 RH = 8/12
	Typ 2	A	0,68	0,68	0,38
		B	0,09	0,09	0,31
		Eckausrundung [m]	R = 8 – 15 RH = 8	R = 8 – 15 RH = 8/12	R = 8 – 15 RH = 8/12

	befahrbar
	eingeschränkt befahrbar
	Einzelprüfung erforderlich

Tab. 24: Auswertung für das Rechtsabbiegen

### Rechtseinbiegen

Für das Rechtseinbiegen aus der untergeordneten in die übergeordnete Straße wurden die in Bild 59 dargestellten Kennwerte abgelesen. Die Kennwerte sind in Tabelle 25 zusammengefasst. Kennwert C nennt die Eckausrundungen, ab denen eine Befahrbarkeit noch möglich ist.

Die Untersuchung hat wie beim Rechtsabbiegen gezeigt, dass Typ 1 bei großen Richtungsänderungen sehr weit ausschwenken kann. Gegenüber Typ 2 schwenkte Typ 1 bei allen Simulationen um bis zu 0,20 m weiter aus.

Bei einem übersteuerten Fahrvorgang konnten alle Rechtseinbiegevorgänge ohne das Überfahren der Eckausrundungen simuliert werden.

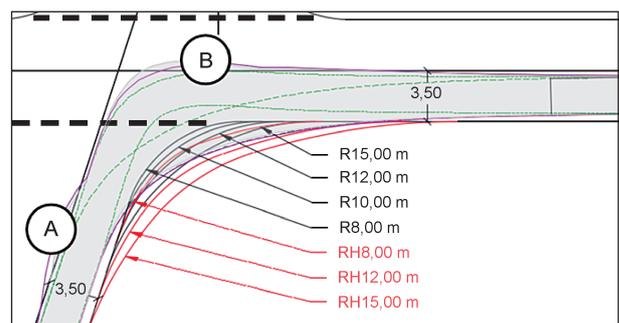


Bild 59: Kennwerte für das Rechtseinbiegen

		Kreuzungswinkel Maße von Überfahrungen, Überstreichungen in [m] und die Befahrbarkeit von Eckausrundungen			
		Kennwert	80 gon	100 gon	120 gon
3,25 m Fahrstreifenbreite	Typ 1	A	0,63	0,72	0,95
		B	0,48	0,4	0,28
		Eckausrundung [m]	R = 8 – 15 RH = 8/12	R = 8 – 15 RH = 8/12	R = 8 – 15 RH = 8/12
	Typ 2	A	0,67	0,79	0,70
		B	0,55	0,50	0,12
		Eckausrundung [m]	R = 8 – 15 RH = 8/12	R = 8 – 15 RH = 8/12	R = 8 – 15 RH = 8/12
3,50 m Fahrstreifenbreite	Typ 1	A	0,63	0,72	0,96
		B	0,48	0,39	0,28
		Eckausrundung [m]	R = 8 – 15 RH = 8	R = 8 – 15 RH = 8	R = 8 – 15 RH = 8
	Typ 2	A	0,67	0,78	0,69
		B	0,55	0,50	0,12
		Eckausrundung [m]	R = 8 – 15 RH = 8	R = 8 – 15 RH = 8	R = 8 – 15 RH = 8

<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> befahrbar
<span style="background-color: #FFFF00; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> eingeschränkt befahrbar
<span style="background-color: #FFA500; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Einzelprüfung erforderlich

Tab. 25: Auswertung für das Rechtseinbiegen

**Kreisverkehre**

- 100 gon Umrundung mit Typ 1

Die Auswertung der 100 gon Umrundung hat ergeben, dass bei den breiteren Zufahrten (B = 3,75 m) die Fahrbahnteiler weniger überstrichen werden als die B = 3,25 m breiten Zufahrten (Kennwert A in Tabelle 26).

Typ 1 überfährt bei schmalen Fahrstreifenbreiten den Seitenraum um bis zu D = 1,22 m (Kennwert E in Tabelle 26). Bei breiten Fahrstreifen sind Kreisverkehre ab D = 30 m ohne Einschränkung befahrbar.

- 100 gon Umrundung mit Typ 2

Bei Typ 2 kommt es auf der Schleppkurveninnenseite bei schmalen Fahrstreifenbreiten zu größeren Überfahrungen des Seitenraumes als bei Typ 1.

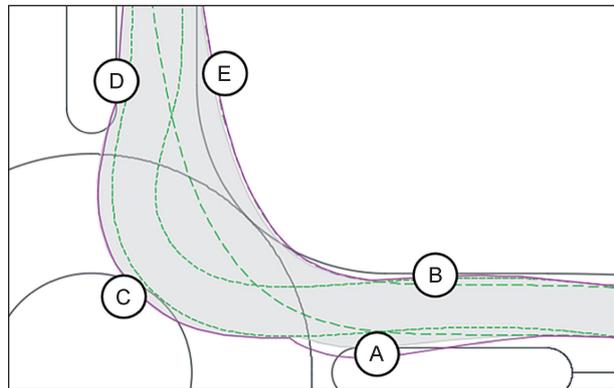


Bild 60: Kennwerte für die 100 gon Umrundung

Indizes i = a oder b		Durchmesser der Kreisverkehre Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		Kennwert	22*	26	30	35
i = a	A	0,49	0,74	0,25	0,49	0,53
	B					
	C	*				0,14
	D	0,16	0,38	0,23		
	E	1,22	0,43	0,32	0,62	0,49
i = b	A	-	0,59		0,03	
	B	-				
	C	-				
	D	-	0,43			
	E	-	0,10			

<span style="background-color: #90EE90; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> befahrbar
<span style="background-color: #FFFF00; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> eingeschränkt befahrbar
<span style="background-color: #FFA500; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 15px; height: 10px;"></span> Einzelprüfung erforderlich

\* Mittelinsel ist überfahrbar

Tab. 26: Auswertung der 100 gon Umrundung mit Typ 1

Für Typ 2 können Kreisverkehre mit einem Durchmesser D = 35 m und D = 40 m mit breiten Fahrstreifen uneingeschränkt befahren werden. Kleine Überstreichungen mit bis zu B = 0,07 m sind nicht kritisch zu werten. Bei einem Kreisdurchmesser von D = 30 m wird in der Ausfahrt der Bord berührt (0,02 m). Dennoch kann der Kreisverkehr als eingeschränkt befahrbar eingeordnet werden.

Ein Fahrvorgang mit Lang-Lkw kann nach der fahrgeometrischen Prüfung für Kreisverkehre mit breiteren Fahrstreifen (Zufahrt B = 3,75 m und Ausfahrt B = 4,0 m) und ab Kreisdurchmessern mit D = 30 m

Indizes i = a oder b	Kenn- wert	Durchmesser der Kreisverkehre Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		22*	26	30	35	40
i = a	A	0,30	0,52	0,16	0,40	0,45
	B				0,18	
	C	-				0,20
	D	0,16	0,37	0,22		
	E	1,75	0,66	0,47	0,82	0,64
i = b	A	-	0,55			0,07
	B	-				
	C	-	0,27			
	D	-	0,42		0,06	
	E	-	0,29	0,02		

■ befahrbar  
■ eingeschränkt befahrbar  
■ Einzelprüfung erforderlich  
 \* Mittelinsel ist überfahrbar

Tab. 27: Auswertung der 100 gon Umrundung mit Typ 2

uneingeschränkt freigegeben werden. Das Berühren des Bordes bei Typ 2 sollte für den Durchmesser von  $D = 30$  m im Einzelfall geprüft werden (Tabelle 27).

- 200 gon Umrundung mit Typ 1

Die Überprüfung der Befahrbarkeit der Kreisverkehre mit Typ 1 hat ergeben, dass kleine Kreisdurchmesser bis  $D = 26$  m durch die geringe Auslenkung der Geradeausfahrt bei 200 gon zu keinen Überfahrungen führen. Bei breiteren Aus- und Zufahrten kommt es nicht zu Überfahrungen. Bei schmalen Ausfahrtbreiten können Überfahrungen von bis zu  $B = 0,41$  m auftreten (ab Durchmessern von  $D = 30$  m).

Die vorhandenen Überstreichungen an der Kreisinsel sind unkritisch. Bei schmalen Zufahrten können Überstreichungen von bis zu  $B = 0,43$  m auftreten (ab Durchmessern von  $D = 30$  m). Bei breiten Zufahrten beschränken sich diese Überstreichungen auf  $B = 0,1$  m und werden deshalb als eingeschränkt befahrbar eingestuft (siehe Bild 61 und Tabelle 28).

