

BAND 30

Der Güterverkehr von morgen

LKWs zwischen Transporteffizienz und Sicherheit

Eine Studie von **Günther Prokop** und **André Stoller**



**HEINRICH BÖLL STIFTUNG
SCHRIFTEN ZUR ÖKOLOGIE
BAND 30**

Der Güterverkehr von morgen

LKWs zwischen Transporteffizienz und Sicherheit

Von Günther Prokop und André Stoller

Im Auftrag und herausgegeben von der Heinrich-Böll-Stiftung

INHALT

Vorwort	7
Vorbemerkung	9
Zielstellung	10
Abstract	11
1 Einordnung des Güterverkehrs	12
1.1 Der Güterverkehr in Deutschland	13
1.1.1 Beförderungsleistung	14
1.1.2 Güteraufkommen	18
1.1.3 Der Güterverkehr im europäischen Vergleich	23
1.2 Verkehrsnetze	29
1.2.1 Das Straßennetz in Deutschland	29
1.2.2 Das Schienennetz in Deutschland	30
1.2.3 Straßen- und Schienennetz im europäischen Vergleich	32
1.2.4 Die Auslastung der deutschen Netze	33
1.2.5 Fahrleistungen	37
1.2.6 Die Verkehrsinfrastruktur: Investitionen und Qualität	41
1.3 Energieverbrauch und Emissionen	48
1.3.1 Der Anteil des Verkehrs am gesamten Energieverbrauch	49
1.3.2 Der Anteil des Verkehrs an den gesamten Emissionen	50
1.3.3 Vergleich der Verkehrsträger nach Emissionen/tkm	53
1.4 Sicherheit	58
1.5 Bewertung des Güterverkehrs	67
2 Prognosen	69
2.1 Die zukünftige Entwicklung des Güterverkehrs	70
2.1.1 Gleitende Mittelfristprognose Winter 2011/2012	70
2.1.2 Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025	73
2.1.3 Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050	74

2.1.4 Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr	77
2.1.5 Masterplan Güterverkehr und Logistik	79
2.1.6 Die Entwicklung der Emissionen nach TREMOD 5.25	80
2.2 Gegenüberstellung und Bewertung der Prognosen	83
3 Potentiale zur Verbesserung des LKWs	84
3.1 Der LKW heute	84
3.2 Die Anforderungen an den zukünftigen Güterverkehr und den LKW	86
3.3 Die betrachteten Maßnahmenpakete	87
3.3.1 Maßnahmenpaket 1: Verbesserungen durch Anpassung des LKW Konzeptes unter Beibehaltung heutiger Infrastruktur	88
3.3.2 Maßnahmenpaket 2: Potentiale nutzen, durch maximalen Einsatz von Assistenzsystemen und Verkehrsmanagementfunktionen	95
3.3.3 Maßnahmenpaket 3: Maximale Veränderung der Infrastruktur zur Verbesserung der Transportkapazität	101
3.4 Abschließende Betrachtung der Maßnahmenpakete	105
4 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen	106
Quellen, Literatur und Internet-Verweise	111
Abbildungsverzeichnis	114
Tabellenverzeichnis	116
Abkürzungsverzeichnis	116

Die Autoren

Prof. Dr.-Ing. Günther Prokop ist Ordinarius für Kraftfahrzeugtechnik an der Technischen Universität Dresden. Er promovierte im Fach Technische Mechanik und beschäftigt sich in seiner wissenschaftlichen Laufbahn mit Simulation und Optimierung von Roboterbewegungen sowie mit der Modellierung des Menschen als Fahrer. Der Lehrstuhl für Kraftfahrzeugtechnik ist Teil des Instituts für Automobiltechnik Dresden (IAD). Das IAD hat sich zum Ziel gesetzt, die Entwicklung nachhaltiger Fahrzeug- und Mobilitätskonzepte wissenschaftlich voranzutreiben.

Dipl.-Ing. André Stoller ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl Kraftfahrzeugtechnik an der Technischen Universität Dresden seit 2011. Er studierte Maschinenbau an der TU Dresden mit der Vertiefungsrichtung Kraftfahrzeugtechnik und Verbrennungsmotoren. Zu seinen Forschungsgebieten gehört die Untersuchung heutiger und zukünftiger Anforderungen an den Güterverkehr unter besonderer Berücksichtigung des LKW.



Diese Publikation wird unter den Bedingungen einer Creative-Commons-Lizenz veröffentlicht: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/de/> Eine elektronische Fassung kann heruntergeladen werden. Sie dürfen das Werk vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen. Es gelten folgende Bedingungen: Namensnennung: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen (wodurch aber nicht der Eindruck entstehen darf, Sie oder die Nutzung des Werkes durch Sie würden entlohnt). Keine kommerzielle Nutzung: Dieses Werk darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden. Keine Bearbeitung: Dieses Werk darf nicht bearbeitet oder in anderer Weise verändert werden.

Der Güterverkehr von morgen

LKWs zwischen Transporteffizienz und Sicherheit

Von Günther Prokop und André Stoller

Band 30 der Schriftenreihe Ökologie

Im Auftrag und herausgegeben von der Heinrich-Böll-Stiftung 2012

Gestaltung: feinkost Designnetzwerk, Constantin Mawrodiew (nach Entwürfen von blotto Design)

Titel-Photo: Val Thoermer – Fotolia.com

Druck: Lokay Druck, Reinheim

ISBN 978-3-86928-103-2

Bestelladresse: Heinrich-Böll-Stiftung, Schumannstr. 8, 10117 Berlin

T +49 30 28534-0 **F** +49 30 28534-109 **E** buchversand@boell.de **W** www.boell.de

VORWORT

Wenn über den Zusammenhang von Straßenverkehr, Klimawandel, Luftverschmutzung, Lärmbelastung oder Staus gesprochen wird, haben die meisten Menschen zunächst einmal die Millionen von PKWs vor Augen, die unsere Straßen bevölkern. Dass auch der Transport von Gütern für das steigende Verkehrsaufkommen verantwortlich ist, wird häufig unterschätzt. Dabei bildet der LKW-Transport das logistische Rückgrat der täglichen Versorgung von Bevölkerung und Industrie mit Gütern aller Art. Man mag sich darüber ärgern und aus vielerlei Gründen eine drastische Reduktion des LKW-Verkehrs fordern – tatsächlich ist dieses Transportmittel auf absehbare Zukunft kaum wegzudenken.

Deshalb ist es auch aus einer grünen Perspektive notwendig und sinnvoll, sich Gedanken über eine Optimierung des Güterverkehrs auf der Straße zu machen – und zwar sowohl hinsichtlich der Fahrzeuge wie der gesamten Transportkette. Dabei geht es um eine drastische Reduzierung von Energieverbrauch und Emissionen wie auch um die für die Verbesserung der Sicherheit.

Vor diesem Hintergrund hat die Heinrich-Böll-Stiftung die Studie *Der Güterverkehr von morgen – LKWs zwischen Transporteffizienz und Sicherheit* in Auftrag gegeben, die wir hiermit der Öffentlichkeit präsentieren. Erstellt wurde sie von Prof. Günther Prokop und André Stoller vom Institut für Automobiltechnik der Technischen Universität Dresden, eine der ersten Adressen für diese Thematik.

Güterverkehr ist eine Begleiterscheinung unserer arbeitsteiligen, globalisierten Wirtschaftsweise und unserer Konsumgewohnheiten. Importe und Exporte erzeugen Verkehr; auch die selbstverständliche Verfügbarkeit einer Fülle von Konsumgütern ist ohne Transport nicht zu haben. Zugleich liegt die Bundesrepublik im Herzen Europas und ist somit ein Transitland zwischen Nord und Süd, Ost und West. Alle Prognosen gehen davon aus, dass der Güterverkehr auf absehbare Zeit weiter steigen wird. Grüne Politik fordert zu Recht, die Hauptlast des Gütertransports auf den energetisch effizienten und relativ klimafreundlichen Verkehrsträger Bahn zu verlagern. Das erfordert enorme Investitionen in die Kapazitäten und Effizienz des Schienenverkehrs.

Auch wenn dieser Kraftakt gelingt, wird der LKW nicht verschwinden. Zwar sind Bahn und Schiff umso effektiver, je weiter die Transportwege und je größer die Mengen sind, die von einem Ort zu einem anderen Ort geliefert werden sollen. Das Verteilen von Gütern in einer Stadt und ihrem Umland wird in absehbarer Zukunft jedoch ein Aufgabenfeld des LKW bleiben. Die Studie zeigt, dass selbst bei größten finanziellen Anstrengungen zum gezielten Ausbau der Schiene der LKW auch in Zukunft weit über die Hälfte der Hauptlast im Güterverkehr tragen wird.

Entsprechend ist das System Lastkraftwagen kritisch unter die Lupe zu nehmen. Welche Potentiale bieten alternative Antriebe, Karosserie und weitere technische

Innovationen, um die Fahrzeuge so energieeffizient und emissionsarm wie möglich zu gestalten? Nicht weniger als 30 bis 40 Prozent des Energieverbrauchs lassen sich beispielsweise durch die aerodynamische Anpassung der Form erreichen. Auch die Sicherheit des LKW ist verbesserungswürdig. Die technische Ausstattung insbesondere der Hänger ist seit Jahrzehnten nicht verbessert worden. Technische Unterstützungen – z.B. Kameras statt Außenspiegel –, Unterfahrschutz und automatische Abbremsysteme können viele Unfälle vermeiden. Die Studie stellt einen umfassenden Maßnahmenkatalog zur technischen Anpassung der Fahrzeuge und zur intelligenten Anpassung der Infrastruktur zur Diskussion. Ein wichtiger Hebel ist eine intelligenter Organisation der Transportketten, die überflüssigen Verkehr reduziert. Außerhalb der Betrachtung bleibt, wie weit eine sukzessive Erhöhung der Transportpreise mittels Steuern und Abgaben zu einer Verminderung des Verkehrsaufkommens führen kann. Ein klassisches Beispiel dafür ist der Transport von frisch gefangenen Krabben von der Nordsee bis nach Marokko, wo sie geschält und wieder in die einheimischen Supermärkte zurückgekart werden.

Die Reform des Systems LKW ist nur ein Baustein, um eine drastische Reduzierung von Emissionen im Verkehr zu erreichen. Nur im Zusammenspiel einer Neuausrichtung der Infrastrukturplanung von Bund und Ländern (mitsamt ihrer Finanzierung), technischen Innovationen im Automobilbau, eines Ausbaus des öffentlichen Nah- und Fernverkehrs sowie einer intelligenten Vernetzung der Verkehrsmittel wird der Übergang zu einer umweltverträglichen Mobilität gelingen.

Mein Dank gilt neben den Autoren insbesondere Stephan Kühn, verkehrspolitischer Sprecher der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen, und Jürgen Bönninger, Geschäftsführer der FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH, für die inhaltliche Begleitung der Studie.

Berlin, im Dezember 2012

Ralf Fücks

Vorstand der Heinrich-Böll-Stiftung

VORBEMERKUNG

«Emissionen, Energieverbrauch, Effizienz, Beförderungsleistung, Güteraufkommen, Sicherheit, Kosten heute – und morgen?» So könnte der Titel der vorliegenden Untersuchung zum Güterverkehr in Deutschland in detaillierterer Form lauten und würde damit die wesentlichen Grundbegriffe des Themas vorwegnehmen. Fragestellungen des Güterverkehrs und dessen zukünftiger Entwicklung lassen sich mit diesen Grundbegriffen und ihren spezifischen Zielkonflikten umschreiben.

Verkehr dient der Erfüllung von zwei wesentlichen Grundanforderungen: die Sicherung der individuellen Mobilität und die Verteilung von Gütern. Verkehr ist aber auch die Grundlage für unser Wirtschaftssystem und auch für die gesellschaftliche Ausprägung, wie wir sie heute vorfinden. Verkehr ist damit immer ein Thema besonderen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und politischen Interesses.

Der Güterverkehr ist eingebettet in ein System aus politischen Entscheidungen und Vorgaben, wie beispielsweise der Abgasgesetzgebung, den Kosten und auch der gesellschaftlichen Akzeptanz. Ein Güterverkehrssystem muss nicht nur erschwinglichen Transport und ein hohes Maß an Flexibilität gewährleisten, es muss auch sicher sein. Gleichzeitig sind die Emission von klimaschädlichen Abgasen und die Lärmbelastung Aspekte, welche für die Akzeptanz des Transportsystems eine entscheidende Rolle spielen.

Für die zukünftige Entwicklung lässt sich eines mit Sicherheit feststellen: Der Verkehr wird weiter deutlich zunehmen! Dabei ist sowohl ein Anstieg des Verkehrsaufkommens im Güterverkehr zu erwarten als auch eine weitere Zunahme des Personenverkehrs. Für beide Bereiche spielt die Straße als Verkehrsträger eine übergeordnete Rolle. Schon heute sind jedoch besondere Herausforderungen erkennbar, um den Zielkonflikten des Verkehrssektors zu begegnen und so trotz steigender gesellschaftlicher Anforderungen die Akzeptanz zu erhalten.

Die vorliegende Untersuchung soll eine Grundlage bilden, um notwendige Entscheidungen auf eine solide Datenbasis zu stellen, und Anregungen bieten, in welcher Weise das Verkehrssystem zukünftig weiterzuentwickeln oder neu zu gestalten ist.

ZIELSTELLUNG

Der vorliegende Bericht gibt einen allgemeinen Überblick über das Güterverkehrssystem, wie wir es heute in Deutschland vorfinden. Besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem Vergleich der Transportträger Straße und Schiene.

Neben der Quantifizierung der jeweiligen Beförderungsleistung und des bewältigten Güteraufkommens innerhalb der Bundesgrenzen wird ein Vergleich auf europäischer Ebene durchgeführt, um den Güterverkehr hierzulande besser einordnen zu können.

Von besonderem Interesse ist die Betrachtung der zukünftigen Entwicklung. Prognosen zu diesem Thema sind vielfältig vorhanden. Sie sollen in diesem Bericht verwendet werden, um den Rahmen, in dem sich die Entwicklung abspielen kann, abzugrenzen.

Ausgehend von diesen Prognosen wird deutlich: Die Schiene als der emissionsärmere Verkehrsträger wird die Straße als Hauptverkehrsträger bis 2050 nicht ablösen. Trotz erheblichem Steigerungspotential in der Beförderungsleistung bleibt die Gesamtkapazität der Schieneninfrastruktur ohne spezielle Förderung (Beseitigung von Engpässen, optimierter Fahrplan) begrenzt und somit die Steigerung im Modal Split gering. Gleichzeitig ist der LKW aufgrund seiner Bauweise und seiner kostengetriebenen Entwicklung nicht optimal auf die gesteigerten Anforderungen eines zunehmenden Güterverkehrs mit weiterer Steigerung der Transportweiten vorbereitet.

Auf Grundlage dieser Erkenntnis werden 3 Maßnahmenpakete entwickelt. Diese Pakete sind als Empfehlungen zu verstehen, die eine qualifizierte Beurteilung der Entwicklungsmöglichkeiten des LKW und des Straßengüterverkehrs insgesamt erlauben. Es werden Handlungsoptionen für eine energie- und emissionsarme Organisation des Verkehrsträgers Straße abgeleitet, unter besonderer Betrachtung der Potentiale des LKW, die Verkehrssicherheit zu erhöhen und gleichzeitig die Transporteffizienz zu steigern.

ABSTRACT

The present report gives a general overview of the system of freight transport how it is established in Germany today. Special attention receives the comparison of road and rail as traffic carriers.

In addition to the quantification of transport performance and the appearance of freight in Germany, there is a comparison on European scale.

Of special interest is the future development of freight transport. Prognoses for this topic are numerous. In this report they will be used to show the possibilities and the limits of future development.

Based on this prognosis there is one fact, that the rail as traffic carrier with less emissions, is not able to replace the road as main traffic carrier. Despite an extensive potential to raise the transportation performance, the capacity stays limited without special promotion. In this case changes of modal split are little. At the same time trucks are not optimized with their construction type to the changing requirements of an increasing freight transport with increasing haulage distance. Based on this knowledge 3 packages of actions are developed. These packages are meant as recommendations which make a qualified evaluation of future development of trucks and the freight transport in general possible.

Possibilities of action for an energy efficient and low emission organization of road transport are given with special view on the potential of trucks to increase both, road safety and transport efficiency.

1 Einordnung des Güterverkehrs

Die Lage im Zentrum Europas induziert ein hohes Aufkommen an Transitverkehr, womit sich die Bundesrepublik in Bezug auf den Güterverkehr wesentlich von anderen europäischen Staaten unterscheidet. Gleichzeitig ist das Wirtschaftssystem in Deutschland stark auf die Produktion und den Export von Gütern ausgerichtet. Die Wirtschaftsleistung beeinflusst direkt den Güterverkehr. Im Umkehrschluss sichert die Verteilung von Gütern nicht nur unseren Konsum, sondern ist essentiell, um die Wirtschaftsleistung zu erzielen.

Diese Randbedingungen führen zu einer ständigen Steigerung der Transportleistung aller Verkehrsträger, die zum Teil über die mögliche Ertüchtigung der Verkehrsinfrastruktur hinausgeht. Bereits heute ist erkennbar, dass die Infrastruktur von Schiene und Straße regional an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen. Wichtige Indikatoren hierfür sind beispielsweise die deutliche Zunahme der gesamten jährlichen Staulänge und die Verzögerungszeiten im Eisenbahnfernverkehr.

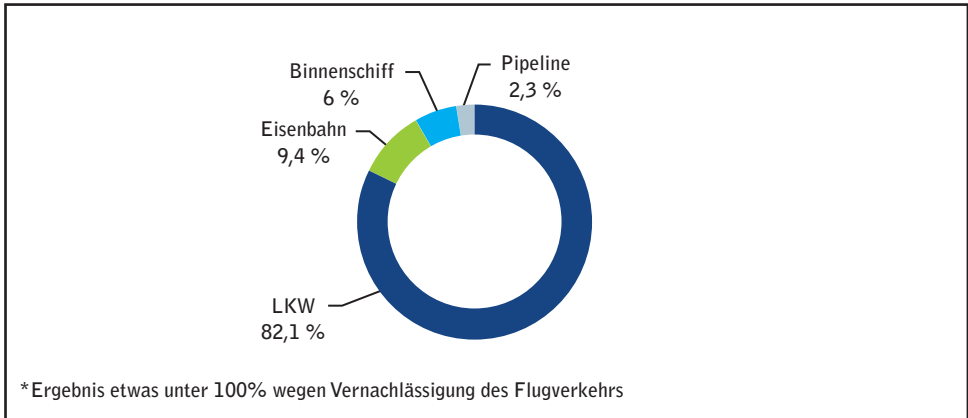
Um Prognosen oder Handlungsempfehlungen ableiten zu können, ist es besonders wichtig, den Ist-Zustand genau zu analysieren. Nur auf Grundlage einer intensiven Datenanalyse können belastbare Aussagen getroffen werden.

Die wichtigsten Grundbegriffe zur Beschreibung des Güterverkehrs sind Beförderungsleistung, Güteraufkommen und Modal Split. Unter Beförderungsleistung ist das Produkt aus transportierter Last und beförderter Strecke pro Jahr zu verstehen. Sie gibt direkten Aufschluss über die gesamte vom jeweiligen Verkehrsträger erbrachte Leistung. Als weitere wichtige Maßzahl beschreibt das Güteraufkommen die Gesamtheit der transportierten Massen pro Jahr. Verknüpft sind die beiden Kenngrößen über die mittlere Transportweite, welche ein Maß für die durchschnittlich zurückgelegte Strecke pro Fahrt ist. Der Modal Split beschreibt den prozentualen Anteil des jeweiligen Verkehrsträgers und ist sowohl für die Beförderungsleistung als auch für das Güteraufkommen anwendbar und eignet sich besonders für die Erfassung langfristiger Entwicklungen.

Als Basis der weiteren Betrachtungen wird im folgenden Kapitel der Ist-Zustand des Güterverkehrs in Deutschland näher erläutert. Im Anschluss erfolgt der Vergleich auf europäischer Ebene. Die Verkehrsnetze, die Sicherheit, die Investitionen und die Emissionen des Güterverkehrs in Deutschland werden aufgrund ihrer Komplexität und Wichtigkeit in separaten Kapiteln behandelt und in den inländischen Kontext eingeordnet.

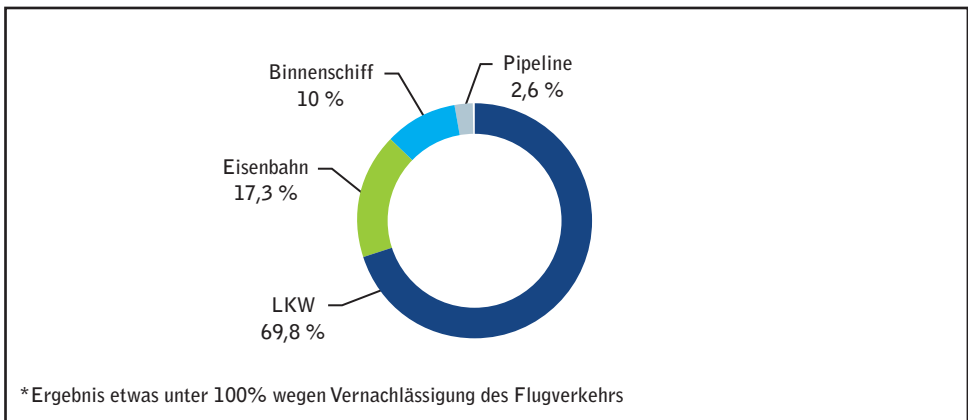
1.1 Der Güterverkehr in Deutschland

Abbildung 1: Modal Split des Güteraufkommens 2010 in Prozent



Quelle: Nach BGL 2012; eigene Darstellung

Abbildung 2: Modal Split der Beförderungsleistung 2010 in Prozent



Quelle: Nach BGL 2012; eigene Darstellung

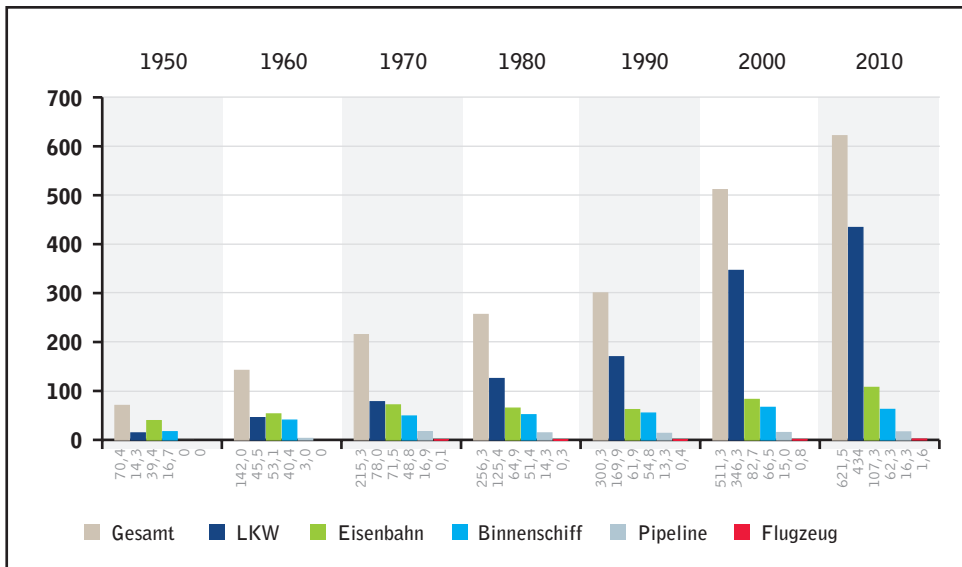
These:

Der überwiegende Anteil der Güterbeförderung erfolgt heute auf der Straße mit dem LKW! Aufgrund begrenzter Kapazitäten, zunehmender Anzahl kleinteiliger Güter und dem Nachteil, dass Güter mit der Bahn meist nicht von der Produktionsstätte bis zum Ort des Verbrauchs transportiert werden können, ist der Anteil der von der Bahn erbrachten Beförderungsleistung im Modal Split seit 1950 kontinuierlich zurückgegangen. Begünstigt wurde diese Entwicklung durch den Ausbau der Bundesfernstraßen.

