
Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw

FE 89.0315/2015

Schlussbericht

August 2016

Im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen

Bearbeiter:

TCI Röhling Transport Consulting International

Dipl. Geograph Robert Burg

Dipl. Phys. Stefan Schrempp

Dr. Wolfgang Röhling

Lehrstuhl für Logistikmanagement der Universität St. Gallen

Dr. Thorsten Klaas-Wissing

M.Sc. Stephanie Schreiner

T C I Transport Consulting
Röhling International ■ ■ ■

Lehrstuhl für Logistikmanagement
 **Universität St.Gallen**

Inhalt

1	EINLEITUNG.....	4	4	ANALYSE	
				VERKEHRSNACHFRAGEWIRKUNG	26
2	METHODISCHES VORGEHEN.....	5	4.1	Modelldesign.....	26
2.1	Analyserahmen	5	4.1.1	Umlegungs-, Kosten- und Fahrzeugmodul	27
2.2	Arbeitsablauf	7	4.1.2	Potenzial- und Modal-Split Module	29
			4.1.3	Rahmenbedingungen und Szenarien	32
			4.1.4	Modellierung des Straßennetz Zugangs	34
3	EMPIRISCHE ERGEBNISSE	9	4.2	Darstellung der Ergebnisse.....	35
3.1	Erhebungsdesign.....	9	4.2.1	Verkehrsnachfrage	35
3.1.1	Initialbefragung	9	4.2.2	Luftschadstoffe und Klimagasemissionen	37
3.1.2	Wöchentliche Befragung	10			
3.1.3	Ergänzende qualitative Befragungen von Teilnehmern und Nicht- Teilnehmern.....	10	4.3	Externe Effekte	38
3.2	Vorgehen	11	4.3.1	Rebound Effekt.....	38
3.2.1	Initialfragebogen	11	4.3.2	Induzierter Verkehr.....	39
3.2.2	Wöchentlicher Fragebogen	12	4.3.3	Konkurrenz- und Wettbewerbssituation zu anderen Verkehrsträgern.....	39
3.2.3	Qualitative Befragungen	12			
3.3	Ergebnisse.....	12	5	ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT.....	41
3.3.1	Unternehmensbezogenen Analysen .	13			
3.3.2	Fahrzeugbezogene Analysen.....	15			
3.3.3	Fahrten- und ladungsbezogenen Analysen	18			
3.3.4	Qualitative Analysen	21			
3.4	Schlussfolgerung.....	24			

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1: Unternehmensbezogene Daten 2015/2016 und 2012/2013.....	13
Tabelle 4-1: Gutarten nach NST2007	28
Tabelle 4-2: Mengengerüst des intermodalen Potenzials	30
Tabelle 4-3: Parameter Wahrscheinlichkeitsmodell Positivnetz	35
Tabelle 4-4: Verkehrsnachfragewirkung der Szenarien.....	36
Tabelle 4-5: Emissionen und Schadstoffe der Szenarien.....	37

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Die Teilmärkte des Güterverkehrsmarkt.....	5
Abbildung 2-2: Ablaufschema Untersuchung.....	7
Abbildung 3-1: Beteiligung an der wöchentlichen Erfassung der Transportvorgänge über den Erhebungszeitraum	13
Abbildung 3-2: Sitz der teilnehmenden Unternehmen.....	13
Abbildung 3-3: Wichtigste Marktsegmente	14
Abbildung 3-4: Hauptsächlich transportierte Güterarten	14
Abbildung 3-5: Angemeldete Lang-Lkw Typen ...	16
Abbildung 3-6: Einsatzbereiche der Lang-Lkw ...	16
Abbildung 3-7: Ladungsformen der Lang-Lkw	17
Abbildung 3-8: Einsatz und Vorkommen aller Lang-Lkw Typen	19
Abbildung 3-9: Einsatz und Vorkommen Lang-Lkw Typen 2-5	19
Abbildung 3-10: Anteile der Struktur der transportierten Güter	20
Abbildung 3-11: Quelle / Ziel der Fahrten Lang-Lkw	20
Abbildung 3-12: Art der Fahrten Lang-Lkw	20
Abbildung 4-1: Modelldesign intramodales Modul	26
Abbildung 4-2: Modelldesign intermodales Modul	27
Abbildung 4-3: Potenzialmodell Lang-Lkw Typ 2-5	29
Abbildung 4-4: Gewerbeflächenrasterelemente Deutschland als Basis der Modellraumstruktur...	33
Abbildung 4-5: Netzmodelle	33

1 Einleitung

Seit dem 01.01.2012 läuft der Feldversuch mit Lang-Lkw, der von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wissenschaftlich begleitet wird.

Neben Fragen zur Verkehrssicherheit, technischen Bedingungen und infrastrukturellen Auswirkungen, wurde von Ende 2012 bis Ende 2013 auch die Untersuchung FE 89.0273/2012 „Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagenermittlung“ (Röhling, Burg, Klaas-Wissing; 2014) durchgeführt, um das Marktpotenzial des Lang-Lkw in Deutschland abzuschätzen. Im Rahmen dieser Untersuchung, die ebenfalls durch TCI Röhling in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Logistikmanagement der Universität St. Gallen (LOG-HSG) erarbeitet wurde, sind folgende, spezielle Kennziffern und Indikatoren für ein Jahr erhoben worden:

- Unternehmen, die Lang-Lkw fahren,
- Verwendete Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen
- Durchgeführte Transportvorgänge mit ihren verschiedenen Attributen und Ausprägungen

Die aus diesen Beobachtungen abgeleiteten Erkenntnisse mündeten in die Schätzung des Marktpotenzials für Lang-Lkw Transporte. Hierzu wurden die aus der Feldbeobachtung analysierten Einsatzmuster an der Gesamtheit der in Deutschland in einem Jahr durchgeführten Transportvorgänge mit Lkw und Sattelfahrzeugen gespiegelt. Diese Transportvorgänge wurden auf der Grundlage von empirischen Größen aus der deutschen Straßengüterverkehrsstatistik modellhaft erzeugt. In dieser Untersuchung (FE 89.0273/2012) wurde bewusst auf eine Hochrechnung von Nachfragewirkungen verzichtet. Es wurden jedoch die Grundlagen und Strukturen geschaffen, um modellbasierte Analysen von Verkehrsnachfragewirkungen der Lang-Lkw in einem möglichen Regelbetrieb im Anschluss an den Feldversuch durchführen zu können.

Die hier vorgelegte Untersuchung hat die Abschätzung von Nachfragewirkungen des Lang-Lkw zum Ziel und knüpft an der oben beschriebenen Grundlagenuntersuchung an.

Die Unternehmen TCI Röhling – Transport Consultant International (TCI) in Waldkirch und der Lehrstuhl für Logistikmanagement der Universität St. Gallen (LOG-HSG) sind von der Bundesanstalt für Straßenwesen mit der Durchführung der Arbeiten zu dieser Untersuchung „Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw“ im Rahmen der wissen-

schaftlichen Begleitung des Feldversuches zum Lang-Lkw beauftragt worden.

Die wichtigsten Arbeitsschwerpunkte bilden dabei:

- Erhebung:
Eine ergänzende Erhebung ist durchgeführt worden, die sich im Wesentlichen an der vorgehenden Erhebung orientiert.
- Verkehrsnachfragemodellierung:
Ein integriertes, auf den Güterstromverflechtungen aller Verkehrsträger basierendes Güterverkehrs-Nachfrage-Modell, das insbesondere sensitiv auf das für den Lang-Lkw verfügbare Straßennetz reagiert, wurde entwickelt.
- Modellanalysen:
Die Anwendung des Modells lieferte für verschiedene Szenarien Abschätzungen für intramodale und intermodale Verlagerungswirkungen hin zum Lang-Lkw. Die generierten Modellanalysen der einzelnen Szenarien sind auch Grundlage für die daraus direkt zu ermittelnden Größen zu Luftschadstoffen und Klimagasemissionen.

Der hier vorliegende Schlussbericht ist wie folgt aufgebaut:

- Kapitel 2: Beschreibung des grundlegenden methodischen Vorgehens
- Kapitel 3: Beschreibung und Analyse der Erhebung und Befragung
- Kapitel 4: Analyse und Beschreibung der Verkehrsnachfragemodellierung
- Kapitel 5: Zusammenfassung und Fazit des Forschungsvorhabens.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Analyserahmen

Ein wesentliches Ziel der Modellierung ist es, die Struktur der Güterverkehrsnachfrage und die durch Nachfrage- und Angebotsveränderungen resultierenden Verlagerungswirkungen abzubilden. Dazu ist das Verkehrssystem in seiner Gesamtheit zu betrachten. Es sind sowohl die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Komponenten des Gesamtsystems als auch die Schnittstellen zu den Rahmenbedingungen des Güterverkehrs, insbesondere zu logistischen, ökonomischen und ökologischen Einflüssen, in geeigneter Form zu berücksichtigen. Um dieser Zielsetzung gerecht zu werden, wird der Güterverkehrsmarkt durch ein integratives Gesamtmodell abgebildet. Dieser Ansatz, der im Folgenden dargestellt wird (siehe Abbildung 2-1), bildet den übergeordneten Analyse- und Modellrahmen.

Teilmärkte des Güterverkehrsmarktes

Um ein Verkehrssystem in seiner Gesamtheit zu erfassen, ist eine analytische Herangehensweise erforderlich, mit der die einzelnen Bausteine und

Komponenten dieses Systems identifiziert und analysiert werden können, sowie die Effizienz des Verkehrssystems bewertet werden kann. Die Herangehensweise muss einen Systemzusammenhang herstellen, der die Wechselwirkungen zwischen den Einzelkomponenten aufzeigt, die Rahmenbedingungen, die auf die Komponenten einwirken, identifiziert und es erlaubt, die Beeinflussbarkeit und Steuerbarkeit des Systems zu analysieren. Dies gilt für den Personen- und Güterverkehr gleichermaßen.

Die in diesem Sinne zu definierenden Teilmärkte des Güterverkehrsmarktes sind in Abbildung 2-1 schematisch dargestellt. Dieses, in seinen Grundzügen dargestellte, System stellt den Analyserahmen für die Untersuchung dar und zeigt, aufgrund der integrativen Betrachtung, die wesentlichen Zusammenhänge zur Schätzung der Nachfragewirkungen des Lang-Lkw auf.

Grundsätzlich sind bei der Betrachtung des Güterverkehrsmarktes drei Teilmärkte voneinander zu unterscheiden: der Nachfragemarkt, der Transportmarkt und der Verkehrsmarkt.

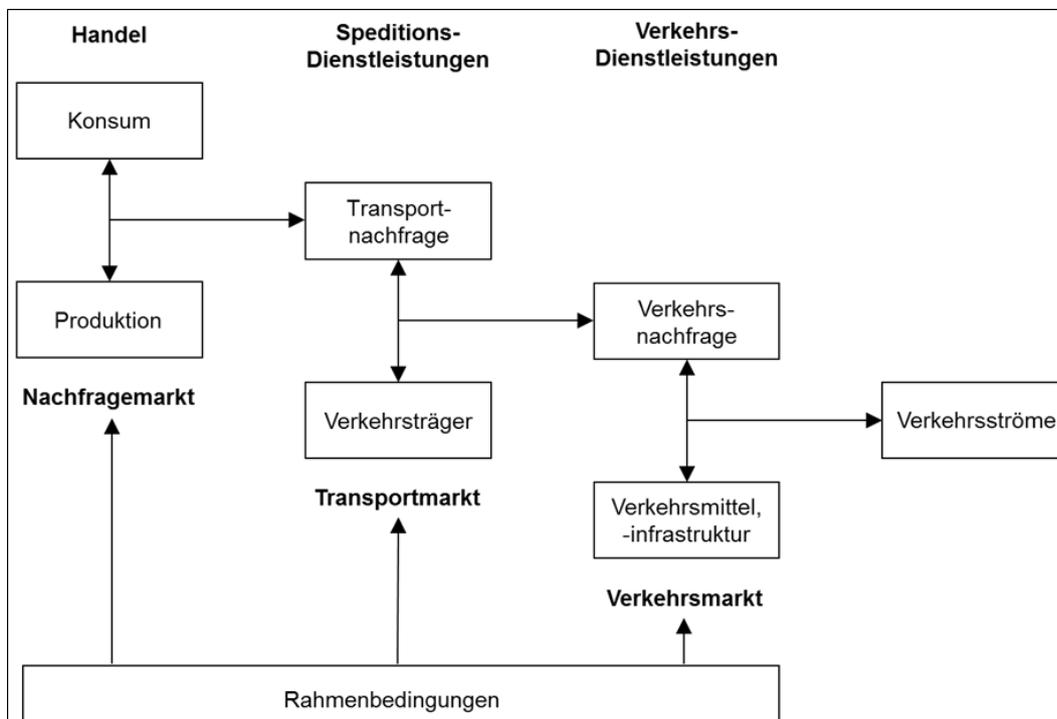


Abbildung 2-1: Die Teilmärkte des Güterverkehrsmarktes

Der Nachfragemarkt

Auf dem Nachfragemarkt entsteht der Transport- und Mobilitätsbedarf für Personen und Güter. Dort finden insbesondere die arbeitsteilige Produktion von Gütern und deren Konsum statt. Für die Produktion werden Materialien und Vorprodukte benötigt und müssen zu den Produktionsstätten gelangen; die Fertigprodukte müssen über Lieferketten bis zum Endverbraucher gebracht und Abfälle rückgeführt werden. Die Nachfrage unterliegt dabei einer bestimmten räumlichen und zeitlichen Struktur, die sich aus den Anforderungen der Nachfrager ergibt. Gleiches gilt auf der Angebotsseite. Die Betrachtung des Nachfragemarktes macht deutlich, dass das Transport- und Güterverkehrssystem eine abgeleitete (derivative) Servicefunktion zu erfüllen hat. Es muss die Infrastrukturen und Ressourcen bereitstellen, um den aus der Nachfrage heraus entstehenden Transport- und Mobilitätsbedarf zu erfüllen.

Der Transportmarkt

Zur Abwicklung der, auf dem Nachfragemarkt begründeten, Transportnachfrage, sind auf dem Transportmarkt Transportangebote unter Nutzung der verschiedenen Verkehrsträger erforderlich. Der Angebotsumfang berücksichtigt unter anderem die Eigenschaften der verschiedenen Verkehrsträger wie z. B. Transportkosten, Haus-zu-Haus-Fahrzeiten, notwendige Umladevorgänge, Anforderungen an Ladungsträger, Risiken der Beschädigung, Strukturen von Transportketten, die Kombinierbarkeit mit logistischen Mehrwertleistungen, die Verknüpfung und Vernetzung mit anderen Verkehrsträgern oder die Transportsicherheit. Je nach räumlicher und zeitlicher Struktur sowie der definierten Anforderungen an den Transport, wird auf Basis der Angebote die Verkehrsträgerwahl getroffen. Im Ergebnis resultieren hieraus Transportangebote der Verkehrsträger mit einer bestimmten zeitlichen und organisatorischen Struktur sowie den zugehörigen Nutzerkosten.

Bestimmt wird die Verkehrsträgerwahl aber nicht nur durch den Bedarf auf dem Nachfragemarkt, sondern auch durch eine Vielzahl an Rahmenbedingungen, die unmittelbar auf dem Transportmarkt wirken, wie z. B. die digitale Vernetzung innerhalb der Logistik, das verfügbare Angebot an Gewerbeflächen oder die Lage von Terminals zum Verkehrsträgerwechsel. Eine wesentliche Rolle spielen auch die verfügbaren Netzdichten bei den einzelnen Verkehrsträgern. Insgesamt lässt sich damit auf dem Transportmarkt das komplette Angebot an Transportdienstleistungen darstellen, das für die Abwicklung der Transportnachfrage, die sich auf dem Nachfragemarkt bildet, geeignet ist.

Der Verkehrsmarkt

Die von der Transportnachfrage ausgelöste Fahrten und Abwicklung von logistischen Abläufen zur Ortsveränderung finden auf dem Verkehrsmarkt statt. Dabei werden verfügbare Transportgefäße bzw. Verkehrsmittel (Lkw, Güterzüge, Schiffe) eingesetzt und die zur Verfügung stehende Verkehrsinfrastruktur (Straßen, Schienen, Wasserstraßen, Rohrleitungen, Luftverkehrsstraßen, See- und Binnenhäfen, KV-Terminals) genutzt. Die Leistungsfähigkeit des Verkehrsmarktes entscheidet letztlich, ob die auf dem Transportmarkt definierten Transportangebote zur Abwicklung der Nachfrage auch realisiert werden können. Der Verkehrsmarkt ist nicht alleine dem Güterverkehr vorbehalten. Auf dem Verkehrsmarkt treffen vielmehr Güter- und Personenverkehr aufeinander und es können Kapazitätsengpässe, Staus, Wartezeiten usw. entstehen, was die Angebotsqualität zum Teil empfindlich verschlechtern kann. Ist dies der Fall, kann es in der Rückkopplung zu einer Änderung der Verkehrsmittelwahl, aber auch zu Verschiebungen, bis hin zu einer Umstrukturierung, auf dem Nachfragemarkt kommen. Genauso denkbar sind aber auch Preisreaktionen, die zu Änderungen und Anpassungen der Angebote auf dem Transportmarkt führen.

Rahmenbedingungen und Szenarien

Die drei Teilmärkte des Güterverkehrsmarktes werden durch exogene Rahmenbedingungen gesteuert. Wichtige derartige Rahmenbedingungen sind insbesondere die Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung. Weiterhin bestimmen aber auch technische Entwicklungen und Neuerungen die Angebote der Verkehrsträger und deren Effizienz. Schließlich haben Vorgaben und Ziele aus dem politischen Raum (z. B. in Form ordnungs- und fiskalpolitischer Maßnahmen) ebenfalls exogenen Charakter und zählen zu den Rahmenbedingungen.

Für perspektivische Betrachtungen im Rahmen von Verkehrsprognosen werden verschiedene, realitätsnahe zukünftige Ausprägungen dieser exogenen Einflüsse in der Regel über Szenarien abgebildet. Sie geben Auskunft darüber, wie sich v.a. der Transport- und der Verkehrsmarkt bei Änderung der Rahmenbedingungen entwickeln könnten. Im Rahmen der Lang-Lkw-Untersuchung spielen hier vor allem die technischen Randbedingungen der Infrastruktur und des Umfeldes für ein Positiv-Netz für Lang-Lkw-Fahrten eine Rolle.

2.2 Arbeitsablauf

Basierend auf der grundlegenden methodischen Vorgehensweise, gliedert sich die Untersuchung in zwei Hauptteile:

Empirischer Teil mit der Durchführung der Erhebung (siehe Kapitel 3):

- Aktualisierung der Erhebungsinhalte des Fragebogens
- Vorbereitungsphase (Kontaktaufnahme, Beantwortung Fragen etc.)
- Test-Vorlauf
- Erhebungs-Regelbetrieb der qualitativen Befragung

Analytischer, modellbasierter Teil (siehe Kapitel 4):

- Analyse der Erhebung
- Formulierung der Netzkonfiguration in den Szenarien
- Konfiguration des Standard Güterverkehrsmodells
- Modellanwendung
- Generierung und Analyse der Ergebnisse

Als grundlegender Input hierfür dienen die Ergebnisse der Grundlagenuntersuchung „Verkehrsnachfragewirkung Lang-Lkw“ (Röhling, Burg, Klaas-Wissing; 2014) und hier insbesondere die Methodik und Ergebnisse der Erhebungen sowie das, unter anderem daraus geschätzte, bundesweite Marktpotenzial für Lang-Lkw.

Um die Erkenntnisse der Grundlagenerhebung zu validieren bzw. neue Erkenntnisse zu gewinnen, orientiert sich die über einen Zeitraum von 3 Monaten durchgeführte zusätzliche Erhebung wesentlich an der vorhergehenden Erhebung, die im Rahmen der Grundlagenuntersuchung durchgeführt wurde.

Ein wesentlicher Punkt dabei ist die Beobachtung und Erhebung des tatsächlichen Transporteinsatzes der Lang-Lkw im Feldversuch. Dazu wurden die am Feldversuch teilnehmenden Unternehmen mit Hilfe eines web-basierten Online-Fragebogens zu folgenden Aspekten befragt:

- unternehmensspezifische Merkmale
- Fahrzeugdaten der eingesetzten Lang-Lkw
- Daten zu den tatsächlich durchgeführten Lang-Lkw-Fahrten

Der generelle Ablauf ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

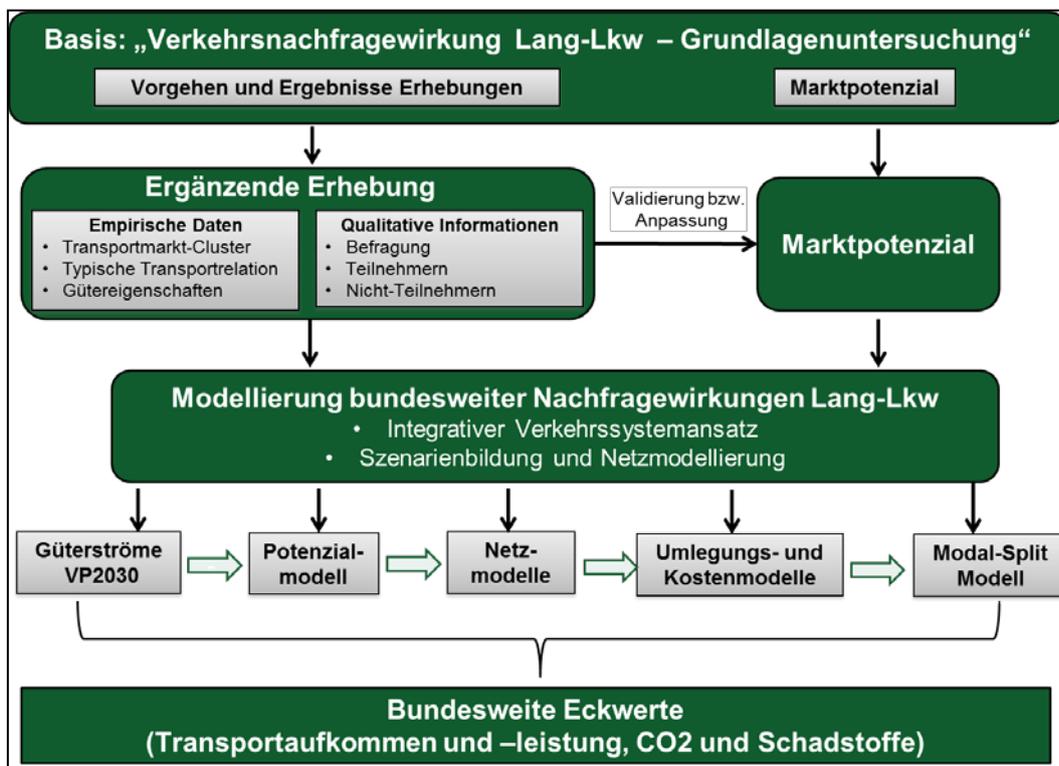


Abbildung 2-2: Ablaufschema Untersuchung

Die Daten zu den Fahrten wurden wöchentlich zusammengefasst und gemeldet; die Unternehmens- und Fahrzeugdaten wurden einmalig während der Erhebungsperiode erhoben. Die relevanten absoluten quantitativen Daten wurden mit den Erkenntnissen aus der Grundlagenuntersuchung saisonal bereinigt und auf ein Jahr hochgerechnet.

Zur Ergänzung der quantitativen Daten wurden mit Hilfe von Interviews in einer Parallelbefragung Feldversuch-Teilnehmer sowie auch Nicht-Teilnehmer zu ihren Einschätzungen zu Nachfragerwirkungen und Marktchancen des Lang-Lkw befragt. Diese qualitativen Daten dienen zur weiteren Einordnung und Interpretation der empirischen Daten.

Die Marktpotenziale für den Lang-Lkw ergeben sich aus den gesamten Transportströmen im Binnenverkehr mit deutschen Lkw. Als Grundlage für die Potenziale wurde dazu die Güterkraftverkehrsstatistik für deutsche Lkw herangezogen. In einem ersten Schritt wurden aus den Statistiken für die einzelnen Transportmarkt-Segmente, die aus den gesamten Erhebungsdaten für den Lang-Lkw gebildet werden, die Transportmengen geschätzt. Dies ergibt das Marktpotenzial für den Lang-Lkw. Dabei führen die Restriktionen für den Einsatz des Lang-Lkw, die sich aus der Ausnahmeverordnung ergeben, zu einer entsprechenden Einschränkung des Potenzials. Die Bestimmung des Marktpotenzials ist somit eine deskriptive Analyse auf Basis von Statistiken sowie der Auswertung der Erhebungen und Befragungen.