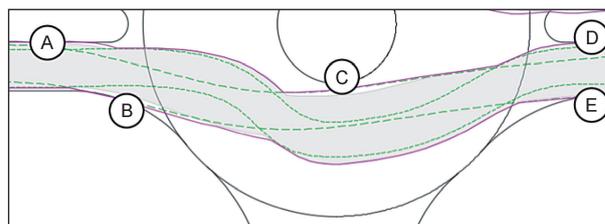


Bild 61: Kennwerte für die 200 gon Umrundung

Indizes i = a oder b	Kenn- wert	Durchmesser der Kreisverkehre Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		22*	26	30	35	40
i = a	A		0,12	0,43	0,39	0,36
	B					
	C	*			0,37	0,40
	D				0,12	0,15
	E			0,05	0,19	0,41
i = b	A	-		0,05	0,10	0,08
	B	-				
	C	-				0,32
	D	-				
	E	-				

■ befahrbar  
■ eingeschränkt befahrbar  
■ Einzelprüfung erforderlich  
 \* Mittelinsel ist überfahrbar

Tab. 28: Auswertung der 200 gon Umrundung mit Typ 1

- 200 gon Umrundung mit Typ 2

Die Überprüfung mit Typ 2 hat ergeben, dass bei breiten Aus- und Zufahrten alle geprüften Kreisverkehre eingeschränkt befahrbar sind. Bei  $D = 40$  m überfährt der Lang-Lkw den Bord auf der Schleppkurveninnenseite um  $B = 0,04$  m. Die Freigabe eines Kreisverkehrs mit diesen Entwurfsparametern ist im Einzelfall zu prüfen.

Bei schmalen Fahrstreifen kommt es ab Durchmessern von  $D = 30$  m zu größeren Überfahrungen des Seitenraumes. Kreisverkehre mit  $D = 22$  m und  $26$  m sind uneingeschränkt befahrbar, die aufgetretenen Überstreichungen sind mit  $B = 0,08$  m nicht kritisch zu werten (Tabelle 29).

Indizes i = a oder b	Kennwert	Durchmesser der Kreisverkehre Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		22*	26	30	35	40
i = a	A		0,08	0,34	0,43	0,36
	B			0,20		
	C	-			0,31	0,61
	D			0,05	0,20	0,12
	E			0,17	0,50	0,62
i = b	A	-		0,06	0,12	
	B	-				
	C	-				0,14
	D	-				0,10
	E	-				0,04

befahrbar  
 eingeschränkt befahrbar  
 Einzelprüfung erforderlich  
 \* Mittelinsel ist überfahrbar

Tab. 29: Auswertung der 200 gon Umrundung mit Typ 2

Indizes i = a oder b	Kennwert	Durchmesser der Kreisverkehre Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		22*	26	30	35	40
i = a	A			0,05	0,23	0,50
	B					
	C	*				0,43
	D			0,18	0,22	0,12
	E				0,37	0,43
i = b	A	-				
	B	-				
	C	-				0,12
	D	-				0,12
	E	-				

befahrbar  
 eingeschränkt befahrbar  
 Einzelprüfung erforderlich  
 \* Mittelinsel ist überfahrbar

Tab. 30: Auswertung der 300 gon Umrundung mit Typ 1

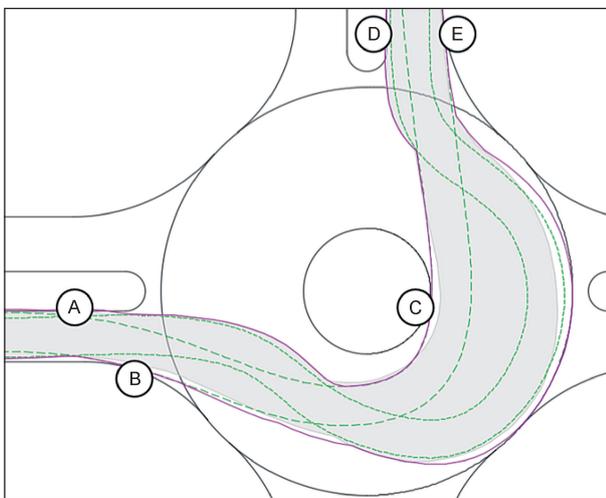


Bild 62: Kennwerte für die 300 gon Umrundung

• 300 gon Umrundung mit Typ 1

Bei einer 300 gon Umrundung mit Typ 1 (Bild 62 und Tabelle 30) sind alle Kreisverkehre mit breiten Fahrstreifen uneingeschränkt befahrbar. Die vorhandenen Überstreichungen sind nicht kritisch. Bei schmalen Fahrstreifen treten ab Durchmessern von D = 35 m Überfahrungen auf der Schleppkurveninnenseite beim Verlassen des Kreisverkehrs auf. Kleinere Kreisdurchmesser werden als unkritisch eingestuft.

Indizes i = a oder b	Kennwert	Durchmesser der Kreisverkehre Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		22*	26	30	35	40
i = a	A		0,09	0,15	0,33	0,52
	B					
	C	-				0,41
	D		0,11	0,06	0,24	0,12
	E			0,23	0,59	0,65
i = b	A	-				
	B	-				
	C	-				0,23
	D	-			0,19	
	E	-				

befahrbar  
 eingeschränkt befahrbar  
 Einzelprüfung erforderlich  
 \* Mittelinsel ist überfahrbar

Tab. 31: Auswertung der 300 gon Umrundung mit Typ 2

• 300 gon Umrundung mit Typ 2

Wie bei Typ 1 können auch bei Typ 2 die Kreisverkehre mit breiten Fahrstreifen uneingeschränkt befahren werden (Tabelle 31). Die vorhandenen Über-



Bild 63: Beschilderung für 500 gon Umrundung am Kreisverkehr

streichungen sind nicht kritisch. Das geprüfte Referenzfahrzeug überstreicht den Fahrbahnteiler im gleichen Maß.

Bei Typ 2 sind bei einer Umrundung von 300 gon größere Überfahrungen bei einer Ausfahrt mit schmalen Fahrstreifen vorhanden. Die Kreisverkehre mit  $D = 22$  m und  $D = 26$  m können uneingeschränkt befahren werden.

- 500 gon Umrundung mit Typ 1

Wenn eine Umrundung von 100 gon nicht möglich ist, kann bei geringem Verkehrsaufkommen auch eine Umrundung von 500 gon mit einer Beschilderung angeordnet werden (Bild 63).

Die fahrgeometrische Überprüfung hat ergeben, dass Typ 1 nahezu alle Kreisverkehre uneingeschränkt befahren kann (Tabelle 32). Im Vergleich zur 100 gon Umrundung wirkt sich das indirekte Abbiegen vor allem auf die Befahrbarkeit bei schmalen Fahrstreifen aus. Hier ist eine Befahrbarkeit bis  $D = 35$  m gegeben. Ab  $D = 35$  m treten Überfahrungen der Seitenräume auf der Schleppkurveninnenseite in der Ausfahrt auf.

Bei breiten Fahrstreifen sind fast alle geprüften Kreisverkehre befahrbar. Bei einem Kreisverkehr mit  $D = 35$  m ist eine kleine Überfahrung von  $B = 0,04$  m in der Ausfahrt vorhanden. Nach einer Ein-

Indizes $i = a$ oder $b$	Kennwert	Durchmesser der Kreisverkehre Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		22*	26	30	35	40
$i = a$	A	0,18	0,32	0,18	0,43	0,51
	B					
	C				0,10	0,40
	D			0,10	0,21	0,17
	E				0,24	0,32
$i = b$	A					
	B					
	C					
	D					
	E				0,04	

■ befahrbar  
■ eingeschränkt befahrbar  
■ Einzelprüfung erforderlich  
 \* Mittelinsel ist überfahrbar

Tab. 32: Auswertung der 500 gon Umrundung mit Typ 1

zelfallprüfung und Anpassung der Eckausrundung wäre auch in diesem Fall eine Befahrbarkeit möglich.

- 500 gon Umrundung mit Typ 2

Eine Umrundung von 500 gon war bei  $D = 22$  m nicht möglich. Die Simulation wurde unterbrochen, da der Lang-Lkw zwischen Sattelaufleger und Tandemachsanhänger einen Knickwinkel von 100 gon erreicht hatte. Eine Überschreitung des maximalen Knickwinkels war nicht erlaubt.

Die Untersuchung mit Typ 2 bei einer Umrundung von 500 gon ergab ähnliche Ergebnisse wie die Untersuchung bei Typ 1. Durch das indirekte Abbiegen (Bild 64) reduzieren sich die Überfahrungen und Überstreichungen bei den schmalen Fahrstreifen.

Bei breiten und schmalen Fahrstreifen kommt es erst bei Durchmessern ab  $D = 35$  m zu Überfahrungen in den Ausfahrten.

Bei schmalen Fahrstreifen treten bei  $D = 26$  m und  $D = 35$  m Überfahrungen der Kreisinsel von bis zu  $B = 0,78$  m auf. Der Kreisverkehr mit  $D = 30$  m ist ohne Einschränkung befahrbar. Im Vergleich zur Umrundung von 500 gon traten bei den Umrundungen mit 100 gon der gleichen Kreisverkehre Überfahrungen von bis zu  $B = 1,75$  m auf.