1.1.1 Beförderungsleistung

Die Beförderungsleistung ist über die letzten Jahrzehnte deutlich angestiegen. Zwischen 1950 und 1990 entspricht die Steigerung ca. einer Verdreifachung, wobei der Anstieg annähernd linear ist. Seit 1990 erfolgt die Zunahme beschleunigt, sodass im Zeitraum 1990 bis 2010 nochmals mehr als eine Verdopplung der Beförderungsleistung festzustellen ist. Im Jahr 2010 beträgt die erbrachte Leistung im gesamten deutschen Güterverkehr 621,5 Mrd. tkm.

Abbildung 3: Beförderungsleistung in Milliarden tkm (Tonnen-Kilometer)

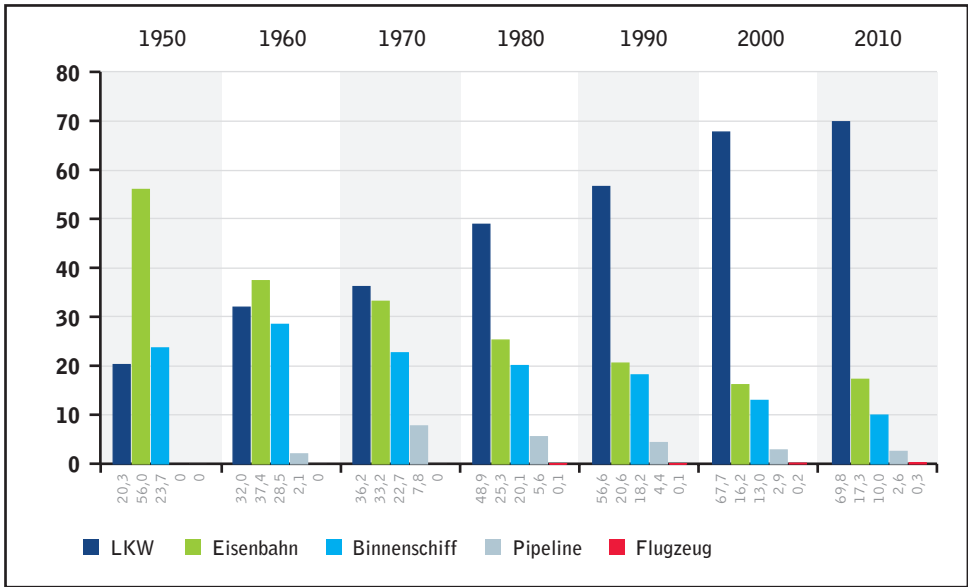


Quelle: Nach BGL 2012; eigene Darstellung

Im Modal Split der Beförderungsleistung wird deutlich, dass der Straßengüterverkehr seinen Anteil kontinuierlich ausbauen konnte. Durch erhebliche Zuwächse im Straßengüterverkehr ist dieser ca. seit 1970 der Hauptverkehrsträger (Abbildung 4).

Im Jahr 2010 beträgt der Anteil 69,8%. Bis 2000 ist hierfür ein starker Anstieg zu verzeichnen. Seit 2000 erfolgt die Steigerung der Beförderungsleistung zunehmend gleichverteilt auf die einzelnen Verkehrsträger, sodass sich zwischen 2000 und 2010 nur eine im Vergleich zu früheren Jahren geringe Steigerung des Anteils der auf der Straße erbrachten Beförderungsleistung von ca. 2% ergibt.

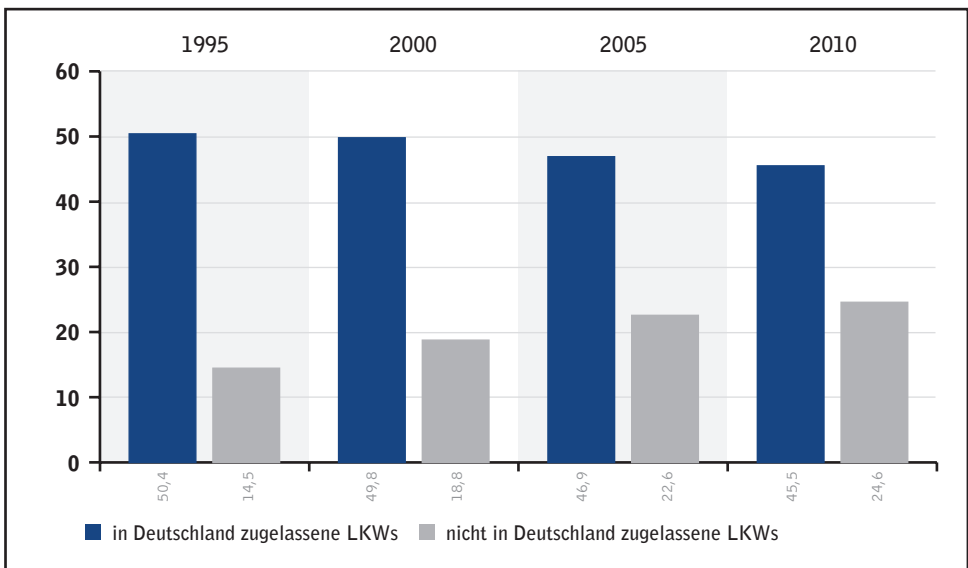
Abbildung 4: Modal Split der Beförderungsleistung in Prozent



Quelle: Nach BGL 2012; eigene Darstellung

Der Anteil nicht in Deutschland zugelassener LKWs an der Beförderungsleistung innerhalb der Bundesgrenzen nimmt, wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, stark zu. Für das Jahr 2010 ist deutlich mehr als $\frac{1}{3}$ der Transportleistung auf der Straße auf diese LKWs zurückzuführen.

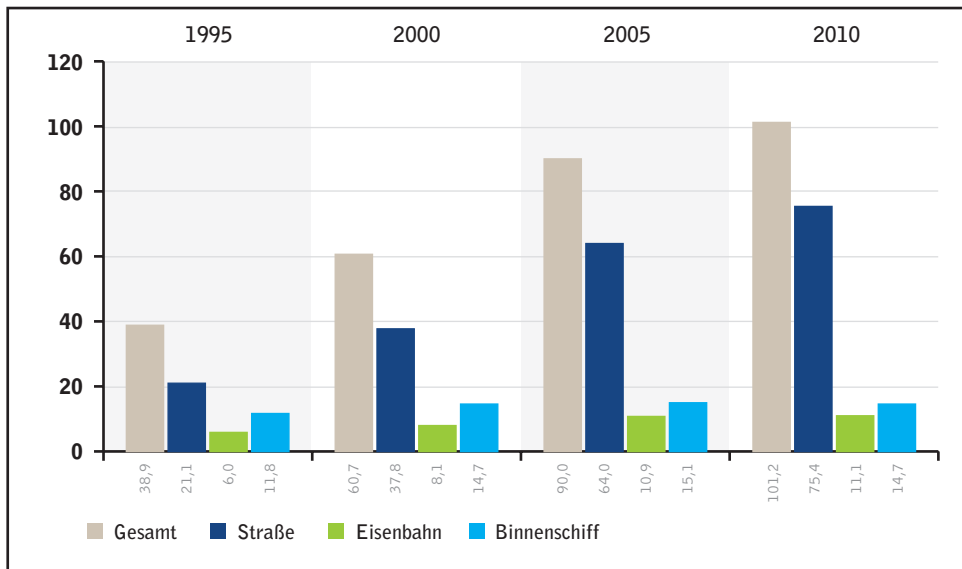
Abbildung 5: Anteile nicht in Deutschland zugelassener LKWs an der Beförderungsleistung in Prozent



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Hintergrund dieser wachsenden Bedeutung der nicht in Deutschland zugelassenen LKWs ist einerseits die stetige Zunahme des Transitverkehrs durch Deutschland, der für 2010 mit 101,2 Mrd. tkm ca. 1/3 der gesamten Transportleistung ausmacht und zu ca. 3/4 auf der Straße erbracht wird. Zu beachten ist hierbei auch, dass der Anteil des Binnenschiffs größer ist als der Anteil der Schiene. Obwohl im Bereich der Schiene deutliche Steigerungsraten zu verzeichnen sind, bleibt der Anteil am gesamten Transit sehr gering.

Abbildung 6: Beförderungsleistung durch Transit in Milliarden tkm

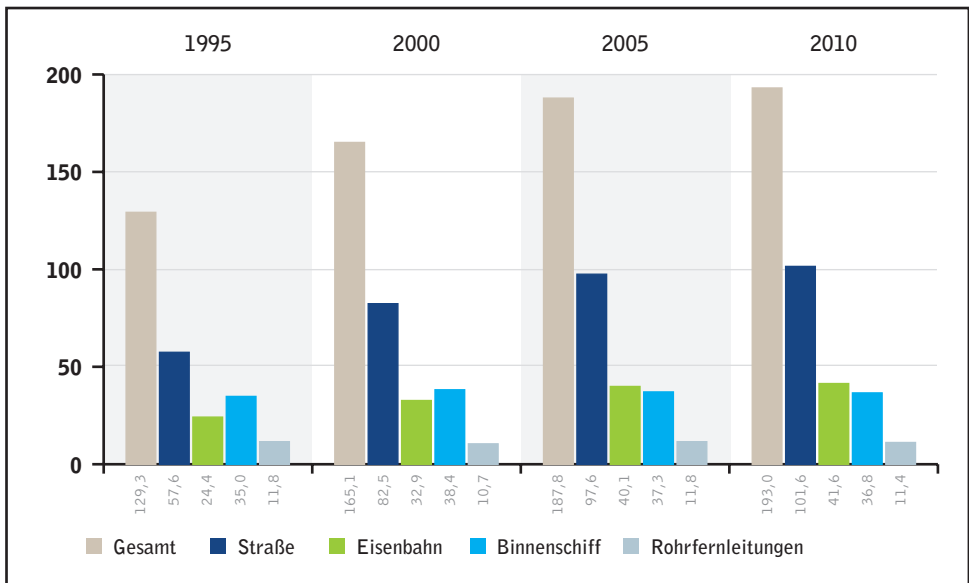


Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Eine weitere Ursache für die Zunahme nicht in Deutschland zugelassener LKW auf deutschen Straßen ist die anhaltende Erhöhung des grenzüberschreitenden Verkehrs in Form von Versand und Empfang, welcher ebenfalls zu mehr als 50% durch diese LKWs erbracht wird.¹

¹ Destatis 2012

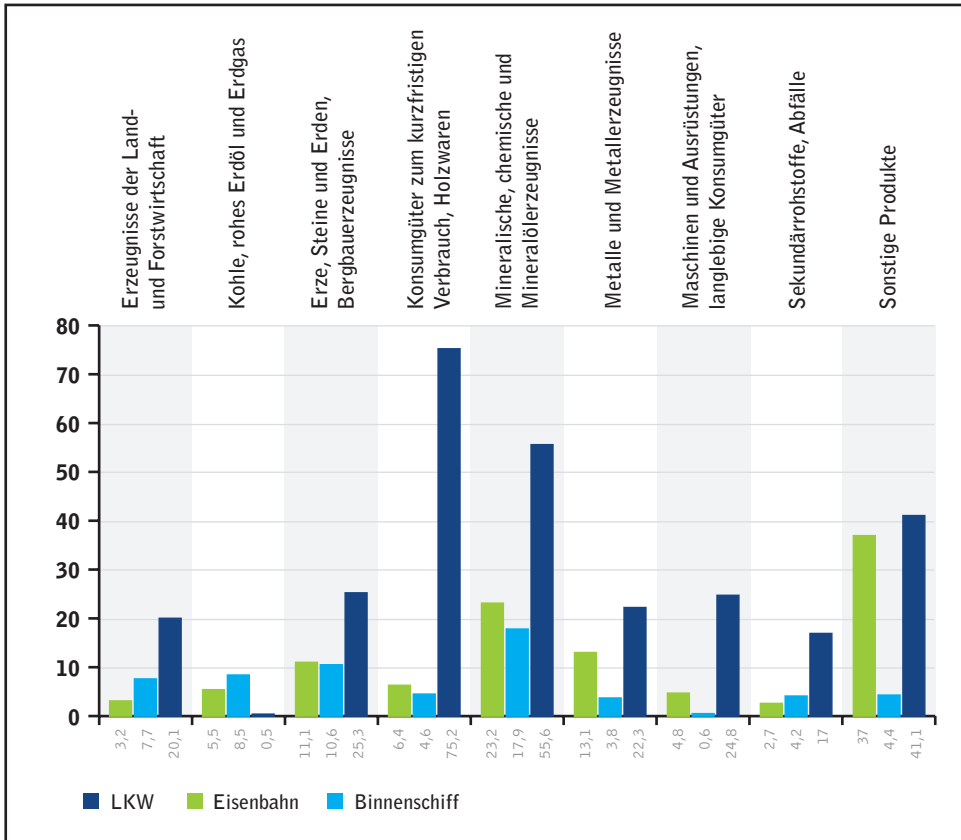
Abbildung 7: Beförderungsleistung des grenzüberschreitenden Verkehrs in Milliarden tkm



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Bei der detaillierten Betrachtung der beförderten Güter ist festzustellen, dass der Straßengüterverkehr in allen Bereichen, außer bei Kohle, rohem Erdöl und Erdgas, die jedoch einen sehr geringen Anteil an der Gesamtleistung ausmachen, eine höhere Beförderungsleistung aufweist. Besonders deutlich zu erkennen ist die Stellung des Straßengüterverkehrs im Bereich der Konsumgüter zum kurzfristigen Verbrauch. Eisenbahn und Binnenschiff leisten hier kaum einen Anteil. An zweiter Stelle der Transportleistungen ist der Bereich der mineralischen, chemischen und Mineralöl-erzeugnisse. Hier ist der Anteil des Straßengüterverkehrs deutlich mehr als doppelt so hoch, wie der Anteil der Schiene und etwa das Dreifache im Vergleich zum Binnenschiff.

Abbildung 8: Beförderungsleistung nach Hauptgütergruppen 2010 in Milliarden tkm

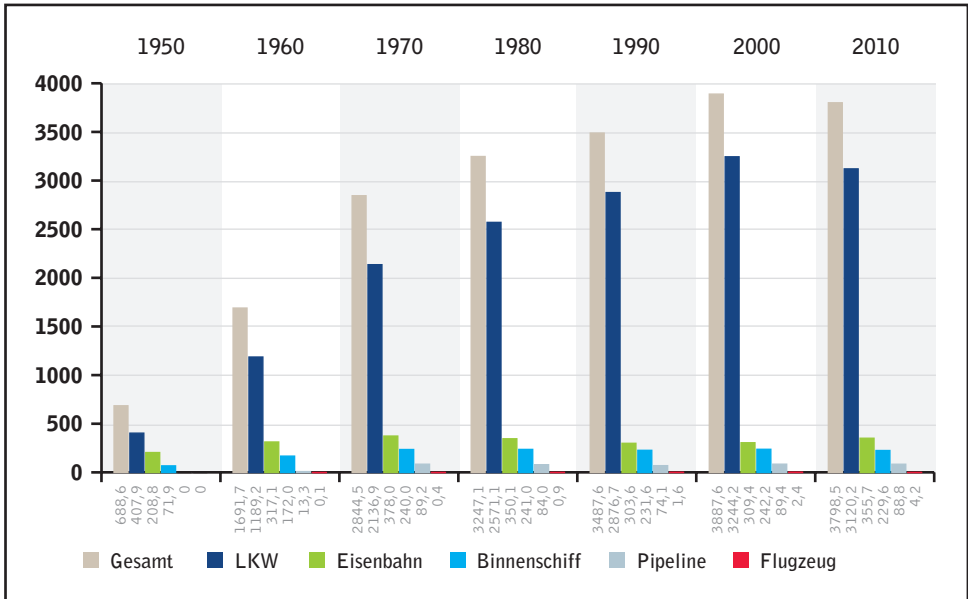


Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

1.1.2 Güteraufkommen

Im Bereich des Güteraufkommens ist seit 1950 ein leicht degressiver Verlauf zu erkennen. Die Zunahme der letzten 20 Jahre beträgt etwa 10%. Bei Betrachtung des Zeitraumes 2000 bis 2010 ist sogar ein leichter Rückgang zu verzeichnen. Im Jahr 2010 lag das gesamte beförderte Güteraufkommen bei 3798,5 Millionen Tonnen. Ermittelt wurden diese Werte aus einer Stichprobenerhebung, die anschließend auf den gesamten Verkehr hochgerechnet wird. Es handelt sich somit nicht um das mögliche Güteraufkommen anhand der maximalen Ladungsmasse der Fahrzeuge, sondern näherungsweise um die real transportierten Gütermassen.

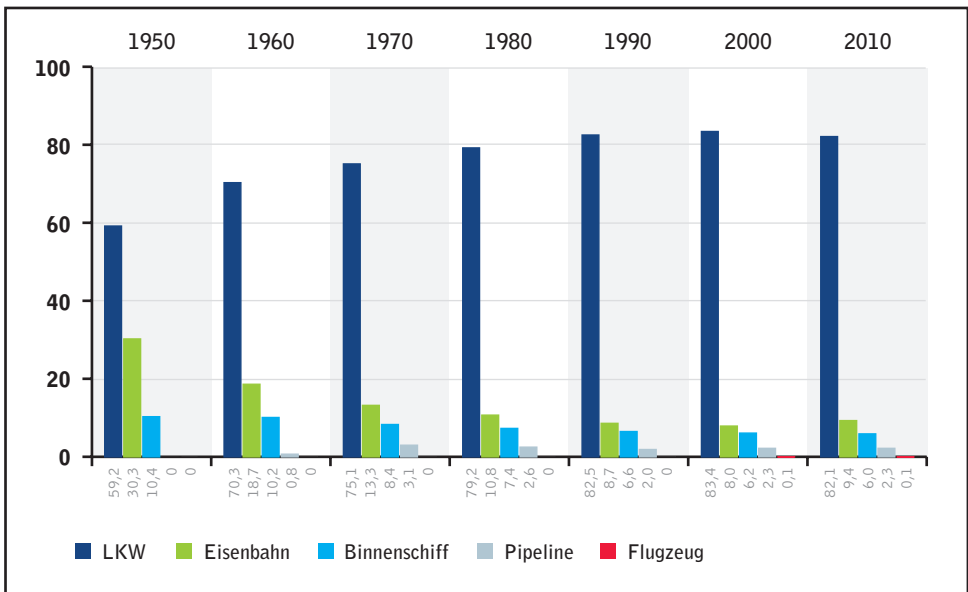
Abbildung 9: Güteraufkommen nach Verkehrsträger in Millionen Tonnen



Quelle: Nach BGL 2012; eigene Darstellung

Bei Betrachtung des Modal Split des Güteraufkommens ist zu erkennen, dass bereits seit 1980 kaum Veränderungen zu verzeichnen sind. Die Verkehrsträger entwickeln sich in Bezug auf das Güteraufkommen sehr ähnlich. Im Jahr 2010 lag der Anteil des Straßengüterverkehrs bei 82,1%.

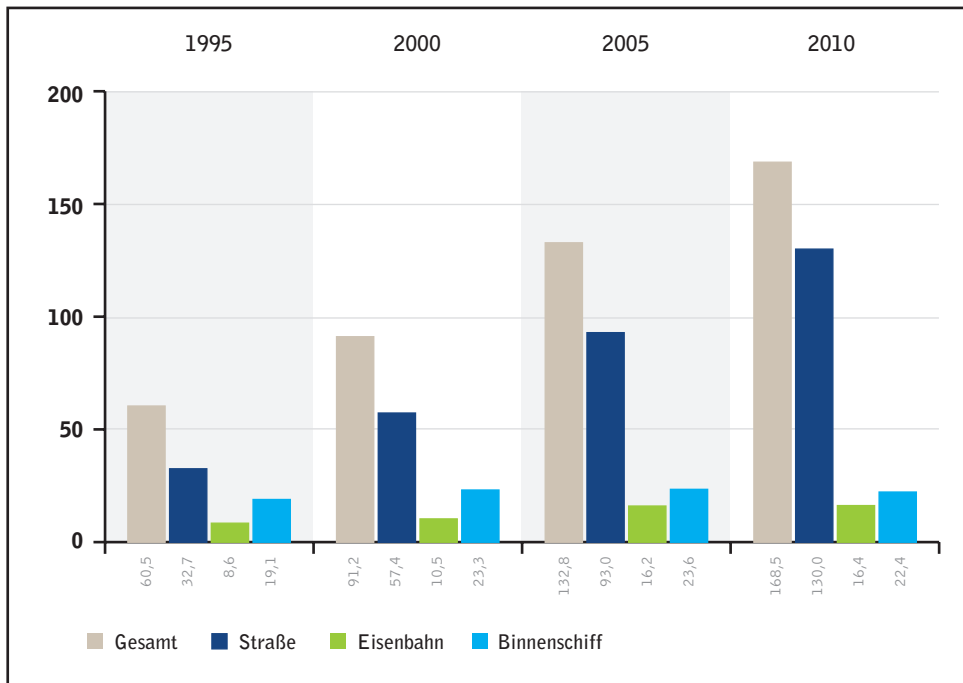
Abbildung 10: Modal Split des Güteraufkommens in Prozent



Quelle: Nach BGL 2012; eigene Darstellung

Etwa 4,5% des gesamten Güteraufkommens macht der Transitverkehr aus. Der überwiegende Teil wird über den Straßengüterverkehr abgewickelt. Während im Straßen- und Schienengüterverkehr erhebliche Steigerungen für den Zeitraum 1995 bis 2010 zu verzeichnen sind, ist das Transitaufkommen durch Binnenschifffahrt annähernd konstant.