Vor diesem Hintergrund stand abschließend die Modellierung von bundesweiten Nachfragerwirkungen und deren direkten Auswirkungen auf den Modal-Split sowie Klimagas- und Schadstoffemissionen auf Basis der gesamten beobachteten Strukturen des bundesweiten Feldversuches im Vordergrund.

Dazu wurde ein integratives auf den Güterstromverflechtungen aller Verkehrsträger der Verkehrsprognose 2030 (Intraplan et. al., 2014) basierendes Güterverkehrs-Nachfrage-Modell und ein um den Lang-Lkw erweitertes Verkehrsmittelwahlmodell entwickelt, das insbesondere sensitiv auf das für den Lang-Lkw verfügbare Straßennetz reagiert. Dies bedeutet hier, dass eine Unterscheidung zwischen Lang-Lkw und konventionellem Lkw im Netzzugang vorgenommen wird. Damit werden der Netzzugang sowie mögliche Umwegfahrten für Lang-Lkw relationsspezifisch abgebildet.

Die Anwendung der einzelnen Modellmodule, wie z. B. das Potenzialmodell, das Netzmodell (ein differenziertes Modell zur Festlegung eines potenziel-

len Streckennetzes bei einer bundesweiten Freigabe des Einsatzes von Lang-Lkw), Umlegungs- und Kostenmodelle sowie das Modal-Split-Modell, liefern szenarienspezifische Abschätzungen für intramodale und intermodale Verlagerungswirkungen hin zum Lang-Lkw, aus denen Klimagas- und Schadstoffmengen abgeleitet werden.

3 Empirische Ergebnisse

Im Rahmen der Studie wurden folgende empirische Erhebungen durchgeführt:

- Erfassung der unternehmens- und fahrzeugbezogenen Daten der Teilnehmerunternehmen des Feldversuchs (im Folgenden kurz „Teilnehmer“)
- Erfassung der Transporteinsätze der im Feldversuch registrierten Lang-Lkw
- Qualitative Befragung der Teilnehmer
- Qualitative Befragung von Unternehmen, die ursprünglich Interesse am Feldversuch bekundet, jedoch nicht teilgenommen haben (im Folgenden kurz „Nicht-Teilnehmer“)

Die erfassten Transporteinsätze der Lang-Lkw stellen die Basis für die im Projekt durchgeführte Untersuchung der Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw dar. Ergänzende Erkenntnisse liefern die qualitativen Einschätzungen der Teilnehmer und Nicht-Teilnehmer.

3.1 Erhebungsdesign

Erhoben wurden Daten von Teilnehmern und Nicht-Teilnehmern des Feldversuchs.

Die Erhebung der unternehmens- und fahrzeugbezogenen Daten der Teilnehmer und der Daten zu den Transporteinsätzen der Lang-Lkw erfolgte standardisiert und fragebogengestützt als Online-Befragung. Die Erhebungsinhalte umfassen Daten zum Unternehmen, den eingesetzten Fahrzeugkomponenten, den eingesetzten Fahrzeugkombinationen (Initialbefragung) und zu den Transportvorgängen/Fahrten (wöchentliche Befragung). Die beiden Befragungen werden im Folgenden näher beschrieben.

Untergliedert war die Erhebung in zwei Teilbereiche, die durch zwei unterschiedliche Fragebögen abgedeckt wurden (siehe Anhang).

3.1.1 Initialbefragung

In der Initialbefragung wurden die im Erhebungszeitraum dauerhaft gleichbleibenden unternehmens- und fahrzeugbezogenen Daten erhoben. Im Folgenden werden die wesentlichen Befragungsinhalte detaillierter vorgestellt.

Unternehmen

Abgefragt wurden allgemeine Angaben zur Unternehmensart (Transportdienstleister / Verloader), bedienten logistischen Marktsegmenten, hauptsächlich transportierten Güterarten, Umsatz, Anzahl der Mitarbeiter und Standorte, Fuhrparkstruktur, Sen-

dungsaufkommen pro Jahr sowie Verkehrsträger-einsatz und -anbindung (Gleisanschluss) der Unternehmen.

Fahrzeugkomponenten

Dieser Fragebogenteil beinhaltete die Abfrage der eingesetzten Fahrzeugkomponenten, getrennt nach Lang-Lkw Modulen (Sattelzugmaschine, Untersetzachse/Dolly, verschiedene Typen von Sattelanhängern, fester Lkw-Aufbau und Lkw-Wechselaufbau). Zusätzlich wurden Informationen bezüglich der Ladekapazitäten abgefragt (Nutzlast, Volumen, Stellplätze, Lademeter), um die spezifischen logistischen Rahmenbedingungen der eingesetzten Lang-Lkw im Vergleich zu konventionellen Lkw und alternativen Verkehrsträgern untersuchen zu können.

Fahrzeugkombination(en)

Die vom befragten Unternehmen eingesetzte(n) Fahrzeugkombination(en) wurden durch die Lang-Lkw Typen 1-5 charakterisiert.¹ Diese konnten mit Hilfe von unter „Fahrzeugkomponenten“ ausgewählten Modulen definiert werden.

Lang-Lkw Einsatz und verkehrsinduzierende Effekte

Zusätzliche, spezifisch auf den Lang-Lkw-Einsatz im Unternehmen bezogene Fragenstellungen, beinhalteten Fragen nach:

- Lohnzuschlägen für Lang-Lkw Fahrer, prozentualen Unterschieden in den Gesamtkostenätzen² (im Vergleich zum Einsatz konventioneller Lkw)
- vorwiegenden Einsatzbereichen des Lang-Lkw unterschieden nach logistischen Clustern (Bulk, Komplettladung, Teilladung, Projektladung, KEP³/Post, Kontraktlogistik, Lagerhaltungs-/Terminalverkehre, Hinterlandverkehre, Luftfracht, temperaturgeführte Verkehre)
- Ladungsformen des Lang-Lkw (Massengut unverpackt, 20'/40' Container, Wechselbehälter, palettiertes Gut, gebündelte Güter, Stückgut, andere Ladungsformen)

Um den Aspekt einer möglichen verkehrsinduzierenden Wirkung des Einsatzes von Lang-Lkw zu

¹ Eine detaillierte Darstellung und Beschreibung der einzelnen Lang-Lkw Typen ist im Anhang zu finden.

² Als Gesamtkosten werden die betriebswirtschaftlichen Kosten des Transporteinsatzes definiert, die sich aus Fixkosten, wie z. B. Lohnkosten, Abschreibungen etc. und laufleistungsabhängigen (variable) Kosten, wie z. B. Kraftstoffkosten, zusammensetzen.

³ KEP= Kurier, Express, Paketdienste.

berücksichtigen, wurden zusätzlich Fragen zur Neuerzeugung und Auftragsgenerierung von Lang-Lkw Transporten in die Initialbefragung integriert.

Diese unternehmens- und fahrzeugbezogenen Angaben wurden einmalig zu Beginn der Erhebung im November 2015 bzw. jeweils bei Neueintritt eines Unternehmens in den Feldversuch (Meldung durch die BASt) erhoben.

3.1.2 Wöchentliche Befragung

In der wöchentlichen Befragung wurden die, von den Teilnehmern real abgewickelten, Transportvorgänge erfasst. Ziel der wöchentlichen Erhebung war es somit, die tatsächlichen Einsätze der gemeldeten Lang-Lkw möglichst detailliert zu erfassen, d.h. Informationen über Fahrten, Ladungen und Transportketten zu gewinnen, um auf dieser Grundlage, die Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw in der Praxis zu untersuchen.

Die abgefragten Charakteristika für jeden Transportvorgang umfassten:

- Datum und Uhrzeit (Start)
- Quelle und Senke (Adresse und Art)
- Fahrtroute, -distanz und -dauer
- Art der Fahrt (Sammel-/ Verteilfahrt oder Pendelfahrt / Hauptlauf)
- Kraftstoffverbrauch
- transportierte Güterart (nach Güterklassifikation NST-2007)
- Ladungsgewicht und -volumen
- Auslastungsgrad
- Transportbehälter und Form der Ladung sowie
- Leerfahrten der eingesetzten Lang-Lkw

Zusätzlich zu den Charakteristika der Transportvorgänge, konnten optional Angaben bezüglich der Entfernung von Quelle und Senke vom nächsten Umschlagterminal (Schiene/Straße, Seehafen, Binnenhafen, trimodal) gemacht werden. Diese Angaben dienten dazu, einen Eindruck darüber zu gewinnen, ob der jeweilige mit dem Lang-Lkw durchgeführte Transportvorgang alternativ im Kombinierten Verkehr (Straße/Schiene oder Straße/Binnenschiff) hätte durchgeführt werden können bzw. inwieweit der Einsatz von Lang-Lkw im Hinterlandverkehr von Seehäfen eine Rolle spielt. Mögliche Verlagerungseffekte vom Kombinierten Verkehr auf den Lang-Lkw wurden durch spezifische Fragen berücksichtigt. Abgefragt wurde, mit welchem Verkehrsmittel der Transportvorgang vor Einsatz des Lang-Lkw durchgeführt wurde (im eigenen Unternehmen bzw. bei dem vorher mit dem Transport beauftragten Unternehmen). Für den Fall, dass der Transportvorgang vor Einsatz des

Lang-Lkw mit konventionellen Lkw durchgeführt wurde, wurde eine zusätzliche Frage zu den durch den Lang-Lkw eingesparten Fahrten gestellt, um die Modellergebnisse zu validieren. Zusätzlich wurde erfragt, welches Verkehrsmittel gewählt werden würde, bestünde nicht die Möglichkeit des Einsatzes des Lang-Lkw und ob der Einsatz des Lang-Lkw ausschlaggebendes Kriterium für die Generierung des Transportauftrages war.

Die mögliche Notwendigkeit eines Umschlags auf der ersten bzw. letzten Meile auf konventionelle Lkw aufgrund einer fehlenden Anbindung an das Positivnetz wurde ebenfalls abgefragt.

Durch die Verknüpfung des wöchentlichen Fragebogens mit dem Initialfragebogen konnte jeder erfasste Transportvorgang eindeutig dem jeweils eingesetzten Lang-Lkw (im Initialfragebogen erfasste Fahrzeugkombination) zugeordnet werden.

Die Transportvorgänge/Fahrten wurden über einen Erhebungszeitraum von insgesamt 13 Wochen erfasst. Der Zeitraum erstreckte sich von KW45/2015 bis KW06/2016. Da aufgrund von Weihnachtsfeiertagen, Neujahr und Betriebsferien bei vielen Teilnehmern keine aussagekräftigen Ergebnisse zu erwarten waren, wurden KW52 und 53 vom Erhebungszeitraum ausgeschlossen.

3.1.3 Ergänzende qualitative Befragungen von Teilnehmern und Nicht-Teilnehmern

Zusätzlich zu den beschriebenen Erhebungen, wurden die Teilnehmer des Feldversuchs und ausgewählte Nicht-Teilnehmer zu ihrem Einsatz von Lang-Lkw (Teilnehmer) bzw. Erwartungen an den Einsatz von Lang-Lkw (Nicht-Teilnehmer) sowie zu ihren Einschätzungen zu Verlagerungseffekten und dem Marktpotenzial von Lang-Lkw befragt. Für diese Befragungen wurden gesonderte Fragebögen verwendet, die den Teilnehmern und Nicht-Teilnehmern nach Abschluss der wöchentlichen Befragung zugesandt wurden (siehe Anhang).

Die Befragungsinhalte für die Teilnehmer umfassten:

- Gründe für die Auswahl des eingesetzten Lang-Lkw Typs und ggf. Einsatzhäufigkeiten der Lang-Lkw Module im konventionellen Transport
- Verlagerungseffekte von der Schiene auf die Straße im eigenen Unternehmen
- Generierung zusätzlicher Aufträge durch den Einsatz von Lang-Lkw
- Entwicklung der Auslastung des/der eingesetzten Lang-Lkw über den Zeitraum des Feldversuchs und Transport von eventuellen Überschussmengen mit konventionellen Lkw

- eventuelle nicht erteilte Streckengenehmigungen

Die Befragungsinhalte für die Nicht-Teilnehmer umfassten:

- Angaben zum Unternehmen (bediente logistische Marktsegmente, hauptsächlich transportierte Güterarten, Umsatz, Anzahl der Mitarbeiter und Standorte, Fuhrparkstruktur, Sendungsaufkommen pro Jahr, Verkehrsträgereinsatz und -anbindung (Gleisanschluss) der Unternehmen, sowie Entfernung zum nächsten Umschlagterminal)
- Gründe für die Nicht-Teilnahme
- Auswahl Lang-Lkw Typ(en) und Einsatzfelder im Falle einer Teilnahme am Feldversuch
- Erwartungen an einen Einsatz des Lang-Lkw bezüglich operativer Aspekte, Kosten, sowie Auftrags- und Tourenstruktur
- Einschätzung des Einflusses des Einsatzes von Lang-Lkw auf die Wettbewerbsfähigkeit von kleinen und mittelständischen Unternehmen gegenüber großen Unternehmen

Bezüglich der Einschätzungen zu Verlagerungseffekten und Marktpotenzial von Lang-Lkw erhielten Teilnehmer und Nicht-Teilnehmer die gleichen Fragen. Die Befragungsinhalte umfassten:

- Einschätzung der Auswirkungen des Lang-Lkw auf den Modal Split (Verlagerung von der Schiene auf die Straße) in der Transportbranche generell
- Einschätzung des Marktpotenzials für Lang-Lkw in Deutschland generell und spezifisch für Lang-Lkw Typ 1 ("verlängerter Sattelanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 17,80 Metern")
- Einschätzung der Auswirkungen einer Ausweitung des Positivnetzes auf alle Bundesländer

3.2 Vorgehen

Die empirische Erhebung der unternehmens- und fahrzeugbezogenen Daten der Teilnehmer (Initialbefragung) und der Transportvorgänge (wöchentliche Befragung) erfolgte technisch mit Hilfe einer online-basierten Befragungsplattform, zu der die Teilnehmer über eine Einladungsmail Zugang erhielten. Da es sich um eine Folgerhebung handelte, konnte auf die bereits im Rahmen der vorherigen Studie „Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagenermittlung“ eingerichtete Befragungsplattform zurückgegriffen werden.

Im Vorfeld der Erhebung wurden die Befragungsinhalte der vorangegangenen Erhebung in Abstimmung mit der BAST aktualisiert. Die Aktualisierungen im Vergleich zu den Befragungsinhalten der

ersten Erhebung umfassten die folgenden Änderungen:

Änderungen Initialfragebogen:

- Anpassung und Modifikation von Befragungsinhalten
- Übertrag von Fragen aus dem Initialfragebogen in den wöchentlichen Fragebogen
- Einfügen und Aufteilen von Antwortmöglichkeiten, um genauere Informationen, auch in Bezug auf den Kombinierten Verkehr, zu erhalten
- Einfügen zusätzlicher Fragen, die erste Rückschlüsse auf durch Lang-Lkw induzierte Verkehre zulassen.

Änderungen wöchentlicher Fragebogen:

- Aufteilen von Antwortmöglichkeiten, um genauere Informationen in Bezug auf Kombinierten Verkehr bzw. weitere Verkehrsträger in der Transportkette zu erhalten
- Einfügen zusätzlicher Fragen, die erste Rückschlüsse auf mögliche Verlagerungswirkungen des Lang-Lkw zulassen
- Übernahme von Fragen aus dem Initialfragebogen in den wöchentlichen Fragebogen.

Die 50 Teilnehmer (Stand zum Start der Erhebung, laut BAST-Liste Oktober/November 2015) wurden Ende Oktober 2015 per E-Mail mit einer Vorab-Information zum Umfragestart kontaktiert. Von den Unternehmen daraufhin gemeldete Änderungen in Bezug auf Ansprechpartner und Kontaktdaten wurden aufgenommen. Kurz vor dem Umfragestart Anfang November 2015 erhielten die Teilnehmer eine weitere E-Mail mit detaillierten Informationen zum Ablauf der Erhebung und einer Anleitung zum Ausfüllen der Online-Fragebögen.

3.2.1 Initialfragebogen

Die Erhebung startete mit dem Versand der Einladung zur Initialbefragung (inkl. Online-Link) Anfang November 2015 an die 50 zu diesem Zeitpunkt gemeldeten Teilnehmer. Weitere, im Laufe des Erhebungszeitraums durch die BAST gemeldete Teilnehmer, erhielten die Einladung zum Initialfragebogen entsprechend später. Der Initialfragebogen musste von den Teilnehmern einmalig und vor Beginn der wöchentlichen Erfassung der Transportvorgänge beantwortet werden. Dies war notwendig, um die Informationen über die spezifischen Fahrzeugkombinationen der Teilnehmer aus dem Initialfragebogen in die wöchentlichen Befragungen übernehmen zu können.

3.2.2 Wöchentlicher Fragebogen

Die wöchentliche Erfassung der Transportvorgänge startete mit Abschluss der Initialumfrage in KW45. Über einen individuell zugesandten Link erhielten die Teilnehmer Zugang zum wöchentlichen Fragebogen. Die Transportvorgänge wurden wöchentlich nachträglich von den Teilnehmern erfasst. Ab der zweiten Eingabe konnten bereits eingegebene Fahrten als Vorlage für neue Eingaben genutzt werden, sodass der wöchentliche Fragebogen für sich wiederholende Fahrten mit übereinstimmenden Merkmalen zeiteffizienter ausfüllbar war. Aufgrund der typischen Einsatzbereiche des Lang-Lkw kamen solche übereinstimmenden Fahrten häufig vor.

Die von den Teilnehmern übermittelten Daten wurden aus der Befragungsplattform exportiert, konsolidiert und validiert. Bei fehlenden oder nicht plausiblen Angaben erfolgten telefonische oder elektronische Nachfragen bei den jeweiligen Ansprechpartnern aus den Unternehmen.

Die wöchentliche Erfassung der Transportvorgänge startete im November 2015 in KW45 und endete im Februar 2016 in KW06. Da aufgrund von Weihnachtsfeiertagen, Neujahr und Betriebsferien bei vielen Teilnehmern keine aussagekräftigen Ergebnisse zu erwarten waren, wurden KW52 und 53 vom Erhebungszeitraum ausgeschlossen. Der Zeitraum für die Erfassung der Transportvorgänge umfasste somit insgesamt 13 Wochen.

3.2.3 Qualitative Befragungen

Ziel der qualitativen Befragung der Teilnehmer und Nicht-Teilnehmer war es, eine vertiefende Einschätzung der Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw zur Ergänzung der Ergebnisse der online-basierten Befragung der Teilnehmer zu erhalten. Die qualitative Befragung erfolgte nach Abschluss der wöchentlichen Erfassung der Transportvorgänge. Die Teilnehmer und Nicht-Teilnehmer erhielten differenzierte Fragebögen (s. Anhang).

3.3 Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die erhobenen Daten zusammengefasst und analysiert. Die Ergebnisse der aktuellen Datenerhebung 2015/2016 werden zudem den Analyseergebnissen der vorangegangenen Datenerhebung 2012/2013 gegenübergestellt, um Veränderungen bezüglich der betrachteten Aspekte im Zeitverlauf des Feldversuchs aufzeigen zu können. Die aktuelle Datenerhebung 2015/2016 unterscheidet sich von der vo-

rangegangenen Datenerhebung 2012/2013 in Bezug auf:

- den Erhebungszeitraum (2012/2013: ein Jahr, 12/2012 bis 12/2013. 2015/2016: drei Monate, 11/2015 bis 02/2016),
- einzelne Befragungsinhalte
- die Teilnehmer (Anzahl Unternehmen und eingesetzte Fahrzeuge: 2012/2013: 27 Teilnehmer/ 53 Lang-Lkw; Beteiligung an der wöchentlichen Erhebung: 21 Teilnehmer/ 43 Lang-Lkw. 2015/2016: 52 Teilnehmer/ 135 Lang-Lkw; Beteiligung an der wöchentlichen Erhebung: 46 Teilnehmer/ 120 Lang-Lkw).

Um konkrete Rückschlüsse auf sensible Daten einzelner Unternehmen ausschließen zu können, erfolgt die Darstellung hier anonymisiert und aggregiert.

Datenerhebung 2015/2016:

Zu Beginn der Datenerhebung im November 2015 waren insgesamt 50 Unternehmen mit 133 Lang-Lkw zur Teilnahme am Feldversuch angemeldet. Über den Erhebungszeitraum hinweg meldeten sich zwei weitere Unternehmen mit je einem Lang-Lkw zum Feldversuch an. Zudem nahmen zwei Unternehmen je einen weiteren und ein Unternehmen zwei zusätzliche Lang-Lkw in Betrieb. Ein weiteres Unternehmen reduzierte seinen Fuhrpark um drei Lang-Lkw, sodass bis zum Ende des Erhebungszeitraums 52 Unternehmen mit 136 Lang-Lkw bei der BAST als Teilnehmer des Feldversuchs registriert waren. Abweichend dazu erfasste LOG-HSG zum Ende des Erhebungszeitraumes 135 Lang-Lkw. Diese Differenz resultiert aus einem Unterschied von einem Lang-Lkw Typ 1 bei einem der Teilnehmer (Anzahl der Lang-Lkw wurde auf Nachfrage vom Teilnehmer bestätigt). Da ein weiterer Teilnehmer den Lang-Lkw ausschließlich zu Präsentationszwecken einsetzte, wurde dieser im Rahmen der Erhebung und Analyse nicht weiter berücksichtigt. Somit verblieben 51 Unternehmen mit 134 Lang-Lkw.

Von diesen 51 Teilnehmern haben sich 46 Teilnehmer mit insgesamt 120 Lang-Lkw an der wöchentlichen Erfassung der Transportvorgänge beteiligt. Drei Teilnehmer haben ihre Lang-Lkw während des Erhebungszeitraums nicht eingesetzt und deshalb keine Daten übermittelt. Ein Teilnehmer hat den Lang-Lkw eingesetzt, jedoch keine Daten übermittelt. Zwei weitere Teilnehmer (zwei Niederlassungen eines Unternehmens) haben ihre Daten zusammengefasst übermittelt und wurden deshalb als ein Teilnehmer gezählt.

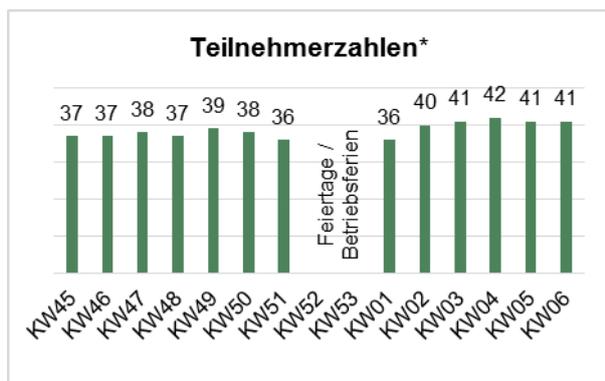


Abbildung 3-1: Beteiligung an der wöchentlichen Erfassung der Transportvorgänge über den Erhebungszeitraum

Die schwankenden wöchentlichen Teilnehmerzahlen ergeben sich daraus, dass nicht jeder der 46 Teilnehmer regelmäßig Daten übermittelte und dass es bei einzelnen Unternehmen Unterbrechungen des Lang-Lkw-Einsatzes im Erhebungszeitraum gab. Teilweise waren Lang-Lkw zu Beginn der Datenerhebung noch nicht im Einsatz, einige Fahrzeuge konnten außerdem zeitweise z. B. witterungsbedingt oder aufgrund einer Baustelle im Positivnetz nicht eingesetzt werden.

3.3.1 Unternehmensbezogenen Analysen

Zur Darstellung und Charakterisierung der Grundgesamtheit des Erhebungszeitraumes 2015/2016 werden nachfolgend die wichtigsten strukturellen Merkmale der insgesamt 51 Teilnehmer des Feldversuchs dargestellt und mit der Grundgesamtheit des Erhebungszeitraumes 2012/2013 verglichen.