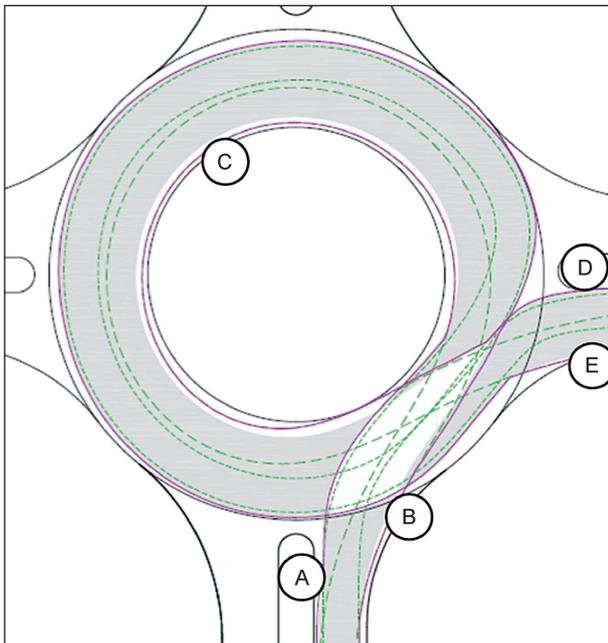


Bild 64: Kennwerte für das indirekte Abbiegen

### 6.4 Empfehlungen für den Leitfaden

Die fahrgeometrische Überprüfung von ausgewählten Verkehrsanlagen soll eine Entscheidungshilfe für Standardsituationen bei der fahrgeometrischen Überprüfung von Strecken für Lang-Lkw geben. Alle geprüften Verkehrsanlagen wurden mit Mindestmaßen nach den Regelwerken entworfen. Durch Mindestmaße ist aber nicht zwangsläufig sichergestellt, dass bereits ein konventioneller Lkw den Knotenpunkt befahren kann und dabei die Toleranzbereiche um die Schleppkurve keine Randstreifen oder Fahrbahnteiler überstreichen. Vielmehr ist im Entwurfsprozess realer Knotenpunkte die Befahrbarkeit mit Schleppkurven immer nachzuweisen. Bei den fahrgeometrischen Nachweisen sollen durch die seitlichen Toleranzen an den Schleppkurven das unterschiedliche Fahrverhalten der Kraftfahrer berücksichtigt werden. Dadurch wird im realen Verkehr die Befahrbarkeit einer Verkehrsanlage sichergestellt. Bei der Untersuchung der ausgewählten Verkehrsanlagen mit Lang-Lkw werden solche Toleranzen nicht berücksichtigt. Die ausgewählten Verkehrsanlagen sind mit ihren Mindestmaßen die kleinste gemeinsame Schnittmenge, die von Lang-Lkw und konventionellen Lkw potenziell befahren werden könnten. Zusätzliche Toleranzen um die Schleppkurven (also eine Verbreiterung der Schleppkurven) würde die Befahrbarkeit überwiegend ausschließen. Dieser Sachverhalt kann im gleichen Maß auf die Schleppkurven der konventionellen Lkw übertragen werden, die viele der ausgewählten Verkehrsanlagen mit zusätzlichen Toleranzen nicht befahren können.

Indizes i = a oder b	Kennwert	Durchmesser der Kreisverkehre Maße von Überfahrungen und Überstreichungen in [m]				
		22*	26	30	35	40
i = a	A	**	0,26	0,18	0,53	0,41
	B	**			0,10	0,48
	C	*	0,78		0,42	0,18
	D	**		0,1	0,21	0,17
	E	**			0,39	0,57
i = b	A	-				0,26
	B	-				
	C	-				
	D	-				
	E	-			0,19	0,29

befahrbar  
 eingeschränkt befahrbar  
 Einzelprüfung erforderlich

\* Mittelinsel ist überfahrbar  
 \*\* Der Lkw konnte den Kreis nicht befahren. Ein Knickwinkel > 90° zwischen Sattel- und Tandem anhängen ist nicht zulässig.

Tab. 33: Auswertung der 500 gon Umrundung mit Typ 2

Die geprüften Kreisverkehre mit D = 26 m und D = 30 m können für große Lang-Lkw bei breiten Fahrbahnteilern freigegeben werden (Tabelle 33).

Maßgebend für die Interpretation der Prüfergebnisse sind die Ortslage und das Umfeld unter denen Überfahrungen und Überstreichungen auftreten. Bei einem Fahrbahnteiler ist eine Überstreichung unter Umständen unkritisch, wenn sich keine anderen Verkehrsteilnehmer auf ihm aufhalten. Gleiches gilt für das Überfahren einer Sperrfläche. In solchen Fällen sind die Ergebnisse der Untersuchung keine Festlegungen, die eine generelle Befahrbarkeit ausschließen, sondern vielmehr ein Hinweis auf Verkehrsanlagen/Fahrvorgänge, die einer Einzelprüfung und Entscheidung der Verkehrsbehörden und Baulastträger bedürfen.

Die Untersuchungen wurden so angelegt, dass auf allen Fahrlinien der Lang-Lkw ein konventioneller Lkw mit derselben Fahrlinie simuliert wurde. Da-

durch zeigt sich in fast allen Fällen, dass auch konventionelle Lkw bei derselben Fahrlinie gleiche oder ähnlich große Überfahrungen und Überstreichungen haben. Teilweise schwenkt der konventionelle Lkw, durch abweichende Fahrzeuggeometrien etwas weiter aus als ein Lang-Lkw.

#### 6.4.1 Autobahnen

##### Rampen

Die Auswertung der Befahrung von Rampen an Autobahnen hat ergeben, dass Lang-Lkw diese befahren können, sofern sie mindestens den Entwurfsparametern der Richtlinien entsprechen. Das gilt für Rampen mit mindestens  $R = 30$  m und einer Fahrstreifenbreite von  $B = 4,50$  m.

Durch die breiteren Schleppkurven bei kleinen Rampenradien ohne Aufweitung werden die Nachbarfahrstreifen in zweistreifigen Rampen mitbenutzt. Erst ab einem Rampenradius von  $R = 50$  m reicht die Fahrstreifenbreite von  $B = 3,50$  m für die Schleppkurvenbreite von  $B = 3,46$  m aus, um nicht die Markierung oder den Nachbarfahrstreifen zu benutzen.

##### Nothaltebuchten

Nothaltebuchten auf der freien Strecke können ohne Einschränkungen und Nothaltebuchten in Tunneln mit Einschränkungen befahren werden. Maßgebend sind viel kleineren Nothaltebuchten in Tunneln aus denen ein  $L = 25,25$  m Lang-Lkw bis zu  $B = 0,6$  m in den angrenzenden Hauptfahrstreifen ragen kann. Die Häufigkeit solcher Tunnel, der hohe technische Ausstattungsstandard und die geringe Eintreffenswahrscheinlichkeit sprechen dennoch für die Freigabe solcher Strecken für Lang-Lkw.

##### Rastanlagen

Rastanlagen im Zuge von Autobahnen haben nur selten geeignete Parkstände (Längsparkstände) für Lang-Lkw. An dieser Stelle sei auf den Bericht „Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße“ von LIPPOLD/SCHEMMEL 2016 verwiesen. Die fahrgeometrisch geprüften Lösungsansätze für das Parken mit Lang-Lkw sind auch auf die Bemessungsfahrzeuge übertragbar.

#### Anschlussstellen

Die Knotenpunkte von Anschlussstellen sind nach den Richtlinien für die Anlage von Landstraßen zu gestalten. Die Prüfungshinweise sind deshalb unter dem Punkt Landstraßen zusammengefasst.

#### 6.4.2 Landstraßen

##### Plangleiche Knotenpunkte

Für Lang-Lkw sind hauptsächlich plangleiche Knotenpunkte maßgebend. Plangleiche Knotenpunkte können als Kreuzungen, Einmündungen und Kreisverkehre ausgebildet werden. Auf plangleichen Knotenpunkten sind Ein- und Abbiegevorgänge maßgebend. Das Kreuzen von Knotenpunkten ist fahrgeometrisch nicht maßgebend. Die Ergebnisse der Untersuchung können auf Knotenpunkte übertragen werden, die in ihren Bestandteilen den geprüften Rechtsabbiegetypen und Zufahrtstypen entsprechen.

##### Kreuzungen und Einmündungen

- Linksabbiegen

Das Linksabbiegen ist mit Typ 1 in allen geprüften Fällen fahrgeometrisch möglich. Bei spitzen Abbiegewinkeln von  $\geq 120$  gon kann es durch den hinteren Überhang des Lang-Lkw Typ 1 zu Überstreichungen der Nachbarfahrstreifen kommen.

Mit Typ 2 treten ebenfalls Überstreichungen des Nachbarfahrstreifens auf. Fahrgeometrisch sind alle Abbiegewinkel befahrbar.

Die auftretenden Überstreichungen der Nachbarfahrstreifen sind bei einer ungünstigen Fahrlinie auch mit einem konventionellen Lkw möglich. Es liegt im Ermessen der prüfenden Verwaltungen, wie die auftretenden Überstreichungen gewertet werden.