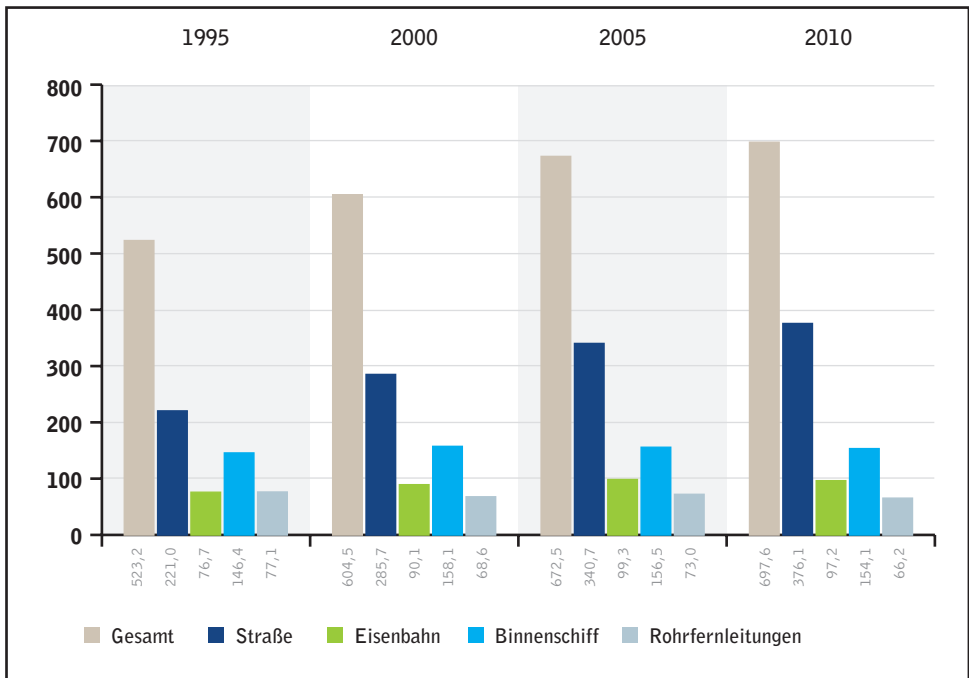
Abbildung 11: Güteraufkommen durch Transit in Millionen Tonnen



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Der grenzüberschreitende Verkehr in Form von Versand und Empfang macht etwa 1/5 des Gesamtaufkommens aus und wird zum überwiegenden Teil auf der Straße erbracht. Auch hierbei hat das Binnenschiff eine nicht unerhebliche Rolle, wobei im Zeitraum 2000 bis 2010 das Güteraufkommen des Binnenschiffs leicht zurückgeht, während das Aufkommen im Straßengüterverkehr deutlich ansteigt.

Abbildung 12: Güteraufkommen des grenzüberschreitenden Verkehrs in Millionen Tonnen

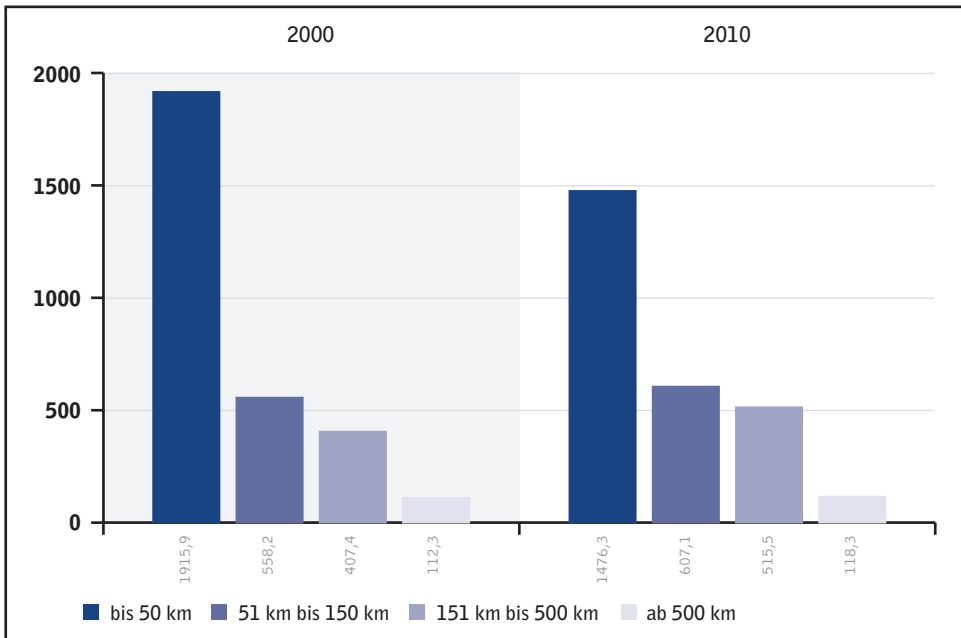


Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Bei der detaillierten Betrachtung der Transportweiten von in Deutschland zugelassenen LKWs ist festzustellen, dass der überwiegende Teil des Güteraufkommens auf Fahrten bis 150 km entfällt. Im Jahr 2010 betrug dieser Anteil 77%. 70% dieser Fahrten haben sogar nur eine Reichweite von bis zu 50 km. Tendenziell steigen die Fahrten mit einer Reichweite bis 500 km und über 500 km seit 2000 an, während gleichzeitig das Güteraufkommen bis 50 km stark abnimmt. Ein Trend zur Erhöhung der Transportweiten wird hier sichtbar.²

² BMVBS, ViZ 11/12

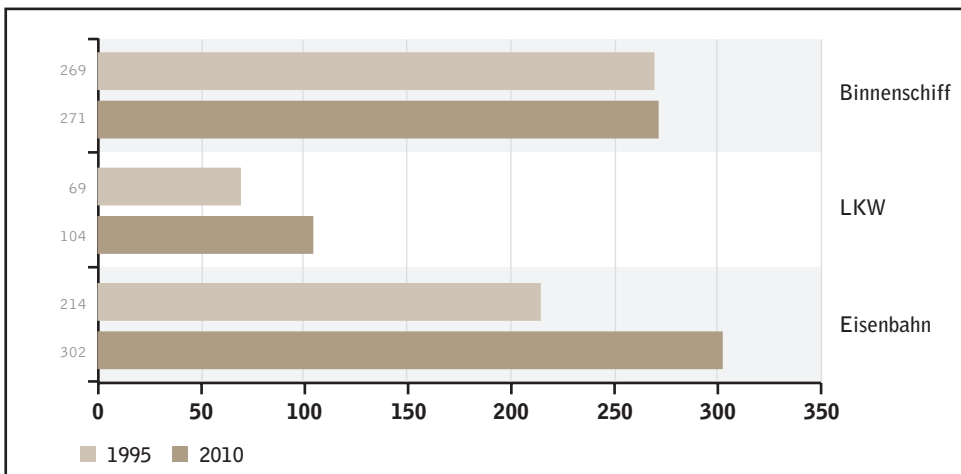
Abbildung 13: Güteraufkommen in Deutschland zugelassener LKWs (ab 6t) nach Entfernungsstufen in Milliarden Tonnen



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Im Vergleich mit Eisenbahn und Binnenschiff weist der LKW die kürzeste mittlere Transportweite auf. Im Jahr 2010 beträgt diese 104 km. Die mittlere Transportweite der Eisenbahn beträgt im gleichen Jahr 302 km. Im Vergleich zu 1995 sind Steigerungsraten von 50% beim Straßengüterverkehr und 40% im Schienengüterverkehr zu verzeichnen.

Abbildung 14: Mittlere Transportweiten 1995 und 2010 in km



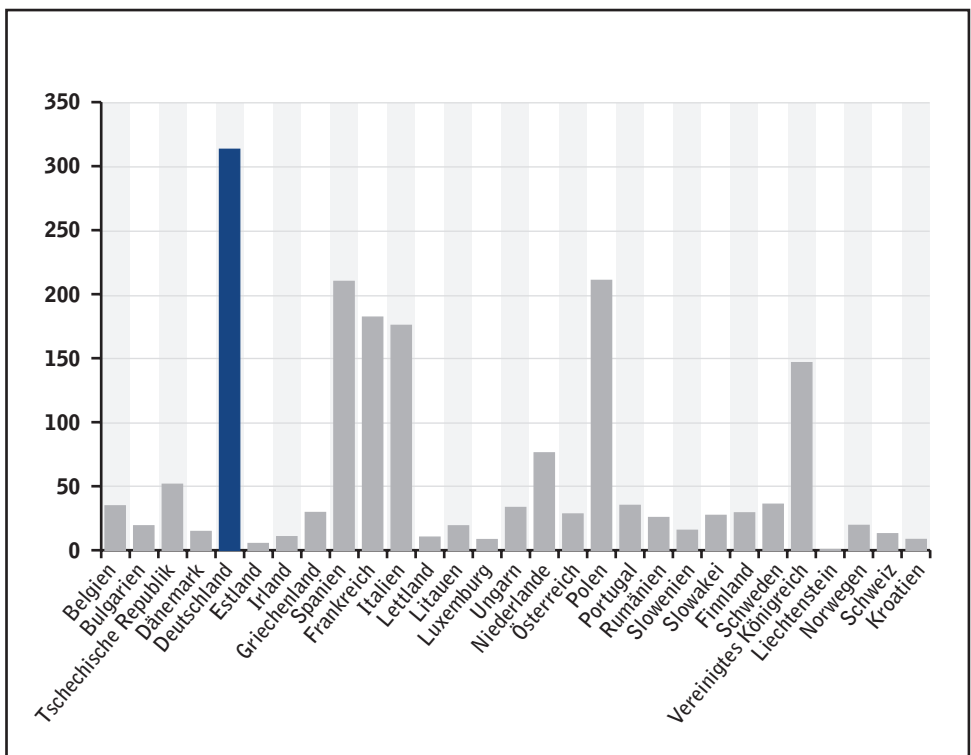
Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

1.1.3 Der Güterverkehr im europäischen Vergleich

Für eine umfassende Einordnung des Güterverkehrs ist es notwendig, Güteraufkommen und Beförderungsleistung für Straße und Schiene auf europäischer Ebene zu betrachten.

Dargestellt ist jeweils die Inländerleistung, also der Anteil des Güterverkehrs, der innerhalb der Landesgrenzen von landeseigenen Verkehrsteilnehmern erbracht wird. Bezüglich der Transportleistung im Straßengüterverkehr wird deutlich, dass Deutschland mit über 300 Mrd. tkm ca. $\frac{1}{3}$ mehr Leistung erbringt als die folgenden leistungsstarken Länder Spanien und Polen.

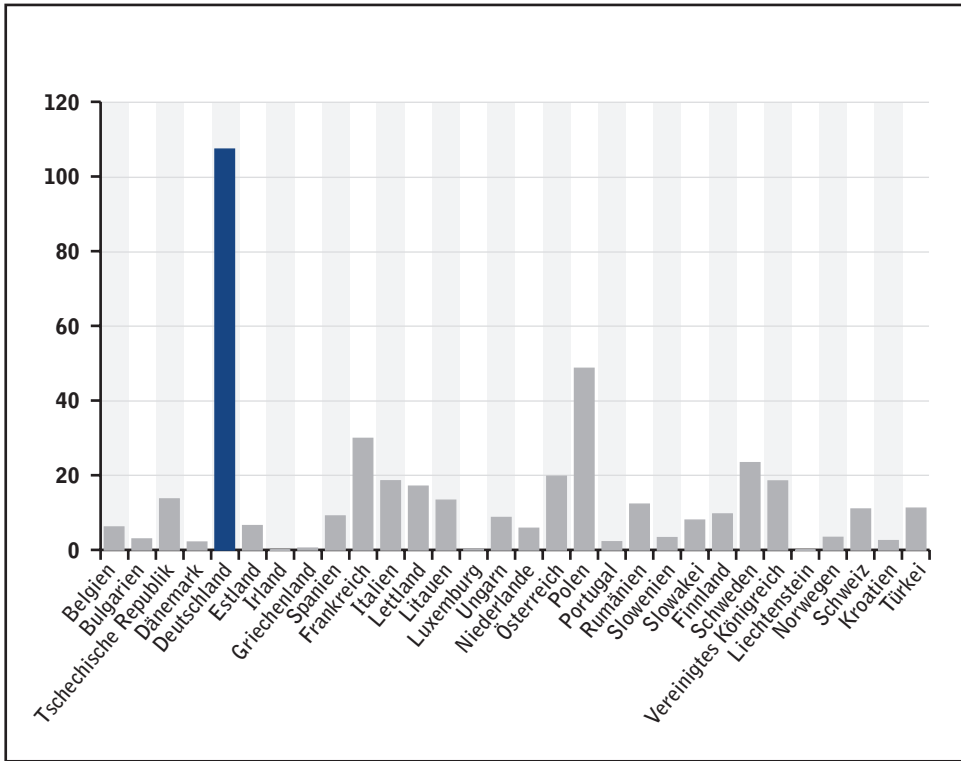
Abbildung 15: Beförderungsleistung im Straßenverkehr in Europa 2010 in Milliarden tkm (Inländerleistung)



Quelle: Nach Eurostat 2012; eigene Darstellung

Im Schienenverkehr ist der Vorsprung sogar noch deutlich größer. Hier wird eine doppelt so hohe Leistung erbracht wie im nächst stärkeren Land Polen. (Vgl. Abb.16)

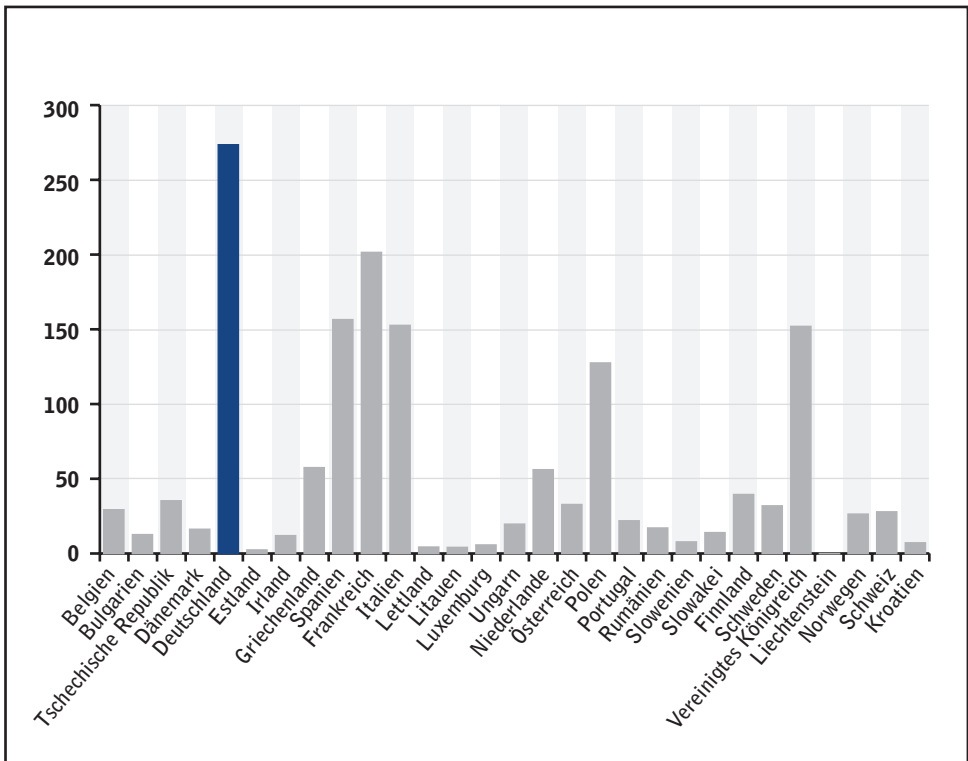
Abbildung 16: Beförderungsleistung im Schienenverkehr in Europa 2010 in Milliarden tkm



Quelle: Nach Eurostat 2012; eigene Darstellung

Im Güteraufkommen des Straßengüterverkehrs zeigt sich ein Zustand analog zur Beförderungsleistung. Auffällig ist, dass Frankreich und das Vereinigte Königreich ein im europäischen Vergleich hohes Verhältnis von Güteraufkommen zu Beförderungsleistung aufweisen. Dies spricht für kürzere mittlere Transportweiten als beispielsweise in Deutschland oder Polen. (Vgl. Abb.17)

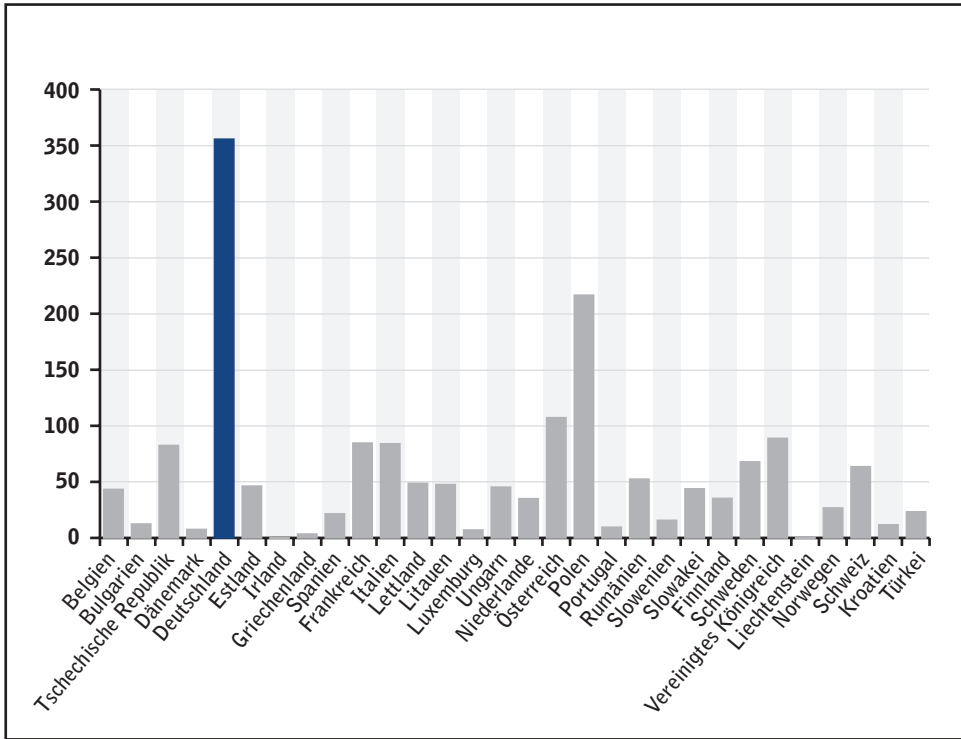
Abbildung 17: Güteraufkommen im Straßenverkehr in Europa 2010 in Millionen Tonnen (Inländerleistung)



Quelle: Nach Eurostat 2012; eigene Darstellung

Auch im Schienengüterverkehr zeigt sich beim Güteraufkommen ein Verhalten analog zur Transportleistung. Deutschland hat hier mit über 350 Mio. Tonnen mit großem Abstand zu Polen (ca. 215 Mio. Tonnen) die Spitzenstellung. An dritter Stelle kommt bei der Transportleistung auf der Schiene Österreich, mit einer erbrachten Leistung von etwa 105 Mio. Tonnen. (Vgl. Abb.18)

Abbildung 18: Güteraufkommen im Schienenverkehr in Europa 2010 in Millionen Tonnen



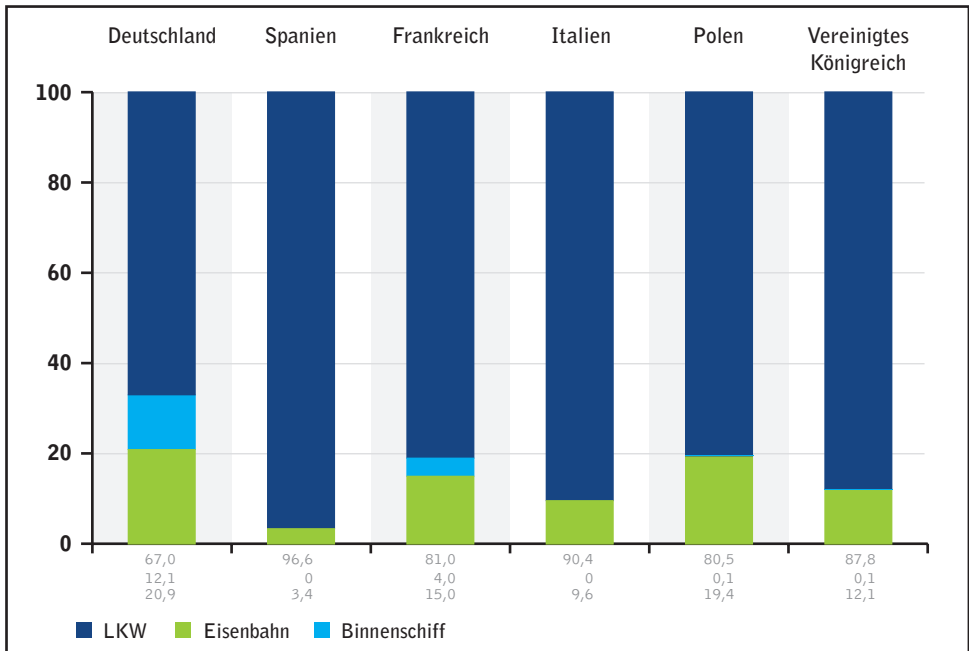
Quelle: Nach Eurostat 2012; eigene Darstellung

Für die Betrachtung des Modal Splits auf europäischer Ebene wurden die Länder Spanien, Frankreich, Italien, Polen, das Vereinigte Königreich und Deutschland als die stärksten Vertreter identifiziert und deren Beförderungsleistung bezüglich Eisenbahn, Binnenschiff und LKW gegenübergestellt (Abbildung 19). Für die ausgewählten Länder wird deutlich, dass Deutschland den größten Anteil des Schienengüterverkehrs mit knappem Vorsprung vor Polen aufweist. Spanien und Italien, welche aufgrund der geografischen Gegebenheiten wenig Binnenschifffahrt betreiben können, erbringen den überwiegenden Anteil (97% und 91%) der Beförderungsleistung auf der Straße.