Der Großteil der Teilnehmer der Erhebung 2015/2016 hat seinen Sitz in Bayern und Niedersachsen (siehe Abbildung 3-2). Mit Ausnahme von drei verladenden Unternehmen, die Lagerverkehre zwischen verschiedenen Standorten (mindestens zwei, maximal zehn Standorte pro Verloader) in Eigenregie durchführen (Werkverkehre), sind alle Teilnehmer Transportdienstleister. Eine vergleichbare Verteilung zeigt sich in der Datenerhebung 2012/2013. Auch hier stammte mehr als die Hälfte der Teilnehmer aus Bayern und Niedersachsen. Bis auf ein verladendes Unternehmen waren alle Teilnehmer Transportdienstleister. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, dass es sich bei den Teilnehmern beider Erhebungszeiträume nicht um verschiedene Unternehmen handelt, sondern für den Erhebungszeitraum 2015/2016 insgesamt 24 neue Teilnehmer zusätzlich zu den im Erhebungszeitraum 2012/2013 bereits gemeldeten 27 Teilnehmern registriert wurden

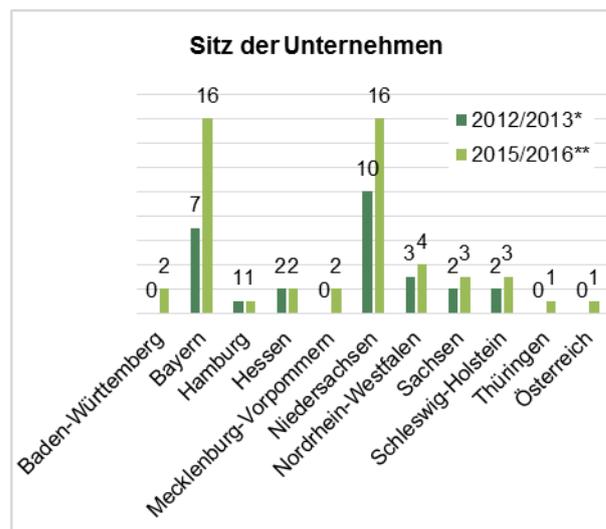


Abbildung 3-2: Sitz der teilnehmenden Unternehmen

Die Größenstruktur der Teilnehmer des Feldversuchs ist heterogen (s. Tabelle 3-1). In der betrachteten Grundgesamtheit aus den Erhebungszeiträumen 2012/2013 und 2015/2016 sind sowohl kleine und mittelständische Unternehmen mit jeweils einem Standort im Inland als auch ein international agierender Transportdienstleister mit über 1.000 Standorten im In- und Ausland vertreten.

Tabelle 3-1: Unternehmensbezogene Daten 2015/2016 und 2012/2013

Erhebungszeitraum 2015/2016 (2012/2013)	Min	Max	Keine Angabe
Anzahl Mitarbeiter	2 (40)	Ca. 66.000 (Ca. 66.000)*	4 (7)
Anteil Lkw-Fahrer (%)	8 % (6 %)	92 % (96 %)	21 (9)
Anzahl Lkw ≤ 7,5t	0 (0)	85 (46)	10 (8)
Anzahl Lkw > 7,5t	2 (0)	750 (378)	5 (8)
Standorte im Inland	1 (1)	>100 (>100)*	4 (7)
Standorte im Ausland	0 (0)	>1.000 (>1.000)*	7 (12)
Jahresumsatz	330.000 € (1,2 Mio.€)	16,1 Mrd. € (19,1 Mrd. €)*	17 (8)
Anzahl Sendungen (Jahr)	35 (200)	Ca. 74 Mio. (1,2 Mio.)	36 (18)

Die Heterogenität der Teilnehmer spiegelt sich in der Mitarbeiteranzahl, dem Sendungsaufkommen pro Jahr und der unterschiedlichen Fuhrparkstruktur wider. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass vom größten teilnehmenden Unternehmen keine Angaben zu Sendungsaufkommen und Fuhrparkstruktur vorliegen, weder für den Erhebungszeitraum 2012/2013 noch für den Erhebungszeitraum 2015/2016. Es muss angemerkt werden, dass die Angaben in Tabelle 3-1 aufgrund der hohen Anzahl von Teilnehmern, welche die Fragen zur Größenstruktur nicht vollständig be-

antwortet haben, kein vollständiges Bild der Gesamtheit der Teilnehmer ergeben und daher nur beschränkt aussagekräftig sind.

Ladungsverkehre stellen mit 44 Nennungen das wichtigste Marktsegment für die Teilnehmer des Feldversuchs dar (s. Abbildung 3-3), gefolgt von Teilladungsverkehren (32 Nennungen) und Stückgut- und Sammelgutverkehren (28 Nennungen). Die Marktsegmente KEP, Gefahrgutverkehre, Temperaturgeführte Verkehre und Tank- und Silo-transporte stellen nur für drei bis 15 der Teilnehmer wichtige Marktsegmente dar.

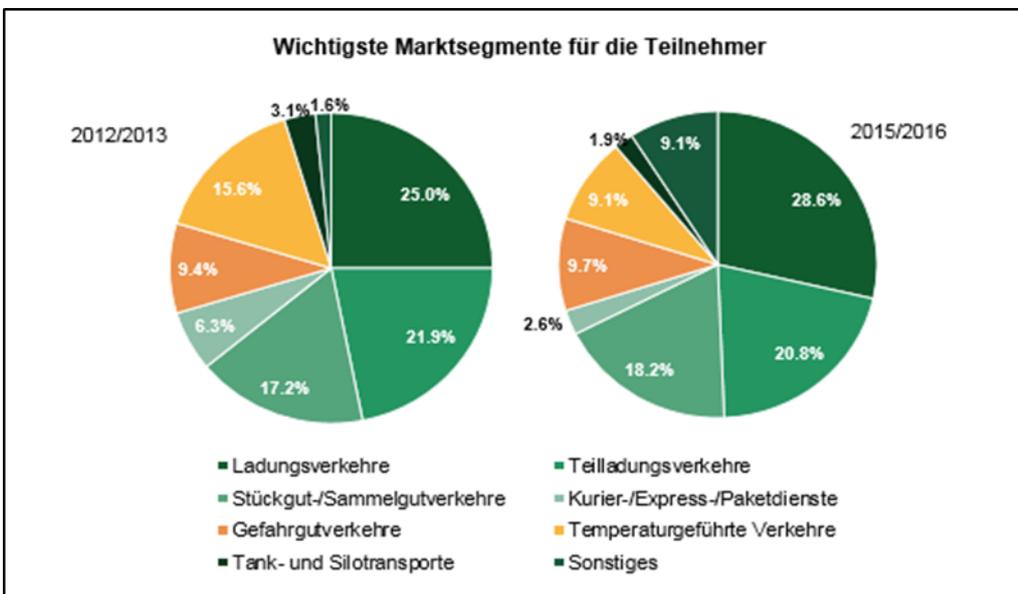


Abbildung 3-3: Wichtigste Marktsegmente

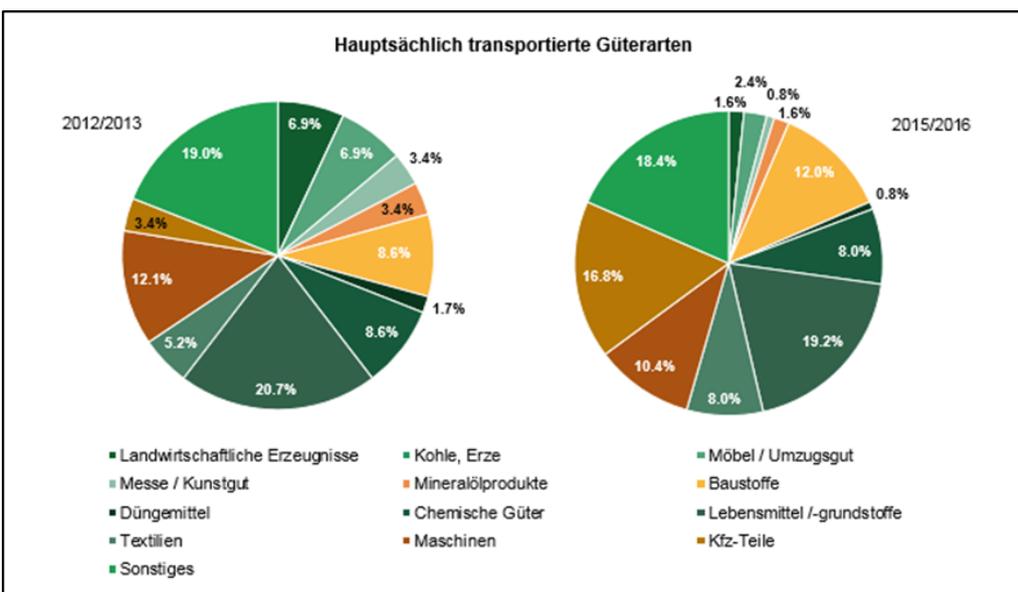


Abbildung 3-4: Hauptsächlich transportierte Güterarten

Die Marktsegmente KEP, Gefahrgutverkehre, Temperaturgeführte Verkehre und Tank- und Silo-transporte stellen nur für drei bis 15 der Teilnehmer wichtige Marktsegmente dar. Sonstige, von den Teilnehmern genannte, wichtige Marktsegmente sind beispielsweise Luftfrachtersatzverkehr, Containerverkehre und Volumentransporte generell.

Hauptsächlich von den Teilnehmern transportierte Güterarten allgemein sind Lebensmittel-/grundstoffe (24 Nennungen), gefolgt von Kfz-Teilen (21 Nennungen) und Baustoffen (15 Nennungen). Möbel und Umzugsgut, landwirtschaftlichen Erzeugnisse, Mineralölprodukte, Düngemittel, sowie Messe-/Kunstgut spielen eine geringere Rolle (jeweils 1-3 Nennungen). Unter Sonstiges wurden beispielsweise Pakete, Traktoren, Papiererzeugnisse und Wellpappe, Anlagenteile für Windkraftanlagen, Pflanzen und Bäume sowie schnell-drehende Konsumgüter und Haushaltgeräte genannt.

Im Vergleich zur vorangegangenen Erhebung 2012/2013, lassen sich bezüglich der wichtigsten Marktsegmente und hauptsächlich transportierten Güterarten, relativ betrachtet, nur geringe Verschiebungen erkennen. Während Stückgut- und Sammelgutverkehre in 2015/2016 für mehr Teilnehmer ein wichtiges Marktsegment darstellen (+1 %), ist das Marktsegment KEP für weniger Teilnehmer relevant (-3,7 %). Die deutlichsten Veränderungen im Bereich der wichtigsten Marktsegmente sind bei temperaturgeführten Verkehren (-6,5 %) sowie bei sonstigen Angaben (+7,5 %) zu erkennen. Unter sonstigen Angaben wurden 2012/2013 lediglich Holztransporte genannt.

Die am häufigsten transportierten Güterarten waren 2012/2013, wie auch in 2015/2016, Lebensmittel-/grundstoffe (siehe Abbildung 3-4). Die relativ höchsten Veränderungen lassen sich bei den Güterarten Kfz-Teile (+10,3 %) und Landwirtschaftliche Erzeugnisse (-5,3 %) erkennen. Anzumerken ist hier, dass diese Analysen der Marktsegmente und transportierten Güterarten, sich auf die gesamten Transporte der Teilnehmer beziehen und nicht spezifisch auf den Lang-Lkw Einsatz.

Die Teilnehmer 2015/2016 wickeln ihr Sendungsaufkommen durchschnittlich zu ca. 92 % per konventionellen Lkw ab, zu knapp 5,5 % per Lang-Lkw und zu ca. 2,5 % im Kombinierten Verkehr Straße/Schiene. 40 Teilnehmer nutzen ausschließlich die Straße als Verkehrsweg. Die übrigen elf Teilnehmer nutzen zudem zu 1 %-24,9 % den Kombinierten Verkehr Straße/Schiene; eines dieser Unternehmen befördert zusätzlich 10 % des Sendungsaufkommens nur über die Schiene. Sechs

der 51 Teilnehmer verfügen über einen eigenen Gleisanschluss. Das Binnenschiff bzw. der Kombinierte Verkehr Straße/Binnenschiff bzw. Straße/Seeschiff wird von keinem der Teilnehmer genutzt. Schon bei der Erhebung 2012/2013 waren die Angaben ähnlich. Nur zwei Teilnehmer gaben an, neben dem Transport auf der Straße auch Transporte im Kombinierten Verkehr Straße/Schiene abzuwickeln (zu 0,1 % bzw. 20 %). Die restlichen Teilnehmer wickelten ihre Transporte ausschließlich über die Straße ab.

3.3.2 Fahrzeugbezogene Analysen

Im Rahmen der fahrzeugbezogenen Analysen werden der Einsatz, die Verwendung und die Kostenstruktur der von den Teilnehmern im Feldversuch angemeldeten Lang-Lkw-Typen untersucht.

Angemeldete Lang-Lkw-Typen

Die 51 Teilnehmer des Feldversuchs meldeten im Erhebungszeitraum 2015/2016 jeweils einen bis 23 Lang-Lkw an. Pro Teilnehmer waren 2015/2016 maximal drei verschiedene Lang-Lkw-Typen im Einsatz. Bei der Erhebung 2012/2013 waren zwischen einem und sechs Lang-Lkw pro Unternehmen gemeldet. Mit Ausnahme von drei Unternehmen, die zwei Lang-Lkw-Typen nutzten, war pro Unternehmen ausschließlich ein Lang-Lkw-Typ angemeldet.

Auch bezüglich der durchschnittlichen Anzahl an Lang-Lkw pro Teilnehmer lassen sich zwischen den Erhebungszeiträumen Veränderungen feststellen. Während im Erhebungszeitraum 2012/2013 durchschnittlich 1,8 Lang-Lkw pro Unternehmen angemeldet wurden, waren es 2,6 Lang-Lkw 2015/2016.

Wie Abbildung 3-5 zeigt, wurde der Lang-Lkw Typ 3 von den Teilnehmern in beiden Erhebungszeiträumen am häufigsten gewählt (2015/2016: 73; 2012/2013: 30). Dabei handelt es sich um einen Lang-Lkw mit Untersetzachse (Dolly) und Sattelanhänger mit einer Gesamtlänge bis zu 25,25 Metern. Lang-Lkw Typ 2 (Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern) folgt mit einer Anzahl von 39 (2015/2016) bzw. sieben (2012/2013) angemeldeten Lang-Lkw. Vom Lang-Lkw Typ 1 (Sattelzugmaschine mit Sattelanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 17,80 Metern) wurden 12 (2015/2016) bzw. zwei Lkw (2012/2013) eingesetzt, vom Lang-Lkw Typ 5 (Lastkraftwagen mit einem Anhänger bis zu einer Gesamtlänge von 24,00 Metern) sechs (2015/2016) bzw. drei (2012/2013) Lkw und vom Lang-Lkw Typ 4 (Sattelkraftfahrzeug mit einem

weiteren Sattelanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern) waren lediglich vier (2015/2016) bzw. ein (2012/2013) Lkw im Einsatz.

Betrachtet man die Entwicklung der Anzahl der angemeldeten Lang-Lkw Typen zwischen beiden Erhebungszeiträumen, so lässt sich vor allem bei den Lang-Lkw vom Typ 2 und 3 eine Veränderung erkennen. Während sich der prozentuale Anteil des Lang-Lkw Typ 2 zwischen 2012/2013 und 2015/2016 um fast 13 % erhöhte, sank die prozentuale Anzahl des Lang Lkw Typ 3 um 15,3 % ab. Ursache für die steigenden Anmeldezahlen beim Lang-Lkw Typ 2 kann beispielsweise die Kombinationsfähigkeit aus bereits vorhandenen konventionellen Fahrzeugmodulen sein.

Bei Lang-Lkw Typ 1 ist eine knappe Verdopplung der prozentualen Anmeldungen zu verzeichnen (+4,3 %). Die prozentuale Veränderung der Typen 4 und 5 ist mit +0,7 % bzw. -2,5 % zwischen den Erhebungszeiträumen vergleichsweise gering.

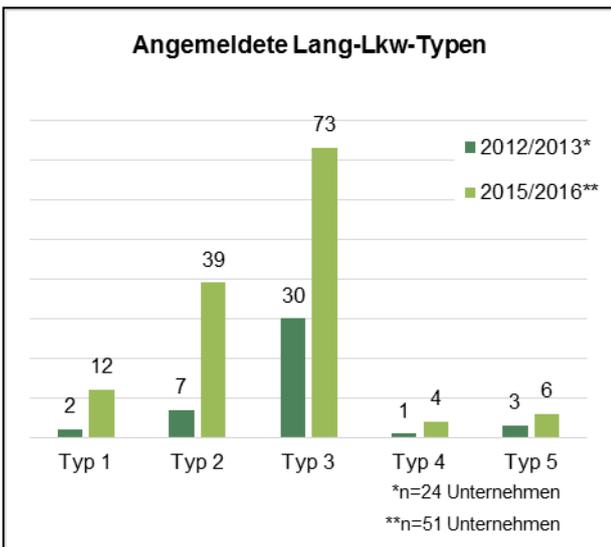


Abbildung 3-5: Angemeldete Lang-Lkw Typen

Einsatzbereiche der Lang-Lkw

Die hauptsächlichen Einsatzbereiche der Lang-Lkw waren 2015/2016 Ladungsverkehre (31 %) und Stückgut-/Teilladungsverkehre (22 %) (s. Abbildung 3-6). Auch in den Bereichen Lagerhaltungs- und Terminalverkehre (15 %), Temperaturgeführte Verkehre (8 %) und Kontraktlogistik (7 %) werden Lang-Lkw vermehrt eingesetzt. Im Gegensatz dazu setzt nur ein geringer Anteil an Teilnehmern den Lang-Lkw in den Bereichen KEP (5 %), Luftfracht, Projektladung und Hinterlandverkehre (je 3 %) oder Bulk (2 %) ein. Im Erhebungszeitraum 2012/2013 lassen sich ähnliche Strukturen erkennen. So hat sich die Rangfolge der Einsatzbereiche für Lang-Lkw zwischen den beiden Erhe-

bungszeiträumen nicht verändert und auch die prozentuale Relevanz der einzelnen Bereiche hat sich für die Teilnehmer mit maximal 4 % nur gering verschoben.

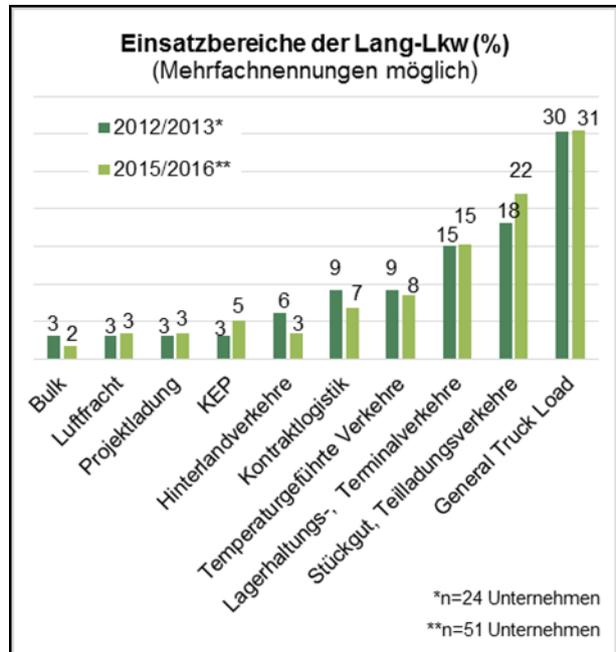


Abbildung 3-6: Einsatzbereiche der Lang-Lkw

Knapp 40 % der Teilnehmer gaben bei der Erhebung 2015/2016 bezüglich der Ladungsform an, Lang-Lkw für den Transport von palettierten Gütern einzusetzen (s. Abbildung 3-7). Weitere wichtige Ladungsformen für den Lang-Lkw sind Stückgut (24 %) und Behälter/Wechselladungen (22 %). Unverpackte Massengüter hingegen werden von keinem der Teilnehmer per Lang-Lkw transportiert. Zudem geben 16 Teilnehmer an, zusätzlich „andere Ladungsformen“ mit ihrem Lang-Lkw zu transportieren. Spezifische Angaben wurden dazu nicht gemacht.

Schon bei der Erhebung 2012/2013 trafen die Teilnehmer ähnliche Aussagen. Knapp die Hälfte der Teilnehmer gab an, den Lang-Lkw für den Transport von palettierten Gütern einzusetzen. Im Gegensatz zur Erhebung 2015/2016 gaben allerdings auch 7 % der Teilnehmer an, den Lang-Lkw für den Transport von unverpackten Massengütern einzusetzen. Der Transport von gebündelten Gütern wurde in der Erhebung 2012/2013 von keinem Unternehmen angegeben. Allgemein sind Lang-Lkw aufgrund der logistischen Rahmenbedingungen nicht für Sammel- und Verteilverkehre geeignet. Daher erfolgt ihr Einsatz nicht in der Feindistribution, sondern eher in Hauptläufen sowie in gebündelten Vor- und Nachläufen in logistischen Transportketten.

Kaum eine relative Veränderung gab es bezüglich der Ladungsform Behälter/Wechselaufbau. Zu beachten ist hier, dass diese Ladungsform in der Erhebung 2015/2016 im Fragebogen in verschiedene Antwortmöglichkeiten aufgeteilt wurde (Wechselaufbau (16 %), 20' Container (3 %), 40' Container (3 %), aus Gründen der Vergleichbarkeit in der Abbildung 3-7 jedoch aggregiert dargestellt ist.

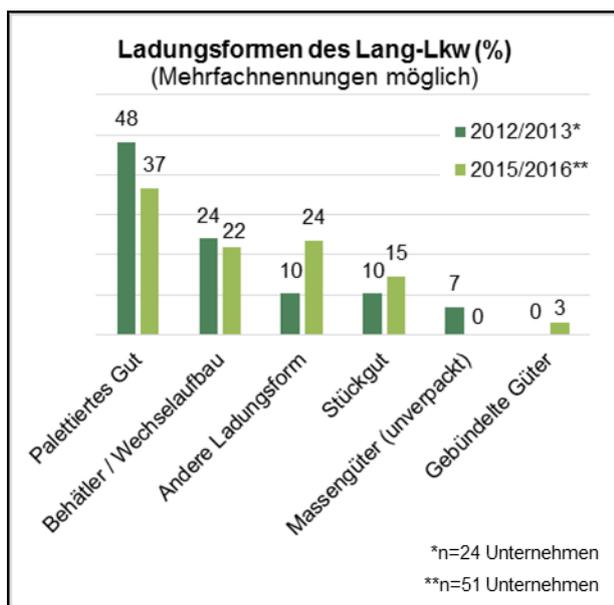


Abbildung 3-7: Ladungsformen der Lang-Lkw

Kostenstruktur beim Einsatz von Lang-Lkw

Bei der Erhebung der Kostenstrukturen des Lang-Lkw im Vergleich zum konventionellen Lkw wurde, wie bereits in der Erhebung 2012/2013, eine große Zurückhaltung der Teilnehmer bezüglich der Angaben zu Veränderungen in den Gesamtkostensätzen festgestellt. Von den 51 Teilnehmern 2015/2016 machten lediglich 17 Angaben zu den prozentualen Differenzen. Bei der Erhebung 2012/2013 lieferten lediglich zehn Unternehmen verwertbare Daten. Dies kann unterschiedliche Gründe haben, beispielsweise eine fehlende unternehmensinterne Datenerhebung oder Bedenken bei der Übermittlung dieser Angaben per se. Gleichwohl können aus den Angaben vereinzelt, jedoch nicht generalisierbare Aussagen abgeleitet werden.

Die aus insgesamt 17 Angaben 2015/2016 ermittelte Differenz des Gesamtkostensatzes (Lang-Lkw – konventioneller Lkw) in Prozent per Tonnenkilometer liegt im Mittel bei 20,1 %. Die höchste von einem Teilnehmer angegebene Differenz liegt bei 50 %, die niedrigste bei 5 %. Diese große Spannweite resultiert vermutlich aus Unterschieden in den unternehmensspezifischen Kalkulationsgrund-

lagen, die im Rahmen dieser Erhebung nicht näher untersucht wurden. Im Vergleich zu der vorangegangenen Erhebung 2012/2013 ergibt sich nur eine minimale Veränderung bezüglich des Mittelwertes (-0,1 %) und der Standardabweichung (+2,3 %).