- Linkseinbiegen

Linkseinbiegevorgänge sind mit beiden Lang-Lkw und allen geprüften Knotenpunkten eingeschränkt möglich. Es liegt im Ermessen der prüfenden Verkehrsbehörden, wie die Überfahrungen der Sperrflächen bewertet werden. Die Überfahrungen werden nicht kritisch bewertet. Ein konventioneller Lkw überfährt die Sperrflächen ebenfalls.

- Rechtsabbiegen

Rechtsabbiegevorgänge sind auf allen geprüften Rechtsabbiegetypen ohne Einschränkung möglich. Die aufgetretenen Überfahrungen und Überstreichungen von Randstreifen sind nicht kritisch zu bewerten. Bei konventionellen Lkw treten solche Überfahrungen und Überstreichungen ebenfalls auf.

- Rechtseinbiegen

Rechtseinbiegevorgänge sind mit kleinen Einschränkungen durch Überstreichungen der übergeordneten Linksabbiegefahrstreifen mit beiden Lang-Lkw möglich. Es kommt in den Zufahrten zu Überfahrungen der Randstreifen, die Bankette oder Tropfen werden aber nicht überfahren.

### Kreisverkehre

In den Untersuchungen wurden nach den „Richtlinien für die Anlage von Landstraßen“ und dem „Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren“ fünf ausgewählte Kreisverkehre geprüft.

Die Kreisverkehre wurden mit beiden Lang-Lkw bei 100 gon, 200 gon und einer 300 gon-Umrundung überprüft.

- 100 gon Umrundung

Eine Umrundung von 100 gon mit Typ 1 ist auf keinem der geprüften Kreisverkehre uneingeschränkt möglich. Bei allen Kreisverkehren wurden die Randstreifen überfahren. Bankette oder Fahrbahnteiler dagegen wurden nicht überfahren.

Mit Typ 1 und Typ 2 werden bei zweistreifigen Kreisfahrbahnen die Nachbarfahrstreifen mitbenutzt. Das war auch der Fall bei den konventionellen Lkw.

Die Freigabe der geprüften Kreisverkehre liegt im Ermessen der prüfenden Verkehrsbehörden. Das betrifft vor allem die Überstreichungen der Fahrbahnteiler in der Zufahrten der Kreisverkehre und die Mitnutzung der Nachbarfahrstreifen in der Kreisfahrbahn.

- 200 gon Umrundung

Die geprüften einstreifigen Kreisverkehre sind eingeschränkt für die Umrundung mit 200 gon mit Lang-Lkw geeignet. Bei allen einstreifigen Kreisverkehren werden die Randstreifen überfahren.

Die Ergebnisse der zweistreifigen Kreisverkehre spiegeln die Ergebnisse der Umrundung mit 100 gon wider. So wird auch bei den Umrundungen mit 200 gon der Nachbarfahrstreifen durch die Lang-Lkw und den konventionellen Lkw mitbenutzt.

Grundlegend sind alle geprüften Kreisverkehre mindestens eingeschränkt befahrbar. Die teils großen Überfahrungen von Nachbarfahrstreifen treten in diesem Maß auch bei konventionellen Lkw auf.

- 300 gon Umrundung

Bei den Umrundungen mit 300 gon kommt es bei KV<sub>a</sub> 3 zum Touchieren des Banketts. Bei den übrigen Kreisverkehren treten keine Überfahrungen außerhalb des Randstreifens auf. Bei zweistreifigen Kreisverkehren werden durch Lang-Lkw und konventionelle Lkw die Nachbarfahrstreifen überfahren.

Mit kleinen Einschränkungen können die geprüften Kreisverkehre KV<sub>a</sub> 1 und 2 (D = 30 m und 35 m) für Lang-Lkw freigegeben werden.

### 6.4.3 Stadtstraßen

#### Versätze

Versätze zur Geschwindigkeitsverringering an Ortseingängen mit Fahrstreifenbreiten von B = 3,25 m können nicht befahren werden. Durch Verbreiterungen auf mindestens B = 3,75 m und bei beidseitig S-förmig versetzten Verschwenkungen auf B = 4,0 m, sind die Versätze befahrbar.

Für Verschwenkungen wurden verschiedene fahrdynamische Versätze nach den Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen geprüft. Versätze mit Fahrstreifenbreiten ab B = 3,5 m und Versatztiefen ab L = 2,5 m sind mit beiden Lang-Lkw befahrbar.

#### Plangleiche Knotenpunkte

Grundlegend gibt es bei Stadtstraßen die gleichen Bewegungsvorgänge wie bei Landstraßen. Bei Stadtstraßen gibt es allerdings eine größere Vielfalt an Knotenpunktformen, die für Lang-Lkw maßgebend sein können. Da sich diese Vielfalt nicht abbilden lässt, wird die Befahrbarkeit von plangleichen Kreuzungen und Einmündungen auf das Rechtseinbiegen und Rechtsabbiegen begrenzt. Diese beiden Fahrvorgänge sind die kürzesten Räumwege an einem plangleichen Knotenpunkt. Längere

Räumwege wie beim Linksabbiegen und Linkseinbiegen sind dagegen in Abhängigkeit der Gegebenheiten am Knotenpunkt immer im Einzelfall zu prüfen.

Die untersuchten Ein- und Abbiegevorgänge zeigen alle Überstreichungen außerhalb des Fahrstreifens durch die hinteren Überhänge der Lang-Lkw. Auf der Innenseite der Schleppkurven kommt es bei allen untersuchten Ein- und Abbiegevorgängen zu Überfahrungen der Eckausrundungen. Die Ergebnisse sind unabhängig von den geprüften Fahrstreifenbreiten ( $B = 3,25 \text{ m}$  und  $B = 3,5 \text{ m}$ ).

Auf Stadtstraßen ist bei geringen Verkehrsaufkommen und seltenen Eintrittswahrscheinlichkeiten die Mitnutzung der Nachbarfahrstreifen möglich. Die Ein- und Abbiegevorgänge wurden unter diesem Sachverhalt überprüft. Alle geprüften Knotenpunkte konnten mit beiden Lang-Lkw befahren werden.

Ist die übersteuerte Fahrweise nicht möglich, muss für Knotenpunkte in bebauten Gebieten eine Einzelprüfung der Knotenpunkte erfolgen.

### Kreisverkehre

In der Untersuchung wurden die Kreisverkehre nach den „Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen“ und dem „Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren“ mit den Mindestmaßen entworfen. Innerstädtische Kreisverkehre können unterschiedliche Radien in den Eckausrundungen und unterschiedlich breite Fahrstreifenbreiten haben. Das wurde in der Untersuchung berücksichtigt. In der Untersuchung wurden schmale Fahrstreifen ( $B = 3,25 \text{ m}$ ) und breite Fahrstreifen ( $B = 3,75 \text{ m}$ ) in der Zufahrt untersucht. In den Zufahrten wurden zu den verschiedenen Fahrstreifenbreiten die Ausrundungsradien mit  $R_{\text{klein}} = 10 \text{ m}$  und  $R_{\text{groß}} = 14 \text{ m}$  variiert. Die Ausfahrten waren entweder  $B = 3,75 \text{ m}$  oder  $B = 4,0 \text{ m}$  breit.

Die Kreisverkehre wurden fahrgeometrisch mit den gleichen Fahrvorgängen wie die Kreisverkehre im Zuge von Landstraßen überprüft. So wurden 100 gon, 200 gon und 300 gon Umrundungen simuliert. Ist bei einem Kreisverkehr die Befahrbarkeit bei einer 100 gon Umrundung nicht gegeben, sei es durch die breite Schleppkurve des Lang-Lkw oder durch einen spitzen Winkel zwischen zwei Einmündungen, so kann bei der betreffenden Fahrbeziehung auf die 500 gon Umrundung verwiesen werden (FGSV 2006A). Nach den Richtlinien ist das in-

direkte Abbiegen bei geringem Schwerlastverkehr in den betreffenden Fahrbeziehungen zulässig. Deshalb wurden für alle Kreisverkehre indirekte Abbiegevorgänge simuliert.

#### • 100 gon Umrundung

Die Überprüfung der Umrundungen von 100 gon mit Typ 1 hat ergeben, dass bei den breiten Fahrstreifen und großen Eckausrundungen Kreisverkehre ab  $D = 30 \text{ m}$  uneingeschränkt befahrbar sind. Bei schmalen Fahrstreifen und kleinen Eckausrundungen werden die Eckausrundungen in der Ausfahrt immer überfahren.

Bei Typ 2 sind Kreisverkehre ab  $D = 35 \text{ m}$ , breiten Fahrstreifen und großen Ausrundungsradien eingeschränkt befahrbar. Bei den kleineren untersuchten Entwurfparametern ist in keinem Fall eine Befahrbarkeit ohne Anpassung der Ausfahrradien möglich. Die Ausfahrradien sind zu klein und die Fahrstreifenbreiten sind zu schmal.