Bei dem hier gezogenen Vergleich ist zu beachten, dass es sich um die Inländerleistung handelt. Da der grenzüberschreitende Verkehr und der Transit nicht berücksichtigt sind, sind hier Verschiebungen zu erwarten. Aufgrund der Netzspezifikationen insbesondere der verwendeten Spannungen und der Netzgestaltung im europäischen Eisenbahnnetz kann davon ausgegangen werden, dass diese Verschiebung tendenziell einen größeren Einfluss der Straße bewirkt. Der Anteil des grenzüberschreitenden Verkehrs mit Binnenschiff und Eisenbahn macht einen eher geringen Teil aus.³

³ Nach BMVBS, ViZ 11/12

Abbildung 19: Modal Split der Beförderungsleistung ausgewählter europäischer Länder 2009 in Prozent



Quelle: Nach Eurostat 2012; eigene Darstellung

Die Schweiz hat in Bezug auf das Güterverkehrssystem eine besondere Stellung in Europa. Es ist das Ziel der schweizerischen Verkehrspolitik, den Güterverkehr auf die Schiene zu verlagern, soweit dies sinnvoll und umsetzbar ist.⁴ Durch diese Zielstellung hat die Schweiz mit ca. 36% einen Anteil der Eisenbahn an der Transportleistung, der deutlich über dem Durchschnitt der EU 27 (ca. 19%) liegt.⁵ Um die Schweiz jedoch qualifiziert mit Deutschland vergleichen zu können, ist es sinnvoll, die erbrachten Transportleistungen für die Straße und die Schiene auf die Landesfläche zu beziehen. Deutschland ist, bei vergleichbarer Bevölkerungsdichte, etwa 8,7-mal so groß wie die Schweiz. Die auf der Straße erbrachte Transportleistung ist für das Jahr 2009 in Deutschland 25-mal und für die Schiene 10-mal größer als die der Schweiz.⁶ Bezieht man die Transportleistung auf die Landesfläche, so ergibt sich für die Straße ein Faktor von 2,9 und für die Schiene ein Faktor von 1,15. In der Schweiz werden somit nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ deutlich weniger Güter transportiert. Im qualitativen Vergleich der Transportleistung der Bahn befinden sich die Schweiz und Deutschland etwa auf dem gleichen Niveau. Im Gegensatz dazu werden in Deutschland jedoch bezogen auf die Landesgröße erheblich mehr Güter auf der Straße transportiert, sodass Deutschland mit ca. 17% Bahnanteil an der Beförderungsleistung leicht unter dem europäischen Durchschnitt liegt.

⁴ BFS 2010

⁵ BFS 2010

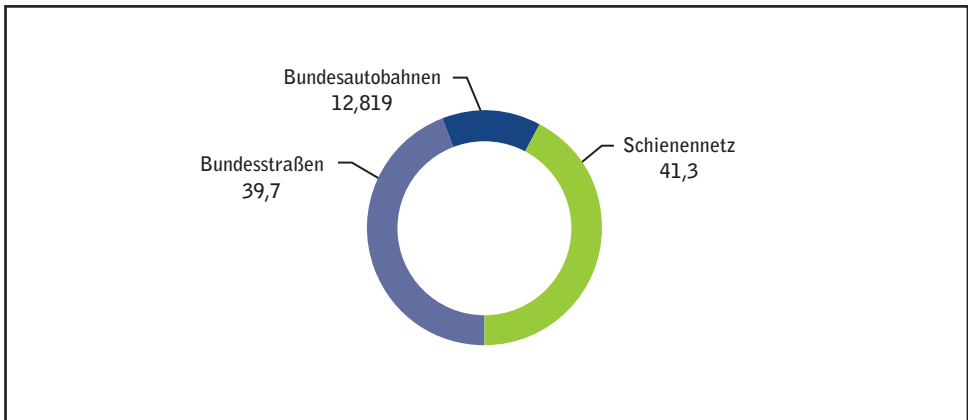
⁶ BFS 2010, BGL 2012

Zusammenfassung

Über die vergangenen Jahre ist in Deutschland eine deutliche Zunahme der Transportleistung zu verzeichnen. Diese ist teilweise auf den steigenden Anteil des Transitverkehrs zurückzuführen und wird zu 25% von nicht in Deutschland zugelassenen LKWs erbracht. Während die erbrachte Leistung stetig ansteigt, stagniert das Aufkommen an transportierten Gütern. Daraus lässt sich eine deutliche Zunahme der mittleren Transportweiten sowohl für den LKW als auch für die Bahn ableiten. Trotz dieser Zunahme wird der überwiegende Teil der auf der Straße transportierten Güter maximal 50 km weit befördert. Die im Fernverkehr erbrachte Transportleistung ist dennoch groß, da die langen Transportwege eine hohe Transportleistung induzieren. Im europäischen Vergleich zeigt sich, dass Deutschland quantitativ Spitzenreiter im Gütertransport sowohl für die Schiene als auch für den LKW ist. Unter den Ländern hoher Transportleistung besitzt Deutschland zusätzlich den höchsten Bahnanteil an der Beförderungsleistung.

1.2 Verkehrsnetze

Abbildung 20: Vergleich von Schienennetz und Bundesfernstraßennetz 2010 in 1000 km



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12 ; eigene Darstellung

Fakten

- Deutlicher Anstieg der Verkehrsstärke auf deutschen Autobahnen!
- 450.000 km Stau auf deutschen Autobahnen in 2011!
- 12% aller Fernzüge haben zwischen 6 und 10 Minuten Verspätung!

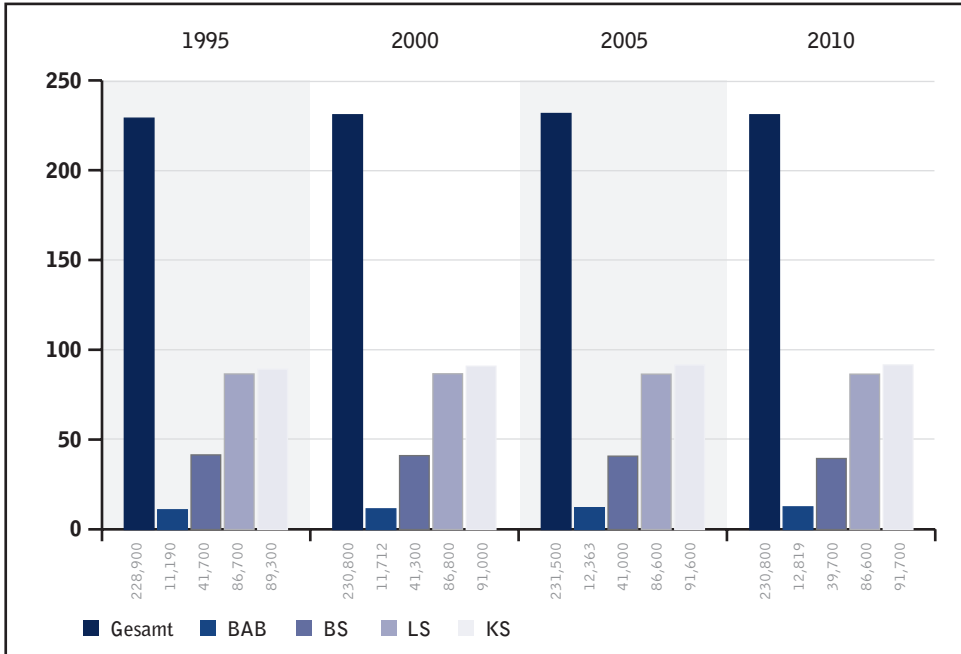
These:

Der anhaltende Anstieg des Verkehrsaufkommens im Personen- und Güterverkehr sowohl auf der Schiene als auch auf der Straße führt in Ballungsregionen zunehmend zu Engpässen. Ein reibungsloser Ablauf des Verkehrs ist hier teilweise heute schon nicht mehr möglich. Die Überlastungen sind für Schiene und Straße regional nahezu identisch.

1.2.1 Das Straßennetz in Deutschland

Deutschland verfügt 2010 über ein Straßennetz mit einer Gesamtlänge von 230.800 Kilometer (ohne Gemeindestraßen). Ca. 77% dieser Straßen fallen in die Kategorien Landes- und Kreisstraßen. Diese Straßen weisen zumeist eine Fahrspur pro Fahrtrichtung auf. Die restlichen 23% entfallen auf die Bundesfernstraßen, in Form von Bundesautobahnen und Bundesstraßen. Im Allgemeinen verfügen diese Straßenarten über mehrere Fahrstreifen pro Fahrtrichtung. Seit 1995 sind die Veränderungen der Straßeninfrastruktur relativ gering. Im Bereich der Bundesautobahn gibt es die größten Zuwächse mit ca. 13%. Im gleichen Zeitraum ist bei den Bundesstraßen ein leichter Rückgang zu verzeichnen, welcher prozentual nur ca. 2% ausmacht, quantitativ aber ca. $\frac{2}{3}$ des Zuwachses der Autobahn entspricht. (Vgl. Abb. 21)

Abbildung 21: Streckenlängen der Straßen des überörtlichen Verkehrs in Deutschland in 1000 km



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

1.2.2 Das Schienennetz in Deutschland

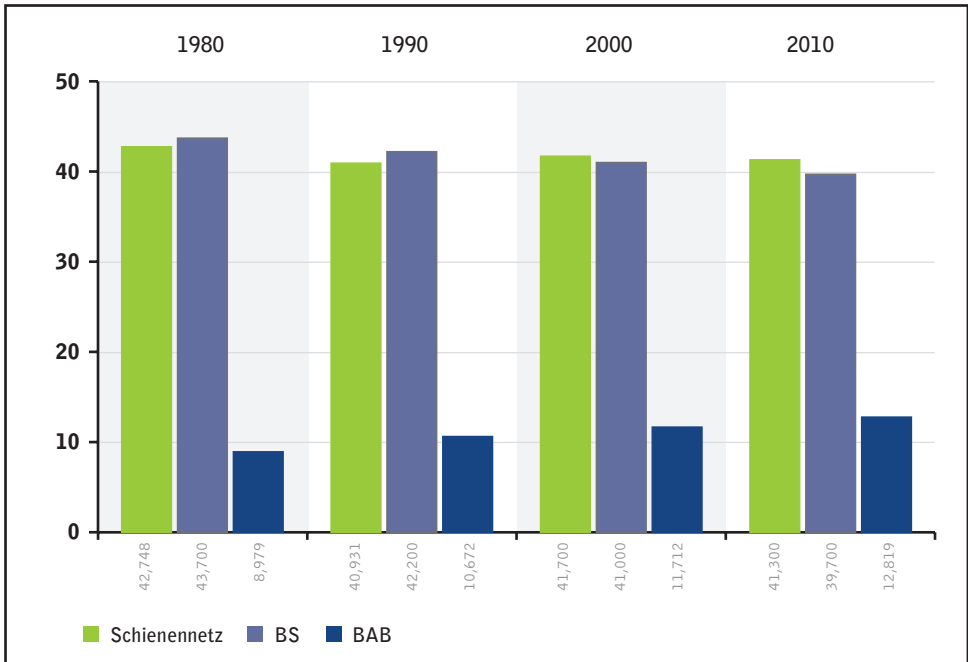
Die Gesamtlänge des deutschen Schienennetzes betrug 2010 ca. 41.300 Kilometer. Es ist damit eines der umfangreichsten Streckennetze Europas.⁷

Im Verlauf der letzten 30 Jahre ist dieses Netz durch Rückbau um ca. 1.400 Kilometer geschrumpft, was einer prozentualen Verringerung von 3% entspricht. Die Zunahme der Bundesautobahnen entspricht im gleichen Zeitraum ca. 45%. Gleichzeitig nahm das Netz der Bundesstraßen quantitativ um nahezu den gleichen Betrag ab. Die dargestellten Werte vor 1980 beziehen sich auf die alten Bundesländer. Ca. die Hälfte des Schienennetzes ist heute elektrifiziert.⁸ (Vgl. Abb. 22)

⁷ Destatis 2012

⁸ Nach BMVBS, ViZ 11/12

Abbildung 22: Entwicklung des Straßen- und Schienennetzes in Deutschland in 1000 km



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

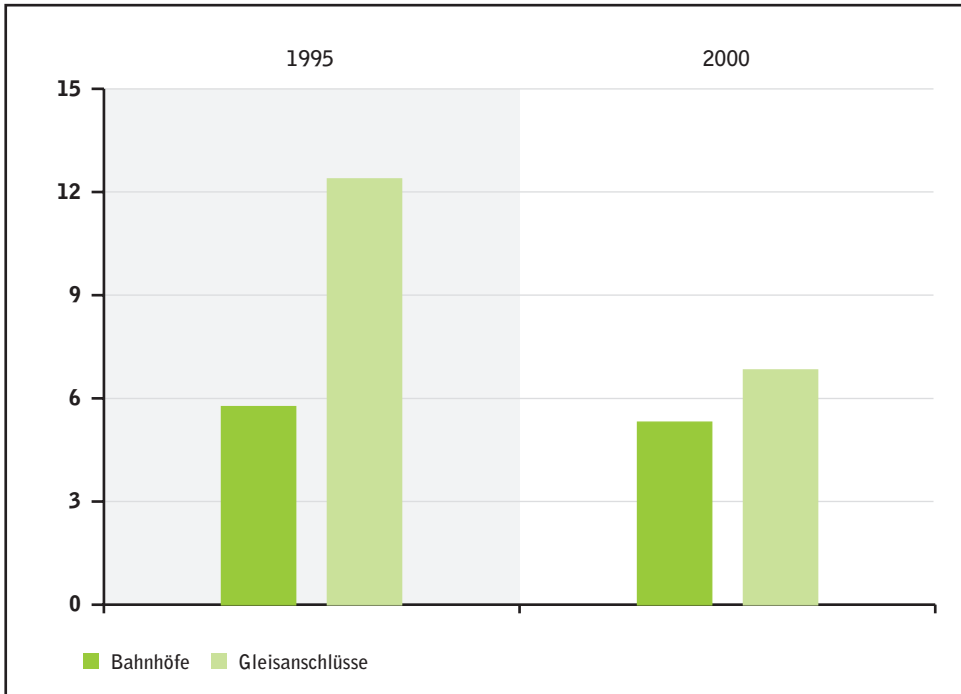
Ein weiterer wesentlicher Punkt zur Beurteilung des Schienennetzes ist die Ausprägung von Infrastrukturknoten in Form von Bahnhöfen und Gleisanschlüssen. Für Verkehrssysteme, welche auf kombinierten Verkehr setzen, ist es besonders wichtig, Knotenpunkte zum Wechsel des Verkehrsträgers bereitzustellen. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung der Gleisanschlüsse und Bahnhöfe für 1995 und 2000. In diesem Zeitraum ist eine deutliche Abnahme für die Gleisanschlüsse und eine leichte Abnahme der Anzahl der Bahnhöfe zu verzeichnen.

Der Einfluss auf die Leistung des Schienengüterverkehrs ist jedoch gering. Ursache hierfür sind die sinkende Bedeutung des kombinierten Verkehrs über klassische Verladebahnhöfe durch den Auf- und Ausbau von Güterverkehrszentren,⁹ die Steigerung der mittleren Transportweiten sowie die starke regionale Ausprägung des Schienennetzes.¹⁰

⁹ BMVBS LUB 2010

¹⁰ WSB 2007

Abbildung 23: Entwicklung der Bahnhöfe und Gleisanschlüsse im deutschen Schienennetz in 1000



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Im Jahr 2011 wurden 39,792 Mrd. tkm¹¹ Transportleistung auf der Schiene in Verbindung mit dem kombinierten Verkehr erbracht, das ist gegenüber 2010 eine Steigerung von 27%.¹² Für 2011 bedeutet dies, dass mehr als ein Drittel der auf der Schiene erbrachten Leistung intermodal ist. Einen bedeutenden Anteil von ca. 50% an dieser Leistung tragen die 35 in Deutschland etablierten Güterverkehrszentren.¹³ Diese haben teilweise frühere Güterverladebahnhöfe ersetzt und führen in Ballungszentren zu einer Bündelung des Verkehrs. Der Aufbau dieser Zentren ist abhängig von der regionalen Nachfragesituation und in manchen Ballungszentren aus Platzgründen nur begrenzt umsetzbar.¹⁴

1.2.3 Straßen- und Schienennetz im europäischen Vergleich

Auf europäischer Ebene verfügt Deutschland über eines der umfangreichsten Schienennetze. In der folgenden Abbildung ist der Vergleich zu den europäischen Ländern hoher Transportleistung dargestellt. Abweichungen zur Abbildung 22 ergeben sich durch unterschiedliche Quellen.

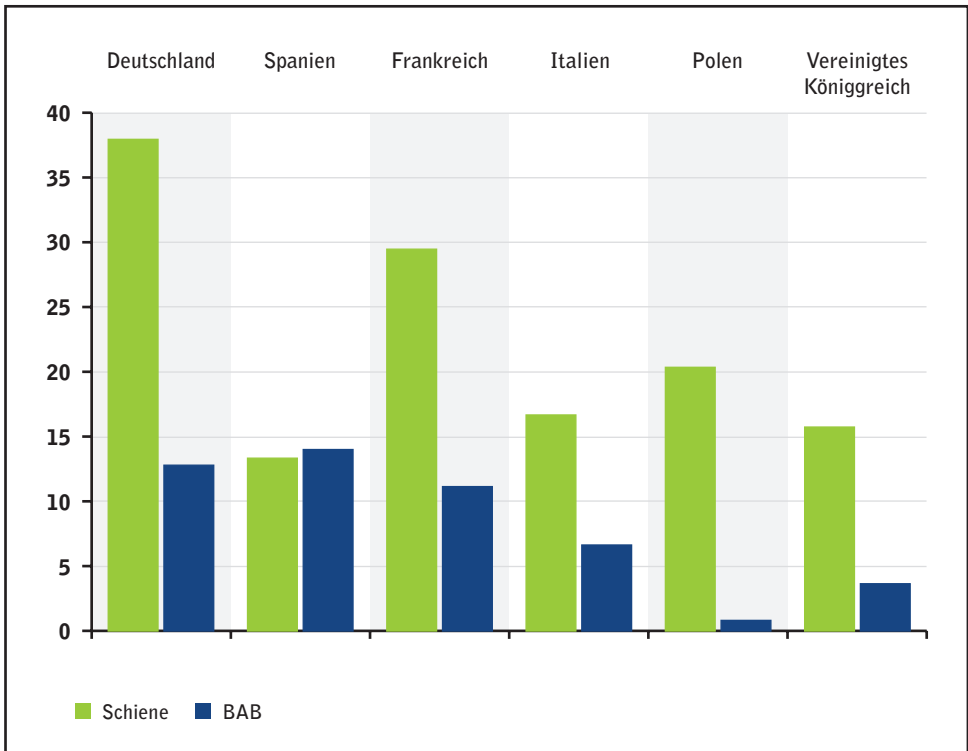
¹¹ Destatis F8R2 2011

¹² Destatis F8R2 2011

¹³ BMVBS LUB 2010

¹⁴ BMVBS LUB 2010

Abbildung 24: Vergleich Schienen- und Straßennetz ausgewählter europäischer Staaten 2009 in 1000 km



Quelle: Nach Eurostat 2012; eigene Darstellung

1.2.4 Die Auslastung der deutschen Netze

Auf der Grundlage der bisherigen Daten zur Infrastruktur des Verkehrs lässt sich eine Aussage über die Auslastung der Netze nicht treffen. Um diese beurteilen zu können ist es zwingend notwendig, den Personenverkehr mit einzubeziehen, da dieser einen erheblichen Anteil des Verkehrsaufkommens ausmacht.

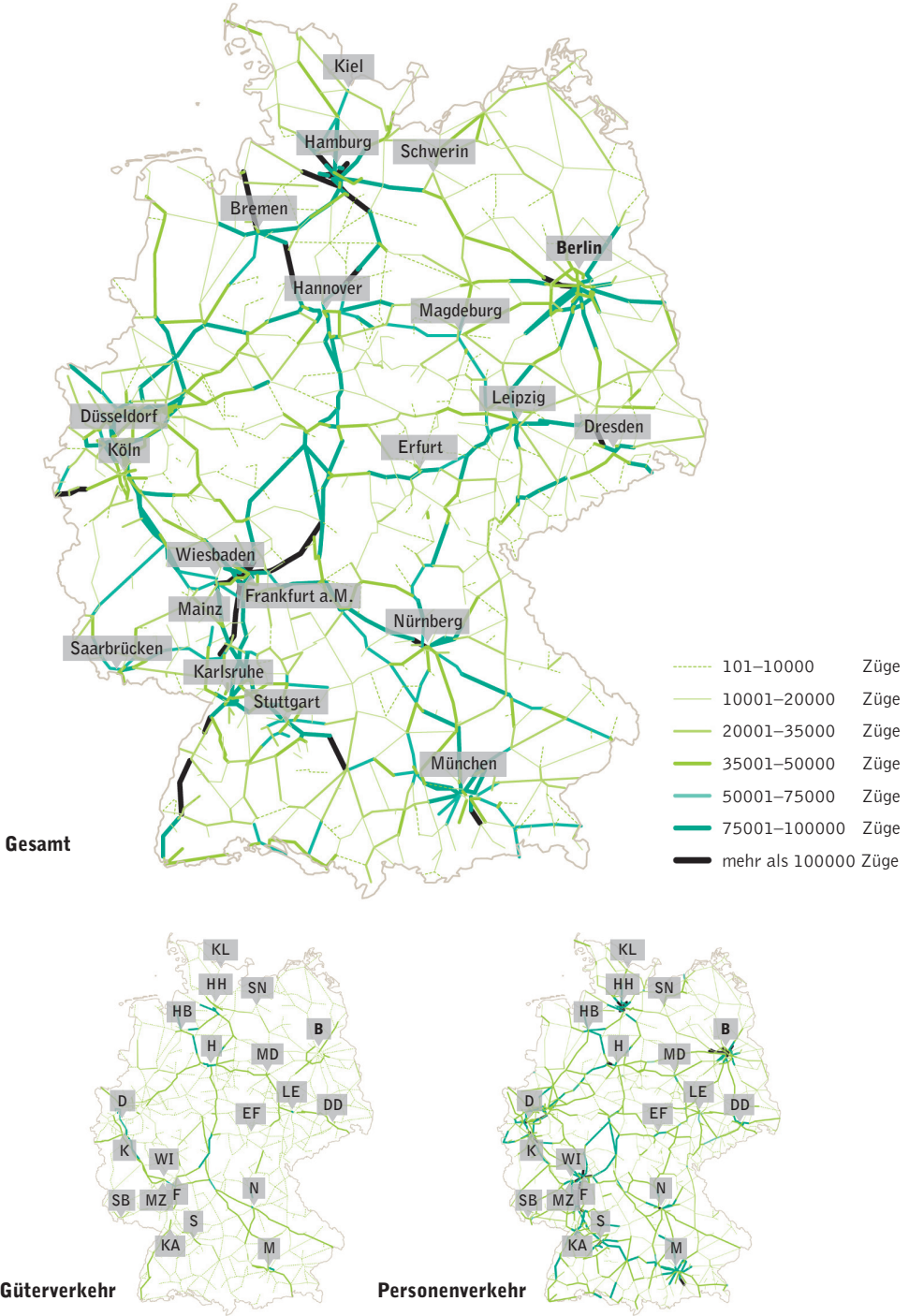
Im Folgenden sollen Tendenzen herausgestellt werden, die eine direkte oder indirekte Beurteilung der heutigen und zukünftigen Auslastung der einzelnen Verkehrsträger ermöglicht.

Die drei Darstellungen in Abbildung 25 zeigen die Belastung des Schienennetzes durch Personen- und Güterverkehr.