Der über insgesamt 16 Teilnehmer ermittelte Unterschied des Gesamtkostensatzes (Lang-Lkw - konventioneller Lkw) in Prozent per Lkw-Kilometer liegt in 2015/2016 im Mittel bei 18,5 % (Min. 5 % / Max. 50 % / SD 12,5 %) und damit unter dem Unterschied im Gesamtkostensatz pro Tonnenkilometer. In 2012/2013 lag der Mittelwert bei 17,5 %.

Der über insgesamt 17 Teilnehmer ermittelte Unterschied des Gesamtkostensatzes (Lang-Lkw - konventioneller Lkw) in Prozent per Stellplatz-Kilometer lag in 2015/2016 im Mittel bei 25,9 % (Min. 0 % / Max. 50 % / SD 11,8 %). Damit ist der Lang-Lkw nach Angaben der Teilnehmer im Blick auf den Stellplatzkilometer im Vergleich zum konventionellen Lkw im Mittel um 25,9 % günstiger. In 2012/2013 lag der Mittelwert bei 16,4 %.

Generell wäre eine nähere Betrachtung der internen Berechnungsgrundlagen notwendig, um eine fundierte Aussage bezüglich der Unterschiede in den Gesamtkostensätzen zwischen konventionellen Lkw und Lang-Lkw treffen zu können. Insgesamt lässt sich aus den Angaben der Teilnehmer schließen, dass der Einsatz eines Lang-Lkw im Vergleich zum Einsatz des konventionellen Lkw zwar pro Fahrt höhere Kosten mit sich bringt, aufgrund seiner längen- und volumenmäßig größeren Ladekapazität jedoch spürbare Vorteile in Bezug auf die Gesamtkostensätze pro Stellplatz-km gegenüber dem konventionellen Lkw ermöglicht. Grundsätzlich ist anzumerken, dass diese Vorteile nur bei effizienter Nutzung des Ladevolumens realisierbar sind. Bei zu geringer Auslastung des Lang-Lkw ist daher der Einsatz des konventionellen Lkw vorzuziehen.

21 der 51 Teilnehmer im Erhebungszeitraum 2015/2016 zahlen einen Lohnzuschlag an Lang-Lkw Fahrer. Dieser kann die Kostenstruktur im Personalbereich deutlich beeinflussen. Die 15 Teilnehmer, die eine wertmäßige Angabe machten, zahlten durchschnittlich mehr als 10 % Lohnzuschlag (Min. 5 % / Max. 30 %). Demgegenüber steht ein geringerer Personalbedarf aufgrund des größeren Transportvolumens beim Einsatz eines Lang-Lkw.

Induzierte Transporte und Auftragsgenerierung durch den Einsatz von Lang-Lkw

Im Rahmen der Erhebungen 2015/2016 wurde zusätzlich untersucht, ob durch den Einsatz des Lang-Lkw neue Transporte induziert wurden und ob der Lang-Lkw ausschlaggebender Grund für die Gewinnung der durchgeführten Transportaufträge war.

45 Teilnehmer gaben an, dass ihre mit dem Lang-Lkw durchgeführten Transporte nicht durch den Einsatz von Lang-Lkw neu erzeugt/induziert wurden. Lediglich zwei Teilnehmer gaben an, dass der Auftrag spezifisch durch den Einsatz des Lang-Lkw induziert wurde. Die übrigen Teilnehmer trafen keine Aussage diesbezüglich.

Es wurde zudem um eine Einschätzung gebeten, ob die Kunden die mit Lang-Lkw durchgeführten Transportaufträge auch ohne den Einsatz von Lang-Lkw an den jeweiligen Teilnehmer vergeben hätten. Dazu gaben 41 Teilnehmer an, dass die Transporte unabhängig vom Einsatz des Lang-Lkw in Auftrag gegeben wurden. Sechs Unternehmen gaben an, dass die Transportaufträge aufgrund des Einsatzes per Lang-Lkw gewonnen wurden. Die restlichen Unternehmen machten diesbezüglich keine Angabe.

Zusammenfassend kann für die betrachtete Grundgesamtheit festgestellt werden, dass eine Induktion von Transporten durch den Lang-Lkw eher unwahrscheinlich ist, der Einsatz von Lang-Lkw allerdings unter Umständen das entscheidende Kriterium für die Gewinnung von Transportaufträgen darstellen kann, die sonst über den konventionellen Lkw abgewickelt würden.

3.3.3 Fahrten- und ladungsbezogenen Analysen

Die Erhebung orientiert sich in Vorgehen, Inhalt und Auswertung weitestgehend an der in der Grundlagenuntersuchung durchgeführten Erhebung. Hier wurden schwerpunktmäßig die durchgeführten Transportvorgänge mit ihren verschiedenen Attributen und Ausprägungen für ein Jahr erhoben. Die aus diesen Beobachtungen abgeleiteten Erkenntnisse mündeten in die Schätzung des Marktpotenzials für Lang-Lkw-Transporte. Ziel dieser Erhebung ist es, zu prüfen, ob sich die bisherigen Ergebnisse bestätigen oder neue Erkenntnisse, die Auswirkungen auf das Marktpotenzial besitzen, gewonnen werden können. Das Marktpotenzial der Grundlagenuntersuchung bezieht sich auf die Lang-Lkw Typen 2 bis 5. Der Lang-Lkw Typ 1 (verlängerter Sattelzug bis zu einer Gesamtlänge von 17,80 Meter) ist aufgrund seiner nicht-

modularen Zusammensetzung bezüglich logistischer Eigenschaften im Vergleich der übrigen Lang-Lkw Typen nicht vergleichbar und besitzt eine Sonderstellung. Bezüglich des Marktpotenzials wird daher davon ausgegangen, dass dies abhängig ist von einem sukzessiven Ersatz und einer Erneuerung des bestehenden Fahrzeugbestandes an konventionellen Sattelanhängern durch den verlängerten Sattelanhänger (vgl. hierzu Kapitel 4.1.2).

Daher liegt der Schwerpunkt der Analyse der Erhebungsdaten in der Festlegung homogener Nachfragegruppen für die Lang-Lkw Typen 2 bis 5 (im Folgenden als Referenzfahrzeug bezeichnet). Folgende Merkmale der logistischen Transporteigenschaften werden dabei betrachtet:

- Verteilung der Fahrten auf Lang-Lkw-Typen
- Kraftstoffverbrauch
- Gutarten
- Ladungsformen
- Fahrttypen
- Art der Quelle bzw. des Ziels
- Wie wurde bisher der Transport ohne Lang-Lkw abgewickelt?
- durchschnittliche Tonnagen und Auslastungen
- durchschnittliche Fahrtlängen

Die im Folgenden dargestellten absoluten Ergebnisse und Kennwerte der dreimonatigen Erhebung wurden mit den jeweiligen Daten und Strukturen der vorhergehenden Erhebung der Grundlagenuntersuchung saisonal angepasst und auf Jahreswerte hochgerechnet.

Demnach lassen sich folgende Kennwerte beobachten:

- Insgesamt wurden hochgerechnet ca. 61.900 Fahrten mit ca. 186.200 Fahrtstunden und 13,6 Mio. Kilometern zurückgelegter Entfernung, über 843.500 Tonnen transportierter Güter und 206,8 Mio. Tonnenkilometer Transportleistung pro Jahr beobachtet.
- Im Durchschnitt legte jeder Lang-Lkw 240 km pro Fahrt mit 3 Stunden Fahrzeit zurück.
- Das durchschnittliche transportierte Ladungsgewicht, ohne Betrachtung der Leerfahrten, betrug ca. 13,7 Tonnen. Mit Leerfahrten (inkl. Leercontainer) beträgt dies durchschnittlich 12,9 Tonnen pro Fahrt. Der Leerfahrtenanteil (inkl. Leercontainer) beträgt 6 %.

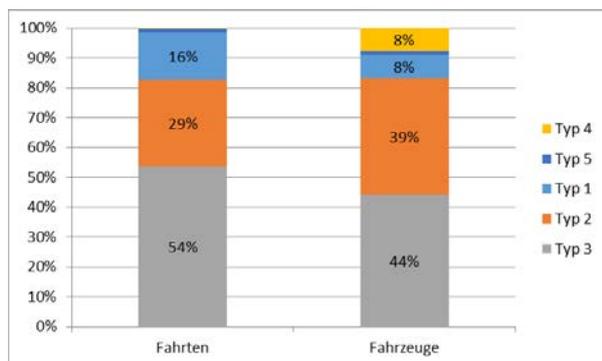


Abbildung 3-8: Einsatz und Vorkommen aller Lang-Lkw Typen

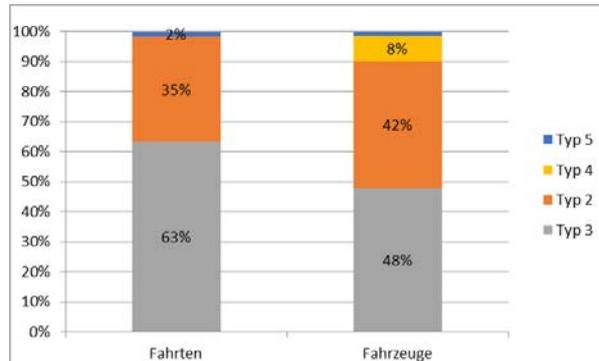


Abbildung 3-9: Einsatz und Vorkommen Lang-Lkw Typen 2-5

Die Verteilungen der durchgeführten Fahrten, differenziert nach den einzelnen Fahrzeugkombinationsvarianten dargestellt und sehen wie folgt aus (siehe Abbildungen 3-8 und 3-9)⁴:

- Bezogen auf alle Lang-Lkw-Typen werden Fahrten mit dem Lang-Lkw Typ 3, d.h. Lkw mit Untersetzachse (Dolly) und Sattelanhänger mit einer Länge bis zu 25,25 Meter, mit einem Anteil von 54 % am häufigsten durchgeführt, Typ 2 folgt mit einem Anteil von 29 % (Sattelkraftfahrzeug mit Zentralachsanhänger bis zu einer Gesamtlänge von 25,25 Metern), gefolgt von Typ 1 (Sattelkombination mit einer Gesamtlänge bis zu 17,80 Meter) mit 16 %.
- Auch bezogen auf Fahrzeuge, die von den Unternehmen in der Erhebung eingesetzt werden, ist der Typ 3 mit 44 % am stärksten vertreten, gefolgt von Typ mit 39 % und Typ 1 und Typ 4 (Sattelkraftfahrzeug mit zus. Sattelanhänger mit einer Länge bis zu 25,25 Meter) mit jeweils 8 %.
- Betrachtet man diese Anteile nur für die Referenzfahrzeuge (Typen 2 bis 5), so dominieren hier die Typen 3 und 2 mit 63 % und 35 % (Fahrten) bzw. 48 % und 42 % (Fahrzeuge).

Darüber hinaus lassen sich für die Referenzfahrzeuge folgenden Strukturen der tatsächlichen Transportvorgänge zusammenfassen:

- **Güterstruktur:**
Mit 32 % macht die Gruppe der „Sonstigen und Nicht-identifizierbaren Güter“⁵ den größten Anteil der Fahrten aus, gefolgt von der Gruppe „Metallerzeugnisse (ohne Maschinen- und Geräte)“ mit 17 %, die hier größtenteils aus Transporten für die Automobilindustrie besteht, und der Gruppe der „Sammelgüter“, d.h. eine Mischung verschiedener Arten von Gütern, die zusammen befördert werden mit 10 %⁶. Bedingt durch die höheren Fahrtweiten und Tonnagen verändert sich, bezogen auf die gewichtete Fahrleistung, d.h. unter Berücksichtigung der zurückgelegten Transportdistanz und des Transportgewichts, der Anteil der Gruppe der „Sonstigen Güter“ auf 40 % bzw. 35 % (vgl. Abbildung 3-10).

⁴ Anteile der Fahrzeugtypen sind abweichend von den Werten, die auf Basis der der BASt gemeldeten Fahrzeuge zum Feldversuch ermittelt wurden.

⁵ In Containern oder Wechselbehältern oder aus sonstigen Gründen nicht identifizierbare Güter.

⁶ Im Unterschied zu der Gruppe der „Sammelgüter“ sind der Gruppe „Sonstige und Nicht identifizierbare Güter“: die Güterarten statistisch zugeordnet, die sich aus irgendeinem Grund nicht genau bestimmen lassen und daher nicht den übrigen Gruppen zugeordnet werden können. In der Regel handelt es sich um Mischgüter, die in Containern und Wechselbehältern transportiert werden.

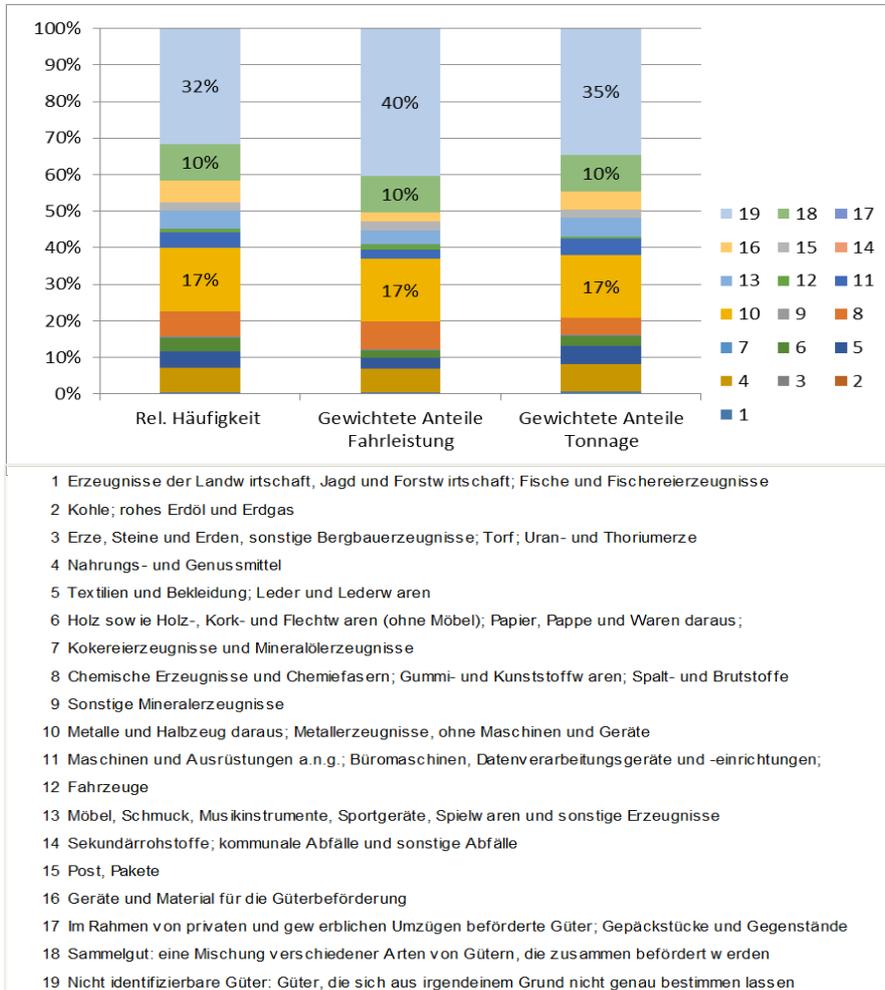


Abbildung 3-10: Anteile der Struktur der transportierten Güter (s. auch Anhang)

- **Fahrtcharakteristik:**
91 % aller Fahrten haben als Quelle und/oder Ziel einen Produktions- bzw. Lagerstandort (eigen oder fremd) (vgl. Abb. 3-11).
- Bis auf wenige „Sammel- oder Verteilfahrten“ (jeweils 1 %) wurden alle Fahrten als „Pendelfahrten bzw. Fahrten im Hauptlauf“ charakterisiert (siehe Abbildung 3-12).

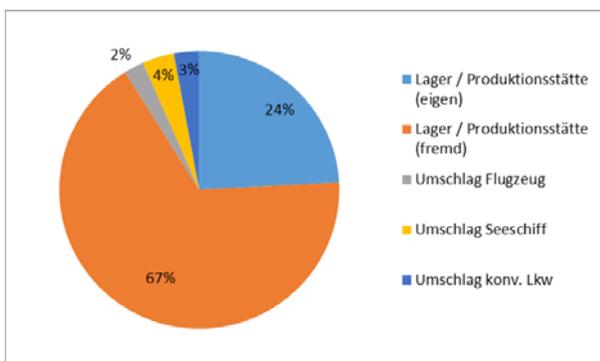


Abbildung 3-11: Quelle / Ziel der Fahrten Lang-Lkw

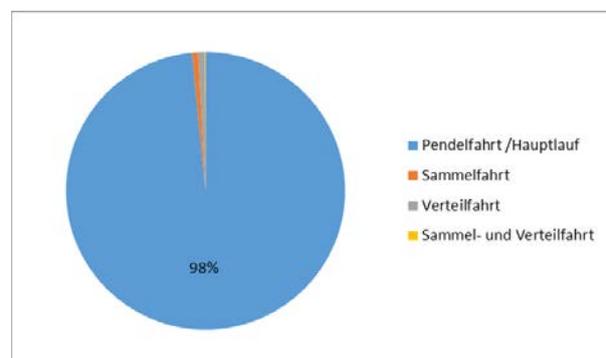


Abbildung 3-12: Art der Fahrten Lang-Lkw

- Die durchschnittliche Auslastung der Stellfläche durch die Ladung, bezogen auf alle Fahrten mit Ladung, beträgt ca. 97 %. Die durchschnittliche Volumenauslastung aller Fahrten mit Ladung ist mit 86 % etwas geringer.
- Ein Umschlag bzw. Koppeln des Lang-Lkw während des Transportvorganges aufgrund von rechtlichen Restriktionen der Befahrbarkeit, war bei 3 % vor dem Start bzw. nach dem eigentlichen Zielpunkt aller Fahrten notwendig.
- Bei 91 % aller Fahrten wurden die Transporte auch vorher durch das Unternehmen durchgeführt und zwar ausnahmslos per konventionellen Lkw. Im Durchschnitt ersetzte eine Lang-Lkw Fahrt 1,53 Fahrten mit dem konventionellen Lkw. Dies bedeutet, dass 2 Lang-Lkw Fahrten etwas mehr als 3 Fahrten per konventionellen Lkw ersetzen.
- Bei den 9 % der Fahrten, die vorher nicht vom Unternehmen durchgeführt wurden, ist bei mehr als der Hälfte bekannt (54 %), dass diese Transporte vorher per konventionellen Lkw durchgeführt wurden.
- Als hauptsächliche Ladungsform wird bei 65 % aller Fahrten „Paletten und Stückgut“ und bei 9 % „Behälter und Wechselaufbauten“ angegeben. Bei 21 % wird eine „andere Ladungsform“ genannt, die zu ca. 22 % aus Containern besteht, was ca. 5 % aller Fahrten ausmacht.⁷
- Die berichteten Verbrauchswerte für Kraftstoff ergeben einen durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch des Lang-Lkw in Höhe von 31,4 Liter/100km (Grundlagenuntersuchung: 33,9 Liter/100km).

3.3.4 Qualitative Analysen

Im Rahmen der qualitativen Befragung wurden die Teilnehmer des Feldversuchs und ausgewählte Nicht-Teilnehmer zu ihrem Einsatz von Lang-Lkw (Teilnehmer) bzw. Erwartungen an den Einsatz von Lang-Lkw (Nicht-Teilnehmer), sowie zu ihren Einschätzungen zu Verlagerungseffekten und dem Marktpotenzial von Lang-Lkw befragt. Grundsätzlich ist anzumerken, dass beide Befragungsgruppen ein generelles Interesse am Thema Marktchancen des Lang-Lkw hatten und dem Feldversuch positiv gegenüber standen. Die nachfolgenden Ergebnisse der qualitativen Analyse sind unter Berücksichtigung dieser „positiven Selbstselektion“ der beiden Befragungsgruppen zu lesen und zu interpretieren.

⁷ Im Vergleich zur Abbildung 3-7 handelt es sich hier um die beobachteten Transportvorgänge, bei denen keine Mehrfachzählung möglich ist.

Befragung Teilnehmer

Ergänzend zu den zuvor dargestellten Erhebungen wurden die Teilnehmer am Ende der Untersuchung mittels eines strukturierten Fragebogens zu ihren individuellen Erfahrungen beim Einsatz des Lang-Lkw befragt sowie um eine generelle qualitative Einschätzung zum Thema Lang-Lkw gebeten. Im Erhebungszeitraum 2015/2016 beantworteten 38 Unternehmen den qualitativen Fragebogen. Im Vorfeld der Befragung wurde eine Liste mit 12 Teilnehmern erstellt, die aufgrund eines oder mehrerer der folgenden Merkmale für die qualitative Befragung besonders interessant waren, um möglichst vielfältige Perspektiven abzudecken: Einsatz des Lang-Lkw Typ 1, hohe Anzahl an Lang-Lkw-Fahrten insgesamt und im Verhältnis zum gesamten Transportaufkommen des Unternehmens, Nutzung des Kombinierten Verkehrs, Transporte der Güterarten Maschinen, Metalle oder Pakete mit dem Lang-Lkw. Alle 12 ausgewählten Unternehmen haben an der qualitativen Befragung teilgenommen.

Auswahl und Einsatz des Lang-Lkw

Die Teilnehmer, die den qualitativen Fragebogen beantwortet haben, setzten insgesamt 10 Lang-Lkw Typ 1, 37 Lang-Lkw Typ 2, 61 Lang-Lkw Typ 3 und sechs Lang-Lkw Typ 5 ein. 26 Unternehmen gaben an, bewusst solche Lang-Lkw Kombination(en) gewählt zu haben, deren Module nach Beendigung des Feldversuches für konventionelle Transporte einsetzbar sind. 16 dieser Unternehmen sahen die gewählte Kombination gleichzeitig als für ihre Anforderungen optimale Wahl an. Drei Unternehmen hielten Lang-Lkw Typ 3 für ihre Anforderungen geeigneter, haben sich aber wegen der Unsicherheiten des Feldversuches für Lang-Lkw Typ 2 entschieden, da hier keine Unterachse nötig ist.

Zusätzlich wurden die Unternehmen dazu befragt, ob sie die Lang-Lkw Module neben dem Einsatz als Lang-Lkw auch für konventionelle Transporte einsetzen. 19 der Unternehmen (mit insgesamt 22 Lang-Lkw im Einsatz) gaben an, die Module ihrer 10 Lang-Lkw Typ 2, 10 Lang-Lkw Typ 3 und 2 Lang-Lkw Typ 1 (hier: Sattelzugmaschine) auch für konventionelle Transporte einzusetzen. Die Verwendung reicht dabei vom Einsatz in Ausnahmesituationen, wie Produktionsunterbrechungen oder Streckenvollsperrungen ohne Lang-Lkw-geeignete Umleitungsstrecke, über sporadische Fahrten bis hin zum alltäglichen Einsatz. 18 der Unternehmen setzten ihre Lang-Lkw-Module nicht für konventionelle Transporte ein. Ein Unternehmen machte diesbezüglich keine Angaben.

Auswirkungen auf den Modal Split

Keines der befragten Unternehmen berichtet von einer Auswirkung des Lang-Lkw-Einsatzes auf den Modal Split (Verlagerung von der Schiene auf die Straße) im eigenen Unternehmen. Dieses Ergebnis muss allerdings vor dem Hintergrund gesehen werden, dass nur sehr wenige der befragten Unternehmen den Kombinierten Verkehr nutzen. Es wurde außerdem speziell nach der Verlagerung von der Schiene auf die Straße gefragt, da keines der Unternehmen Transporte im Kombinierten Verkehr Binnenschiff/Straße durchführt.

In Bezug auf die Auswirkungen auf den Modal Split in der Branche generell sehen die befragten Unternehmen keine oder nur eine geringe Konkurrenz des Lang-Lkw zum Kombinierten Verkehr Straße/Schiene und zum Einzelwagenverkehr auf der Schiene. Es wird erwähnt, dass zum Teil kundenspezifische Anforderungen bezüglich der Art der Ware oder der Flexibilität der Lieferzeiten und -orte bei einem Transport auf der Schiene nicht möglich sind. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang jedoch, dass diese Aussagen auch auf die eigenen Sendungen bezogen sind, sodass sie eher eine Einschätzung in Bezug auf das eigene Unternehmen widerspiegeln als eine Einschätzung für die Branche allgemein. Zusätzlich erfordert die fehlende Schienen-Infrastruktur für bestimmte Strecken einen Transport auf der Straße. Der Lang-Lkw wird von den befragten Unternehmen weniger als Konkurrenz für den Schienenverkehr, sondern vielmehr als Alternative zum konventionellen Lkw gesehen, die bei einer Erweiterung des Positivnetzes vor allem durch den Einsatz im Vor- und Nachlauf den Kombinierten Verkehr stärken kann.