#### • 200 gon Umrundung

Typ 1 kann bei kleinen Entwurfparametern eingeschränkt Kreisverkehre mit  $D = 22 \text{ m}$  und  $D = 26 \text{ m}$  befahren. Bei den größeren Entwurfparametern sind alle Kreisverkehre eingeschränkt befahrbar. Die auftretenden Überstreichungen von bis zu  $B = 0,1 \text{ m}$  in der Zufahrt sind nicht kritisch zu bewerten.

Typ 2 kann bei kleinen Entwurfparametern Kreisverkehre mit  $D = 22 \text{ m}$  und  $D = 26 \text{ m}$  befahren. Die aufgetretenen Überfahrungen bei größeren Durchmessern sind nur mit Anpassungen der Eckausrundungen möglich. Bei großen Entwurfparametern konnte der Lang-Lkw die Kreisverkehre mit  $D = 26 \text{ m}$  bis  $D = 35 \text{ m}$  eingeschränkt befahren. Die aufgetretenen Überfahrungen sind sehr gering.

#### • 300 gon Umrundung

Eine Umrundung von 300 gon mit Typ 1 ist auf allen geprüften Kreisverkehren mit den großen Entwurfparametern uneingeschränkt oder mit kleinen Überstreichungen eingeschränkt möglich. Bei den schmaleren Fahrstreifenbreiten und kleineren Eckausrundungen sind nur die Durchmesser  $D = 22 \text{ m}$ ,  $D = 26 \text{ m}$  und  $D = 30 \text{ m}$  mit kleinen Überstreichungen befahrbar.

Bei Typ 2 zeigt sich bei den großen geprüften Entwurfparametern ein ähnliches Bild wie bei Typ 1.

Bei schmalen Fahrstreifenbreiten und kleinen Eckausrundungen sind nur  $D = 26$  m und  $D = 30$  m mit kleinen Überstreichungen befahrbar.

- 500 gon Umrundung

Das indirekte Abbiegen erlaubt nicht nur bei spitzwinkligen, sondern auch bei rechtwinkligen Einmündungen eine bessere Befahrbarkeit mit einem Lang-Lkw.

Typ 1 kann durch das indirekte Abbiegen vor allem bei kleineren Entwurfparametern (kleinere Fahrstreifenbreiten und Eckausrundungen) die Kreisverkehre besser befahren als bei 100 gon Umrundungen. Bei breiteren Fahrstreifen und größeren Eckausrundungen kann Typ 1 alle Kreisverkehre befahren. Eine Ausnahme ist der Kreisverkehr mit  $D = 35$  m durch eine Überfahung mit  $B = 0,04$  m.

Bei Typ 2 treten durch die 500 gon Umrundung ebenfalls weniger Überfahrungen und Überstreichungen auf. Einen  $D = 22$  m Kreisverkehr konnte Typ 2 nicht mit 500 gon umrunden, weil das Fahrzeug dabei seinen maximalen Knickwinkel zwischen den Anhängern überschritt. Durch das indirekte Abbiegen konnte der Lang-Lkw im Vergleich zur 100 gon Umrundung den  $D = 30$  m Kreisverkehr befahren.

Bei den großen Entwurfparametern konnte Typ 2 Kreisverkehre mit  $D = 26$  m und  $D = 30$  m uneingeschränkt befahren, dagegen aber nicht mehr die die Kreisverkehre mit  $D = 35$  m und  $D = 40$  m.

## 7 Zusammenfassung

Ziel des Projektes war es maßgebende Grundlagen für praxisgerechte Empfehlungen der Streckenprüfung für Lang-Lkw zu erarbeiten. Dabei sollte im Bericht die Grundlage für einen eigenständigen Handlungsleitfaden in Form eines Hinweispapiers für Verwaltungen zur Streckenprüfung von Lang-Lkw entstehen.

Inhaltlich und methodisch wurden dafür Befragungen unter den Bundesländern versendet und ausgewertet, Forschungsberichte der Lang-Lkw Begleitforschung zusammengetragen, Bemessungsfahrzeuge definiert und fahrgeometrische Simulationen berechnet.

Im Ergebnis ergab die Befragung der Bundesländer eine recht einstimmige Forderung nach einheitli-

chen Regelungen und Empfehlungen im Umgang mit Streckenprüfungen bei Lang-Lkw. Das spiegelt die Erfordernis von Bemessungsfahrzeugen, Empfehlungen der Bewertung von zu querenden Bahnanlagen oder die Aufklärung über die Straßenbeanspruchung durch Lang-Lkw wieder.

Maßgebend für die Untersuchungen war die Bestimmung von repräsentativen Bemessungsfahrzeugen für die Typen 1, 2, 3, 4 und 5. Typ 1 nimmt auch in dieser Untersuchung eine Sonderstellung ein. Durch die großen Überhänge und die Maximallänge von  $L = 17,80$  m, damit ist er dennoch kürzer als ein zulässiger Gliederzug, hat er trotzdem größere Schleppkurven als konventionelle Lkw.

Die übrigen Typen 2, 3, 4 und 5 werden mit Typ 2 abgedeckt. Typ 2 deckt mit seiner Vorkommenshäufigkeit und seinen Schleppkurven die übrigen Lang-Lkw ab.

Beide Bemessungsfahrzeuge können mit speziellen Schleppkurvenprogrammen, aber auch mit einfachen Entwurfsprogrammen simuliert werden.

Die Fragestellungen zum Räumen an lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten wurden aus dem Schlussbericht der BASt übernommen. Danach werden in den gültigen Richtlinien maximal  $L = 15$  m lange Fahrzeuge (6 m wenn nur Busse und Lkw maßgebend sind) für die Räumzeiten an LSA eingeplant.

Liegen Bahnübergänge auf Strecken, die auf Befahrbarkeit mit Lang-Lkw geprüft werden sollen, sind diese zunächst wie im Verfahren zu Großraum- und Schwertransporten (GST) zu behandeln (dort Randnummer 104, 114 der VwV zu § 29 StVO). Demnach sind die Betreiber der Schienenwege ab einer Fahrzeuglänge von  $L = 25,00$  m anzuhören, was bei Lang-Lkw in der Regel der Fall ist.

Wenn die Schienenbetreiber die Freigabe ablehnen, müssen sie dies begründen. Kein ausreichender Grund ist eine (bei GST häufig vorkommende) Forderung der Auflage, vor jeder Überfahrt müsse der Transporteur die Fahrt beim Schienenbetreiber anmelden. Diese Auflage kann bei GST z. B. gerechtfertigt sein aufgrund von Besonderheiten bei Gewicht, Bodenfreiheit oder Geschwindigkeit des Transports. Diese Besonderheiten sind bei Lang-Lkw aber nicht gegeben. Auch ist eine entsprechende Auflage nicht möglich, da die Strecken für Lang-Lkw allgemein freigegeben werden.

Gründe für eine Ablehnung sind Sichtbehinderungen oder zu kurze Aufstelllängen hinter dem Bahn-

übergang. Das Überqueren von Bahnübergängen kann nicht abgelehnt werden, wenn die signal-technischen Bemessungsgrundlagen für einen Lang-Lkw nicht kritisch sind (z. B. die Räumzeit eines anderen Verkehrsteilnehmers ist gegenüber dem Lang-Lkw kritischer).

Der Schienenbetreiber kann für die Prüfung keine Kosten in Rechnung stellen, da hierfür keine Rechtsgrundlage besteht (BMVI).

Mit den Bemessungsfahrzeugen wurden ausgewählte Verkehrsanlagen im Zuge von Autobahnen, Landstraßen und Stadtstraßen mit Mindestmaßen nach den gültigen Richtlinien konstruiert und fahrgeometrisch überprüft. Neben den Lang-Lkw wurden die Verkehrsanlagen auch mit einem konventionellen Lkw auf derselben Fahrlinie simuliert. Die Gegenüberstellung mit einem konventionellen Lkw bescheinigt, dass bei bestimmten Entwurfsparametern eine Verkehrsanlage mit einem Lang-Lkw und gleichzeitig mit dem Referenzfahrzeug nur eingeschränkt oder nicht befahren werden kann.

Als Anhang wurde mit den Ergebnissen der Untersuchungen ein gesondertes Dokument „Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw“ erstellt. Der Leitfaden greift die Fragestellungen und Erkenntnisse aller Untersuchungsschwerpunkte auf und gibt sie in einer gekürzten Form wieder. Die Empfehlungen sind als Hinweise zu sehen und sind nicht bindend.