Es zeigt sich, dass:

1. Eine starke regionale Abhängigkeit in der Belastung besteht (Zentrenbildung).
2. Gemessen an Zügen/Tag der Personenverkehr deutlich stärker vertreten ist.
3. Güterzüge im Wesentlichen Hauptachsen verbinden und auf regionaler Ebene weniger vertreten sind.

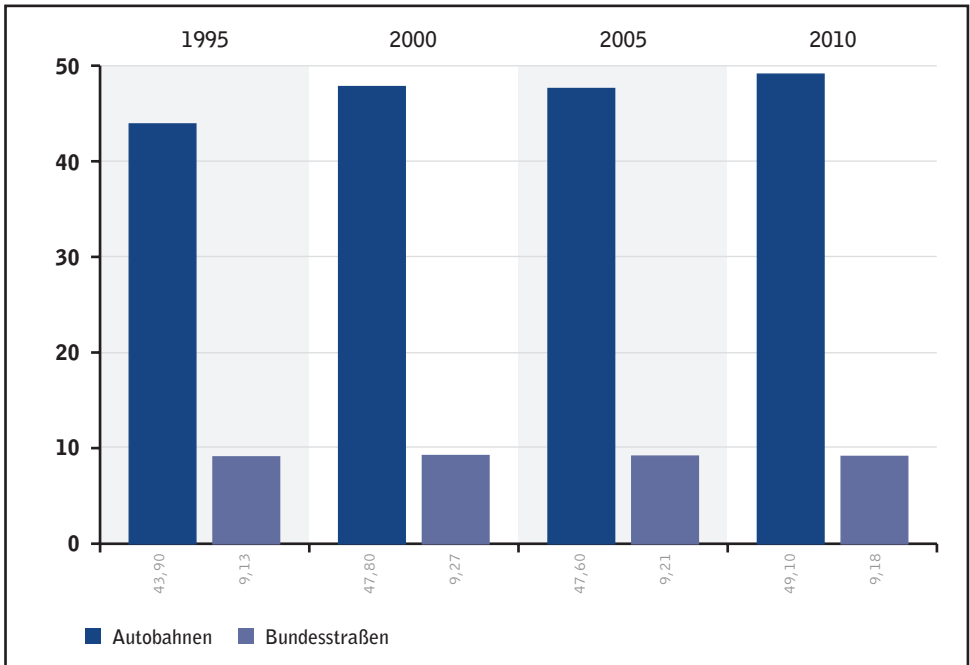
Abbildung 25: Belastung des Schienennetzes insgesamt und differenziert nach Personen- und Güterverkehr



Quelle: Destatis; eigene Darstellung

Auch die Beurteilung der Belastung der Straße ist komplex. In Abbildung 26 ist zu erkennen, dass die Belastung der Bundesautobahnen seit 1995 deutlich zugenommen hat, während auf Bundesstraßen keine Steigerung zu verzeichnen ist. Hierbei handelt es sich um Durchschnittswerte, welche analog zum Schienenverkehr regional stark variieren.

Abbildung 26: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke auf deutschen Autobahnen und Bundesstraßen in KFZ/24h



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

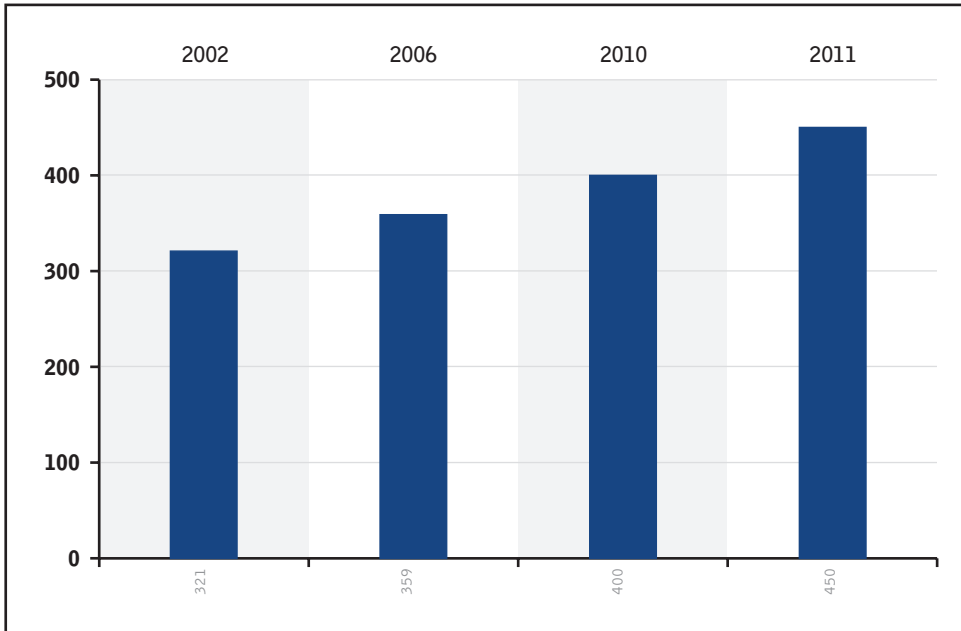
Dabei sind die Zentren, auf die sich der Straßenverkehr konzentriert, mit denen des Schienenverkehrs identisch.^{15 16}

Um die Auslastung der Straße besser beurteilen zu können, ist in Abbildung 27 die Entwicklung der gesamten Staulänge auf deutschen Autobahnen dargestellt. Im Zeitraum von 2002 bis 2011 ist eine Zunahme von etwa 40% auszumachen.

¹⁵ WSB 2007

¹⁶ Mobilität 2020

Abbildung 27: Gesamte Staulänge auf Autobahnen in Deutschland in 1000 km

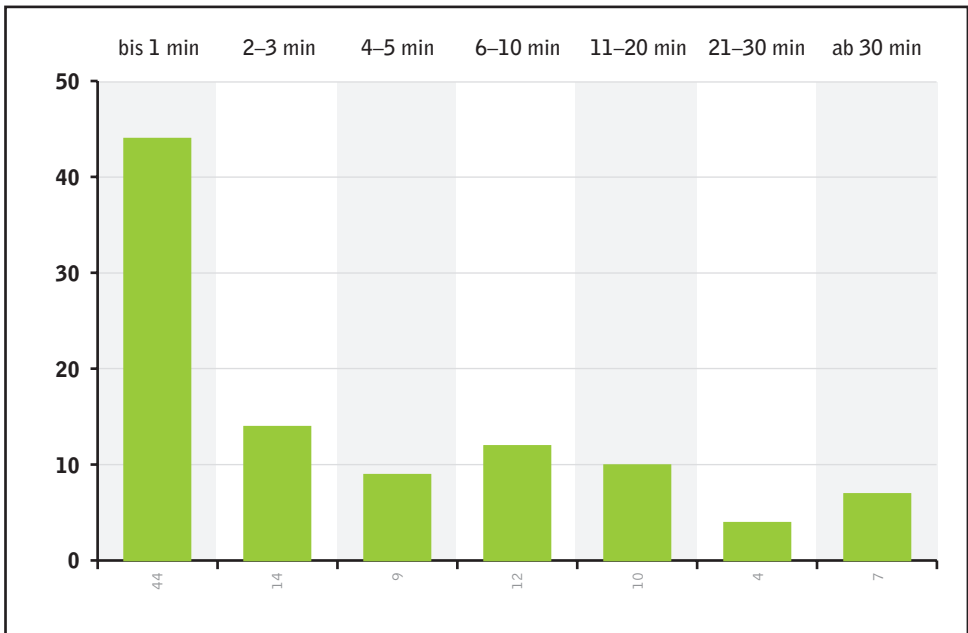


Quelle: Nach Statista 2012; eigene Darstellung

Da davon auszugehen ist, dass längere Staus auch zu größeren Zeitspannen führen, bis diese vollständig aufgelöst sind, kann hier auch davon ausgegangen werden, dass eine Zunahme der tatsächlichen Stauintensität vorliegt.

Für den Schienenverkehr sind Verspätungen ein Maß, um den reibungslosen Transport von Gütern und Personen zu beurteilen. Bei den in Abbildung 28 dargestellten Verspätungen von Fernzügen des Personenverkehrs wird deutlich, dass eine erhebliche Anzahl von Zügen nicht planmäßig das Ziel erreicht. Dies kann als Indiz für eine regional starke Auslastung bzw. Überlastung gesehen werden.

Abbildung 28: Verspätungen bei Fernzügen in Deutschland in den Jahren 2010 und 2011



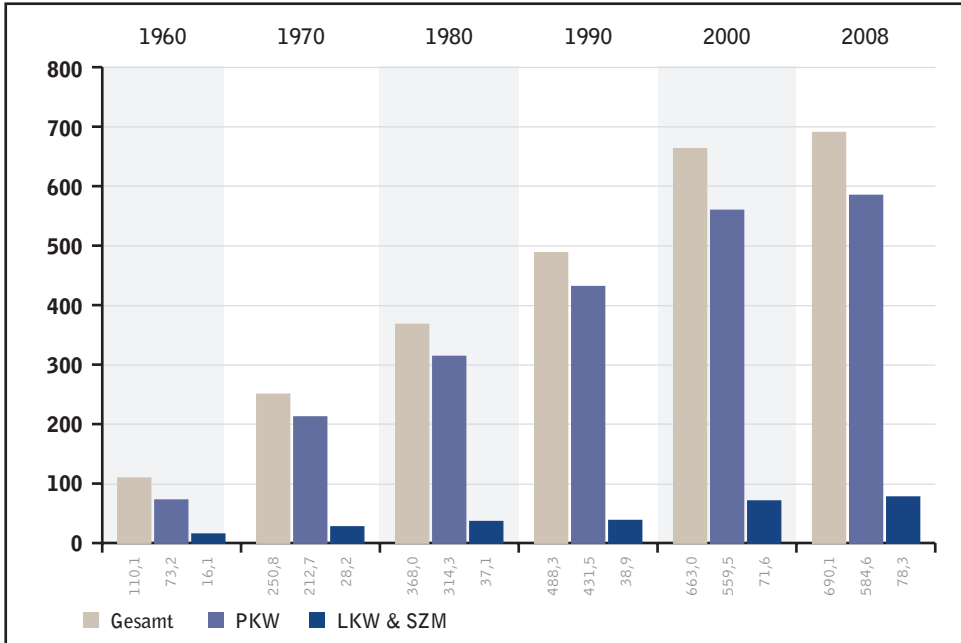
Quelle: Nach Statista 2012; eigene Darstellung

1.2.5 Fahrleistungen

Zur näheren Betrachtung der Belastung der Straßen kann die Inländerfahrleistung herangezogen werden. Im Jahr 2008 wurden insgesamt 690,1 Mrd. Kilometer auf den Straßen des Bundesgebietes zurückgelegt. Dabei entfallen lediglich 11% auf LKWs und Sattelzugmaschinen (ab 12t).

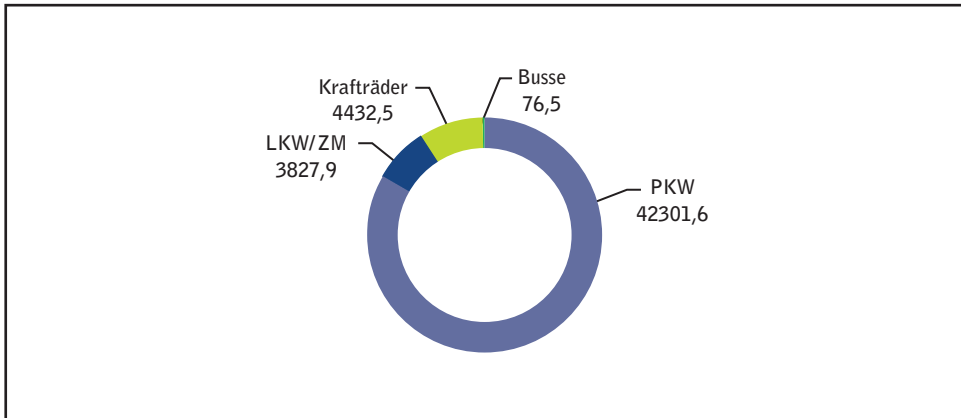
Im Fahrzeugbestand zeigt sich ein analoges Verhältnis. In Deutschland sind mehr Krafträder zugelassen als LKWs und Sattelzugmaschinen. Der Anteil der PKWs ist ca. 11-mal so hoch wie der Anteil schwerer Nutzfahrzeuge.

**Abbildung 29: Fahrleistung im Bundesgebiet (Inländerfahrleistung ohne Zweiräder)
in Milliarden km**



Quelle: Nach BGL 2012; eigene Darstellung

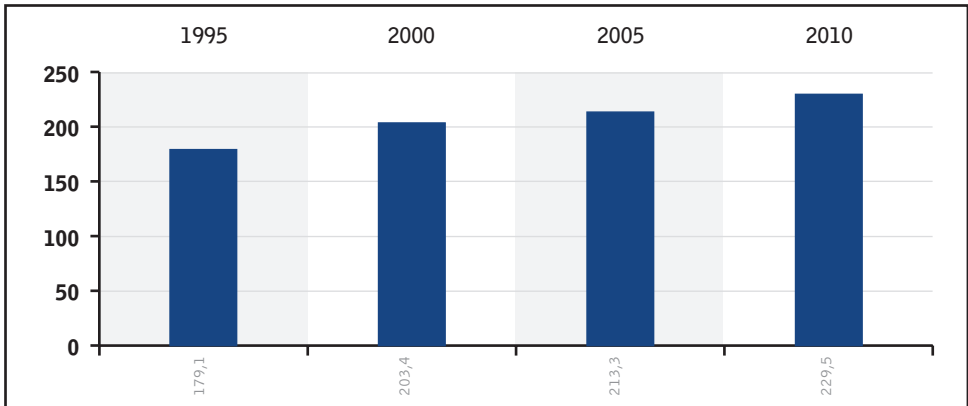
Abbildung 30: Fahrzeugbestand der BRD am 1.1.2011 in 1000



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Die auf Autobahnen zurückgelegte Fahrleistung ist im Zeitraum 1995 bis 2010 deutlich angestiegen und macht 2010 etwa $\frac{1}{3}$ der gesamten Fahrleistung aus. Bezogen auf die Streckenlänge bedeutet dies, dass 5% der Straßen ein Drittel der Fahrleistung erbringen. (Vgl. Abb. 31)

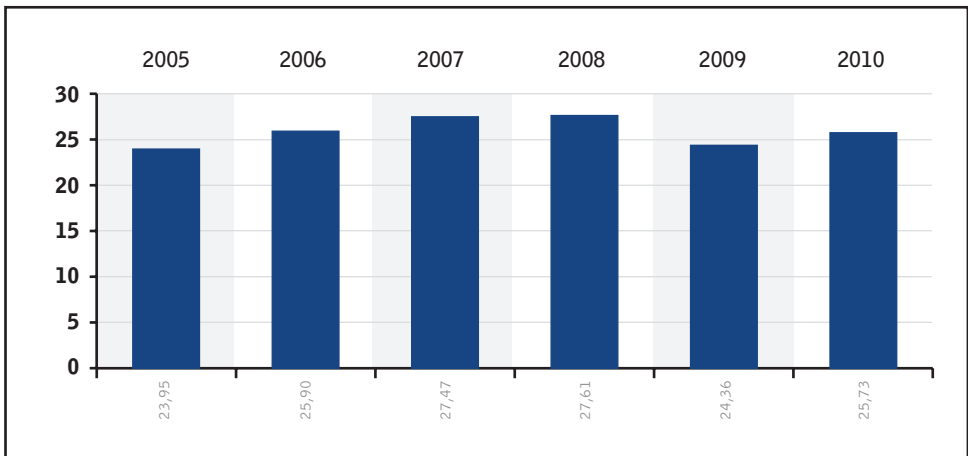
Abbildung 31: Gesamte Fahrleistung auf deutschen Autobahnen in Milliarden km



Quelle: Nach Statista 2012; eigene Darstellung

Im Jahr 2010 wurden auf den Autobahnen des Bundesgebietes 25,73 Mrd. Kilometer mautpflichtig zurückgelegt, 16,6 Mrd. Kilometer entfallen auf in Deutschland zugelassene LKW. Dies entspricht ca. $\frac{1}{3}$ der Fahrleistung von LKW und Sattelzugmaschinen, macht jedoch nur 11% der gesamten Fahrleistung auf Autobahnen aus.

Abbildung 32: Gefahrene Mautkilometer auf deutschen Autobahnen in Milliarden km (ab 12t)

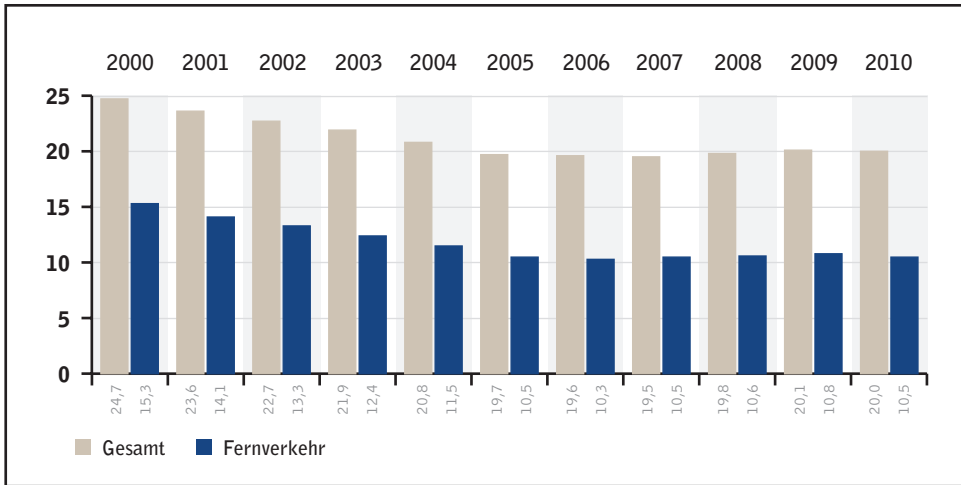


Quelle: Nach Statista 2012; eigene Darstellung

Der Leerkilometer-Anteil in Deutschland zugelassener LKWs hat im Zeitraum 2000 bis 2010 deutlich abgenommen. Im Fernverkehr betrug dieser 2010 ca. 10,5%, im Nahverkehr lag der Anteil bei 20%. Eine weitere Steigerung der Auslastung erscheint hier unwahrscheinlich, ist jedoch aus Energie- und Emissionsgründen wünschenswert. Der Entwicklungsverlauf lässt vermuten, dass sich ein Optimum eingestellt hat. Es lässt sich ableiten, dass der Anteil der Leerfahrten im Nahverkehr sehr hoch ist,

da die erbrachte Transport- und Fahrleistung hier gering ist. Weiterhin ist zu beachten, dass mithilfe der Leerkilometer keine quantifizierte Aussage zur Auslastung der Fahrzeuge getroffen werden kann. Es werden nur die vollständig unbeladenen Fahrten erfasst.

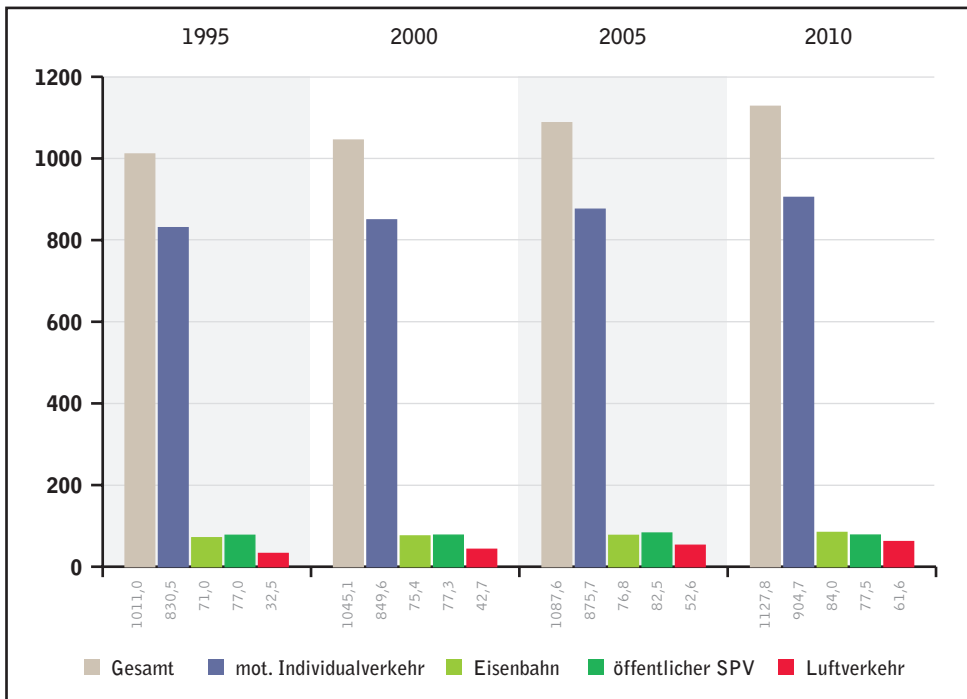
Abbildung 33: Leerkilometeranteil deutscher LKW in Prozent



Quelle: Nach BGL 2012; eigene Darstellung

Die Betrachtung der Personenverkehrsleistung bestätigt die Vermutung, dass der überwiegende Teil des Verkehrs der Beförderung von Personen dient. Hierbei sind 80,2% der 1127,8 Mrd. Personenkilometer im Jahr 2010 dem motorisierten Individualverkehr zuzuordnen. (Vgl. Abb. 34)

Abbildung 34: Personenverkehrsleistung in Milliarden Personenkilometer



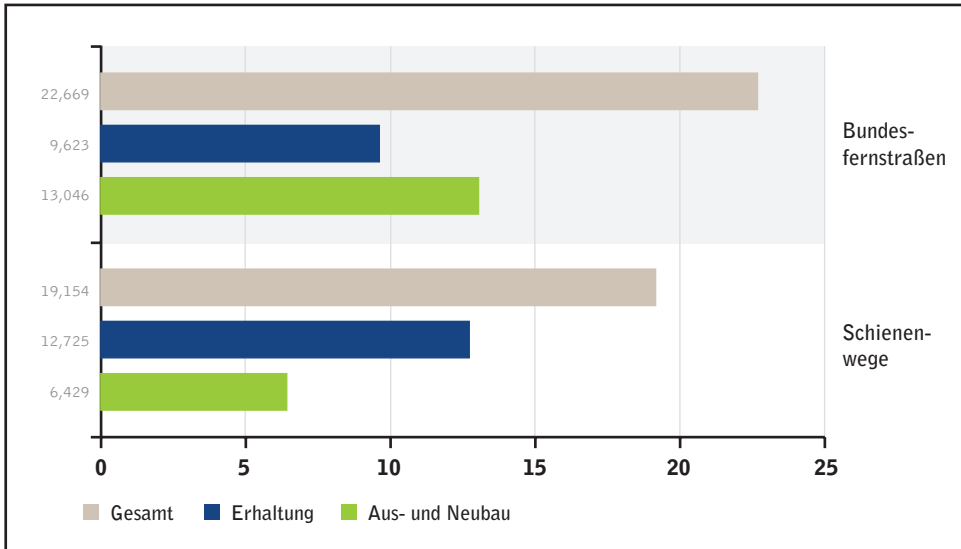
Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

1.2.6 Die Verkehrsinfrastruktur: Investitionen und Qualität

Um einen reibungslosen Ablauf des Verkehrs gewährleisten zu können, ist ein gut ausgebautes, aktuellen Standards entsprechendes und vor allem auch zukunftssicheres Verkehrsnetz unabdingbar, um heute und zukünftig die Verteilung von Waren und Gütern sowie den Personenverkehr zu sichern. Der Zustand und die nötigen Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur in Deutschland sind ein viel diskutiertes Thema mit einem hohen öffentlichen Interesse. Aber: Wie gut ist das Verkehrsnetz in Deutschland tatsächlich und wie hoch sind die Kosten dafür?