Auftragsgenerierung durch den Lang-Lkw

Sieben der befragten Unternehmen konnten aufgrund des Einsatzes des Lang-Lkw zusätzliche Transportaufträge generieren. Drei der Unternehmen fahren mit ihren Lang-Lkw zusätzliche Aufträge für die Automobilbranche. Hier ermöglicht der Lang-Lkw nach Angaben der entsprechenden Unternehmen, aufgrund des größeren Transportvolumens, einen signifikanten Kostenvorteil gegenüber dem konventionellen Lkw. Dieser macht die Verlagerung vom konventionellen Lkw auf den Lang-Lkw rentabel. Die restlichen vier Unternehmen generierten neue Aufträge in der Kontraktlogistik. In den übrigen Fällen konnten keine neuen Aufträge durch den Einsatz der Lang-Lkw generiert werden.

Auslastung des Lang-Lkw

Über den Erhebungszeitraum 2015/2016 hat sich die Auslastung der angemeldeten Lang-Lkw bei 29

der befragten Unternehmen nicht verändert. Bei sechs Unternehmen stieg die Lang-Lkw-Auslastung im Zeitverlauf an. Gründe waren beispielsweise höhere zu transportierende Produktionsmengen, eine steigende Containernachfrage bei Einsatz der Lang-Lkw im Containerbereich, die zusätzliche Generierung von Rückladung oder auch die sinkende Voreingenommenheit gegenüber dem Einsatz von Lang-Lkw. Im Gegensatz dazu meldeten drei Unternehmen eine abnehmende Auslastung ihrer Lang-Lkw.

Streckengenehmigungen

Insgesamt 15 der 38 befragten Unternehmen beantragten Streckenabschnitte, auf denen die Fahrt mit dem Lang-Lkw nicht genehmigt wurde. Bei den restlichen Unternehmen kam es zu keinen Einschränkungen bezüglich der Streckengenehmigungen.

Marktpotenzial

Das Marktpotenzial von Lang-Lkw generell wird von fast allen befragten Unternehmen positiv eingeschätzt, Hemmnisse werden jedoch im begrenzten Positivnetz und vereinzelt auch im zulässigen Gesamtgewicht der Lang-Lkw gesehen. Die Bedürfnisse der befragten Unternehmen bzgl. einer Änderung des zulässigen Gesamtgewichts variieren je nach unternehmerischen Gegebenheiten bzw. Einsatzmöglichkeiten. Besonderes Potenzial wird im Transport von leichten und voluminösen Gütern, bei Sammelgut- und Systemverkehren, in der Beschaffungs- und Distributionslogistik sowie in der Automobilindustrie und der Luftfracht gesehen. Nach Einschätzung der Teilnehmer sind Transporte per Lang-Lkw kostengünstiger (4 Nennungen) und umweltschonender (5 Nennungen) als Transporte per konventionellen Lkw, Straßen werden weniger beansprucht (weniger Gewicht pro Achse) (4 Nennungen) und kann der Problematik des Fahrermangels in Deutschland entgegenwirken (2 Nennungen).

Bisher ist der Einsatz von Lang-Lkw jedoch nur beschränkt möglich. Nach subjektiver Schätzung eines einzelnen Teilnehmers liegt das bisherige Marktpotenzial für Lang-Lkw im eigenen Geschäftsfeld sowohl in Deutschland als auch in der EU bei 10-15 %. Zwei weitere Einschätzungen sehen das Marktpotenzial der Lang-Lkw bei 15-20 %. Eine Steigerung des Marktpotenzials sehen sieben Teilnehmer durch die Erweiterung des Positivnetzes oder einer generellen Streckenfreigabe für Deutschland realisierbar; fünf der Teilnehmer sehen vor dem Hintergrund ihres Geschäfts Potenzial in der Anhebung des zulässigen Gesamtgewichts

und ein Teilnehmer in der Freigabe der Lang-Lkw für Gefahrguttransporte.

Neben der generellen Einschätzung wurden die teilnehmenden Unternehmen speziell nach dem Marktpotenzial für den Lang Lkw Typ 1 „Sattelzugmaschine mit verlängertem Sattelanhänger (Sattelkraftfahrzeug) bis zu einer Gesamtlänge von 17,80 Metern“ unter Voraussetzung der generellen Streckenfreigabe befragt. Zudem wurden die Unternehmen gebeten, eine Einschätzung abzugeben, ob dieser den bisherigen Sattelanhänger mit 16,50 m Länge sukzessive ersetzen würde.

Hierzu sind die Sichtweisen der teilnehmenden Unternehmen stark gegenläufig. 28 der 38 befragten Unternehmen sehen ein großes Marktpotenzial für den Lang-Lkw Typ 1 bei genereller Streckenfreigabe. Es wird als wahrscheinlich angesehen, dass dieser (bei genereller Streckenfreigabe) langfristig den konventionellen Sattelanhänger ersetzen würde. Der Lang-Lkw Typ 1 bietet nach subjektiver Einschätzung eines einzelnen Teilnehmers volumenmäßig eine höhere Flexibilität und hätte bei genereller Freigabe ein sehr hohes Marktpotenzial von 55-70 % (Anteil der Transporte, die anstatt wie bisher mit dem konventionellen Sattelanhänger mit dem Lang-Lkw Typ 1 durchgeführt werden würden). Kritisch werden vereinzelt die Gewichtsbeschränkung, die Anschaffungskosten, die Umstellung der Verloader auf 17,8 m als neuen Standard und der Wertverlust bei den konventionellen Sattelanhängern gesehen. Im Gegensatz dazu stellt der Lang-Lkw Typ 1 für sechs der befragten Unternehmen keine Alternative zum konventionellen Sattelanhänger dar. Als Gründe dafür werden beispielsweise eine beschränkte Einsatzfähigkeit im Kombinierten Verkehr, die Schwierigkeiten bei der Anlieferung mit einem verlängerten Sattelanhänger und Nachteile gegenüber Lang-Lkw Typ 3 bezüglich Volumennutzung und Einsatzflexibilität angegeben.

Erweiterung Positivnetz

Grundsätzlich sehen fast alle befragten Unternehmen die Erweiterung des Positivnetzes als sinnvoll und wünschenswert aus Unternehmensperspektive an. Lediglich ein Unternehmen schätzt das Potenzial der Erweiterung als unklar ein; zwei weitere Unternehmen erwarten keinerlei Auswirkungen durch eine Erweiterung des Positivnetzes.

Durch eine Erweiterung des Positivnetzes könnte die Belieferung von Kunden, die aufgrund der fehlenden Streckenfreigabe bisher nicht mit dem Lang-Lkw möglich war, nun auch durch den Einsatz von Lang-Lkw erfolgen. Nach Aussage einzelner befragter Unternehmen könnte zudem der

vermehrte Einsatz von Lang-Lkw, die Anzahl der konventionellen Sattelkraftfahrzeuge reduzieren und den Volumengütertransport im Kombinierten Verkehr optimieren. Als mögliche Auswirkungen eines vermehrten Einsatzes von Lang-Lkw werden von den Befragten eine geringere Straßenbelastung, weniger CO₂-Ausstoß und generell weniger Verkehr erwartet (bei optimaler Auslastung, passender Disposition und einer optimierten Routenführung).

Vergleich zu den Ergebnissen der qualitativen Befragung der Teilnehmer 2012/2013

Im Erhebungszeitraum 2012/2013 nahmen insgesamt 21 Unternehmen an der qualitativen Erhebung teil. Auch im Rahmen dieser Erhebung gab keines der befragten Unternehmen an, eine Verlagerung von der Schiene auf die Straße vorgenommen zu haben. Mittelfristig wurde, wie auch im Erhebungszeitraum 2015/2016, nur ein minimaler oder kein Einfluss auf den Modal Split in der Branche generell erwartet. Auch die Aussagen zur Stärkung des Kombinierten Verkehrs durch den Einsatz des Lang-Lkw und zur fehlenden Schienen-Infrastruktur decken sich zwischen beiden Erhebungen.

Im Erhebungszeitraum 2012/2013 konnten zwei Teilnehmer aufgrund des Einsatzes von Lang-Lkw zusätzliche Aufträge im Automobilbereich akquirieren. Dies war auch im Erhebungszeitraum 2015/2016 die Branche, in der am meisten neue Aufträge generiert wurden. Da für die Automobilbranche viele leichte, aber volumenmäßig große Güter transportiert werden müssen, birgt hier der Einsatz von Lang-Lkw Potenzial.

Generell lassen sich Differenzen in der Einschätzung des Marktpotenzials des Lang-Lkw zwischen den beiden Erhebungszeiträumen erkennen. Während im Erhebungszeitraum 2015/2016 das Marktpotenzial von fast allen Unternehmen als positiv eingestuft wird, waren die Aussagen diesbezüglich in 2012/2013 noch verhalten. In beiden Erhebungszeiträumen wird das größte Potenzial in der Automobilbranche und bei Volumentransporten gesehen. Auch die subjektiven Einschätzungen einzelner Unternehmen bezüglich des potenziellen Marktanteils sind ähnlich. Während ein Teilnehmer in beiden Erhebungszeiträumen den potenziellen Marktanteil für Lang-Lkw bei 10-15 % in Deutschland und in der EU sieht, gibt es bei drei weiteren Teilnehmern leicht abweichende Einschätzungen. Während 2012/2013 ein Teilnehmer das Marktpotenzial sogar bei ca. 20-30 % sah, schätzen zwei Teilnehmer aus 2015/2016 das Marktpotenzial auf 15-20 %.

Befragung Nicht-Teilnehmer

Für den Erhebungszeitraum 2015/2016 wurden insgesamt drei Firmenvertreter von Nicht-Teilnehmern, die zuvor ihr Interesse am Feldversuch bekundet hatten, zu Ihrer generellen Einschätzung des Lang-Lkw sowie den Gründen für ihre Nicht-Teilnahme am Feldversuch befragt.

Alle drei Unternehmen nannten das Streckennetz als einen ihrer Gründe für die Nicht-Teilnahme am Feldversuch. Darüber hinaus wurden rechtliche Restriktionen sowie die Ungewissheit über die Zukunft des Lang-Lkw nach Abschluss des Feldversuchs genannt. Zudem gaben zwei der Befragten an, dass ihr Standort außerhalb des Positivnetzes gelegen sei.

Alle Nicht-Teilnehmer gaben an, dass sie sich bei einer Teilnahme am Feldversuch für einen Lang-Lkw mit Dolly-Achse (Lang-Lkw Typ 3) entschieden hätten. Als ein Grund dafür wurde das gute Handling genannt. Die potenziellen Verwendungen bzw. Einsatzbereiche des Lang-Lkw bei den Nicht-Teilnehmern ähneln weitestgehend den Angaben zu den Einsatzbereichen der Lang-Lkw der Teilnehmer. So würden die Lang-Lkw vor allem für Rundläufe im Automobilbereich, im KEP-Bereich oder im Hub-zu-Hub Verkehr eingesetzt werden. Als potenzielle Auswirkungen des Lang-Lkw-Einsatzes werden insbesondere Kostensenkungen sowie CO₂-Einsparungen durch eingesparte Fahrten mit dem konventionellen Lkw gesehen. Demgegenüber sieht ein Nicht-Teilnehmer die begrenzten Einsatzmöglichkeiten und mangelnde Flexibilität (nur auf freigegebenen Strecken) als Nachteile. Ein weiterer Nicht-Teilnehmer nennt die Notwendigkeit der Umladung auf einen konventionellen Lkw wegen mangelnder Befahrbarkeit der „letzten Meile“ als Nachteil. Für das eigene Geschäftsmodell, d. h. die Art und Weise, wie das Geschäft operativ abgewickelt wird, werden allgemein keine Auswirkungen gesehen. Ein Nicht-Teilnehmer gab jedoch an, eine Optimierung des Geschäfts durch Volumenbündelung zu erwarten.

Einer der Nicht-Teilnehmer sieht beim Einsatz von Lang-Lkw einen Wettbewerbsvorteil von großen Transportunternehmen gegenüber kleinen und mittelständischen Unternehmen, da diese bezüglich der Investitionskosten bessere Möglichkeiten haben, sowie größere Kunden mit einem höheren Transportaufkommen. Im Gegensatz dazu geben die beiden anderen Nicht-Teilnehmer an, keinen negativen Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit kleiner und mittelständischer Unternehmen zu erwarten. Begründet wird diese Einschätzung von einem Nicht-Teilnehmer mit der Flexibilität und den kürzeren Entscheidungswegen in kleineren Unter-

nehmen, die dadurch schneller auf Kundenwünsche reagieren und Nischen besetzen können. Voraussetzung dafür ist aber nach Meinung des befragten Unternehmens vor allem ein Kunde mit einem Transportaufkommen, das die Auslastung des eingesetzten Lang-Lkw gewährleistet.

Insgesamt betrachtet, decken sich die Einschätzungen der Nicht-Teilnehmer mit den Aussagen der Teilnehmer des Feldversuchs. So erwarten sowohl die Nicht-Teilnehmer als auch die Teilnehmer keine oder allenfalls minimale Auswirkungen auf den Modal Split durch den Einsatz von Lang-Lkw. Auch das generelle Marktpotenzial von Lang-Lkw wird von beiden Befragungsgruppen ähnlich eingeschätzt. Zwei der befragten Nicht-Teilnehmer benennen Volumentransporte als potenzialreichsten Einsatzbereich für Lang-Lkw; aber auch im KEP- oder Lebensmittelbereich wird Potenzial gesehen. Auch die befragten Teilnehmer nannten den Transport von leichten und voluminösen Gütern als Bereich mit dem größten Potenzial. Auf potenzielle Hemmnisse, wie beispielsweise das beschränkte Positivnetz gingen die befragten Nicht-Teilnehmer nicht ein.

Alle drei Nicht-Teilnehmer sehen durch das größere Ladevolumen des Lang-Lkw Typ 1 gegenüber dem konventionellen Lkw einen Wettbewerbsvorteil und sehen langfristig den Ersatz des bisherigen Sattelanhängers durch den Lang-Lkw als wahrscheinlich bzw. Schritt in die richtige Richtung. Diese Meinung teilt die Mehrheit der Teilnehmer, allerdings werden hier auch negative Aspekte und Kritikpunkte, wie die Anpassung der Standards durch die Verlader oder die beschränkte Einsatzfähigkeit im Kombinierten Verkehr angesprochen. Auch der Erweiterung des Positivnetzes stehen die befragten Nicht-Teilnehmer durchweg positiv gegenüber. Große Verlader und weitere Unternehmen würden den Einsatz der Lang-Lkw prüfen. Zudem könnten Netzwerkverkehre besser abgebildet und die Lang-Lkw bei Marktveränderungen flexibler eingesetzt werden. Dies würde zu einem reduzierten Verkehrsaufkommen führen. Auch diese Aussagen finden sich in den Befragungsergebnissen der Teilnehmer wieder.

3.4 Schlussfolgerung

Im Folgenden werden die hier bisher analysierten und für das Marktpotenzial ausschlaggebenden Charakteristika und Strukturen der Transportvorgänge mit den Ergebnissen der Grundlagenerhebung verglichen und gegenübergestellt:

- Gutarten:
Mit über 60 % sind jeweils die Gruppe der „Sonstigen und Nicht-identifizierbaren Güter“,

„Sammelgüter“ sowie Transporte für die Automobilindustrie (ohne Fahrzeugtransporte) die dominierenden Güter aller erhobenen Fahrten

- **Fahrtentypen:**
Die weitaus vorherrschenden Fahrtentypen stellen in beiden Erhebungen die „Pendelfahrten bzw. Fahrten im Hauptlauf“ dar.
- **Art der Quelle bzw. des Ziels:**
Über 3/4 aller Fahrten hatten in beiden Erhebungen als Quelle und/oder Ziel einen Produktions- bzw. Lagerstandort (eigen oder fremd)
- **Tonnagen und Auslastungen:**
Das durchschnittliche transportierte Ladungsgewicht ist mit rd. 13 bzw. 14 Tonnen bei beiden Erhebungen vergleichbar. Auch der Anteil der Leerfahrten ist vergleichbar (6 bzw. 7 %) sowie mit jeweils weit über 80 % die mittleren Auslastungen (Volumen und auch Ladefläche)
- **Bisherige Fahrten:**
Auch die Antworten zur Frage, inwieweit der Transport bereits vorher durch das Unternehmen durchgeführt wurde (jeweils ca. zu 3/4) und mit welchem Verkehrsmittel (ausschließlich per konv. Lkw), sind hier vergleichbar. Im Durchschnitt ersetzte dabei, nach Angaben der Teilnehmer, eine Lang-Lkw Fahrt 1,53 Fahrten. (Vorgängererhebung: 1,56) mit dem konventionellen Lkw.
- **Art der Ladung:**
Die hauptsächliche Ladungsform besteht zu ca. 2/3 aller Fahrten in beiden Erhebungen aus „Paletten und Stückgütern“, und nur zu einem kleinen Teil aus „Behältern und Wechselaufbauten“ bzw. Containern.

Zusammenfassend kann daraus geschlossen werden, dass die Strukturen beider Erhebungen nahezu identisch und dies insbesondere in den Bereichen, die für das Generieren der Marktpotenziale des Lang-Lkw ausschlaggebend sind.

Daraus ergibt sich, dass, für die in der Grundlagentragung generierten Marktpotenziale, kein Anpassungsbedarf besteht (detaillierte Beschreibung in Kapitel 4.1.2).

4 Analyse Verkehrsnachfrage- wirkung

4.1 Modelldesign

Als Basis für die Modellierung der Verkehrsnachfragewirkungen, insbesondere der Wirkungen in den untersuchten Szenarien, werden Modellierungswerkzeuge aus TCI-GV⁸ benutzt.

Als Analysejahr wird auf das Jahr 2014 zurückgegriffen, da hierfür die aktuellsten statistischen Daten zur Verfügung stehen. Als Prognosezeitraum dient das Jahr 2030, um auf aktuelle Prognosen auf Bundesebene zurückgreifen zu können (siehe Intraplan et. al 2014).

Im Wesentlichen sind folgende Module verwendet worden:

- Umlegungsmodell Lkw
- Kostenmodelle für Lkw, Bahn und Binnenschiff
- Potenzialmodell Lang-Lkw
- Verkehrsmittelwahlmodell (Modal-Split)

Der schematische Zusammenhang und der vorge-sehene Einsatz in der Untersuchung werden in den folgenden Abbildungen dargestellt (siehe Abbildung 4-1 und 4-2) und anschließend inklusive der wichtigsten Modellmodule beschrieben.

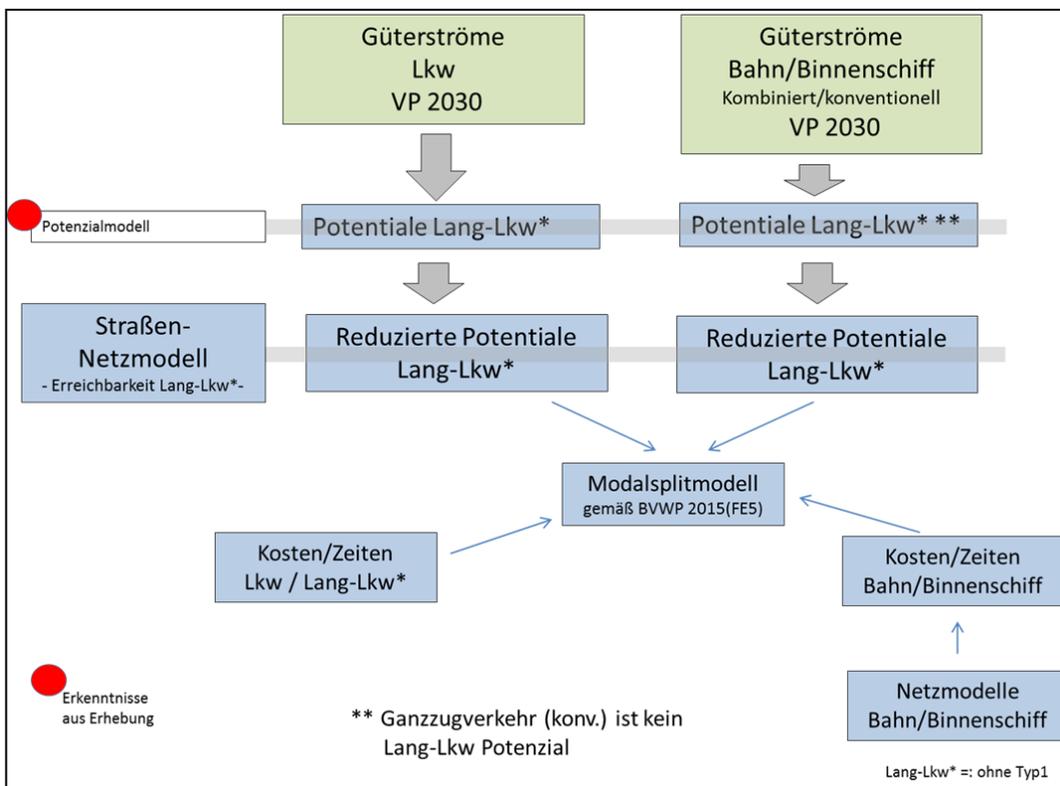


Abbildung 4-1: Modelldesign intramodales Modul

⁸ TCI-GV ist ein integratives Güterverkehrsmodell von TCI.

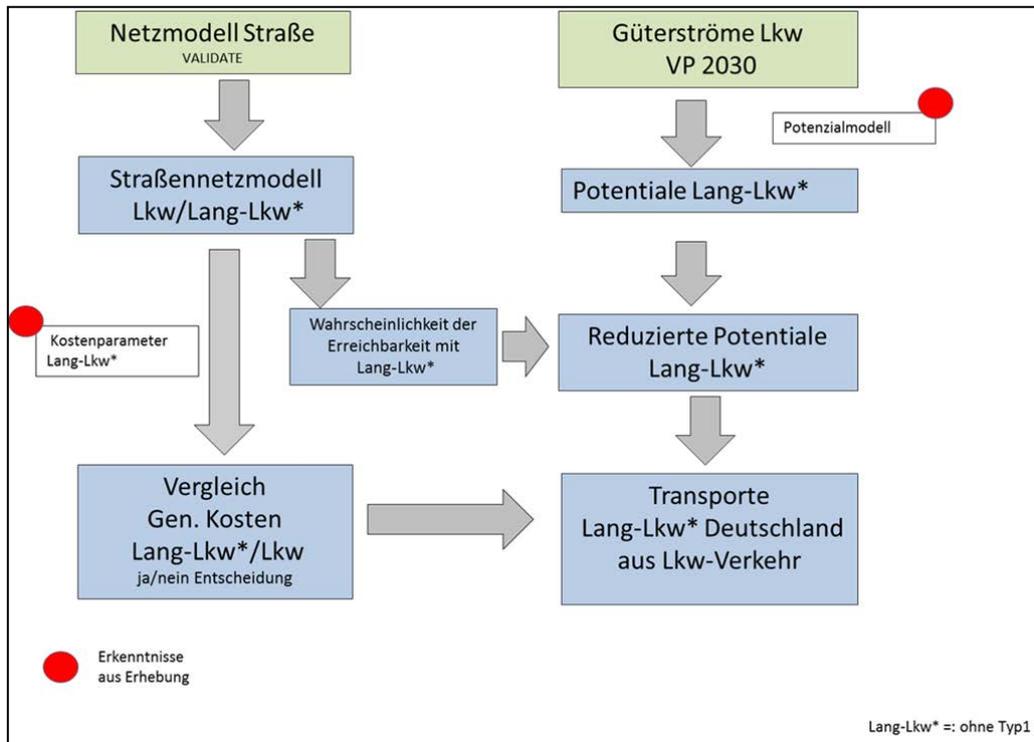


Abbildung 4-2: Modelldesign intermodales Modul

4.1.1 Umlungs-, Kosten- und Fahrzeugmodul

Das Umlungsmodell Lkw⁹ liefert die Routen und die Eigenschaften für Transportzeit und -entfernung, getrennt für den konventionellen Lkw und den Lang-Lkw. Die ermittelten Eigenschaften sind Input für Kostenmodelle, die entsprechende Transportkosten für die jeweiligen Relationen berechnen. Die Berechnung unterscheidet die verschiedenen Güterbereiche nach NST2007 (siehe Tabelle 4-1) sowie den Kombinierten Verkehr mit Containern und Wechselbehältern. Im Kombinierten Verkehr werden die Umschlagsvorgänge in der Kostenrechnung berücksichtigt. Dieser Teil des Modells reagiert sensitiv auf die Szenariospezifischen Netzkonfigurationen (Positivnetz für den Lang-Lkw) und gibt dies in Form von Szenariospezifischen Kosten des Lang-Lkw Transports je Relation an das Modalsplit-Modell weiter.