## Literatur

Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VWV-STVO): Fassung der Bekanntmachung vom 22. Oktober 1998, die zuletzt in der Fassung vom 22. September 2015 geändert worden ist

BARTH (2015): Abteilung 6 – Verkehr, Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Interview zu Rastanlagen in Sachsen, 04.11.2015, durchgeführt von Alexander Schemmel

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur – LA 22 (2018): E-Mailverkehr mit dem Referat LA 22, Ordnung des Straßenverkehrs (Verhaltensrecht), Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, e-Mail vom 16.03.2018

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur – BMVI (2011): Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberlStVAusnV); [http://www.gesetze-im-internet.de/lkw\\_berlstv\\_ausnv/index.html#BJNR614410011BJNE000200000](http://www.gesetze-im-internet.de/lkw_berlstv_ausnv/index.html#BJNR614410011BJNE000200000), 2012, (2013-03-19)

Council of Ministers of Transportation and Highway Safety (2011): Summary Information on MOU National Standards – December 2011; <http://www.comt.ca/english/programs/trucking/standards.html>, (2013-03-10)

DB Netz AG (2008): Regelwerk Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik Richtliniefamilie 815 „Bahnübergänge planen und instand halten“

Fliegl Fahrzeugbau (2014): Patent EP2634018 B1 Helmut Fliegl. Anmeldenummer EP20120157598. Veröffentlicht 26.11.2014

Fka Forschungsgesellschaft Kraffahrwesen mbH Aachen (2005): Roadtrain-Konzept für den europäischen Güterverkehr; <http://www.euro-combi.de/publikationen.php>, 2005, (2013-03-11)

FÖRG et al. (2016): „Fahrzeugtechnische Eigenschaften von Lang-Lkw“; Schlussbericht Süßmann und Förg GbR

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2008); Arbeitsgruppe Straßentwurf: Richtlinien für die Anlage von Autobahnen (RAA); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2013); Arbeitsgruppe Straßentwurf: Richtlinien für die Anlage von Landstraßen (RAL); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2006a); Arbeitsgruppe Straßentwurf: Merkblatt für die Anlage von Kreisverkehren; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Verlag, Köln

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2006b); Arbeitsgruppe Straßentwurf: Richtlinien für die Anlage von Stadtstraßen (RASt); Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Verlag, Köln

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV (2001): „Bemessungsfahrzeuge und Schleppkurven zur Überprüfung der Befahrbarkeit von Verkehrsflächen“, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Verlag, Köln
- FRIEDRICH et al. (2013): Überprüfung der Befahrbarkeit innerörtlicher Knotenpunkte mit Fahrzeugen des Schwerlastverkehrs. Schlussbericht der Technische Universität Braunschweig
- GLAESER et al. (2008): „Auswirkungen von neuen Fahrzeugkonzepten auf die Infrastruktur des Bundesfernstraßennetzes“, im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen – BASt, Schlussbericht, Bergisch Gladbach
- IRZIK M. et al. (2016): „Feldversuch mit Lang-Lkw“, Bundesanstalt für Straßenwesen, <https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v1-lang-lkw/v1-lang-lkw.html>, (2017-06-11)
- KÖGEL (2013): Vorteile des Kögel Euro Trailer; <http://www.koegel-trailer.com/de/produkte/speiditionsgewerbe/koegel-euro-trailer/vorteile.html>, (2013-03-19)
- KRONE GmbH (2013): DWC. Dynamic Wheel Base Control. Online im Internet: URL: <http://www.krone-trailer.com/produkte/dwc/dwc/>, (2013-05-23)
- LIPPOLD, C.; SCHEMMEL, A. (2013): „Befahrbarkeit spezieller Verkehrsanlagen auf Autobahnen mit Lang-Lkw“, Schlussbericht der Technische Universität Dresden
- LIPPOLD, C.; SCHEMMEL, A. (2015A): „Befahrbarkeit plangleicher Knotenpunkte mit Lang-Lkw“, Forschungsauftrag 09.89.0284/ 2013/ CRB der BASt, TU Dresden, Heft V 250, Dresden
- LIPPOLD, C.; SCHEMMEL, A. (2015B): „Bewertung von Verkehrsanlagen zur Routenfreigabe für Lang-Lkw im Land Brandenburg (Positivnetz)“, Landesbetrieb Straßenwesen, Brandenburg; Untersuchungsbericht der Technische Universität Dresden
- LIPPOLD, C.; SCHEMMEL, A.; KATHMANN, T.; SCHROEDER, J. (2016): „Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße“, Forschungsauftrag 02.0381/2015/MRB der BASt, Dresden
- LIPPOLD, C.; SCHEMMEL, A. (2017): „Gutachten – Bewertung von Verkehrsanlagen zur Routenfreigabe für Lang-Lkw im Land Brandenburg (Positivnetz)“, im Auftrag des Landesbetrieb Straßenwesen Brandenburg, unveröffentlicht, Dresden
- Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung – MIL (2018): Hinweisblatt – zum Antrag auf Zulassung von Lang-Lkw gemäß „Verordnung über Ausnahmen von straßenverkehrsrechtlichen Vorschriften für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen mit Überlänge (LKWÜberStV AusnV)“ des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) zur Aufnahme in das Positivnetz, Land Brandenburg
- SCHNÜLL; HOFFMANN; KÖLLE; ENGELMANN (2001): „Grundlagen für die Bemessung von fahrgeometrischen Bewegungsräumen für Nutzfahrzeuge mit mehr als 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht“, Schriftenreihe Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 827, Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn
- SCHÖNE, E.; GÜNTHER, F.; SCHEMMEL, A. (2016): „Zulassung überlanger Straßenfahrzeuge: Auswirkungen auf Bahnübergänge“, EI – Der Eisenbahningenieur, November
- SCHÖNE, E. (2018): „Skript der Professur für Verkehrssicherungstechnik“, Kapitel 13 – Bahnübergänge, Dresden
- SOBOTTA, R. (2007): „Überprüfung von Entwurfsparametern für Kreisverkehre mit empirischen Schleppkurven“, Schriftenreihe Heft 49, Technische Universität München
- STOTZ, F.-J. (2008): „Regelwerk Bautechnik, Leit-, Signal- u. Telekommunikationstechnik Richtlinienfamilie 815 – Bahnübergänge planen und instand halten“, DB Netz AG
- STÜRMER; WANGRIN; WÖHRMANN (2009): Abschlussbericht NRW Modellversuch – Technische Erprobung von Fahrzeugkombinationen mit einer Gesamtlänge bis 25,25 m („Gigaliner“); 2009, <http://www.allianz-pro-schiene.de/entgleist/abschlussbericht-nrw-modellversuch-gigaliner.pdf>, (2013-03-20)
- Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO): Fassung der Bekanntmachung vom 28. September 1988 (BGBl. I S. 1793), die zuletzt

durch Artikel 6 der Verordnung vom 13. Januar 2012 (BGBl. I S. 103) geändert worden ist

SÜßMANN, A.; FÖRG, A.; WENZELIS, A. (2014): Lang-Lkw: Auswirkung auf Fahrzeugsicherheit und Umwelt. Schlussbericht zum FE 82.0543/2012 im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen, Technische Universität München, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik

VDA Presse (2011): Fakten und Argumente zum Öko-Laster; [http://www.logistik-tv.net/lang-lkw-klimaschutz-verkehrswachstum-vda-verkehrstraeger-\\_id186.html](http://www.logistik-tv.net/lang-lkw-klimaschutz-verkehrswachstum-vda-verkehrstraeger-_id186.html) (sic), (2013-03-20)

VwV-StVO (2017): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Straßenverkehrs-Ordnung (VwV-StVO), Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, [http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund\\_2601\\_S3236420014.htm](http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_2601_S3236420014.htm), (2018-02-22)

ZIMMERMANN; KÖHLER; ROOS (2016): „Überholen und Räumen – Auswirkungen auf Verkehrssicherheit und Verkehrsablauf durch Lang-Lkw“, FE 09.0182, Bundesanstalt für Straßenwesen

## Bilder

Bild 1: Mögliche Fahrzeugkombinationen nach LKWÜberlStVAusnV

Bild 2: Lang-Lkw Typ 1

Bild 3: Lang-Lkw Typ 2

Bild 4: Lang-Lkw Typ 3

Bild 5: Lang-Lkw Typ 4 (Quelle Contrail)

Bild 6: Lang-Lkw Typ 5\*

Bild 7: Unterschied von gelenkten und nicht gelenkten Aufliegern (Fka, 2005)

Bild 8: Lang-Lkw Typ 3 mit (oben) und ohne (unten) gezogener Lenkachsen und jeweils starren Dolly (GLAESER et al., 2008)

Bild 9: Lang-Lkw Typ 2 mit abgesenkter (oben) und gelifteter (unten) 5. Achse (GLAESER et al., 2008)

Bild 10: Einhaltung des BO-Kraftkreis nach § 32 StVZO mit gelenktem Dolly (VDA Presse, 2011)

Bild 11: Lang-Lkw Typ 3 mit starren (oben) und gelenktem (unten) Dolly (GLAESER et al., 2008)

Bild 12: Simulation Kreisfahrt hochgekuppelter Dolly (SÜßMANN et al., 2014)

Bild 13: Wirkungsweise der gelenkten Deichsel bei Unteretzachsen vom System B (Patent EP2634018 B1, Figur 3 mit eigenen Anmerkungen)

Bild 14: Überstreichung Eckausrundung Typ 5 (FRIEDRICH et al., 2013)