Im Zeitraum 2006 bis 2010 hat der Bund in die Straßeninfrastruktur ca. 22,7 Mrd. Euro investiert. Ein Anteil von 57% entfiel dabei auf den Aus- und Neubau. In das Schienennetz wurden im gleichen Zeitraum 19,15 Mrd. Euro investiert. Hierbei entfielen 66% auf den Erhalt des Netzes.

**Abbildung 35: Investitionen des Bundes in die Verkehrsinfrastruktur 2006–2010
in Milliarden Euro**



Quelle: Nach BMVBS 2012; eigene Darstellung

Zusätzlich zu den Investitionen des Bundes sind auch die Ausgaben der einzelnen Bundesländer und die Förderung über Projekte der EU zu beachten.

Die Länder erhalten Zuschüsse nach dem sogenannten Entflechtungsgesetz (früher: gemeindliches Verkehrsfinanzierungsgesetz GVFG)^{17 18 19}, das eine Förderung bis zu 90% für bestimmte Verkehrsprojekte gewährt. Ab dem 01.01.2014 entfällt hierfür jedoch die Bindung der Gelder an Verkehrsinfrastrukturinvestitionen, sodass die Möglichkeit besteht, dass die Investitionen der Länder reduziert werden.²⁰

Auf europäischer Ebene ist das Paket «Connecting Europe» ein sehr gutes Beispiel für gesamteuropäische Bestrebungen, einen einheitlichen Verkehrs- und Datenraum zu schaffen.²¹ Der Gesamtumfang beträgt 50 Mrd. Euro, wobei der größte Anteil von 31,7 Mrd. Euro auf den Bereich Verkehr entfällt. Mit diesem Förderprogramm soll ein wesentlicher Anstoß zur Schaffung eines nachhaltigen und wettbewerbsfähigen europäischen Verkehrsraums ohne Lücken und Engpässe in der Verkehrsinfrastruktur geleistet werden. Das Ziel ist ein europäisches Kernnetz, das die wichtigsten Verkehrsinfrastrukturknoten intermodal miteinander verbindet. Gleichzeitig ist die Steigerung der Effizienz der Verkehrsinfrastruktur ein wichtiger Beitrag, die Klimaschutzziele der EU zu erreichen. Das Volumen des aktuellen Programms versteht sich als Anschubfinanzierung und soll weitere Finanzierungsprogramme beziehungsweise Investitionen nach sich ziehen. 250 Mrd. Euro werden demnach allein bis 2020 benötigt, um

17 EFG 2012
 18 GVFG 2012
 19 Ejähn 2012
 20 Ejähn 2012
 21 Europa 2012

bestehende Engpässe vollständig zu beseitigen und fehlende Abschnitte im Kernnetz zu ergänzen. Insgesamt werden 500 Mrd. Euro veranschlagt, um ein tatsächliches europäisches Verkehrsnetz zu schaffen. Es wird deutlich, dass ein erheblicher Investitionsbedarf auf europäischer Ebene besteht, um den verkehrsabhängigen Wirtschaftsraum Europa zukunftssicher in den Bereichen Effizienz und damit auch Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit zu machen.

Über den Investitionsbedarf selbst lässt sich keine Aussage über die Qualität der Verkehrsinfrastruktur treffen. Die Qualität der Verkehrsinfrastruktur ist eine schwer erfassbare Größe, die einen erheblichen Einfluss auf zukünftige Investitionen in ihren Erhalt hat und damit das Potential für Aus- und Neubau begrenzt. Um den Zustand der Verkehrsinfrastruktur auf europäischer Ebene beurteilen zu können, wurde vom Institut für Mobilitätsforschung eine Studie zum Benchmarking innerhalb Europas²² herausgegeben. In den folgenden Abbildungen sind die Schienen- und Straßeninfrastruktur für die 7 in der Studie miteinander verglichenen Länder abgebildet. Im Bereich der Straßen liegt Deutschland sowohl für die quantitativen als auch für die qualitativen Beurteilungskriterien im Mittelfeld. Lediglich bei der Autobahndichte belegt Deutschland Rang 2. Bei der generellen Verteilung der Straßendichte belegt Deutschland Rang 5; die Position, dass Deutschland allgemein über eines der dichtesten Straßennetze verfügt, kann hier nicht bestätigt werden. Die durchschnittliche Qualität der Straßen ist als gut einzuschätzen, beim Modernisierungsgrad wird Rang 3 erreicht. Dies findet sich auch im internationalen Vergleich.²³ Der 5. Rang bei der Staufreiheit spricht jedoch für eine hohe Auslastung, welche regional zu Störungen des Verkehrs führt. (Vgl. Abb. 36)

22 Ifmo 2007

23 Statista 2012

Abbildung 36: Benchmarking der Straßeninfrastruktur Europas

Straßeninfrastruktur		Rang						
		1	2	3	4	5	6	7
Quantität	Straßendichte	NL	F	UK	D	I	CH	S
	Verteilung Straßendichte	S	UK	CH	NL	D	F	I
	Autobahndichte	NL	D	CH	I	F	UK	S
	Verteilung Autobahndichte	S	UK	F	D	CH	NL	I
	Dichte Autobahnanschlusstellen	NL	CH	D	F	UK	I	S
	Dichte 5- und mehrstreifiger Autobahnen	NL	UK	D	I	F	CH	S
Qualität	Verbindungsgüte	F	I	D	S	NL	UK	CH
	Staufreiheit	S	CH	I	F	D	UK	NL
	Modernitätsgrad	F	I	D	NL	UK	S	CH
	Sicherheit	S	UK	CH	D	NL	F	I

Quelle: Ifmo 2007; eigene Darstellung

Die Schieneninfrastruktur schneidet bezüglich der quantitativen Kriterien besser ab als die Straße. Lediglich im Bereich der Dichte der Schnellfahrtstrecken bescheinigt der Rang 5 ein Verbesserungspotential. Bei den qualitativen Kriterien zeigt sich ein weniger einheitliches Bild. Während die Verbindungsgüte und auch der durchschnittliche Modernisierungsgrad im Vergleich sehr gut, beziehungsweise gut abschneiden, liegt im Bereich Pünktlichkeit und Sicherheit Verbesserungspotential. (Vgl. Abb. 37)

Abbildung 37: Benchmarking der Schieneninfrastruktur Europas

Schieneninfrastruktur		Rang						
		1	2	3	4	5	6	7
Quantität	Schienenendichte	CH	D	NL	UK	F	I	S
	Verteilung Schienennetzdichte	S	D	F	CH	NL	I	*
	Dichte Schnellfahrtstrecken	F	S	UK	I	D	NL	CH
	Bahnhofsdichte	CH	D	NL	UK	I	F	S
	Dichte 2- und mehrgleisige Strecken	NL	D	UK	CH	F	I	S
Qualität	Verbindungsgüte	D	F	I	S	CH	UK	NL
	Pünktlichkeit	CH	F	NL	S	D	I	UK
	Modernitätsgrad	F	S	D	NL	CH	I	UK
	Sicherheit	F	NL	I	CH	S	D	UK

* für UK keine Angaben verfügbar

Quelle: Ifmo 2007; eigene Darstellung

Dieses Ranking zeichnet allgemein ein zufriedenstellendes Bild, sowohl für die Straße als auch für die Schiene. Diese Werte sind jedoch Durchschnittswerte, die realen Bedingungen können regional stark davon abweichen. So fordert beispielsweise die Bahn für den Zeitraum 2014-2018 statt der veranschlagten 12,5 Mrd. Euro für Sanierungsmaßnahmen 40 Mrd. Euro.²⁴ Hieraus kann ein erhöhter Bedarf an Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen abgeleitet werden, der im Widerspruch zum allgemein von der Bahn kommunizierten Zustand des Schienennetzes steht. Ein bedeutender Punkt ist hierbei die Sanierung der Eisenbahnbrücken.²⁵

Auch im Bereich der Straßeninfrastruktur gibt es Defizite bezüglich des Zustandes. So werden oftmals die Verhältnisse der Straßen, Plätze und Brücken auf kommunaler Ebene beklagt.^{26 27}

Abbildung 38 zeigt einen Vergleich der Zustandsnoten für die Brücken der Fernstraßen Deutschlands 2001 zu 2010. Hierbei beschreibt eine Note 3,5 einen Bauwerkzustand, welcher eine sofortige Sanierungsmaßnahme erfordert. Weiterhin ist zu beachten, das auch eine Vielzahl geringer Mängel wie beispielsweise

²⁴ HB 2012

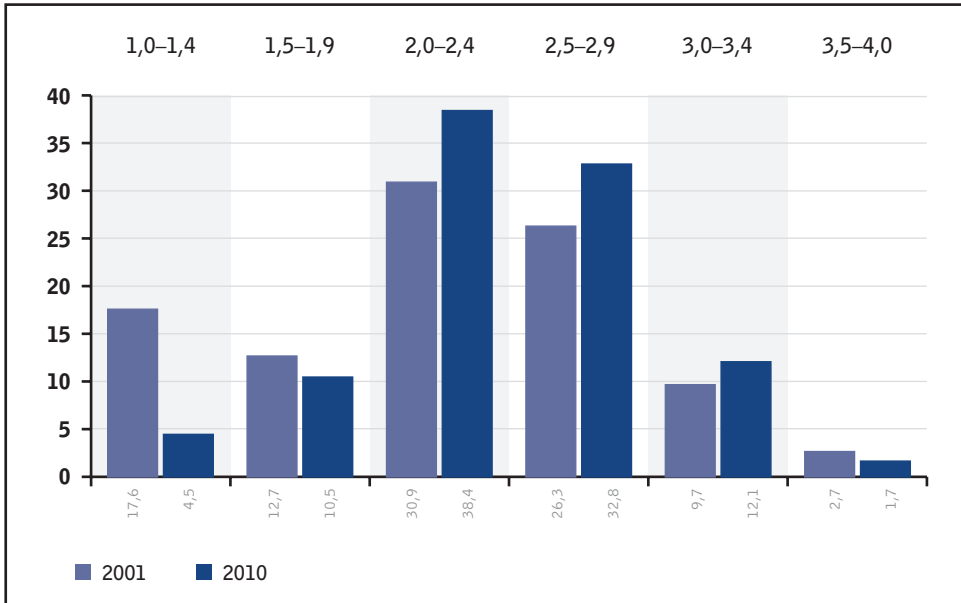
²⁵ HB 2012

²⁶ DStGB 2012

²⁷ ISAC 2005

Abplatzungen oder schadhafte Abdichtungen zu einer schlechten Benotung führen. Es ist zu entnehmen, dass für den genannten Zeitraum zwar der Anteil der Brücken mit einem Zustand 3,5 und schlechter leicht reduziert werden konnte, gleichzeitig aber der Anteil der Brücken mit sehr gutem Zustand extrem abgesunken ist. Eine Verschiebung von sehr gut hin zu gut und befriedigend ist zu erkennen. Es sei angemerkt, dass der Zustand der Großbrücken, welche vermehrt im Bereich der Autobahn zu finden sind, eher noch schlechter ist. Als Grund kann hier die Bauzeit und die steigende Belastung durch Zunahme des Verkehrs gesehen werden.²⁸

Abbildung 38: Zustandsnoten der Fernstraßenbrücken Deutschlands in Prozent



Quelle: Nach DBBV 2011; eigene Darstellung

Ein Grund für diese Entwicklung ist der zum Teil hohe Nachholbedarf bzw. Mehrbedarf der letzten Jahre zur gezielten Netzschließung im Gebiet der neuen Länder.^{29 30}

Auch zukünftig besteht weiterhin ein Bedarf zum punktuellen Aus- und Neubau im Bereich der Bundesfernstraßen, um Engpässe zu beseitigen. Dabei sind die Regionen mit hohem Verkehrsaufkommen zu priorisieren, um gezielt zu entlasten.

²⁸ DBBV 2011

²⁹ BMVBS 2012, BAB

³⁰ BMVBS 2012, DE

Zusammenfassung

Deutschland verfügt über ein gut ausgebautes Straßen- und Schienennetz. Im europäischen Vergleich ist das Schienennetz eines der umfangreichsten.

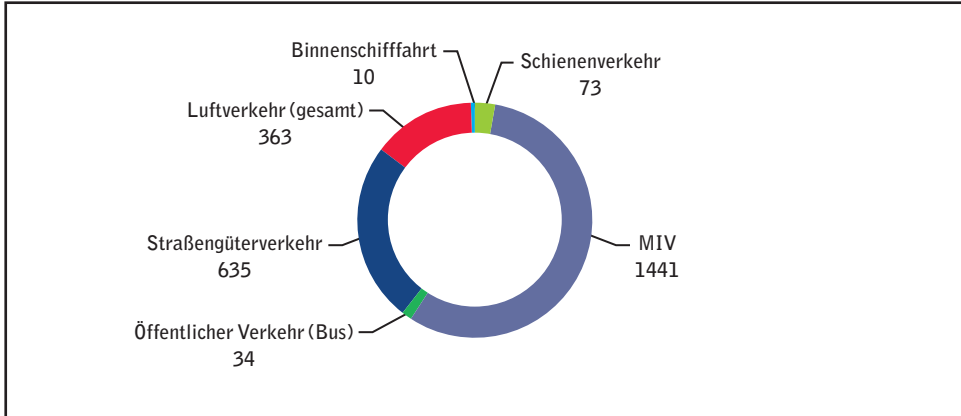
Sowohl die Belastung der Straßen als auch des Schienennetzes hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen und führt regional schon heute zu Behinderungen des Verkehrs, sodass Tendenzen einer maximalen Auslastung bzw. Überlastungen erkennbar sind. Zu beachten ist hierbei, dass für beide Verkehrsträger der überwiegende Anteil des Verkehrsaufkommens durch den Personenverkehr verursacht wird.

Die Investitionen in die Straßeninfrastruktur lagen in den letzten Jahren über den Investitionen für die Schiene. Für eine umfassendere Beurteilung der tatsächlichen Kosten der Verkehrsträger ist eine Betrachtung aller verursachten Kosten und Einnahmen notwendig. Solche Zahlen lagen bei der Erstellung dieser Untersuchung nicht vor.

Trotz erheblicher Aufwendungen für Aus- und Neubau, sowie Erhaltungsmaßnahmen zeigt sich tendenziell ein Substanzverzehr, dem zukünftig durch vermehrte Anstrengungen begegnet werden muss. Bezieht man die erbrachte Leistung in diese Betrachtung mit ein, so wird deutlich, dass die Straße gemessen an Investitionen/Leistung geringere Aufwendungen erfordert. Bei vergleichbarem Investitionsbedarf wird auf der Straße sowohl im Güterverkehr als auch im Personenverkehr eine vielfach höhere Leistung erbracht.

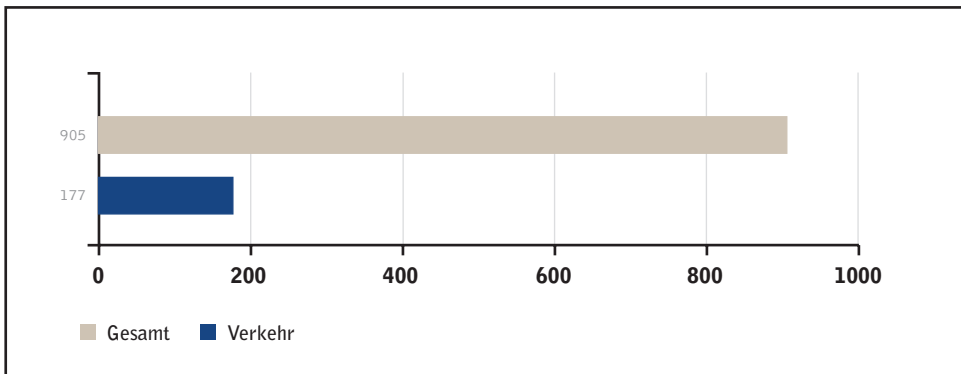
1.3 Energieverbrauch und Emissionen

Abbildung 39: Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor 2010 in Petajoule



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Abbildung 40: CO₂-Emissionen in Deutschland 2009 in Millionen Tonnen (ohne Vorkette)



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12, IFEU 2011; eigene Darstellung

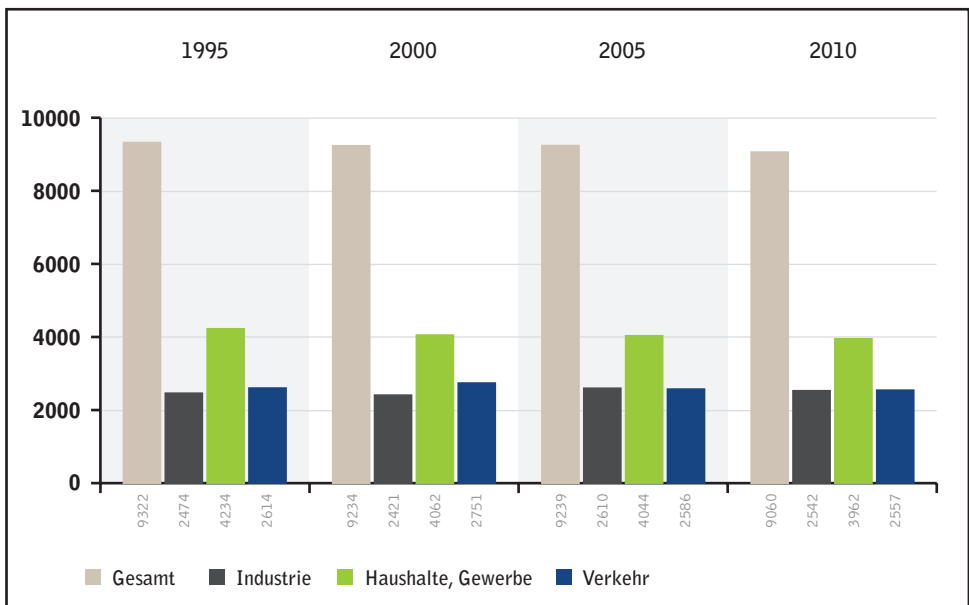
These:

Der Anteil des Verkehrs am Energieverbrauch ist mit 28% (2010) sehr hoch. Obwohl der motorisierte Individualverkehr davon etwa 56% ausmacht, liegt im Güterverkehr ein großes Potential, den Energieverbrauch zu senken.

1.3.1 Der Anteil des Verkehrs am gesamten Energieverbrauch

Im Jahr 2010 betrug der gesamte deutsche Energieverbrauch ca. 9.060 Petajoule ($9,06 \times 10^{18}$ J). Der Verkehr hatte daran einen Anteil von 28% und ist damit auf demselben Niveau wie der Energieverbrauch der Industrie. Im Bereich Haushalt und Gewerbe ist mit 44% der größte Anteil am Energieverbrauch zu finden. Im Zeitraum 1995 bis 2010 ist ein Rückgang des gesamten Energieverbrauchs um ca. 3% zu verzeichnen. Zurückzuführen ist dies auf einen leichten Rückgang im Verkehrssektor und einem stärkeren Rückgang von ca. 7% bei Haushalt und Gewerbe.

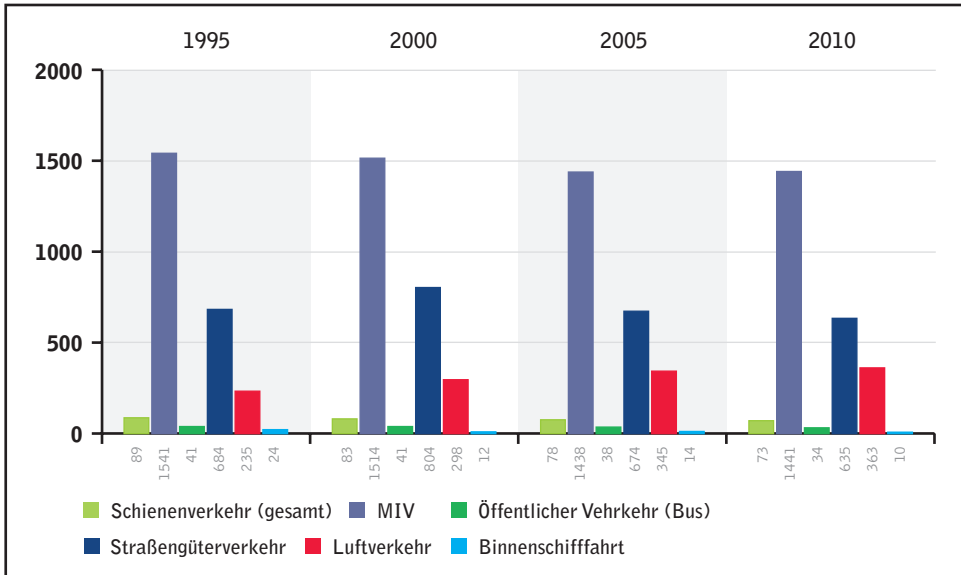
Abbildung 41: End-Energieverbrauch in Petajoule



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Bei detaillierter Betrachtung des Verkehrs wird deutlich, dass der Individualverkehr (MIV; inklusive Zweiräder) trotz eines leichten Rückgangs zwischen 1995 und 2010 den größten Anteil ausmacht. Im Jahr 2010 betrug dieser Anteil 56%. Der leichte Rückgang des Energieverbrauchs im Straßenverkehr resultiert hauptsächlich aus dem sinkenden Energiebedarf des Straßen- und des Schienenverkehrs (bei gleichzeitig gesteigerter Leistung), wird jedoch zum großen Teil durch eine starke Zunahme im Flugverkehr wieder aufgezehrt. In der Darstellung (Abb. 42) ist zu beachten, dass unter Schienenverkehr der Güter- und Personenverkehr zusammengefasst ist und dass der Güterverkehr alle Straßenfahrzeuge ab 3,5 Tonnen erfasst. Desweiteren handelt es sich hierbei um eine reine Emissionsbetrachtung ohne die Berücksichtigung der Herstellung der Verkehrsträger.