Transportkosten

Grundlage hierfür sind verkehrsmittelspezifische Kostensätze. Als Standardverfahren der Kosten- und Leistungsberechnung für Transport- und Lo-

gistikunternehmen werden betriebswirtschaftliche Kostensätze für den Straßen- und Schienengüterverkehr für das Bezugsjahr 2014 als Grundlage verwendet. D.h. es sind weder volkswirtschaftliche Kostenelemente, wie z. B. externe Umweltkosten, noch reine Marktpreise in der Kostenkalkulation enthalten. Neben den reinen Transportkosten werden dazu alle transportkettenspezifischen Elemente berücksichtigt, wie z. B. Umschlagskosten bei gebrochenen Verkehren, Ruhezeiten, Infrastruktur, etc. Die Kostenelemente sind grundsätzlich unterteilt in fixe (zeitabhängige) und variable (laufleistungsabhängige) Kosten:

Transportkosten Straße:

- **Variable Kosten (laufleistungsabhängig):** Leistungsabschreibung, Kraft- und Schmierstoff, Reifenkosten, Wartungs-/Reparaturkosten, sonstige variable Kosten (inkl. Maut)
- **Fixe (zeitabhängige) Kosten:** Zeitabschreibung, kalkulatorischer Zins, Steuer u. Versicherungen, sonstige Betriebskosten, Personalkosten, Allgemeine Kosten (Verwaltung etc.)

⁹ Das Design des Raumstrukturmodells wird in Kapitel 4.1.3.2 beschrieben.

Transportkosten Schiene:

Die Kostenelemente des Schienengüterverkehrs enthalten:

- A. Zugförderkosten (Personal- und Traktionskosten / Zugmaterial (Triebfahrzeug, Wagen), Energie)
- B. Zugbildung / Umschlag / Trassenpreise / Kosten erste/letzte Meile / private Gleisnutzung, etc.

Transportkosten Binnenschiff:

Die einzelnen Komponenten der Betriebskosten für das Binnenschiff enthalten:

- Vorhaltungskosten Binnenschiff (inkl. Umschlagskosten)
- Personalkosten
- Energiekosten

Aus Erkenntnissen der Erhebung werden im Kostenmodell für den Lang-Lkw zwei Segmente unterschieden:

- Lang-Lkw mit verlängertem Sattelanhänger (Gesamtlänge max. 17,80m)- Lang Lkw Typ 1
- Lang Lkw Typ 2-5

Bei beiden Segmenten werden innerhalb der Routensuche die jeweiligen Netzzulassungen unterschieden.

Fahrzeugmodule

In diesem Modellteil des Straßengüterverkehrs wird auf Grundlage der Güterströme der Verkehrsprognose 2030, ein Fahrzeugmodell angewandt. Dies ermittelt in Abhängigkeit von gutart- und entfernungspezifischen mittleren Auslastungen aus den (jährlichen) Güterströmen, tägliche Fahrzeugströme und berücksichtigt dabei auch die Leerfahrten. Es wird die Akquisition von Rückladung in Betracht gezogen, d. h. ein Fahrzeug, welches einen Gütertransport von A nach B durchführt, kann - falls vorhanden - auch Rückladung von B nach A mitnehmen, falls die logistischen Anforderungen der Gutarten identisch sind.

Tabelle 4-1: Gutarten nach NST2007¹⁰

Abschnitt	NST 2007 Kurzbezeichnung gemäß Destatis
10	Erzeugnisse der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei
2X	<i>Kohle, rohes Erdöl und Erdgas</i>
21	Steinkohle
22	Braunkohle
23	Erdöl, Erdgas
3X	<i>Erze, Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse</i>
31	Erze
32	Düngemittel
33	Steine und Erden
40	Nahrungs- und Genussmittel
50	Textilien und Bekleidung, Leder und Lederwaren
60	Holzwaren, Papier, Pappe Druckerzeugnisse
7X	<i>Kokerei- und Mineralölerzeugnisse</i>
71	Koks
72	Mineralölerzeugnisse
80	Chemische Erzeugnisse etc.
90	Sonstige Mineralerzeugnisse (Glas, Zement, Gips, etc.)
110	Metalle und Metallerzeugnisse
110	Maschinen und Ausrüstungen, Haushaltgeräte etc.
120	Fahrzeuge
130	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte etc.
140	Sekundärrohstoffe; Abfälle
150	Post, Pakete
160	Geräte und Material für die Güterbeförderung
170	Umzugsgut und sonstige nichtmarktbestimmte Güter
180	Sammelgut
190	Gutart unbekannt

¹⁰ Mit X codierte Abschnitte sind feiner differenzierte NST2007-Abschnitte.

4.1.2 Potenzial-und Modal-Split Module

Das hier verwendete Verkehrsmittelwahlmodell betrachtet alle Transporte in einem Güterbereich und einer Entfernungsklasse als „logistisch“ gleichwertig. Die aus der Feldversuchs-Erhebung abgeleiteten speziellen logistischen Muster (vgl. hierzu Kapitel 3) dienen dabei als Basis. Zum Teil lassen sich diese Muster den Güterbereichen zuordnen (bspw. keine Massengüter), zum Teil handelt es sich um Attribute wie z. B. Verteilverkehre vs. Punkt-zu-Punkt Verkehre, die eine neue Segmentierung bedingen. Diese Segmentierung ist Bestandteil des Potenzialmodells Lang-Lkw Typ 2-5, das im Rahmen des FE 89.0273 „Grundlagenermittlung“ (Röhling, Burg, Klaas-Wissing; 2014) ermittelt wurde (eine detaillierte Beschreibung der Potenzialermittlung ist dort zu finden).

Als Grundlage für die Verkehrsnachfragemodellierung für Lang-Lkw Typen 2-5 wurde die Variante 2 aus dem Potenzialmodell verwendet, da diese weitgehend den in der empirischen Erhebung vorgefunden Mustern entspricht. D. h. Transporte, die mit Pritschenwagen, Kippern und Fahrzeugen mit Kesselaufbauten durchgeführt werden, sind nicht als Lang-Lkw Potenzial anzusehen. Weiterhin sind Transporte von Massengut (Steine und Erden, mineralische Brennstoffe, Mineralölprodukte, Düngemittel und Erze/Metallabfälle) sowie Sammel-

und Verteilfahrten Ausschlusskriterien für die Lang-Lkw Nutzung. Betrachtet werden dann in Variante 2 Punkt-zu-Punkt Verkehre, d. h. es werden Komplettladungen transportiert. Um eine betriebswirtschaftliche Rentabilität zu gewährleisten, muss dabei eine Volumenauslastung von mind. 70 % erreicht werden.

Diese Nachfragepotenziale, die Lang-Lkw-affin sind, dienen als Basis für die bundesweite räumliche Verteilung von Gütertransporten, wobei aus der Analyse der aktuellen Erhebung kein zusätzlicher Anpassungsbedarf abgeleitet werden kann.

Im Gegensatz dazu hängt das Marktpotenzial für den Lang-Lkw Typ 1 (Lang-Lkw mit verlängertem Sattelanhänger) nicht in erster Linie von Besonderheiten in den logistischen Strukturen und Einsatzfeldern ab, sondern wird grundsätzlich in dem Ersatz des Fuhrparkbestandes von konventionellen Sattelkombinationen (Sattelzugmaschinen und Sattelanhängern) gesehen. Dies wird durch die Ergebnisse der qualitativen Befragung sowie auch anderer Expertenmeinungen (u.a. Einschätzungen des forschungsbegleitenden Ausschusses) gestützt.

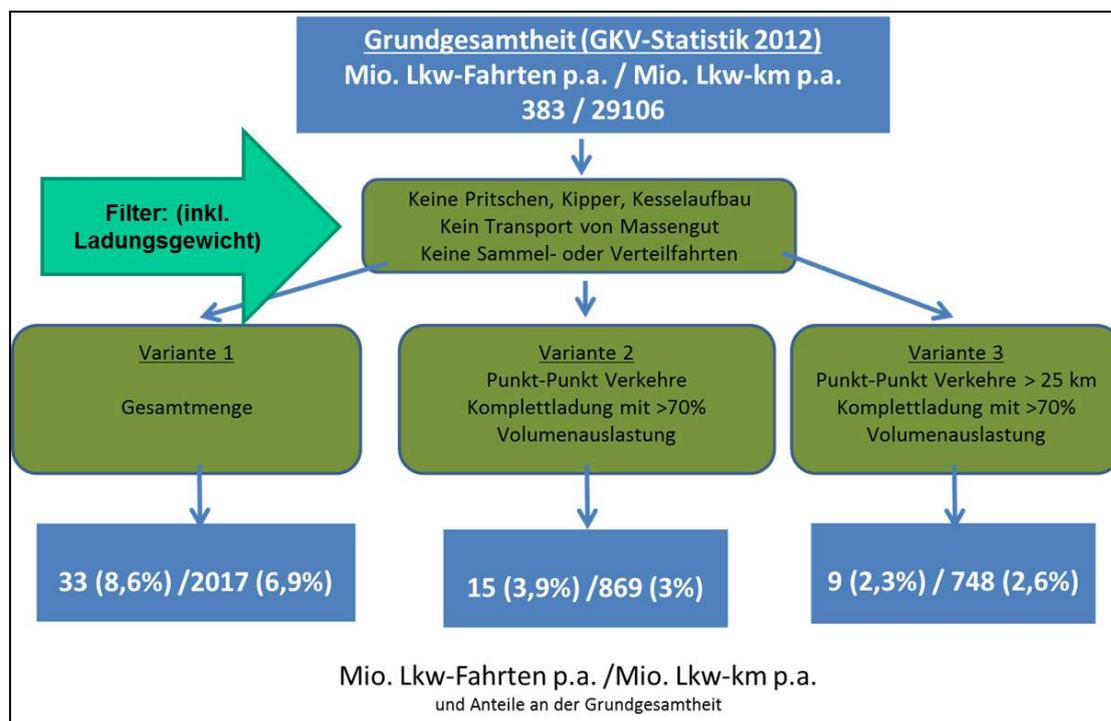


Abbildung 4-3: Potenzialmodell Lang-Lkw Typ 2-5

Daraus ergeben sich folgende Annahmen für den Marktpotenzialansatz des Lang-Lkw Typ 1:

- Vollständiger Ersatz aller Binnenfahrten deutscher 1- und 2-achsigen Sattelanhänger.
- Anteiliger Ersatz aller nicht komplett ausgelasteten (Tonnage-)Binnenfahrten deutscher 3-achsiger Sattelanhänger

Daraus folgt als „Best-Guess“- Annahme, dass das Marktpotenzial bei ca. 50 % aller Fahrten deutscher Sattelanhänger im innerdeutschen Verkehr des Jahres 2014 liegt¹¹.

Für die Abschätzung der Potenzialmengen für den Lang-Lkw, die derzeit auf Bahn und Binnenschiff transportiert werden, wurde als entscheidender Indikator das Transportgewicht je Lademeter verwendet. Die gegenüber dem konventionellen Lkw reduzierte Nutzlast eines Lang-Lkw beschränkt seine Verwendbarkeit. Bei der Betrachtung der Transportgewichte reichen aber Durchschnittswerte der Beladung für die Abschätzung von gewichtskritischen Transporten alleine nicht aus. Beispielsweise würden Verkehre des Kombinierten Verkehrs mit einem durchschnittlichen Sendungsgewicht von rund 23 Tonnen (Kombiverkehr, 2015) nicht als Potenzial herangezogen werden. Damit würden maritime Containertransporte sowie der kontinentale Kombinierte Verkehr kein Potenzial für den Lang-Lkw darstellen, was als generelle Aussage so nicht zutrifft.

Daher ist es notwendig, die tatsächliche Verteilung der Transportgewichte im Schienengüterverkehr sowie in der Containerbinnenschiffahrt in der Betrachtung zur empirischen Einstufung von gewichtskritischen Transporten zu berücksichtigen.¹²

Auf dieser empirischen Basis wurden folgende Verkehre als Potenzial für den Lang-Lkw identifiziert:

- Verkehre des Kombinierten Verkehrs, inklusive Seehafenhinterlandverkehre. Dies betrifft alle

¹¹ Bei der Abschätzung des Marktpotenzials des Lang-Lkw Typ 1 konnte eine mögliche Anpassung der Fahrzeugflotten, die sich aufgrund der veränderten Mautklasseneinteilung ab dem 01.10.2015 ergeben könnte, nicht berücksichtigt werden. Da aber der hierfür relevante Anteil der deutschen 1- und 2-achsigen Sattelanhänger nur bei ca. 6 % aller deutschen Binnenfahrten mit Sattelanhänger beträgt, wird dieser Effekt auf das Marktpotenzial als gering eingestuft.

¹² Der langlaufende Schienengüterverkehr ist hierfür nicht grundsätzlich ausgeschlossen, da für jede Relation der Kostenvergleich zwischen den Verkehrsträgern separat durchgeführt wird.

Leercontainer und in der Summe ca. 20 % der beladenen Behälter (Container und Wechselbehälter) im Kombinierten Verkehr.

- Verkehre des Automotive Sektors, ausschließlich Zulieferteile für die Automobilindustrie.

Die entsprechenden Mengen wurden aus den vorhandenen Datengrundlagen aus der Verkehrsprognose 2030 extrahiert.

Tabelle 4-2 fasst das Ergebnis zusammen. Das Potenzial für intermodale Verlagerung beträgt im Jahr 2014 ca. 3 Mrd. tkm, was einem Anteil von 1,7 % des Gesamtverkehrs von Bahn und Binnenschiff entspricht (Bahn: 2,7 %; Binnenschiff: 0,1 %). Dieser Anteil des Lang-Lkw-Potenzials steigt auf der Grundlage der Prognosen BVWP 2030 bis zum Jahr 2030 auf 2,9 % (Bahn: 4,2 %; Binnenschiff: 0,2 %). Grund dafür ist der wachsende Anteil des Kombinierten Verkehrs am Gesamtverkehr von Bahn und Binnenschiff.

Tabelle 4-2: Mengengerüst des intermodalen Potenzials

		2014	2030
Gesamt Mrd. tkm p.a.	Bahn	109	154
	Binnenschiff	63	76
	Total	172	230
davon potenziell verlagerbar auf Lang-Lkw Mrd. tkm p.a.	Bahn	2,9	6,5
	Binnenschiff	0,1	0,1
	Total	3,0	6,6
Anteil verlagerbares Potenzial an Gesamtleistung	Bahn	2,7%	4,2%
	Binnenschiff	0,1%	0,2%
	Total	1,7%	2,9%

Auf der Basis der dargestellten Potenzialmengen wird ein Verkehrsmittelwahlmodell angewandt, welches in seiner Originalform folgende Verkehrsmittel unterscheidet:

- Lkw
- Bahn kombiniert und konventionell sowie Binnenschiff, wobei im Seehafenhinterlandverkehr der Containerverkehr ein extra Segment darstellt.

Für die Integration des Lang-Lkw wird das Modell um eine „Nested“-Stufe erweitert, d. h. im Segment Lkw wird noch nach den Subsegmenten konventioneller Lkw und Lang-Lkw unterschieden.

Für das intramodale Modell, das die Verlagerung vom konventionellen zum Lang-Lkw beschreibt, werden relationsweise die generalisierten Kosten (gemeinsame Betrachtung von Transportkosten und Fahrzeit) zwischen den Alternativen verglichen und das jeweils kostengünstigere Verkehrsmittel gewählt. Die Wahrscheinlichkeit, dass die jeweilige Relation überhaupt für den Lang-Lkw zur Verfü-

gung steht, wird in einer späteren Modellstufe berücksichtigt.

Das Logit-Modell zur Bestimmung der Verlagerungen von Bahn und Binnenschiff ist ein Marginalmodell. Dabei wird von einem Basis-Zustand ausgegangen und die Wirkungen der veränderten Transporteigenschaften der Verkehrsträger, hervorgerufen durch den Lang-Lkw, werden entsprechend für die Verkehrsmittelanteile fortgeschrieben. Die berechneten Verlagerungen von Bahn und Binnenschiff werden komplett dem Lang-Lkw zugeordnet, da er allein die Kostenänderung verursacht.

Ein wesentlicher Input der Modellierung ist die Quantifizierung der erhöhten Effizienz des Lang-Lkw, ausgedrückt in Form eines Effizienzfaktors. Im Modell sind dabei zwei Wirkungskomponenten zu unterscheiden: Einmal beeinflusst die Effizienz die Verkehrsmittelwahl, zum anderen beeinflusst die Effizienz die, durch den Lang-Lkw ersetzte, Fahrleistung (in Lkw-km). Der Effizienzfaktor wird auf Basis des hauptsächlich eingesetzten Ladungsträgers (Europaletten) abgeleitet. Im Gegensatz zur betriebswirtschaftlichen Sichtweise, die die substituierte Anzahl der Fahrten ohne Berücksichtigung der tatsächlichen Auslastung darstellt, basiert dieser makroskopische Ansatz auf der relationsweisen Substitution der tatsächlich transportierten Gütermengen in Deutschland. Da die Anzahl der substituierten Palettenstellplätze in Abhängigkeit des ersetzten konventionellen Lkw variiert (zwischen 19 und 15), wird hier ein inverser mittlerer Effizienzfaktor von 1,5 angewandt, was auch weitestgehend das Ergebnis aus der Erhebung widerspiegelt.¹³ D. h. ein Lang-Lkw-km ersetzt 1,5 km mit konventionellen Lkw. Aufgrund von möglichen längeren Fahrten, die ein Lang-Lkw im Vergleich zum konventionellen Lkw aufgrund der Netzbeschränkungen fahren muss, kann sich jedoch die Netto-Effizienz auf einzelnen Relationen vermindern.

Die Behandlung des Verkehrs mit dem verlängerten Sattelanhänger wird in dieser Modellstufe als ein zusätzliches Lkw-Segment eingeführt, welches zu einem festen Anteil den konventionellen Lkw ersetzt. Für den Transport von Gütern des Lang-Lkw-Potenzials ist dabei im Vergleich zum konventionellen Lkw aufgrund der vergrößerten Stellfläche eine höhere Effizienz unterstellt. Für die übrigen

¹³ Ein Effizienzfaktor von 1,5 ergibt sich z. B. indem jeweils ein Lang-Lkw vom Typ 2 und 3 mit durchschnittlich je 53 Palettenstellplätzen (=106), je 2 konventionelle Sattelaufleger mit je 34 Stellplätzen und einen Gliederzug mit 38 Stellplätzen (in Summe auch 106) ersetzen.

Transporte ist kein Effizienzunterschied zum konventionellen Lkw vorhanden.

Für die Schätzung der Verlagerungseffekte von der Bahn - unterschieden nach den Produktionsarten Einzelwagenlauf und kombinierter Verkehr - und dem Binnenschiff (Container) auf den Lang-Lkw, wird in Anlehnung an das BVWP-Verfahren (BVU, 2014) ein Logit-Modell angewandt. Dieser Modellansatz ermöglicht einen detaillierten, auf einzelne Transportrelationen bezogenen, gütergruppenspezifischen Vergleich einzelner Verkehrsmittel und spiegelt somit auch den aktuellen Stand der Güterverkehrsmodellierung wieder (BVU, 2014). Im Vergleich dazu ist für eine Bestimmung von Verlagerungswirkungen, die Verwendung von Modellansätzen, die auf Basis von generalisierten Preiselastizitäten der Nachfrage funktionieren, nicht angebracht. Diese basieren auf Durchschnittswerten der generalisierten Kosten einzelner Verkehrsmittel und bilden die, in Abhängigkeit einzelner Relationen, auftretende hohe Varianz der generalisierten Kosten der einzelnen Verkehrsmittel nicht ab.

Im Gegensatz dazu, werden in dem hier verwendeten Ansatz, Marktanteile je Verkehrsmittelalternative in Abhängigkeit der jeweiligen generalisierten Kosten für jede Transportrelation einzeln berechnet. Das verwendete Logit-Modell hat folgende Formulierung:

$$p_v = \frac{\exp(U_v)}{\sum_k \exp(U_k)}$$

mit

$$U_{v;i,j} = \alpha_{v;i,j} + \beta_K BC(K_{v;i,j}, \lambda_K) + \beta_T BC(T_{v;i,j}, \lambda_T)$$

wobei:

p_v	Wahrscheinlichkeit bzw. Anteil mit dem das Verkehrsmittel v gewählt wird
i, j	Relation $i \rightarrow j$
α	Parameter zum Einstellen des Ist-Modalsplits
β_K, β_T	Gewichtungsparameter
λ	Parameter für Box-Cox Transformation
K	Transportkosten
T	Transportzeit
BC	Box-Cox Transformation

Bei diesem Ansatz wird davon ausgegangen, dass die relativen Angebotseigenschaften der konkurrierenden Verkehrsträger die Verkehrsmittelwahl bestimmen. Dabei wird berücksichtigt, dass je nach Gütersegment die verschiedenen Komponenten der Angebote von den Entscheidern unterschiedlich gewichtet werden.

Die dafür notwendigen Transporteigenschaften im Hauptlauf der alternativen Verkehrsmittel Bahn und Binnenschiff werden als Ergebnis der Umlagemodule bereitgestellt. Sie sind ebenfalls güterbereichsspezifisch und für Container und Wechselbehälter (wobei das Binnenschiff nur Container transportiert) formuliert.

Da innerhalb der BVWP 2030 der Bereich der Zuverlässigkeit als „Verspätungen des Transportes“ definiert ist, ist dieser Ansatz für den Bereich Lang-Lkw nicht passend. Als Zuverlässigkeitsindikator für Lang-Lkw werden potenzielle Streckensperrungen im Positiv-Netz herangezogen und bezüglich der Berechnung von Verlagerungswirkungen hin zum Lang-Lkw dessen Zuverlässigkeit als uneingeschränkt angenommen. Durch diesen konservativen Ansatz, wird eine tendenzielle Unterschätzung von Verlagerungswirkungen ausgeschlossen.

Durch den vorgeschalteten Filter (Potenzialmodell) werden, u. a. aufgrund der geringeren Nutzlast der Lang-Lkw, insbesondere der Massenguttransport per Schiene (insbesondere Ganzzugverkehre) und auf dem Binnenschiff aus der Betrachtung herausgenommen. Für die übrigen Verkehre wird davon ausgegangen, dass das Logistikmuster von Bahn und Binnenschiff Lang-Lkw-affin ist, d.h. dass logistische Anforderungen erfüllbar sind.¹⁴

4.1.3 Rahmenbedingungen und Szenarien.

4.1.3.1 Güterverkehrsmengen und Transportleistung

Basisdaten sind die Verkehrsmengen aller Verkehrsträger der Verkehrsprognose 2030 (VP2030), die im Rahmen des BVWP 2030 ermittelt wurden. Ausgewiesen werden Transportaufkommen und Transportleistung (in Tonnen und Tonnenkilometern) zwischen Kreisen für das Basisjahr 2010 und das Prognosejahr 2030. Diese Werte sind weiter differenziert nach Gütergruppen (NST 2007) und den hier relevanten Verkehrsmitteln bzw. Ver-

kehrsarten: Lkw / Bahn kombiniert und konventionell (Einzelwagenlauf) / Binnenschiff (Container).

Für die Nachfrageuntersuchung des Lang-Lkw wird das BVWP-Basisjahr auf das Analysejahr 2014 fortgeschrieben. Die Werte für das Jahr 2030 werden direkt aus der BVWP-Matrix übernommen. Die Auswirkungen der in der VP2030 angenommenen spezifischen Veränderungen im Produktionskonzept des Schienengüterverkehrs („Netzwerkbahn“) für das Jahr 2030 können hier nicht dargestellt werden, da Detailinformationen über die absehbaren Wirkungen und die konkrete Realisierung noch nicht endgültig festgelegt sind.

4.1.3.2 Raumstruktur- und Netzmodelle

Wichtige Elemente für das Modell zur Verkehrsnachfragewirkung stellen insbesondere das Raumstruktur- und Straßennetzmodell dar.