Bild 15: Rechtsabbiegen an einer Anschlussstelle (LIPPOLD/ SCHEMMELE, 2015A)

Bild 16: Überfahrungen bei schmalen Fahrgassen B = 4,50 m und kleinen Ausrundungsradien (LIPPOLD/SCHEMMELE, 2016)

Bild 17: Bildung von Sichtdreiecken für nichttechnisch gesicherte Bahnübergänge (SCHÖNE, 2018)

Bild 18: Punkte und Strecken zur Berechnung technisch gesicherter BÜ (SCHÖNE et al., 2016)

Bild 19: Schematische Darstellung des grafischen Verfahrens zur Schleppkurvenbestimmung (SÜßMANN et al., 2014)

Bild 20: Kurvenfahrt eines Lang-Lkw mit zwei Richtungsänderungen in kurzer Folge

Bild 21: Modellversuch zur Bestimmung einer Schleppkurven (SOBOTTA, 2007)

Bild 22: Peilhilfe der überstrichenen Fläche durch Wassertropfen (SÜßMANN, 2014)

Bild 23: Fahrweise 1 – ohne Knick – eines Lkw (FGSV, 2001)

Bild 24: Fahrweise 2 – mit Knick – eines Lkw (FGSV, 2001)

Bild 25: Aufteilung der angemeldeten Fahrzeugkombination auf Lang-Lkw-Typen (FÖRG et al., 2016)

Bild 26: Verteilung der Achszahl bei Lang-Lkw vom Kombinationstyp 2 (FÖRG et al., 2016)

- Bild 27: Verteilung der Achszahl bei Lang-Lkw vom Kombinationstyp 3 (FÖRG et al., 2016)
- Bild 28: Ersatzradstand eines 3-achsigen Motorwagens mit starrer Nachlaufachse
- Bild 29: Parametrische Abbildung von Lang-Lkw-Typen 1 bis 3 mit Ersatzradständen und Kuppelmaßen
- Bild 30: Parameterdarstellung von Typ 1 nach Tabelle 1
- Bild 31: Parameterdarstellung von Typ 2 nach Tabelle 2
- Bild 32: Parameterdarstellung von Typ 3 nach Tabelle 3 und nach Tabelle 4
- Bild 33: Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) des Typ 1 im BO-Kraftkreis
- Bild 34: 95%-Fahrzeug und 99%-Fahrzeug des Typ 1 im BO-Kraftkreis
- Bild 35: Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) des Lang-Lkw Typ 2 im BO-Kraftkreis
- Bild 36: Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) des Kombinationstyps 3 mit Untersetzachse vom System A im BO-Kraftkreis (Lenkübersetzung der Dolly 4,0)
- Bild 37: Bemessungsfahrzeug (85%-Fahrzeug) des Kombinationstyps 3 mit Untersetzachse vom System B im BO-Kraftkreis
- Bild 38: Bemessungsfahrzeug für den 85%-Lang-Lkw von Typ 1 nach Tabelle 1
- Bild 39: Bemessungsfahrzeug für den 85%-Lang-Lkw von Typ 2 nach Tabelle 2
- Bild 40: Elemente Einmündung 1
- Bild 41: Elemente Einmündung 2
- Bild 42: Elemente der Einmündung 3
- Bild 43: Entwurfselemente am Beispiel von Kreisverkehr 1
- Bild 44: Grundformen von Mittelinseln bei Ortseingängen (FGSV 2006B)
- Bild 45: Versatzkennwerte in Abhängigkeit von der Versattiefe  $t_v$  und Versatzlänge  $l_v$
- Bild 46: Schleppkurve eines übersteuerten Einbiegevorganges
- Bild 47: Einbiegevorgang eines Typ 2 mit hinterlegtem Referenzfahrzeug
- Bild 48: Beispiel einer Schleppkurve (grau) von Typ 2 in einer Q1 Rampe mit  $R = 30,0$  m
- Bild 49: Typ 2 in Nothaltebucht 3, Abmessungen in [m]
- Bild 50: Kennwerte für das Linksabbiegen
- Bild 51: Kennwerte für das Linkseinbiegen
- Bild 52: Kennwerte für das Rechtsabbiegen
- Bild 53: Kennwerte für das Rechtseinbiegen
- Bild 54: Kennwerte für die 100 gon Umrundung
- Bild 55: Kennwerte für die 200 gon Umrundung
- Bild 56: Kennwerte für die 300 gon Umrundung
- Bild 57: Darstellung der untersuchten Ortseingänge (FGSV 2006B)
- Bild 58: Kennwerte für das Rechtsabbiegen
- Bild 59: Kennwerte für das Rechtseinbiegen
- Bild 60: Kennwerte für die 100 gon Umrundung
- Bild 61: Kennwerte für die 200 gon Umrundung
- Bild 62: Kennwerte für die 300 gon Umrundung
- Bild 63: Beschilderung für 500 gon Umrundung am Kreisverkehr
- Bild 64: Kennwerte für das indirekte Abbiegen

## Tabellen

- Tab. 1: Maße des 85%-Bemessungsfahrzeuges für Typ 1
- Tab. 2: Maße des 85%-Bemessungsfahrzeuges für Typ 2
- Tab. 3: Maße des 85%-Bemessungsfahrzeuges für Typ 3 mit Untersetzachse System A
- Tab. 4: Maße des 85%-Bemessungsfahrzeuges für Typ 3 mit Untersetzachse System B

- 
- Tab. 5: Ergebnisse der Befragung zu besonderen Prüfroutinen
- Tab. 6: Parameterauswahl für Nothaltebuchten
- Tab. 7: Parameter der zu untersuchenden Einmündungen
- Tab. 8: Entwurfparameter der untersuchten Kreisverkehre
- Tab. 9: Annahmen für geprüfte Versätze in Anlehnung an Bild 45
- Tab. 10: Entwurfparameter der geprüften Knotenpunkte
- Tab. 11: Entwurfselemente von Kreisverkehren in bebauten Gebieten
- Tab. 12: Schleppkurvenbreiten Typ 1 in verschiedenen Rampenquerschnitten
- Tab. 13: Restbreiten auf den Rampen bei Typ 1
- Tab. 14: Schleppkurvenbreiten Typ 2 in verschiedenen Rampenquerschnitten
- Tab. 15: Restbreiten in den Rampen bei Typ 2
- Tab. 16: Abstände beim Linksabbiegen mit verschiedenen Knickwinkeln an den maßgebenden Kennwerten A, B und C aus Bild 50
- Tab. 17: Abstände beim Linkseinbiegen mit verschiedenen Knickwinkeln an den maßgebenden Kennwerten A, B, C und D aus Bild 51
- Tab. 18: Abstände beim Rechtsabbiegen mit verschiedenen Knickwinkeln an den maßgebenden Kennwerten A, B und C aus Bild 52
- Tab. 19: Abstände beim Rechtseinbiegen mit verschiedenen Knickwinkeln an den maßgebenden Kennwerten A, B und C aus Bild 53
- Tab. 20: Auswertung Kreisverkehre 100 gon Umrundung
- Tab. 21: Auswertung Kreisverkehre 200 gon Umrundung
- Tab. 22: Auswertung Kreisverkehre 300 gon Umrundung
- Tab. 23: Bewertung der Befahrbarkeit von fahrdynamischen Verschwenkungen mit Lang-Lkw
- Tab. 24: Auswertung für das Rechtsabbiegen
- Tab. 25: Auswertung für das Rechtseinbiegen
- Tab. 26: Auswertung der 100 gon Umrundung mit Typ 1
- Tab. 27: Auswertung der 100 gon Umrundung mit Typ 2
- Tab. 28: Auswertung der 200 gon Umrundung mit Typ 1
- Tab. 29: Auswertung der 200 gon Umrundung mit Typ 2
- Tab. 30: Auswertung der 300 gon Umrundung mit Typ 1
- Tab. 31: Auswertung der 300 gon Umrundung mit Typ 2
- Tab. 32: Auswertung der 500 gon Umrundung mit Typ 1
- Tab. 33: Auswertung der 500 gon Umrundung mit Typ 2

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Verkehrstechnik“

## 2017

#### V 280: Demografischer Wandel im Straßenbetriebsdienst – Analyse der möglichen Auswirkungen und Entwicklung von Lösungsstrategien

Pollack, Schulz-Ruckriegel € 15,50

#### V 281: Entwicklung von Maßnahmen gegen Unfallhäufungsstellen – Weiterentwicklung der Verfahren

Maier, Berger, Kollmus € 17,50

#### V 282: Aktualisierung des Überholmodells auf Landstraßen

Lippold, Vettters, Steinert € 19,50

#### V 283: Bewertungsmodelle für die Verkehrssicherheit von Autobahnen und von Landstraßenknotenpunkten

Bark, Krähling, Kutschera, Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Schuckließ, Maier, Berger € 19,50