Abbildung 42: Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor in Petajoule



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

1.3.2 Der Anteil des Verkehrs an den gesamten Emissionen

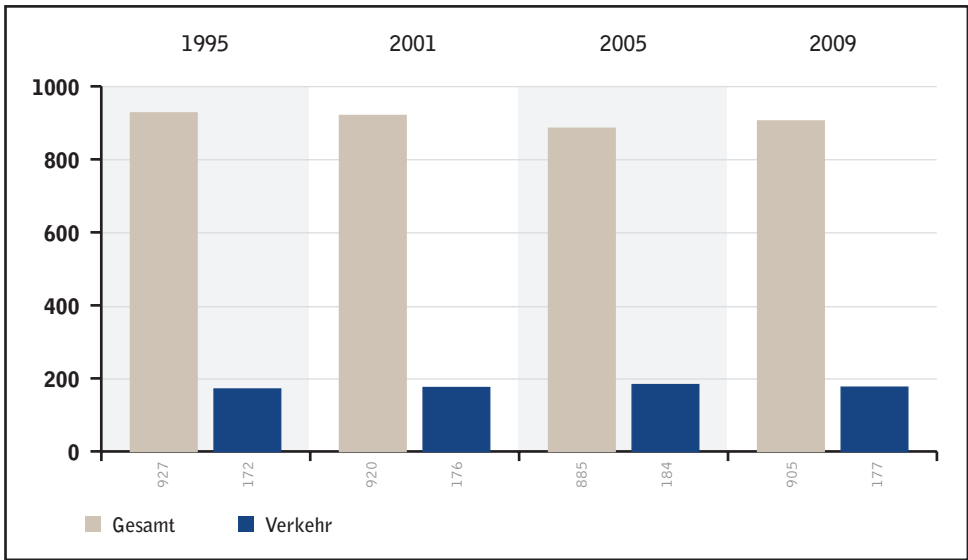
CO₂ ist eines der bedeutendsten Klimagase. Der Ausstoß von CO₂ durch Verkehr, Industrie, Haushalte oder durch allgemeine, natürliche Prozesse führt zu einer Steigerung des Gehaltes in der Atmosphäre, der maßgeblich für die Veränderung des Klimas und die Erwärmung der Atmosphäre verantwortlich ist.

Der Verkehr macht in Deutschland in 2009 ca. 20% (ohne energetische Vorkette) der CO₂-Emissionen aus. Unter Berücksichtigung der Vorkette beträgt der Anteil 23%.³¹ Insgesamt ist für Deutschland ein leichter Rückgang im Zeitraum 1995 bis 2009 zu verzeichnen, während die Veränderungen im Verkehr eher gering sind. Durch den erheblichen Anstieg der Emissionen des Flugverkehrs wird die Effizienzsteigerung der anderen Verkehrsträger aufgezehrt.

Neben der Betrachtung der CO₂-Emissionen, die am besten für die Quantifizierung der Wirtschaftlichkeit oder der Effizienz einzelner Prozesse oder einzelner Wirtschaftszweige herangezogen werden kann (CO₂ entsteht bei der chemischen Umsetzung von Kohlenwasserstoffen automatisch, und zwar stöchiometrisch zu den Ausgangsstoffen), gibt es eine Reihe von weiteren Emissionen, die ebenfalls betrachtet werden müssen.

³¹ IFEU 2011

Abbildung 43: Entwicklung der CO₂-Emissionen in Deutschland in Millionen Tonnen



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

Abbildung 44: Weitere Emissionen im Überblick

Abbildung 44a: CO-Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen

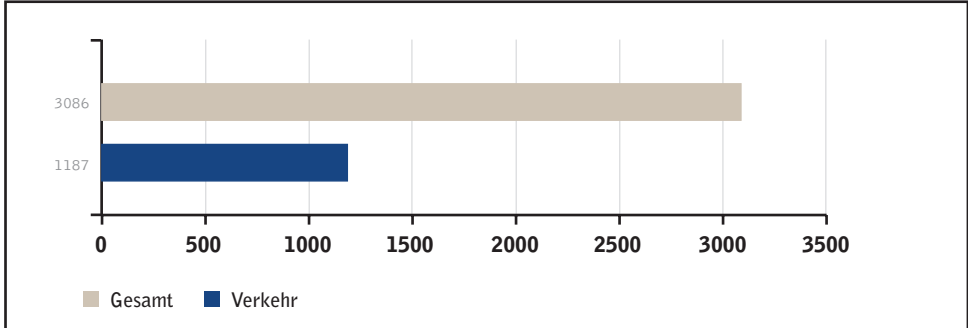


Abbildung 44b: NO_x-Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen

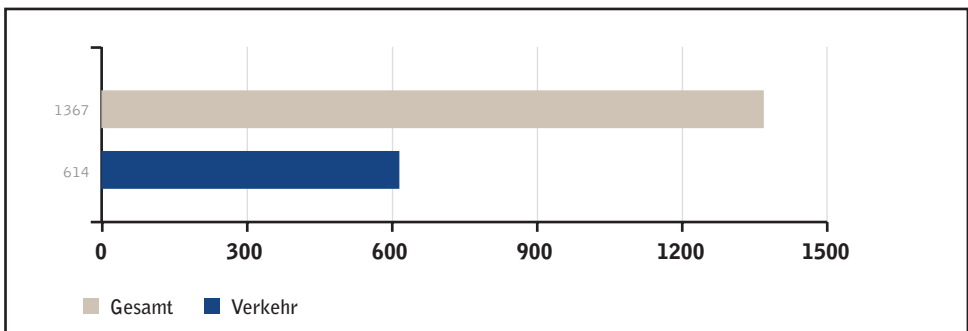


Abbildung 44c: N₂O-Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen

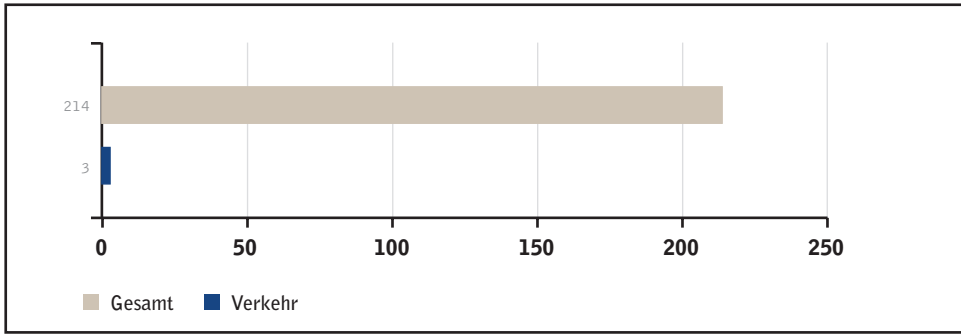


Abbildung 44d: CH₄-Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen

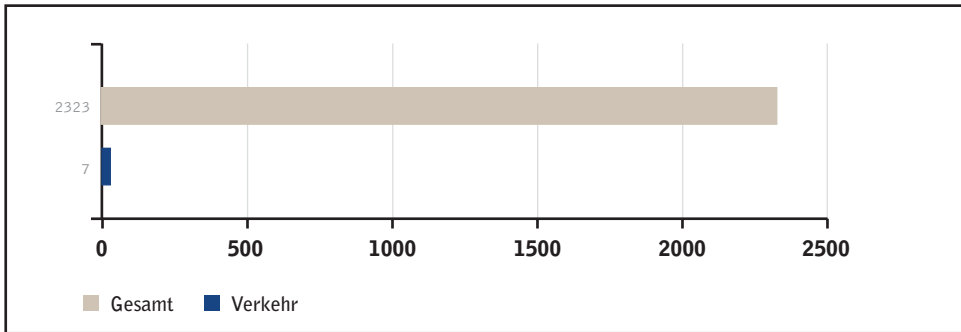
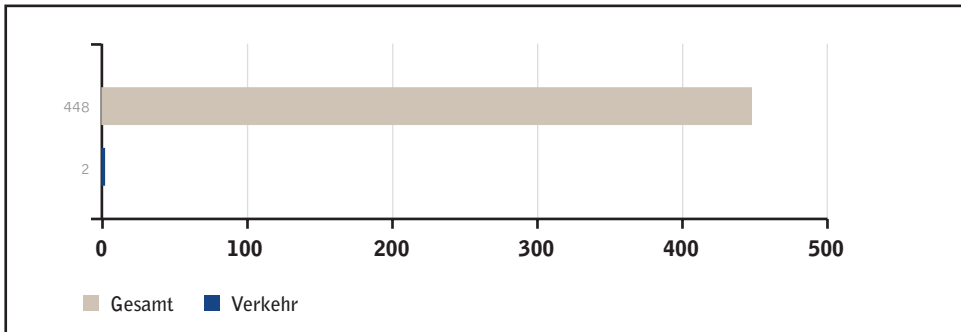


Abbildung 44e: SO₂-Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12; eigene Darstellung

So ist der Anteil des Verkehrs an den Kohlenmonoxid-Emissionen und den Stickoxid-Emissionen aufgrund der motorischen Verbrennung relativ hoch. Für CO liegt der Anteil 2009 bei 38% und für die NO_x bei 45%. Weiterhin sind in Abbildung 44 Emissionen dargestellt, welche qualitativ eine erheblich höhere negative Wirkung auf das Klima aufweisen als CO₂, jedoch kaum vom Verkehrssektor emittiert werden. So entsteht Methan hauptsächlich durch natürliche Prozesse und Großtierhaltung, während Schwefeldioxid überwiegend durch die Verbrennung schwefelhaltiger Kraftstoffe und bei chemischen Prozessen entsteht. Da heute für den Verkehr auf Straße

und Schiene schwefelreduzierte Kraftstoffe eingesetzt werden, ist hier der Anteil von Schwefeldioxid sehr gering. Den Hauptanteil dieser Emission trägt die Energiewirtschaft.

1.3.3 Vergleich der Verkehrsträger nach Emissionen/tkm

Um die einzelnen Verkehrsträger bezüglich der jeweiligen Emissionen zu vergleichen, sind in der folgenden Abbildung die Kennwerte pro Tonnen-Kilometer für LKW, Binnenschiff, Bahn und Flugzeug dargestellt. Das Flugzeug weist aufgrund seines extrem hohen Energiebedarfs eine sehr hohe CO₂-Emission auf. Aufgrund der Verbrennungsbedingungen in den Turbinen resultiert dieser hohe Kraftstoffverbrauch in einer hohen NO_x-Emission, jedoch in einer geringen Partikel-Emission.

Der LKW, als das Transportmittel, welches die höchste Transportleistung erbringt, liegt in Bezug auf CO₂ und NO_x an zweiter Stelle und hat im Vergleich zu Bahn und Binnenschiff einen ca. 3-mal höheren CO₂-Ausstoß. Bei der Emission von Partikeln liegt der LKW an erster Stelle. Dies liegt zum einen an der hohen verbrennungsinduzierten Emission und zum anderen am Abrieb von Bremsen und Reifen (37%).³²

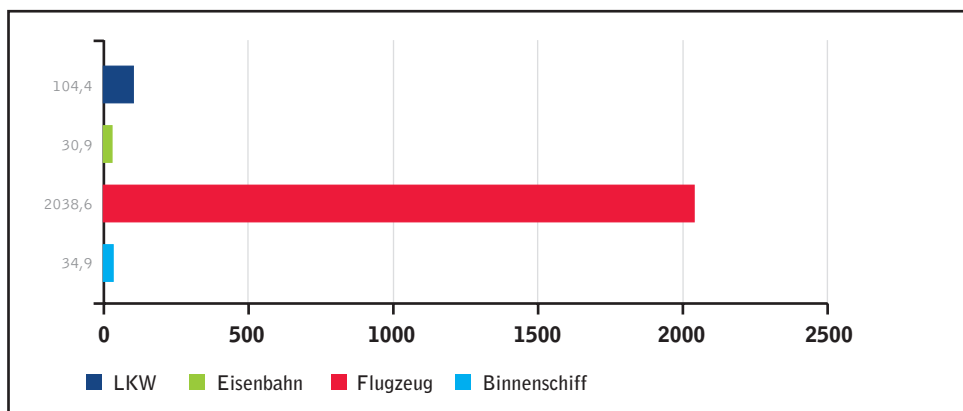
Aus der Gegenüberstellung wird deutlich, dass Bahn und Binnenschiff die emissionsärmsten Verkehrsmittel sind.

Ursachen für die niedrigen Emissionen der Bahn sind:

1. Ca. 90% der erbrachten Leistung der Bahn erfolgt elektrisch.³³
2. Die Verwendung von erneuerbarem Strom und Kernenergie bedingt eine sehr niedrige Emission an CO₂.³⁴

Abbildung 45: Emissionen der Verkehrsträger im Vergleich, Basis 2006, inklusive Vorkette, LKWs ab 3,5 Tonnen

Abbildung 45a: CO₂-Emissionen der Verkehrsträger in g/tkm



³² UBA 2009

³³ Fraunhofer 2011

³⁴ Fraunhofer 2011

Abbildung 45b: NO_x-Emissionen der Verkehrsträger in g/tkm

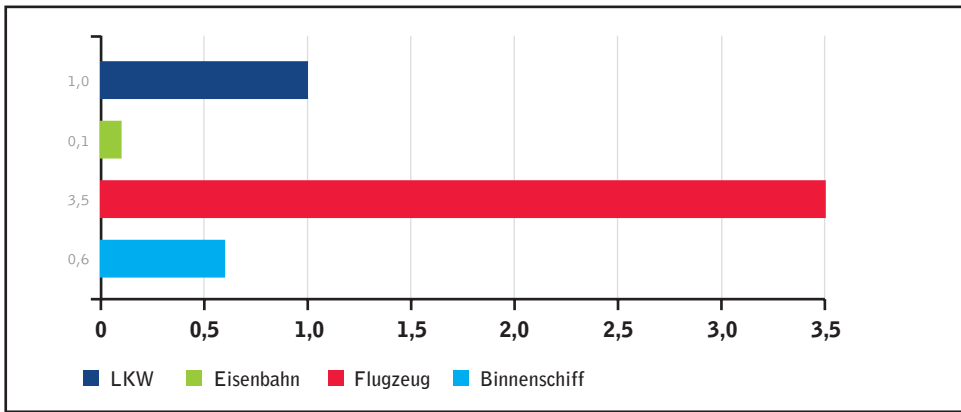
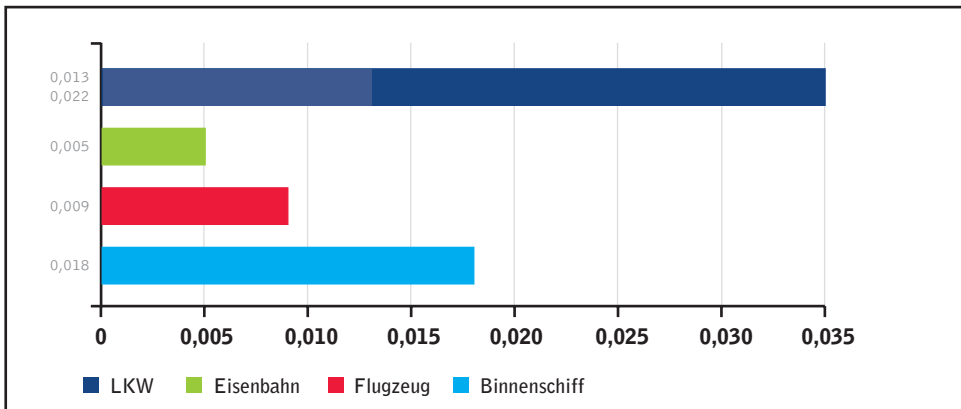


Abbildung 45c: Partikel-Emissionen der Verkehrsträger in g/tkm



Quelle: Nach UBA 2009; eigene Darstellung

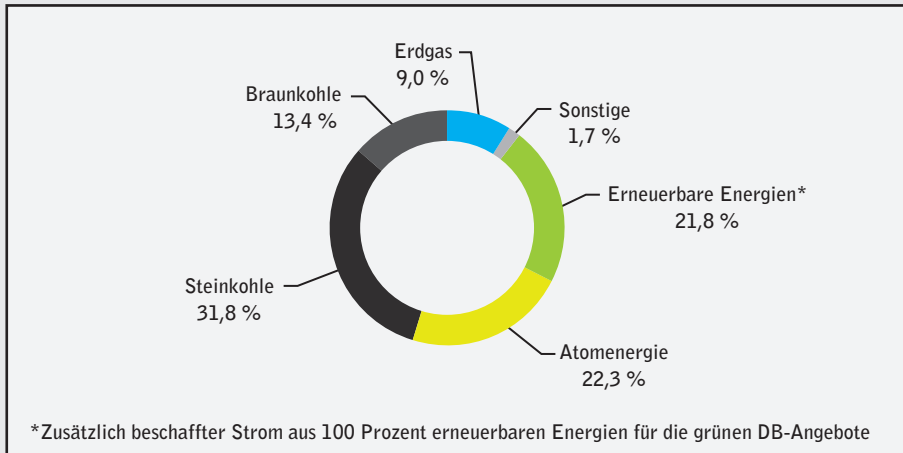
Die dargestellten Werte beinhalten die energetische Vorkette. Alle Emissionen, welche bei der Herstellung der Kraftstoffe und bei deren Transport entstehen, werden somit berücksichtigt. Die Emissionen der Herstellung der Fahrzeuge werden nicht berücksichtigt. Um einen ganzheitlichen Vergleich der Emissionen der einzelnen Verkehrsträger durchzuführen, ist eine solche Datenbasis notwendig. Solche Daten lagen bei der Erstellung der Studie nicht vor.

Exkurs: Bahnstrom

Schienenfahrzeuge werden in Deutschland nicht mit der gleichen Netzfrequenz betrieben, wie beispielsweise die Haushalte oder die Industrie. Die Netzfrequenz der Bahn ist 16 ⅔ Hz statt sonst üblichen 50 Hz. Gleichzeitig ist der Verbrauch an Energie deutlich höheren tageszeitlichen Schwankungen unterworfen als beispielsweise die Haushalte.

Diesen hohen Schwankungen muss mit kurzfristig zur Verfügung stehenden Stromquellen begegnet werden. So wird der Grundbedarf an Strom heute aus konventionellen Kraftwerken auf Braun- oder Steinkohle-Basis gedeckt. Für diese Kraftwerke bestehen langjährige Abnahme-Verträge, welche einerseits einen günstigen Strompreis garantieren, andererseits heute zu einer Begrenzung der Integration von alternativ erzeugtem Strom führen.³⁵

Abbildung 46: Zusammensetzung des Bahnstromes 2011



Quelle: DB BS 2012; eigene Darstellung

Zusätzlich zu diesem Grundbedarf sind flexible Energiequellen notwendig. Dies können zum einen Pumpspeicherwerke sein und zum anderen auch Atomkraftwerke. Aus diesem Grund ist neben dem überdurchschnittlich hohen Anteil an erneuerbaren Energien auch ein etwa gleich großer Anteil an Atomenergie im Bahnstrom enthalten. Diese Tatsache ist maßgeblich mitbestimmend für den niedrigen CO₂-Ausstoß der Eisenbahn.

Für die zukünftige Entwicklung sieht die Deutsche Bahn eine schrittweise Erhöhung der erneuerbaren Energien auf 35% in 2020 und auf 100% bis 2050³⁶ vor. Diese Zielstellung erscheint durchaus realistisch,³⁷ ist jedoch nicht ohne erheblichen Mehraufwand zu erreichen. So müssen beispielsweise die hohen tageszeitlichen Schwankungen durch neue eventuell dezentrale Stromerzeuger abgefangen werden. Gleichzeitig steigt die Anforderung an diese Anlagen bei einer erhöhten Beteiligung von Wind- und Solaranlagen, da hierdurch im Falle des Ausbleibens von Wind und Sonne größere Schwankungen abgefangen werden müssen.

³⁵ Fraunhofer 2011

³⁶ DB BS 2012

³⁷ Fraunhofer 2011

Um den heutigen Anteil der erneuerbaren Energie im Bahnbetrieb besser einschätzen zu können, ist in Abbildung 47 der Verlauf der Entwicklung der gesamten erneuerbaren Energie in Deutschland dargestellt.

Abbildung 47: Entwicklung der Energiemenge aus erneuerbaren Energien

Abbildung 47a: Erneuerbare Energien in Zahlen

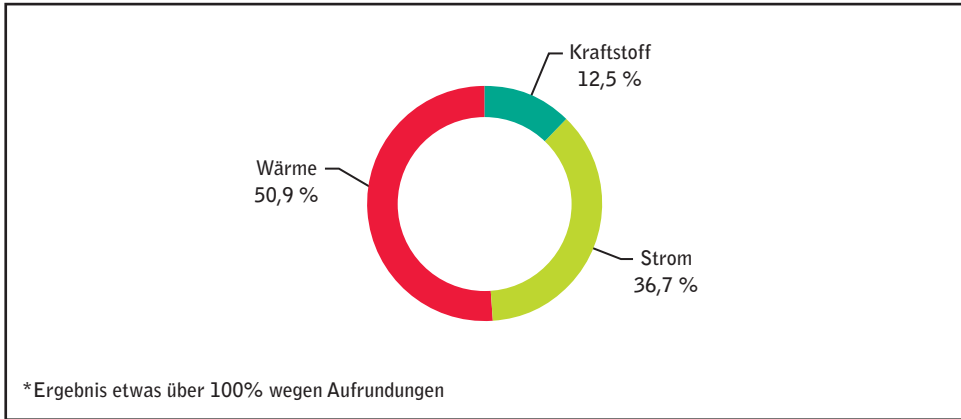
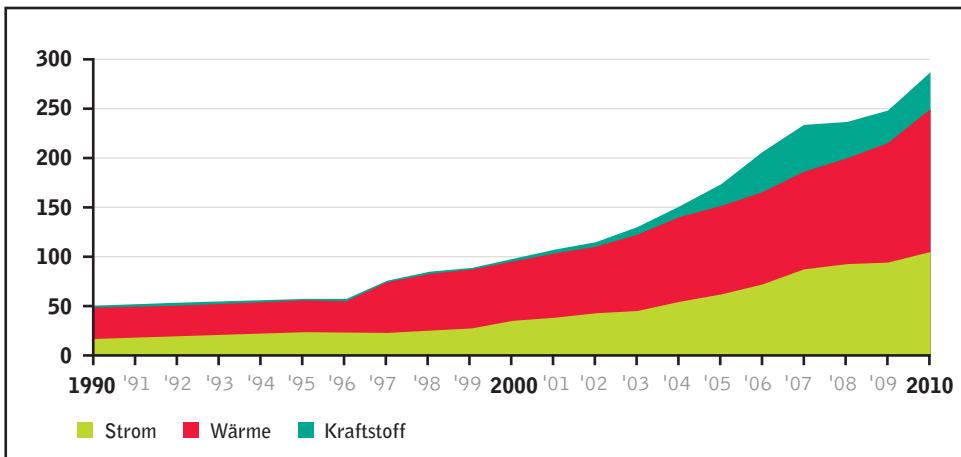


Abbildung 47b: Erneuerbare Energien in TWh



Quelle: BMUNR 2011; eigene Darstellung

Im Jahr 2010 wurden ca. 280 TWh (1008 Petajoule) regenerativ erzeugt. Im Vergleich zu den unter 1.3.1 dargestellten Werten ergibt sich ein Anteil von 11% erneuerbaren Energien am gesamten Energieverbrauch. Bei der Bahn ergibt sich mit 21,8% Anteil erneuerbarer Energien ein doppelt so hoher Anteil.