Für die Modellierung der Raumstruktur wurde ein TCI-internes Rastermodell verwendet, das auf einer Verschneidung von Gewerbe- und Industrieflächen mit einem 500 m x 500 m Raster in Deutschland basiert. Um die Anzahl der Rasterelemente in einem rechenbaren Rahmen zu behalten, wurden diese Rasterelemente zu einem 1,5 km x 1,5 km Rastermodell zusammengefasst. Weiterhin wurde mit 5 ha ein Grenzwert an Gewerbe- und Industriefläche je Rasterelement definiert, ab dem ein Rasterelement aufgenommen wird. Damit ergaben sich ca. 31.000 Rasterelemente (siehe Abbildung 4-4). Denn nur die Betrachtung von Verflechtungen zwischen einzelnen Gewerbegebieten, Gemeinden oder Kreisen, ist als Detaillierungsmaßstab nicht geeignet. Erst mit diesem aufwändigen Modellansatz wird eine feinräumige Information über die Verteilung von wichtigen Aufkommenspunkten für Güterverkehre in Deutschland geschaffen.

Diese Information ist notwendig für die im Folgenden beschriebene Festlegung der Eignung des Straßennetzes für Lang-Lkw-Fahrten. Als Straßennetzmodell wurde das bei der BAST vorhandene Produkt „Validate“ verwendet. Das Netzmodell bildet von den Autobahnen bis zu den Gemeindestraßen das deutsche Hauptstraßennetz ab. Zusätzlich wurde in einem sehr aufwändigen Verfahren die Streckeninformationen zur 6. Änderungsverordnung ergänzt. Für die übrigen Verkehrsträger Schiene und Binnenschiff wurde auf die Netzmodelle der VP 2030 zurückgegriffen (siehe Abbildung 4-5).

¹⁴ Dies wird in der Realität nicht immer erfüllt werden, wird aber, um eine Unterschätzung des Potenzials auszuschließen, als konservativer Schätzansatz hier als Bedingung angenommen.

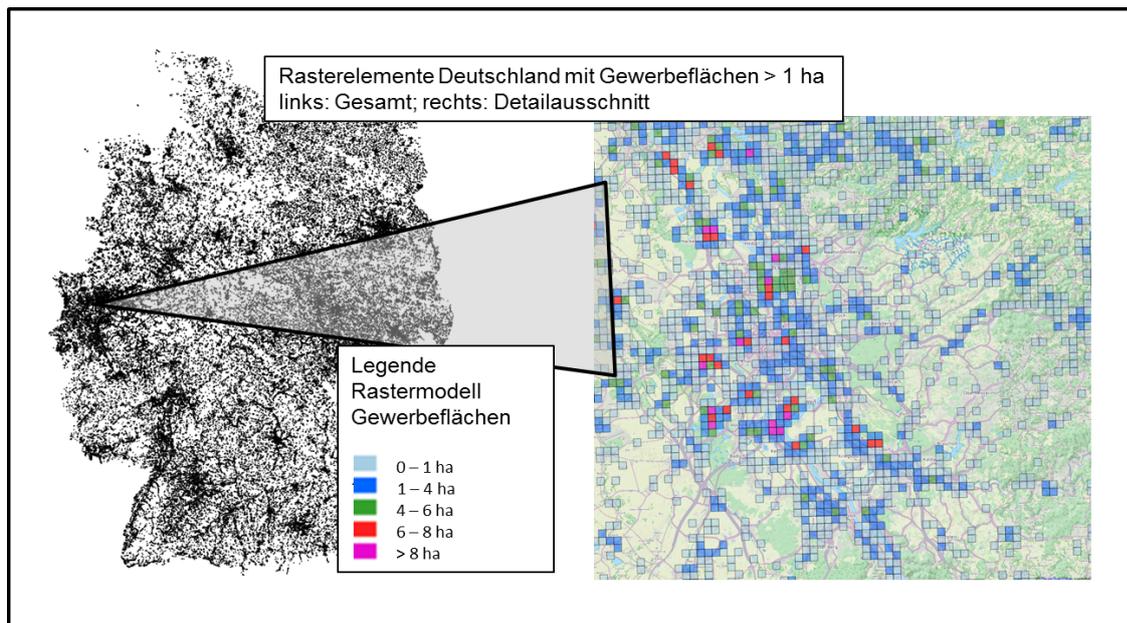


Abbildung 4-4: Gewerbeflächenrasterelemente Deutschland als Basis der Modellraumstruktur

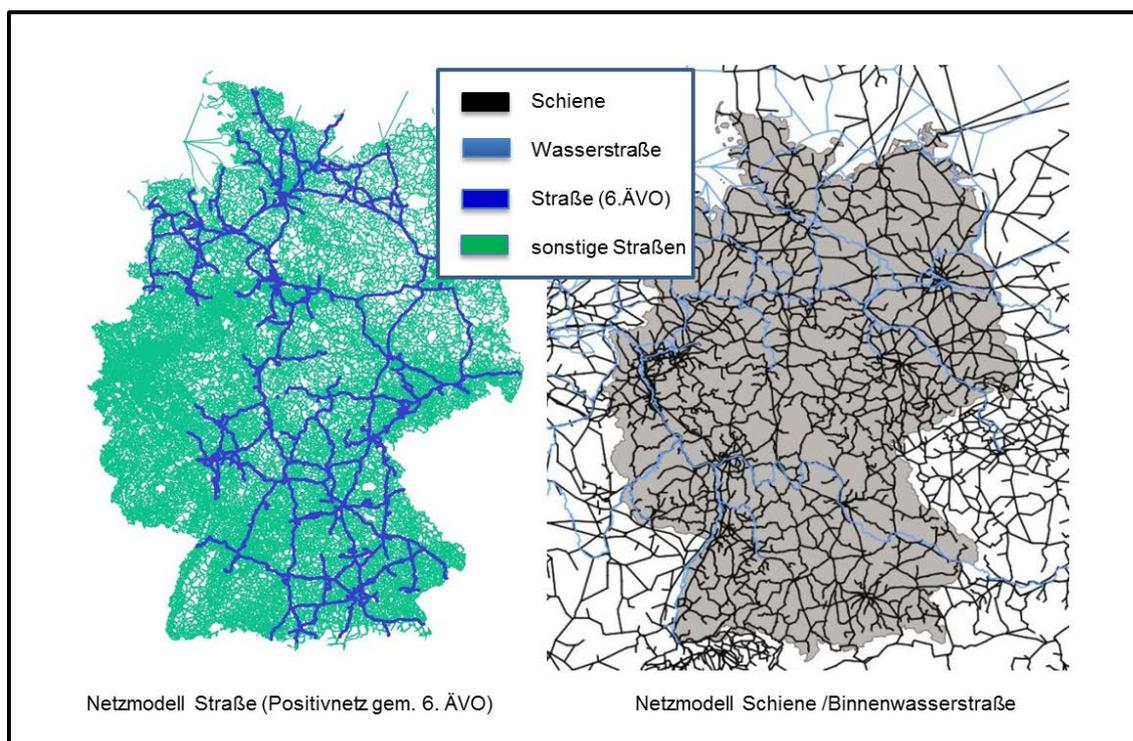


Abbildung 4-5: Netzmodelle

Obwohl diese Eckdaten auf den ersten Blick auf eine hohe Detailgenauigkeit hinweisen, handelt es sich hier um ein abstraktes Rechenmodell, welches aber für die Abschätzung von Verlagerungswirkungen in ihrer Gesamtheit geeignet ist. Im Detail sind Ungenauigkeiten in Kauf zu nehmen, ins-

besondere bei der Verknüpfung der Netzelemente, der Transportmitteleigenschaften und der detailliert vorliegenden Rasterelemente. Eine Aussage, wieviel Tonnage täglich von welchem Rasterelement in welches Raster transportiert wird, ist somit lediglich eine Schätzung auf Basis der vorliegenden In-

formationen. Dennoch ist diese Modellgenauigkeit der Fragestellung angemessen, da damit die Gütertransportstruktur Deutschlands, die weiträumige Straßennetzstruktur Deutschlands sowie die Lage der Gewerbe-/Industriestandorte, vor allem im Hinblick auf die Erreichbarkeit des Fernstraßennetzes, abgebildet werden. Damit werden bei der Modellanalyse der Verlagerungswirkung diese Strukturen auch berücksichtigt.

4.1.3.3 Netzszenarien

Ziel der Szenarien ist es, eine breite Wirkungsabschätzung für den Einsatz von Lang-Lkw bezüglich der Ausgestaltung des Positivnetzes abschätzen zu können. Daher wird dem Status-Quo, d.h. dem aktuellen Netzzugang laut 6. Änderungsverordnung, ein erweiterter Netzstand gegenübergestellt, der aus einem Kernnetz¹⁵ inklusive erweitertem Einzugsbereich besteht. Die Definitionen für die Netzszenarien sehen demnach wie folgt aus:

Szenario A:

Netzzustand Positivnetz laut 6. Änderungsverordnung für Lang-Lkw Typ 2-5

Szenario B:

A) Lang-Lkw Typ 2-5:

Kernnetz mit erweitertem Einzugsbereich des übrigen Straßennetzes

B) Lang-Lkw Typ 1-5:

Kernnetz mit erweitertem Einzugsbereich des übrigen Straßennetzes inklusive Lang-Lkw Typ 1 auf dem gesamtdeutschen Straßennetz

4.1.4 Modellierung des Straßennetzzugangs

Der erweiterte Einzugsbereich im Szenario B wird mit einem Wahrscheinlichkeitsmodell abgebildet. Dies ist notwendig, da eine bundeweite Definition eines maximalen Positivnetzes, aufgrund der Vielzahl von Kriterien, die nicht nur die technische Befahrbarkeit von Straßen beinhalten, den Rahmen dieser Untersuchung weit überschreitet. Um aber valide modellhafte Aussagen der Verkehrsnachfragerwirkung von Lang-Lkw bei einem erweiterten Positivnetz auf Bundesebene treffen zu können, ist es ein passender Ansatz, den Netzzugang per Nährungsverfahren zu modellieren.

Diese Vorgehensweise formuliert die Erreichbarkeit der einzelnen Rasterelemente (s. o.) per Lang-Lkw wie folgt. Für einzelne Strecken bzw. Streckenkategorien werden Wahrscheinlichkeiten dafür

vergeben, dass diese Strecken mit dem Lang-Lkw befahren werden können. Kriterien dafür sind die Straßenkategorie, Anzahl Fahrstreifen, die Regelschwindigkeit sowie die Wohnbebauung.

Da sich für hintereinander folgende Strecken die Wahrscheinlichkeiten multiplizieren, ist der Wahrscheinlichkeitsansatz für eine homogene Strecke:

$$w(l) = \exp^{-\alpha \cdot l}$$

Mit

w der Wahrscheinlichkeit, dass ein Lang-Lkw ein homogenes Streckenstück befahren kann

l der Länge (in km) des Streckenstücks

α dem streckenspezifischen Modellparameter.

Eine anschauliche Bedeutung bekommt der Parameter α , wenn er als „Halbwertslänge“ $L_{1/2}$ interpretiert wird. Je Halbwertslänge einer Strecke

$$L_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\alpha} \sim \frac{0.7}{\alpha}$$

halbiert sich die Wahrscheinlichkeit, dass die Strecke per Lang-Lkw befahren werden kann. Die Parameterwahl von $\alpha=1$ entspricht einer Halbwertslänge von rund 700 Metern, $\alpha=0,1$ entspricht 7km.

In Tabelle 4-3 sind die Wahrscheinlichkeiten in Form der Halbwertslänge angegeben und den netzrelevanten Streckenkategorien zugeordnet.

¹⁵ Beinhaltet das bundesdeutsche Straßennetz aus autobahnähnlichen Fernstraßen mit mindestens zwei Fahrstreifen je Richtung ohne die direkte Querung von Wohnbebauung.

Tabelle 4-3: Parameter Wahrscheinlichkeitsmodell Positivnetz

Strassen- kategorie	Anzahl Fahrstreifen	v0 (km/h)	Wohnbebauung	Halbwertslänge
A	alle	-	alle	∞
B/L bzw. S	≥2	-	n	∞
		-	j	20km
B	1	-	n	20km
		-	j	8km
L bzw. S	1	-	n	15km
		-	j	5km
K/G	≥2	-	n	20km
		-	j	5km
	1	-	n	10km
		-	j	1km
F (Fähre)	alle	-	alle	0
Sonstige	≥2	≥60	n	20km
			j	5km
		<60	n	5km
			j	1km
	1	-	n	2km
		-	j	0,5km

Daraus ergibt sich, dass das Kernnetz, das sich aus autobahnähnlichen Fernstraßen mit mindestens zwei Fahrstreifen je Richtung ohne die direkte Querung von Wohnbebauung zusammensetzt, ohne Einschränkungen nutzbar ist. Alle weiteren Kombinationen bedingen eine Abstufung der Wahrscheinlichkeiten des Netzzuganges für Lang-Lkw.

4.2 Darstellung der Ergebnisse

4.2.1 Verkehrsnachfrage

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Verkehrsnachfragemodellierung für die einzelnen Szenarien dargestellt (siehe Tabelle 4-4). Aufgrund des beschriebenen unterschiedlichen Marktpotenzials und der Ausgangsbasis für den Lang-Lkw Typ 1 ist ein Vergleich hierfür zu den Szenarien der Lang-Lkw Typen 2-5 nicht aussagefähig.

Der Vergleichsmaßstab für die dargestellten Wirkungen der einzelnen Szenarien bildet das Verkehrsaufkommen (dargestellt in Lkw-Kilometern) der potenziell für den Lang-Lkw möglichen Transporte. Dies wird unterteilt in intramodale Potenziale, d. h. mögliche Verlagerungen vom konventionellen Lkw hin zum Lang-Lkw, und in intermodale Potenziale, d. h. mögliche Verlagerungen von der Bahn und dem Binnenschiff hin zum Lang-Lkw.

Schätzungen auf Basis der in Kapitel 4.1.2 ausgewiesenen Marktpotenziale ergeben als maximales intramodales Potenzial für Lang-Lkw Typ 2-5 im Jahr 2014 ca. 3 % (ca. 869 Mio. Lkw-km; Röhling, Burg, Klaas-Wissing; 2014) und im Jahr 2030, auf-

grund des höheren Anteils Lang-Lkw-affiner Gütergruppen, ca. 3,2 % (ca. 1,18 Mrd. Lkw-km; eigene Berechnungen auf Basis Intraplan, 2014) aller auf deutschem Netz gefahrenen Lkw-Kilometer. Bezieht man den Lang-Lkw Typ1 mit ein, so beträgt das gesamte intramodale Potenzial für die Jahre 2014 und 2030 ca. 19% (ca. 5,57 Mrd. Lkw-km) bzw. 20 % (ca. 7,63 Mrd. Lkw-km) aller auf deutschem Netz gefahrenen Lkw-Kilometer.

Bezieht man das maximale intermodale Lang-Lkw Potenzial auf die Transportleistung der Eisenbahn und des Binnenschiffs in Deutschland (dargestellt in Tonnen-Kilometer- siehe Tabelle 4-2), beträgt der Anteil in allen Szenarien im Jahr 2014 ca. 1,7 % und im Jahr 2030, aufgrund des generell stärkeren Wachstums der Lang-Lkw-affinen Segmente, ca. 2,9 %.

Im Szenario A werden für den Lang-Lkw ca. 9,6 Mio. Lkw-km für das Jahr 2014 und ca. 15,1 Mio. Lkw-km für das Jahr 2030 geschätzt. Das entspricht ca. 1 % des Gesamtpotenzials, d. h. des intermodalen und intramodalen Potenzials, der Lang-Lkw Typen 2-5.

Für das Szenario B mit Lang-Lkw Typen 2-5 ergeben sich Modellergebnisse von ca. 70,2 Mio. Lkw-km (Jahr 2014) und 97,8 Mio. Lkw-km (Jahr 2030), was einem ausgeschöpftem Lang-Lkw-Anteil am Gesamtpotenzial von ca. 7 % 2014 und 6 % 2030 entsprechen würde.

Wie oben dargestellt, sind maximal ca. 1,7 % im Jahr 2014 und ca. 2,9 % im Jahr 2030 der Transportleistung der Eisenbahn und des Binnenschiffs

in Deutschland potenziell für Lang-Lkw verlagertungsfähig. Mit 0,5 Mio. Lkw-km bzw. 1,2 Mio. Lkw-km (Jahr 2014 bzw. Jahr 2030) für das Szenario A fällt der tatsächliche Anteil der intermodalen Verlagerungen, die den logistischen Anforderungen und Restriktionen des Lang-Lkw entsprechen, d. h. der Verlagerung direkt von Bahn und Binnenschiff, mit ca. 0,3 % am gesamten intermodalen Potenzial sehr gering aus. Auch für die beiden Varianten des Szenario B ist der ausgeschöpfte Anteil mit ca. 1 % am intermodalen Potenzial sehr gering (1,8 Mio. Lkw-km im Jahr 2014 und 3,9 Mio. Lkw-km im Jahr 2030). Bezieht man diese intermodalen Verlagerungen wiederum auf die gesamte innerdeutsche Transportleistung der Eisenbahn und des Binnenschiffs (dargestellt in Tonnen-Kilometern), ergeben sich Anteile von 0,05 ‰ (Promille) im Szenario A und 0,3 ‰ (Promille) im Szenario B.

Ein Vergleich der relevanten Szenarien untereinander zeigt, dass aufgrund der Ausweitung des Positivnetzes im Szenario B die Fahrleistung aller Lkw - ausgedrückt in Lkw-km - um ca. 2,6 % im Jahr 2014 und 2,3 % im Jahr 2030 im Vergleich zu Szenario A sinkt. Grund dafür ist einerseits der vermehrte Einsatz von Lang-Lkw auf neuen Relationen sowie andererseits die teilweise Vermeidung von Umwegfahrten der auch bisher durchgeführten Lang-Lkw Fahrten.

Vergleicht man das Modellergebnis der Lang-Lkw Fahrtenkilometer in Szenario A für das Jahr 2014 mit den Ergebnissen aus der Erhebung, so ergibt sich ein Unterschied von ca. 29 % geringerer Fahrleistung im Vergleich zu der Hochrechnung der empirischen Beobachtungsergebnisse des Feldversuchs. Dieser Unterschied ist modelltechnisch begründet und plausibel. Er ist der Tatsache geschuldet, dass die Ausweisung des Positivnetzes in der Regel durch eine entsprechende Nachfrage einzelner Transportrelationen beeinflusst wurde. Dies bedeutet, dass die vorhandene Nachfrage in der Regel die Ausgestaltung des Positiv-Netzes im Feldversuch beeinflusst und nicht umgekehrt. Diese „positive Selbstselektion“ in Bezug auf das ausgewiesene Positivnetz und der Nachfrage wird modelltechnisch nicht dargestellt, da die Verteilung der Nachfrage auf die Rasterrelationen alleine mit Wahrscheinlichkeitsansätzen berechnet und dabei keine Korrelation zum bestehenden Positivnetz angenommen wurde. Das ist sinnvoll, da dieser Effekt der positiven Selbstselektion im Szenario B (Netz mit erweitertem Einzugsbereich) nicht relevant ist. Dadurch wird mit diesem Ansatz sichergestellt, dass keine systematischen Effekte auftreten, die das Ergebnis tendenziell unter- bzw. überschätzen.

Tabelle 4-4: Verkehrsnachfragewirkung der Szenarien

Jahr 2014 (Mio. Lkw-km)	Szenario A	Szenario B (ohne Typ1)	Szenario B (mit Typ1)
Gesamtverkehr Straße	29.450	29.450	29.450
Gesamtverkehr Bahn/Binnenschiff *	10.118	10.118	10.118
Potenzial intramodal	869	869	5.574
Potenzial intermodal	176	176	176
Lang-Lkw intramodal	9,1	68,4	5.273,9
Lang Lkw intermodal	0,5	1,8	1,8
Lang-Lkw gesamt	9,6	70,2	5.275,7
konventionelle Lkw	856,7	769,0	230,7
Lkw Summe	866,4	839,2	5.506,4
Jahr 2030 (Mio. Lkw-km)	Szenario A	Szenario B (ohne Typ1)	Szenario B (mit Typ1)
Gesamtverkehr Straße	37.402	37.402	37.402
Gesamtverkehr Bahn/Binnenschiff *	13.541	13.541	13.541
Potenzial intramodal	1.179	1.179	7.633
Potenzial intermodal	390	390	390
Lang-Lkw intramodal	13,9	93,9	7.215,4
Lang Lkw intermodal	1,2	3,9	3,9
Lang-Lkw gesamt	15,1	97,8	7.219,3
konventionelle Lkw	1.159,4	1.040,9	260,2
Lkw Summe	1.174,5	1.138,7	7.479,6

* Ausgedrückt in Fahrleistung Lang-Lkw-Äquivalente

4.2.2 Luftschadstoffe und Klimagasemissionen

Im Folgenden sind die direkt aus den Ergebnissen der Verkehrsnachfrage resultierenden Luftschadstoffe und Klimagasemissionen (hier: CO₂, NO_x und Partikel- PM10) dargestellt (siehe Tabelle 4-5). Basis dafür sind direkte spezifische Emissionsfaktoren je Verkehrsträger¹⁶ (je Lkw-Kilometer bzw. Tonnen-Kilometer und unterteilt nach Lkw-Segment - hier: Lkw, Glieder- und Sattelzüge > 34 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht für konventionelle Lkw und alle Lang-Lkw Typen- und Straßenkategorie bzw. Antriebsart im Schienengüterverkehr).

Wiederrum stellen die aus dem Potenzial ermittelten Emissionen den Vergleichsmaßstab für die einzelnen Szenarien dar. Für die Bezugsjahre 2014 und 2030 wurden identische Faktoren angewandt, um einen Vergleich der Nachfragewirkung zu ermöglichen.

Der Vergleich der Emissionswerte in den Szenarien (also einschließlich Lang-Lkw) mit dem Basisfall (bezogen auf das Potenzial) ergibt als Durchschnitt aller betrachteten Emissionsänderungen¹⁷:

- Szenario A:
Im Vergleich zum betrachteten Potenzial ohne Lang-Lkw, ein Rückgang mit Lang-Lkw von ca. 0,4 % für die Jahre 2014 und 2030
- Szenario B (ohne Lang-Lkw Typ 1).
Im Vergleich zum betrachteten Potenzial ohne Lang-Lkw, ein Rückgang mit Lang-Lkw von ca. 3,2 % im Jahr 2014 und 3 % im Jahr 2030
- Szenario B (mit Lang-Lkw Typ 1):
Im Vergleich zum betrachteten Gesamtwert ohne Lang-Lkw, ein Rückgang mit Lang-Lkw von ca. 1,2 % im Jahr 2014 und 2 % im Jahr 2030

Ein Vergleich der relevanten Szenarien untereinander zeigt, dass aufgrund der Ausweitung des Positivnetzes im Szenario B der Durchschnitt aller Emissionen um ca. 2,9 % im Jahr 2014 und 2,6 % bis zum Jahr 2030 gegenüber Szenario A zurückgeht.

Tabelle 4-5: Emissionen und Schadstoffe der Szenarien

Emissionen der Szenarien (inkl. Potenzial) Jahr 2014 (in Tonnen)	Potenzial	Szenario A	Szenario B (ohne Typ1)	Potenzial mit Typ1	Szenario B (mit Typ1)
CO ₂	781.594	778.920	756.515	4.630.268	4.574.034
NO _x	2.188	2.181	2.118	13.554	13.389
Part	37	37	36	223	220
Emissionen der Szenarien (inkl. Potenzial) Jahr 2030 (in Tonnen)	Potenzial	Szenario A	Szenario B (ohne Typ1)	Potenzial mit Typ1	Szenario B (mit Typ1)
CO ₂	1.131.339	1.127.340	1.097.457	6.412.451	6.285.002
NO _x	3.152	3.141	3.059	18.765	18.391
Part	52	52	51	307	301

¹⁶ Quelle: TREMOD (Transport Emission Model) - Version 5.63 (Stand: 01/2016)

¹⁷ Das Ergebnis stellt die Summe allen saldierenden Effekten dar, d.h. inklusive vermiedener Emissionen des Schienengüterverkehrs.