#### V 284: Berücksichtigung des Schwerverkehrs bei der Modellierung des Verkehrsablaufs an planfreien Knotenpunkten

Geistefeldt, Sievers  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

#### V 285: Praxiserforderte Anforderungen an Tausalz

Kamptner, Thümmler, Ohmann  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

#### V 286: Telematisch gesteuertes Kompaktparken – Grundlagen und Entwicklung

Kleine, Lehmann € 16,50

#### V 287: Werkzeuge zur Durchführung des Bestandsaudits und einer erweiterten Streckenkontrolle

Bark, Kutschera, Resnikow, Follmann, Biederbick € 21,50

#### V 288: Überholungen von Lang-Lkw – Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit und den Verkehrsablauf

Roos, Zimmermann, Köhler  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

#### V 289: Verkehrsqualität an verkehrsabhängig gesteuerten und koordinierten Lichtsignalanlagen

Geistefeldt, Giuliani, Vieten, Dias Pais € 20,00

#### V 290: Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 19,00

#### V 291: Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung und Unfallrisiko

Bäumer, Hautzinger, Pfeiffer, Stock, Lenz, Kuhnimhof, Köhler € 18,50

#### V 292: Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw

Burg, Schrempp, Röhling, Klaas-Wissing, Schreiner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

#### V 293: Ermittlung der geeigneten Verkehrsnachfrage als Bemessungsgrundlage von Straßen

Geistefeldt, Hohmann, Estel  
Unterauftragnehmer: Manz € 17,50

#### V 294: Wirtschaftlichkeitsbewertung besonderer Parkverfahren zur Lkw-Parkkapazitätserhöhung an BAB

Maibach, Tacke, Kießig € 15,50

#### V 295: Konzentrationen und Frachten organischer Schadstoffe im Straßenabfluss

Grotehusmann, Lambert, Fuchs, Graf € 16,50

#### V 296: Parken auf Rastanlagen mit Fahrzeugen und Fahrzeugkombinationen mit Übergröße

Lippold, Schemmel, Kathmann, Schroeder  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <https://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

#### V 297: Sicherheitstechnische Überprüfung von Elementen plangleicher Knotenpunkte an Landstraßen

Zimmermann, Beeh, Schulz, Roos  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

#### V 298: Verfahren zur Zusammenführung von Informationen unterschiedlicher Netzanalysesysteme

Balck, Schüller, Balmberger, Rossol  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

#### V 299: Einfluss von Fehlern auf die Qualität von Streckenbeeinflussungsanlagen

Schwietering, Neumann, Volkenhoff, Fazekas, Jakobs, Oeser  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

## 2018

#### V 300: Untersuchungen zur Optimierung von Schadstoffrückhalt und Standfestigkeit von Banketten

Werkenthin, Kluge, Wessolek  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

#### V 301: Sicherheitsbewertung von Arbeitsstellen mit Gegenverkehrstrennung

Kemper, Sümmermann, Baier, Klemps-Kohnen  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

#### V 302: Entwicklung einer Fahrstreifenreduktionsbeeinflussungsanlage für Baustellen auf BAB

Heinrich, Maier, Papageorgiou, Papamichail, Schober, Stamatakis  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

#### V 303: Psychologische Wirkungen von Arbeitsstellenlängen, -staffelung und -gestaltung auf die Verkehrsteilnehmer

Scotti, Kemper, Oeser, Haberstroh, Welter, Jeschke, Skottke € 19,50

#### V 304: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2015

Fitschen, Nordmann € 31,00  
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: [www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de) heruntergeladen werden. € 15,00

#### V 305: Pilotversuche zur Behandlung der Abwässer von PWC-Anlagen

Hartmann, Londong € 16,00

#### V 306: Anpassung des bestehenden Straßennetzes an das Entwurfskonzept der standardisierten Straßen – Pilotprojekt zur Anwendung des M EKLBest

Lippold, Wittig  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

#### V 307: Evaluation des Sicherheitsaudits von Straßen in der Planung

Baier, Baier, Klemps-Kohnen, Bark, Beaulieu, Theis € 17,50

**V 308: Überarbeitung und Aktualisierung des Merkblattes für die Ausstattung von Verkehrsrechner- und Unterzentralen (MARZ 1999)**

Gerstenberger, Hösch, Listl, Schwietering  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

**V 309: Photokatalytische Oberflächen zur Minderung von Stickoxidbelastungen an Straßen – TiO<sub>2</sub>-Pilotstudie Lärmschutzwand**

Baum, Lipke, Löffler, Metzger, Sauer € 16,50

**V 310: Umweltfreundlicher Straßenbelag – photokatalytischer Stickstoffdioxidabbau unter Nutzung der Nanotechnologie**

Wang, Oeser, Steinauer  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

**V 311: Feldversuch mit Lang-Lkw**

Irzik, Kranz, Bühne, Glaeser, Limbeck, Gail, Bartolomaeus, Wolf, Sistenich, Kaundinya, Jungfeld, Ellmers, Kübler, Holte, Kaschner  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

**V 312: Sicherheitswirkung, Dauerhaftigkeit und Lärmemission von eingefrästen Rüttelstreifen**

Hegewald, Vesper, Irzik, Krautscheid, Sander, Lorenzen, Löffler, Ripke, Bommert  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

## 2019

**V 313: Tausalzverdünnung und -rückhalt bei verschiedenen Entwässerungsmethoden – Modellberechnungen**

Braun, Klute, Reuter, Rubbert € 18,50

**V 314: Übergreifende verkehrstechnische Bewertung von Autobahnstrecken und -knotenpunkten**

Hartmann, Vortisch, Vieten, Chatzipanagiotidou, Haug, Spangler € 18,50

**V 315: Telematisch gesteuertes Kompaktparken für das Lkw-Parkraummanagement auf Rastanlagen an BAB – Anforderungen und Praxiserprobung**

Kappich, Westermann, Holst € 15,50

**V 316: Akustische Wirksamkeit alter Lärmschutzwände**

Lindner, Hartmann, Schulze, Hübel € 18,50

**V 317: Wahrnehmungspsychologische Aspekte (Human Factors) und deren Einfluss auf die Gestaltung von Landstraßen**

Schlag, Anke, Lippold, Wittig, Walther € 22,00

**V 318: Unfallkommissionsarbeit – Unterstützung durch einen webbasierten Maßnahmenkatalog zur Beseitigung von Unfallhäufungen**

Wolf, Berger, Bärwolff € 15,50

**V 319: Vermeidung von abflussschwachen Zonen in Verwindungsbereichen – Vergleich und Bewertung von baulichen Lösungen**

Lippold, Veters, Ressel, Alber  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

**V 320: Einsatzbereiche und Entwurfsэлеmente von Rad-schnellverbindungen**

Malik, Lange, Andriess, Gwiasda, Erler, Stein, Thiemann-Linden € 18,00

**V 322: Automatisch gesteuerte Streustoffausbringung durch Nutzung neuer mobiler Sensoren**

Hausmann € 18,00

**V 323: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2016**

Fitschen, Nordmann € 31,50  
Die Ergebnisdateien können als kostenpflichtiger Download unter: [www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de) heruntergeladen werden. € 15,00

## 2020

**V 321: Dynamisches umweltsensitives Verkehrsmanagement**  
Diegmann, Wurstthorn, Breitenbach, Düring, Schönharting, Kraus, Klemm, Voigt, Kohlen, Löhner € 20,00

**V 324: Konzept zur Bewertung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten mit und ohne LSA**

Vortisch, Buck, Leyn, Baier, Schuckließ, Schimpf, Schmotz  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

**V 325: Entwurfsparameter von Hochleistungsstraßen innerhalb bebauter Gebiete**

D. Schmitt, J. Gerlach, M. Schwedler, F. Huber, H. Sander  
In Vorbereitung

**V 326: Straßenverkehrszählung 2015 – Methodik der manuellen Zählungen**

Schmidt, Frenken, Mahmoudi € 15,50

**V 327: Straßenverkehrszählung 2015 – Ergebnisse**

Frenken, Mahmoudi € 16,50

**V 328: Anprallprüfungen an Fahrzeug-Rückhaltesystemen und Entwicklung von Nachrüstlösungen**

Meisel, Balzer-Hebborn, Ellmers, Jungfeld, Klostermeier, Kübler, Schmitz, Schwedhelm, Yu € 18,50

**V 329: Streckenbezogene Glättevorhersage**

Schedler, Gutbrod, Müller, Schröder € 24,50

**V 330: Führung des Radverkehrs an Landstraßen**

Baier, Leu, Rittershaus  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter [https:// bast.opus.hbz-nrw.de/](https://bast.opus.hbz-nrw.de/) heruntergeladen werden.

**V 331: Leitfaden für die Streckenfreigabe für den Einsatz von Lang-Lkw**

Lippold, Schemmel, Förg, Süßmann € 17,00

Fachverlag NW in der Carl Ed. Schünemann KG  
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen  
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-48

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

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

Alle Berichte, die nur in digitaler Form erscheinen, können wir auf Wunsch als »Book on Demand« für Sie herstellen.