4.3 Externe Effekte

Im Folgenden werden bezüglich der Analyse der Verkehrsnachfragewirkung von Lang-Lkw, weitere externe Effekte, die im Zuge des Feldversuchs diskutiert werden und in der Regel modelltechnisch nicht vollständig abbildbar sind, gesondert qualitativ betrachtet und analysiert.

4.3.1 Rebound Effekt

Der Rebound-Effekt („Zurückspringen“) bezeichnet den gesteigerten Konsum von Ressourcen-Inputs, der aus Effizienzsteigerungen folgt und von diesen verursacht oder zumindest ermöglicht wird (Enquete-Kommission des Deutschen Bundestag: Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität, 2011).

Es lassen sich entsprechend seiner Ursachen drei grundlegende Typen des Rebound-Effekts unterscheiden: direkt, indirekt und gesamtwirtschaftlich. Der direkte Rebound-Effekt zielt auf die verstärkte Inanspruchnahme (z. B. aufgrund sinkender Preise) derjenigen Güter oder Prozesse ab, für die zuvor eine Effizienzsteigerung erreicht werden konnte. Führt die Einsparung bei der Nutzung eines Gutes z. B. über den Budgeteffekt zu einer gesteigerten Inanspruchnahme anderer Güter, dann handelt es sich um einen indirekten Rebound-Effekt. Im Gegensatz zum direkten und indirekten Rebound-Effekt beziehen sich die gesamtwirtschaftlichen Rebound-Effekte auf makroökonomische Aggregate wie die Nachfrage ganzer Wirtschaftszweige und ihre Wirkungen ziehen sich durch die gesamte Volkswirtschaft.

Im Bereich des Güterverkehrs wird demnach unter Rebound-Effekt eine Verringerung der Transportkosten beschrieben und die folglich eingesparten Kosten können in Mehrverkehr investiert werden, was wiederum weitere Transportnachfrage induzieren könnte. Konkret auf den Lang-Lkw bezogen könnte dies bedeuten, dass aufgrund der Effizienzwachse die Transportkosten des Transportsektors insgesamt sinken, weshalb dann mehr Verkehr nachgefragt wird.

Studien zu direkten Rebound Effekten im Güterverkehr sind sehr begrenzt und fokussiert auf die Energieeffizienz. Es gibt große Spannweiten zwischen den einzelnen Studien und es ist unsicher, wie robust diese Zahlen sind (Swedish National Road and Transport Research Institute, 2014) – insbesondere bezogen auf deutsche Verkehrsverhältnisse und speziell auf den Transportmarkt Lang-Lkw.

Beispielhaft sind dazu folgenden Studien und Untersuchungen zu nennen:

- Gately (1990) schloss im Rahmen einer ökonomischen Analyse bezüglich der Ölpreisentwicklung auf einen direkten Rebound-Effekt von 37 %.
- Graham & Glaister (2002) analysierten Sekundärstudien bezüglich Preiselastizitäten im Straßenpersonenverkehr und stellten bei ca. der Hälfte der untersuchten Studien einen direkten Rebound-Effekt von 40 % bis 80 % fest.
- Anson & Turner (2009) identifizierten für den Straßengütertransport bei einer Effizienzsteigerung von LKW von 5 % einen direkten (36 % kurzfristig und 38 % langfristig) Rebound-Effekt.
- Matos & Silva (2011) haben in einer Untersuchung bezüglich der Auswirkung höhere Energieeffizienz im Straßengütertransport einen direkten Rebound-Effekt von 24 % eruiert.

Demgegenüber gibt es andere Untersuchungen, die zum Schluss kommen, dass viele bisherige Studien durch unsachgemäße Anwendung von Preiselastizitäten der Nachfrage fehlerhafte Einschätzungen bezüglich Rebound-Effekten im Straßengüterverkehr zur Folge haben (Winebrake, 2012).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Studien zu direkten und indirekten Rebound-Effekten im Straßengüterverkehr sehr begrenzt sind und hier vor allem einen Fokus auf die Energieeffizienz legen. Die Ergebnisse der Untersuchungen weisen eine große Bandbreite auf. Insgesamt zeigt sich auch, dass im preis-sensitiveren und rationaler kalkulierenden Straßengütertransport die direkten Rebound-Effekte geringer ausfallen als beim Straßenpersonentransport¹⁸. Empirische Schätzungen von Rebound-Effekten hängen stark von den verwendeten Methoden und den einbezogenen Effekten ab. Eine große Schwierigkeit hier liegt in der Abgrenzung zu Wachstums- oder Strukturwandeleffekten. Auch wird auf das Problem verwiesen, dass eine Effizienzveränderung selbst schwer zu messen ist und somit auch eine Preiselastizität der Nachfrage nicht mit Rebound gleichzusetzen ist⁴.

Aus diesen Gründen ist für diese Untersuchung eine empirisch abgeleitete Implementierung eines Rebound-Effektes in der Form, dass aufgrund der

¹⁸ Z. B. Umweltbundesamt:

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/oekonomische-rechtliche-aspekte-der/rebound-effekte> (letzter Aufruf: 15.06.2016)

Effizienzvorteile des Lang-Lkw im Vergleich zum konventionellen Lkw die Transportkosten des Transportsektors insgesamt sinken und damit in Folge mehr Verkehr nachgefragt wird, hier für das verwendete bundesweite Modell seriös nicht darstellbar.

4.3.2 Induzierter Verkehr

Beim induzierten Verkehr, in der Regel definiert als durch Ausbau und Neubau von Verkehrsinfrastruktur verursachten Mehrverkehr, kann man zwei Arten unterscheiden:

- Primärer induzierter Verkehr, d.h. neue oder verlängerte Transporte, die aufgrund von unmittelbaren Wirkungen der Maßnahme auf die Zielwahl, realisiert werden.
- Sekundärer induzierter Verkehr, der z. B. durch Neuansiedlungen von Logistik- oder Produktionsstandorten aufgrund verbesserter Verkehrsinfrastruktur entsteht.

Güterverkehrsmodelltechnisch behandelt wird üblicherweise der primäre induzierte Verkehr, wobei keine neuen Transporte sondern nur veränderte Transportentfernungen berechnet werden. Dies entspricht auch dem Vorgehen, das innerhalb der Modellierung der aktuellen Bundesverkehrswegeplanung Anwendung findet (BVU, 2014). Da auch in der Erhebung der tatsächlichen Transportvorgänge des Feldversuchs keine Transporte beobachtet wurden, die ohne Lang-Lkw nicht realisiert wurden, ist auch keine empirische Grundlage und Information für die Schätzung dieser Verkehre vorhanden.

Der sekundäre induzierte Verkehr verlangt erst eine Formulierung der Veränderung der Rahmenbedingungen, wie z. B. eine qualitative Beschreibung von potenziellen Wirkungen auf Industriestandorte. Empirische Erkenntnisse zum sekundären induzierten Verkehr im Güterverkehr liegen praktisch nicht vor. Das ist ein Grund dafür, dass der sekundär induzierte Verkehr bei sämtlichen Infrastrukturmaßnahmen, die im Rahmen der aktuellen BVWP 2030 bewertet werden, nicht berücksichtigt wird.

Hierfür spielt auch die Tatsache eine Rolle, dass der Zeitpunkt der Entstehung des entsprechenden induzierten Verkehrs nicht klar abgrenzbar und insbes. für den sekundär induzierten Verkehr praktisch nicht feststellbar ist. Große verkehrswirksame Investitionsmaßnahmen unterliegen langen Planungen und bieten Investoren, Politikern u. a. so die Möglichkeit, bereits vor dem Bau bzw. der Inbetriebnahme der Maßnahme verkehrsgünstige Standortentscheidungen für die Investitionen zu

treffen (Schiller, 2007). Hierdurch treten dann bereits vorher Verkehre auf, die eigentlich sekundär induzierten Verkehr darstellen. Eine sinnvolle Quantifizierung des sekundär induzierten Verkehrs sowie auch potenzielle Einschätzungen zu Wirkungen auf Standortentscheidungen durch die Einführung des Lang-Lkw erscheinen daher nicht sinnvoll (Winkler, 2012).

4.3.3 Konkurrenz- und Wettbewerbssituation zu anderen Verkehrsträgern

Die modelltechnischen Ergebnisse haben gezeigt, dass die intermodalen Verlagerungswirkungen des Lang-Lkw als vernachlässigbar bezeichnet werden können (vgl. hierzu Kapitel 4.2.1). Analysiert man dies genauer, ist die auch plausibel.

Einerseits wurde bei den bisher durchgeführten Lang-Lkw Transporten keine Verlagerung von Schienen- auf Straßengüterverkehr beobachtet. Auch wurden, so weit bekannt, die mit Lang-Lkw durchgeführten Transporte auch vorher auf der Straße durchgeführt.

Im Detail lassen zu dem auch die im Feldversuch beobachteten Güter- und Logistikstrukturen eine grundsätzliche Verlagerungswirkung bzw. eine Affinität zum Schienengüterverkehr nicht als sehr wahrscheinlich erscheinen:

- Der hauptsächlich beobachtete Einsatzbereich der Lang-Lkw ist in den Bereichen „Komplettladung“, „Lagerhaltung-/ Terminalverkehr“ und „Stückgut-/ Systemverkehren“ angesiedelt.
- Der Großteil aller Fahrten findet dabei zwischen Warenlagern und/oder Produktionsstätten als Pendelverkehre bzw. im Hauptlauf statt.
- Fast 3/4 aller transportierenden Güter wird dem Bereich „Stückgutverkehre“ zugeordnet.
- Das Spektrum der von den Lang-Lkw transportierten Güter reicht dabei von Teilen für die Automobilbranche, über Haushaltsgeräte (weiße Ware), Luftfracht, Sammelgüter bis hin zu Lebensmitteln.

Dies wird unterstrichen mit den im Feldversuch beobachteten logistikaffinen Anforderungen und Strukturen, die gegenüber anderen Transportträgern die größten systemrelevanten Vorteile im Straßengüterverkehr erkennen lassen. Als Beispiele sind hier einerseits die Netzbildungsfähigkeit genannt, d. h. spezielle flächendeckende Eignung von Punkt-zu-Punkt Belieferung auch ohne voraussetzende Gleisinfrastruktur, sowie andererseits die im Durchschnitt höhere Transportgeschwindigkeit in der Punkt-zu-Punkt Belieferung. Darüber hinaus spielt die hohe Flexibilität und Anpassung an produktionsspezifisch angepassten

Transportabläufen, d. h. eine flexible Anpassung an Produktionsrhythmus, Zu- und Abholerfordernisse der Verlagerer, ohne Bindung an starren Fahrpläne und Zugläufe, hier eine wichtige Rolle.

Daher lassen insbesondere die beobachtete Struktur der "leichtgewichtigen und voluminösen" Gütern sowie die zugrunde liegenden Anforderungen der Logistikprozesse an die Flexibilität und Geschwindigkeit der Transportvorgänge, Verlagerungswirkungen von der Straße auf die Schiene bzw. auf das Binnenschiff als nicht wahrscheinlich erscheinen.

Der Grund hierfür liegt darin, dass die Vorteile und Stärken des Schienen- und Binnenschiffgüterverkehrs insbesondere bei der Belieferung mit Massengütern über längere Strecken und in den hier erzielten betriebswirtschaftlichen Kostenvorteilen liegen. Insbesondere die hohen Fixkosten bei gleichzeitigen niedrigen Tonnage- und laufleistungsabhängigen Kostenkomponenten spiegeln hier die Vorteile in der Massenleistungsfähigkeit dieser Verkehrsträger wieder.

Andere Studien zu Verlagerungswirkungen von Lang-Lkw, die sich auf breite empirische Ergebnisse und Beobachtungen stützen, liegen nach Erkenntnis des Gutachters nicht vor. Daher basieren hierzu bisherige Studien auf makroökonomische Annahmen zu Preiselastizitäten von Verkehrsnachfragerreaktion. Zusätzlich sind Studien, die die Rahmenbedingungen des aktuellen Feldversuchs als Grundlage haben (Gewichts- Längen und Netzeinschränkungen) nur sehr begrenzt vorhanden (z. B. TML, 2009; K+P, 2007; oder Sonntag, 2015).

Grundsätzlich ist bei der Verwendung von Elastizitäten zur Bestimmung von Verlagerungswirkung in diesen Studien der pauschale Charakter der Vorgehensweise zu kritisieren, der aus Sicht des Gutachters insbesondere nicht für die Lang-Lkw-affinen Potenziale anwendbar ist. Hierzu ist vielmehr, wie in dieser Studie durchgeführt, eine detaillierte Betrachtung der absoluten Kostendifferenzen zwischen Lang-Lkw und Bahn auf den einzelnen Transportrelationen, differenziert nach Gütergruppe und Produktionsart der Bahn, notwendig. Der Vergleich von pauschalen „mittleren Transporten“ ist bei dieser Fragestellung nicht angebracht. Dies spiegelt auch nicht den aktuellen Stand der Modellierungsforschung wieder. So wurde im Rahmen der Methodenweiterentwicklung zum aktuellen BVWP 2030 dargelegt, dass Elastizitäten zu pauschalen Plausibilitätsprüfungen und nicht zur direkten Abschätzung von relationspezifischen Verlagerungswirkungen verwendbar sind (BVU, 2014)

5 Zusammenfassung und Fazit

Hauptergebnis dieser Untersuchung stellen modellbasierte Analysen von Verkehrsnachfragewirkungen des Lang-Lkw in einem möglichen Regelbetrieb dar. Dabei werden verschiedene Szenarien und Rahmenbedingungen betrachtet. Basierend auf den Nachfrageeffekten lassen sich die Auswirkungen auf die Emissionen von Treibhausgasen und Luftschadstoffen ableiten. Basis dafür sind empirische Erhebungen im Rahmen des Lang-Lkw-Feldversuchs sowie die daraus ableitbaren Erkenntnisse und Beobachtungen zu Einsatzmustern und logistischen Strukturen. Es lassen sich daraus intramodale und intermodale Marktpotenzialabschätzungen für Lang-Lkw-Transporte schätzen.

Die wichtigsten Arbeitsschwerpunkte der Untersuchung sind:

- Empirische Erhebung zu Transportvorgängen beim Lang-Lkw-Einsatz, die im Rahmen des Feldversuchs durchgeführt wurden.
- Entwicklung eines integrierten Verkehrsnachfragemodells, das auf den Güterstromverflechtungen aller Verkehrsträger basiert und insbesondere sensitiv auf die Eigenschaften des für den Lang-Lkw verfügbaren Straßennetzes reagiert.
- Modellanalysen zur Abschätzungen für intramodale und intermodale Verlagerungswirkungen zugunsten des Lang-Lkw sowie daraus direkt abgeleitete Größen zu Klimagasemissionen und Luftschadstoffen.

Bei den im Rahmen dieser Untersuchung durchgeführten empirischen Erhebungen hat sich gezeigt, dass keine signifikanten Änderungen bezüglich Einsatzmustern und logistischen Strukturen der Lang-Lkw im Vergleich zur Grundlagenuntersuchung aus dem Jahr 2013 eingetreten sind. Die bisher angenommen Grundlagen der intramodalen Marktpotenziale für Lang-Lkw Typ 2-5 haben dementsprechend auch weiterhin Bestand. Darüber hinaus wurden auf Basis von statistischen Auswertungen und „Best-Guess“-Annahmen auch Marktpotenziale für den Lang-Lkw Typ 1 ermittelt, die aber aufgrund der unterschiedlichen Marktsegmente für die Fahrzeuge nicht miteinander vergleichbar sind. Der Grund dafür ist, dass das Marktpotenzial von Typ 1 Fahrzeugen grundsätzlich in dem Ersatz des Fuhrparkbestandes von konventionellen Sattelkombinationen (Sattelzugmaschinen und Sattelanhängern) gesehen wird und nicht in erster Linie von Besonderheiten in den logistischen Strukturen und Einsatzfeldern abhängt.

Ebenfalls wurden für die Abschätzung der intermodalen Verlagerungen für die Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße Lang-Lkw affine Segmente und Potenziale ermittelt. Basis hierfür sind ebenfalls statistische Grundlagen, die auf Basis der Erkenntnisse aus dem Feldversuch selektiert wurden.

Mittels eines Wahrscheinlichkeitsansatzes wurde ein Positiv-Netz für den Lang-Lkw generiert. In zwei von drei Szenarien wurde der erweiterte Einzugsbereich des Positivnetzes abgebildet und die daraus entstehenden Verkehrsnachfragewirkungen für die Bezugsjahre 2014 und 2030 ermittelt. Grundlage für das Verkehrsmengengerüst bildet die bundesweite Verkehrsprognose 2030 des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Diese Rahmenbedingungen stellen die Grundlage für die modellbasierten Analysen dar.

Die modellierten Potenziale zeigen, dass aufgrund der Einsatzbereiche der Lang-Lkw generell nur ein geringer Teil aller deutschen Lkw-Fahrten (ca. 3,0 % in 2014 bzw. 3,2 % in 2030) sowie ein geringer Teil aller Eisenbahn- und Binnenschiffs-transporte (ca. 1,7 % bzw. 2,9 %) für die Verlagerung auf den Referenz-Lang-Lkw (entspricht den Typen 2 bis 5) geeignet wären. Ein wesentlicher Grund dafür liegt in den logistischen Einschränkungen und Voraussetzungen. Marktpotenziale für den Lang-Lkw Typ 1 (verlängerter Sattelanhänger) hingegen spiegeln nicht in erster Linie die beobachteten Besonderheiten in den logistischen Strukturen und Einsatzfeldern des Lang-Lkw wider, sondern werden grundsätzlich in dem Eins-zu-Eins Ersatz des Fuhrparkbestandes von konventionellen Sattelkraftfahrzeugen (Sattelzugmaschinen und Sattelanhängern) gesehen.

Aus den Modellergebnissen lässt sich erkennen, dass die tatsächlich ausgeschöpfte Lang-Lkw Fahrleistung im Vergleich zum Potenzial bei eingeschränktem Netzzugang, wie es das Positivnetz gemäß der 6. Änderungs-Verordnung darstellt, gering ausfällt (ca. 1 % des intramodalen Potenzials), und mit Ausdehnung eines möglichen Positiv-Netzes deutlich steigt (auf ca. 8 % des intramodalen Potenzials). Intermodale Verlagerungen sind bezüglich der relevanten gesamten deutschen Transportleistung von Bahn und Binnenschiff vernachlässigbar gering. Dabei handelt es sich um Ergebnisse, die den Hauptlauf betreffen. Mögliche Positiveffekte durch Effizienzsteigerungen durch geringere Kostenstrukturen beim Einsatz von Lang-Lkw im Vor-/Nachlauf des kombinierten Verkehrs Straße/ Schien bzw. Straße/Binnenschiff sind dabei nicht berücksichtigt, da

es dafür noch keine ausreichenden empirischen Grundlagen gibt.

Insgesamt lassen sich aus diesen Gesamtergebnissen im Vergleich zum Gesamtpotenzial Rückgänge im Bereich Klimagase und Luftschadstoffe ableiten. Diese Effekte sind positiv zu bewerten.

Mögliche weitere externe Effekte, wie z. B. induzierter Verkehr, hier insbesondere derjenige, der durch z. B. Neuansiedlungen von Logistik- oder Produktionsstandorten entsteht oder Rebound-Effekte in der Form, dass aufgrund der Effizienzvorteile des Lang-Lkw im Vergleich zum konventionellen Lkw die Transportkosten des Transportsektors insgesamt sinken und deshalb mehr Verkehr nachgefragt werden könnte, lassen sich empirisch nicht ableiten und daher auch nicht seriös darstellen. Auch hat eine genauere Analyse der Konkurrenz- und Wettbewerbssituation des Lang-Lkw zu anderen Verkehrsträgern keine generellen Ungereimtheiten der Modellergebnisse ergeben.

Insgesamt lässt sich aus den Modellergebnissen ableiten, dass der Einsatz des Lang-Lkw insgesamt eine positive Verkehrsnachfragewirkung bezüglich einer Reduktion von gefahrenen Lkw-Kilometern und dementsprechend auch eine Reduktion von Klimagasen und Luftschadstoffen mit sich bringt. Dieser positive Effekt wird durch eine mögliche Ausdehnung eines Positivnetzes verstärkt. Es zeigt sich auch, dass intermodale Verlagerungseffekte von der Bahn bzw. vom Binnenschiff sehr gering und vernachlässigbar sind. Es

wird aber auch deutlich, dass der Lang-Lkw nur eine mögliche Teillösung zur Eindämmung des Güterverkehrswachstums und den damit einhergehenden Umweltwirkungen darstellt. Nichtsdestotrotz ist der Einsatz aus betriebswirtschaftlicher und verkehrsnachfrageseitiger Sicht in bestimmten Bereichen und Einsatzfeldern sinnvoll.

Es wird folgender weitere Forschungsbedarf gesehen:

- Die modelltechnisch ermittelten intermodalen Verlagerungen generieren sich aus dem Vergleich der Lang-Lkw mit den konkurrierenden Verkehrsträgern und den hier generierten Effizienzvorteilen des Hauptlaufs. Es wurden hierbei keine möglichen Positiveffekte durch Effizienzsteigerungen beim Einsatz von Lang-Lkw im Vor-/Nachlauf berücksichtigt, da hierfür keine empirischen Grundlagen vorhanden sind. In einem möglichen Regelbetrieb könnte dies - soweit vorhanden - empirisch begleitet und ermittelt werden.
- Zum Thema „Rebound-Effekt“ hat sich gezeigt, dass hierzu aufgrund von fehlenden empirischen Grundlagen im Kontext des Lang-Lkw keine seriöse Aussage möglich ist. Dies könnte ggf. im Rahmen einer Begleitforschung in einem Regelbetrieb nochmals aufgegriffen und untersucht werden.

Literaturverzeichnis

- Anson, S. & Turner, K. (2009): Rebound and disinvestment effects in refined oil consumption and supply resulting from an increase in energy efficiency in the Scottish commercial transport sector. In: *Energy Policy* 37, pp. 3608-3620.
- BVU (2014): Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung. Freiburg.
- Enquete-Kommission des Deutschen Bundestag: Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität (2011) (Hrsg.): Herausforderungen für eine technisch-ökonomische Entkopplung von Naturverbrauch und Wirtschaftswachstum unter besonderer Berücksichtigung der Systematisierung von Rebound-Effekten und Problemverschiebungen. Berlin.
- Gately, D. (1990): The U.S. demand for highway travel and motor fuel. In: *The Energy Journal* 11, 59-73.
- Graham, D., & Glaister, S. (2002): Review of income and price elasticities of demand for road traffic. London: London Imperial College, Centre for Transport Studies.
- K+P Transport Consultants (2007): Verkehrswirtschaftliche Auswirkungen von innovativen Nutzfahrzeugkonzepten II; Freiburg.
- Kombiverkehr (2015): Geschäftsbericht 2015. Frankfurt a.M.
- Intraplan et. al. (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Los 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs. München.
- Matos, F. J. F., & Silva, F. J. F. (2011): The rebound effect on road freight transport: Empirical evidence from Portugal. In: *Energy Policy* 39, pp. 2833–2841.
- Schiller, C. (2007): Erweiterung der Verkehrsnachfragemodellierung um Aspekte der Raum- und Infrastruktur. Schriftenreihe Heft 10, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr der TU Dresden, Dresden.
- Röhling, Burg, Klaas-Wissing (2014): Verkehrsnachfragewirkungen von Lang-Lkw – Grundlagen-ermittlung. Waldkirch/St: Gallen.
- Sonntag, H., & Liedtke, G. (2015): Studie zu Wirkungen ausgewählter Maßnahmen der Verkehrspolitik auf den Schienengüterverkehr in Deutschland - Modal Split der Transportleistungen und Beschäftigung - EEG, Maut, Lang-Lkw. Allianz pro Schiene.
- Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) (2014) (Hrsg.): Rebound effects of energy efficiency measures in the transport sector in Sweden. Stockholm.
- TML et.al. (2009): Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC; Lediden.
- Umweltbundesamt (2016): <http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/oekonomische-rechtliche-aspekte-der/rebound-effekte> (letzter Aufruf: 15.06.2016)
- Winebrake, J.J., Green, E.H., Comer, B., Corbett, J.J., & Froman, S. (2012): Estimating the Direct Rebound Effect for On-Road Freight Transportation. In: *Energy Policy* 48, pp. 252-259.
- Winkler ,Chr.: Ein integriertes Verkehrsnachfrage- und Bewertungsmodell – Ansatz einer Synthese von Mikroökonomie und Verkehrsplanung. In: Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Straßenverkehr- Heft13/2012.