Zusammenfassung

Der Energieverbrauch des Verkehrs ist seit 1995 trotz erheblicher Steigerung der Transport- und Fahrleistungen leicht zurückgegangen. Dabei entfällt der größte Teil des Energieverbrauchs noch immer auf den motorisierten Individualverkehr. Dramatisch ist die Zunahme des Energieverbrauchs des Luftverkehrs, vor allem gemessen an den sehr geringen erbrachten Güter- und Personentransportleistungen.

Im Jahr 2009 entfallen auf den Verkehr etwa 28% der gesamten in Deutschland verbrauchten Energie und ca. 20% der CO₂-Emissionen durch direkte Emission. Bei Berücksichtigung der energetischen Vorkette liegt der Verkehrsanteil bei knapp 1/4. Es wird deutlich, dass der Verkehrssektor und damit auch der Güterverkehr einen Anteil leisten muss, um die Emissionsminderungsziele der Bundesregierung zu erreichen.

Im Bereich der NO_x- und CO-Emission ist der Verkehrsanteil noch erheblich höher, jedoch ist hier ein Absinken zu erwarten, wenn die Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit einem Abgasnachbehandlungssystem nach Euro 5 oder Euro 6 ansteigt.

Im Bereich der Bahn ist der Anteil erneuerbarer Energien etwa doppelt so hoch wie im deutschlandweiten Durchschnitt. Der Anteil der Atomenergie am Bahnstrommix ist etwa genauso groß wie der Anteil von erneuerbarem Strom. Beide bedingen eine sehr niedrige Emission von CO₂.

1.4 Sicherheit

Fakten

- Trotz steigender Fahr- und Transportleistung sinkt die Zahl der im Straßenverkehr getöteten Personen stetig.
- Gemessen an den Fahrleistungen ist die Anzahl der auftretenden LKW-Unfälle sehr gering, jedoch führt die hohe Unfallschwere zu einer überdurchschnittlichen Anzahl getöteter Personen.
- Die wichtigsten Unfallursachen bei Unfällen, die durch LKW verursacht werden, sind: Abstand, Fehler beim Rangieren, unangepasste Geschwindigkeit und Missachtung der Vorfahrt.

These:

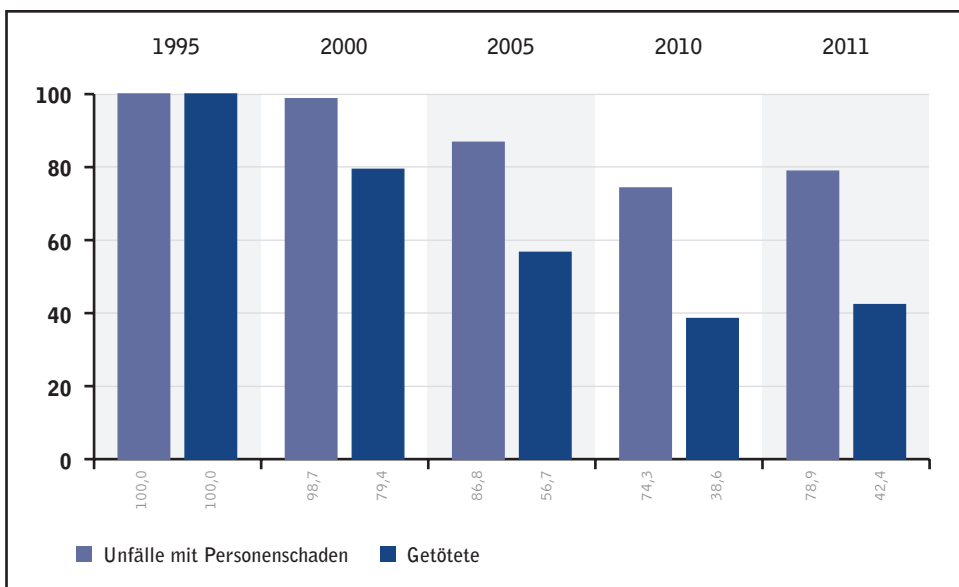
Eine umfassende Anpassung des LKW an die heutigen und zukünftigen Anforderungen der Verkehrssicherheit ist vor dem Hintergrund weiter zunehmender Fahr- und Transportleistungen absolut notwendig. Eine detaillierte Bewertung der LKW-Unfälle ist heute aufgrund der Datenlage nur indirekt möglich.

Die Unfallzahlen sind seit 1995 deutlich gesunken, jedoch waren im Jahr 2011 erstmals seit dem traurigen Höchstwert in Deutschland mit 19.193 Todesopfern (1970) wieder mehr Todesopfer als im Vorjahr zu beklagen. 2011 verloren 4.009 Personen im Straßenverkehr ihr Leben. Das sind im Vergleich mit 1995 nur 42,2 Prozent, jedoch 361 Getötete mehr als 2010.³⁸

In Abbildung 48 ist zusätzlich die Entwicklung der Unfallzahlen mit Personenschaden dargestellt. Hier ist ein geringerer Rückgang zu verzeichnen als bei den Getötetenzahlen. Die Unfallschwere wird somit stärker gesenkt als die Anzahl der Unfälle. Als Ursache gelten hier neben der Einführung und Verschärfung der Gurtpflicht, der Helmpflicht und der Promillegrenze auch die Marktdurchdringung von Fahrerassistenzsystemen und die Verbesserung der passiven Sicherheit der Fahrzeuge.

³⁸ Nach BMVBS, ViZ 11/12

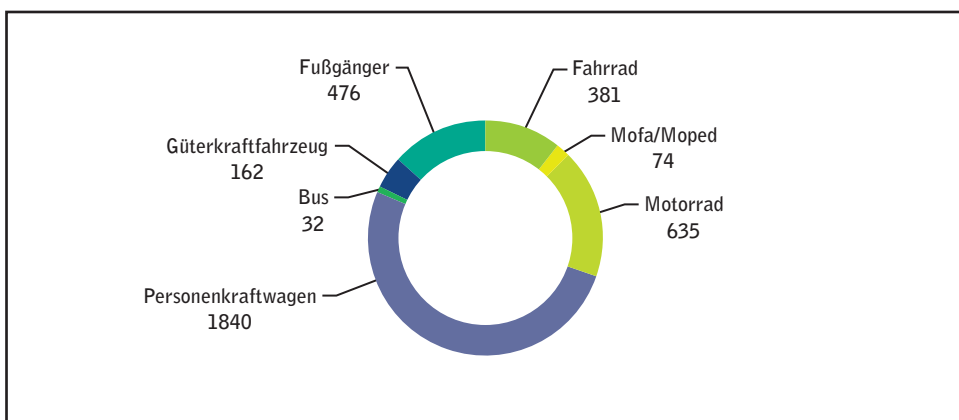
Abbildung 48: Unfallentwicklung in Deutschland seit 1995



Quelle: Nach BMVBS, ViZ 11/12, Nach Destatis 2012; eigene Darstellung

Im Jahr 2011 waren 306.266 Verkehrsunfälle mit Personenschaden zu verzeichnen. Bezogen auf die Art der Verkehrsbeteiligung ist festzustellen, dass 2010 1840 Getötete (ca. 50%) Fahrer und Mitfahrer von Personenkraftwagen waren. Die Anzahl getöteter Fahrerinnen und Fahrer sowie Mitfahrerinnen und Mitfahrer von LKWs ist mit 162³⁹ sehr gering und hat ihren Ursprung im Größenverhältnis zu den anderen Verkehrsteilnehmern.

Abbildung 49: Anzahl der Getöteten nach Art der Verkehrsbeteiligung im Jahr 2010



Quelle: Nach Destatis 2012; eigene Darstellung

Auf Autobahnen sind für das Jahr 2010 430⁴⁰ Getötete zu verzeichnen, wobei 336 Getötete im Zusammenhang mit LKW-Beteiligung stehen. Bei einem Drittel dieser Unfälle ist der LKW der Hauptverursacher.⁴¹ Bezogen auf die auf Autobahnen erbrachte Fahrleistung ergibt sich ein Quotient von ca. 1,9 Getötete Personen pro 1 Mrd. gefahrene Kilometer, der deutlich unter dem Gesamtdurchschnitt liegt. Autobahnen sind somit trotz der hohen Fahrleistung vergleichsweise sichere Straßen.

Im Vergleich zum gesamten Straßenverkehr ist der Schienenverkehr das deutlich sicherere Verkehrsmittel. Im Jahr 2010 wurde kein Bahnreisender getötet.⁴² 155 Personen⁴³ kamen jedoch in Verbindung mit Bahnunfällen ums Leben. 145 von diesen Personen waren nicht bahnbedienstete Personen.

Im europäischen Vergleich, bezogen auf die Anzahl der Einwohner, liegt Deutschland mit 40-60 Getöteten pro eine Million Einwohner auf einem niedrigen Niveau. Polen und Frankreich mit ebenfalls hoher Transportleistung im Güterverkehr weisen beispielsweise eine deutlich höhere Anzahl an Getöteten pro 1 Million Einwohner auf. Lediglich im Vereinigten Königreich, in Schweden und den Niederlanden sterben bezogen auf die Einwohnerzahl deutlich weniger Menschen im Straßenverkehr.

Auf Grundlage der bisherigen Daten zur Sicherheit von LKWs lässt sich zwar ein allgemeiner Überblick gewinnen, jedoch ist es nur begrenzt möglich, Handlungsempfehlungen abzuleiten. Aus diesem Grund sollen im Folgenden die Unfälle mit LKW-Beteiligung und vor allem die Unfälle mit LKW als Verursacher weiter detailliert werden. Als Bezugsjahr wird 2010 verwendet, da hierfür die breiteste Datenbasis vorhanden ist.

Im Jahr 2010 wurden in Deutschland insgesamt 2.411.271 Verkehrsunfälle in Deutschland polizeilich erfasst. Dabei sind 288.297 Unfälle mit Personenschaden zu verzeichnen, bei denen 3.648 Verkehrsteilnehmer ums Leben kamen.⁴⁴

36.568 Verkehrsunfälle mit Personenschaden mit LKW-Beteiligung sind 2010 zu verzeichnen, dabei kamen 986 Menschen ums Leben. Auch wenn hier seit 1992 eine Reduktion von etwa 50% erreicht werden konnte, ist die Zahl der Getöteten bezogen auf die Anzahl der Unfälle mit Personenschaden, im Vergleich zu den restlichen Unfällen, sehr hoch. Dies spricht für eine allgemein hohe Schwere dieser Art von Unfällen. Gleichzeitig ist der Anteil der Unfälle mit LKW-Beteiligung gemessen an der erbrachten Fahrleistung überdurchschnittlich gering, während der Anteil der getöteten Personen bezogen auf die erbrachte Fahrleistung überdurchschnittlich hoch ist. Unfälle mit LKW Beteiligung sind somit vergleichsweise selten, die Schwere ist jedoch oftmals sehr hoch.

40 Nach BMVBS, ViZ 11/12

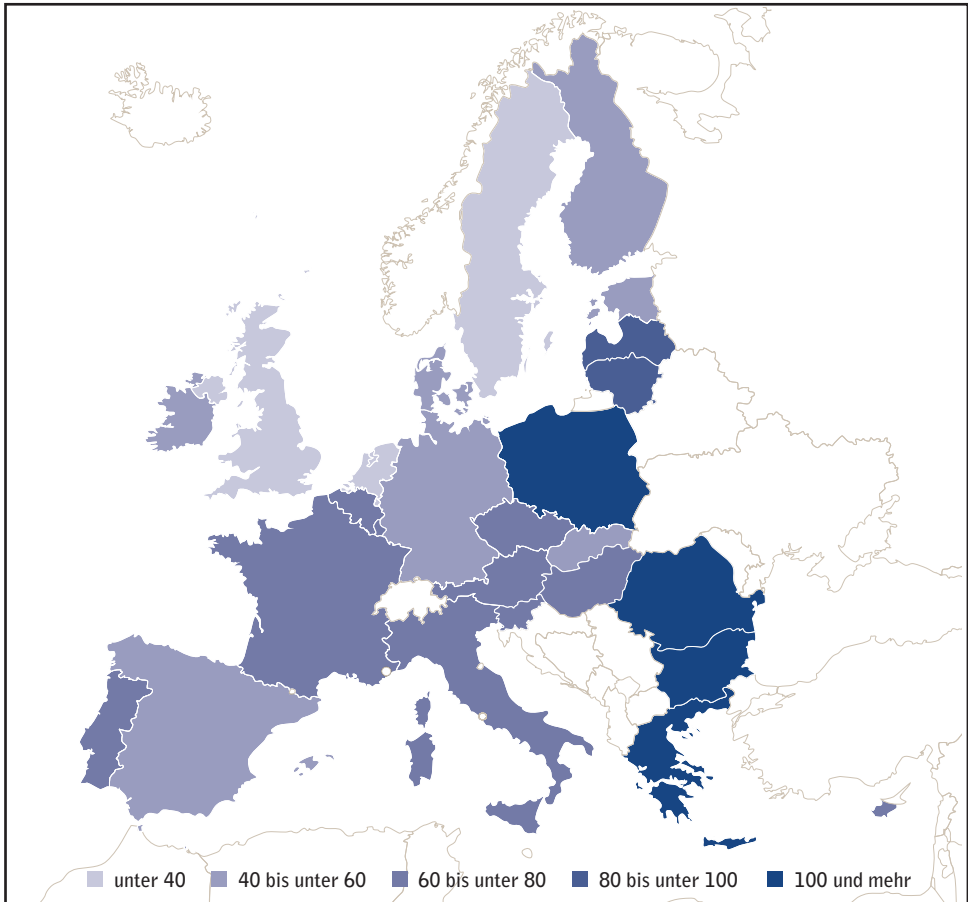
41 Destatis UGkfz 2011

42 Nach Destatis 2012

43 Nach Destatis 2012

44 Destatis 2012

Abbildung 50: Getötete bei Straßenverkehrsunfällen in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union 2010 je 1 Million Einwohner

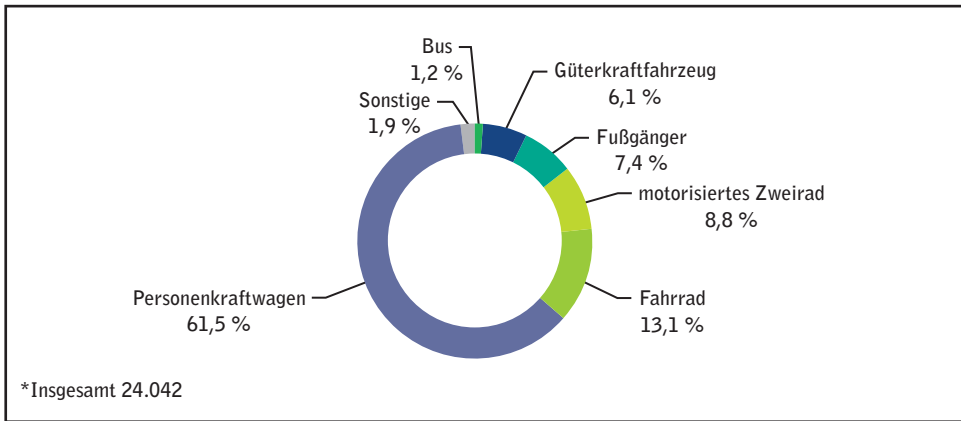


* Teilweise vorläufige Werte. Innerhalb von 30 Tagen Gestorbene.

Quelle: Nach Destatis 2012; eigene Darstellung

Der häufigste Unfallgegner bei Unfällen mit LKW-Beteiligung ist mit 61,5% der PKW. Im Gegensatz dazu sind lediglich 6,1% der Unfälle zwischen zwei Güterfahrzeugen. Auffallend ist auch der hohe Anteil von insgesamt 20,5% zwischen Güterfahrzeugen und den schwächsten Verkehrsteilnehmern, den Fußgängern und Radfahrern. Obwohl hier die Anzahl der Getöteten stark rückläufig ist, wurden im Jahr 2010 148 Radfahrer und Fußgänger durch Unfälle mit LKW-Beteiligung getötet.⁴⁵ (Vgl. Abb. 51)

Abbildung 51: Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr

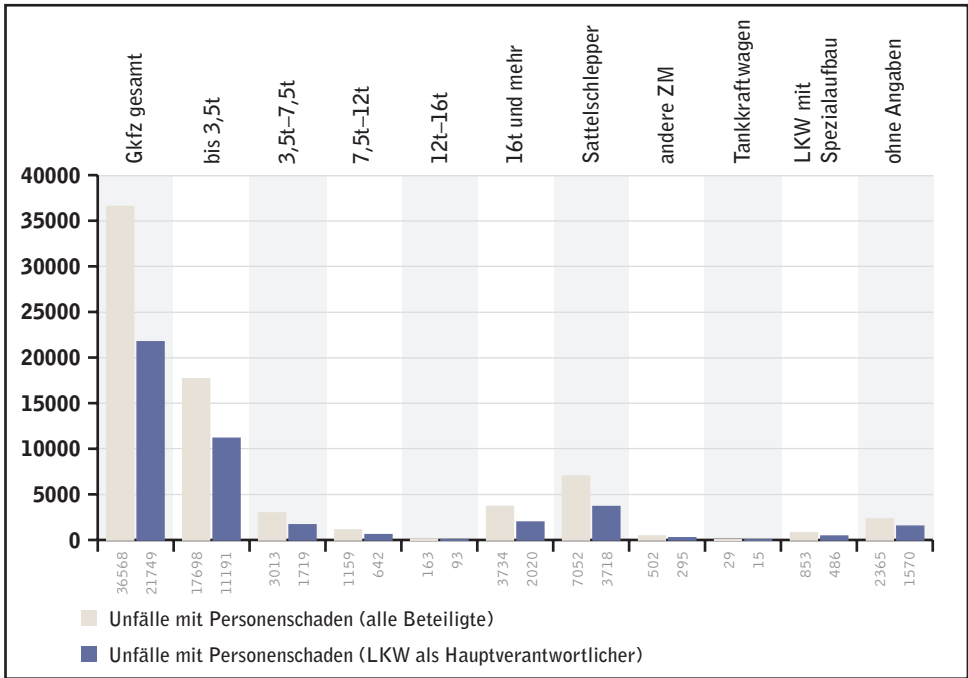


Quelle: Destatis UGkfz 2011; eigene Darstellung

Bei detaillierterer Betrachtung der Unfälle mit LKW-Beteiligung fällt auf, dass bei knapp 60% der Unfälle die Fahrerin oder der Fahrer des LKW der Hauptverantwortliche für den Unfall ist. Güterfahrzeuge bis 3,5t haben den größten Anteil an den Unfällen mit LKW-Beteiligung. Gleichzeitig ist bei diesen Fahrzeugen auch die Verantwortlichkeit für den Unfall sehr groß, sodass insgesamt etwa ein Drittel aller Unfälle mit LKW-Beteiligung von diesen Kleintransportern verursacht werden. Den zweitgrößten Anteil haben in dieser Betrachtung die Sattelschlepper. Diese verursachen ca. 11% der Unfälle mit LKW-Beteiligung. Ebenfalls hoch ist die Anzahl der von schweren LKWs (über 16t) verursachten Unfälle.

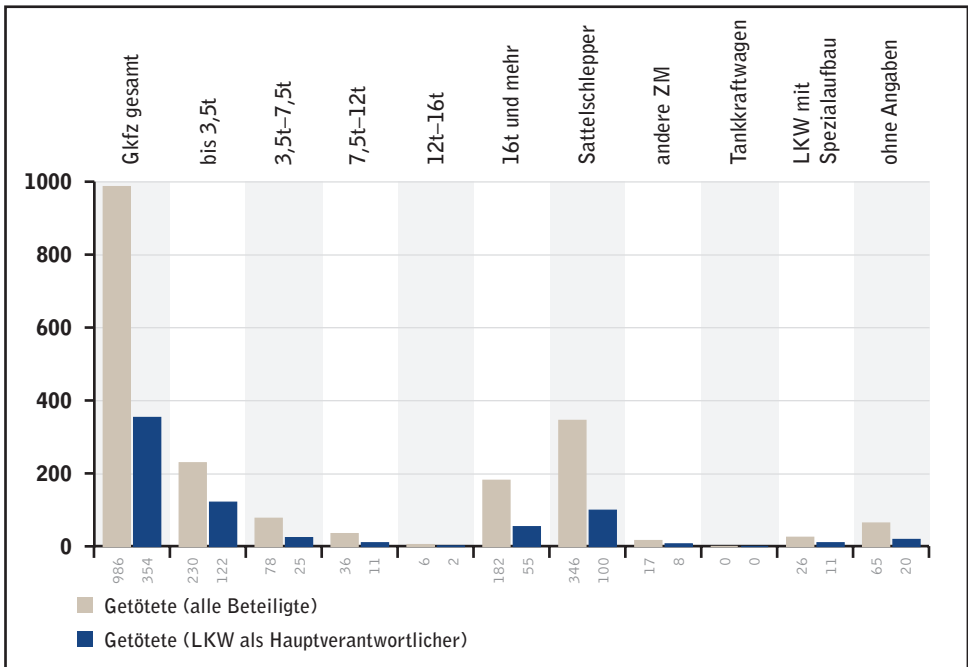
Bei den Getötetenzahlen durch LKW-Beteiligung zeigt sich ein anderes Bild. Zwar sind hier die Anteile der Kleinlaster bis 3,5t und der Sattelschlepper ebenfalls hoch, aber bei der Betrachtung der gesamten Getöteten fällt auf, dass der Anteil der LKW als Hauptverursacher deutlich geringer ist als der Anteil der durch LKWs verursachten Unfälle. Das heißt, dass einerseits eine Vielzahl der Unfälle mit LKW-Beteiligung vom LKW selbst verursacht werden, dass aber prozentual der Anteil der verursachten Todesfälle deutlich geringer ist. Weiterhin ist festzustellen, dass die Anzahl der Todesopfer durch Kleinlaster und durch Sattelzugmaschinen etwa auf gleichem Niveau liegen. Hieraus lässt sich eine zunehmende Unfallschwere durch Zunahme der Größe und des Gewichtes der Güterfahrzeuge ableiten. Bei Unfällen mit schwachen Verkehrsteilnehmern hat diese eine besonders große Wirkung. (Vgl. folgende Abb.)

Abbildung 52: Unfälle mit Personenschäden mit LKWs als Hauptverantwortlichem 2010



Quelle: Nach Destatis UGkfz 2011; eigene Darstellung

Abbildung 53: Getötete bei Unfällen mit LKW als Hauptverantwortlichem 2010



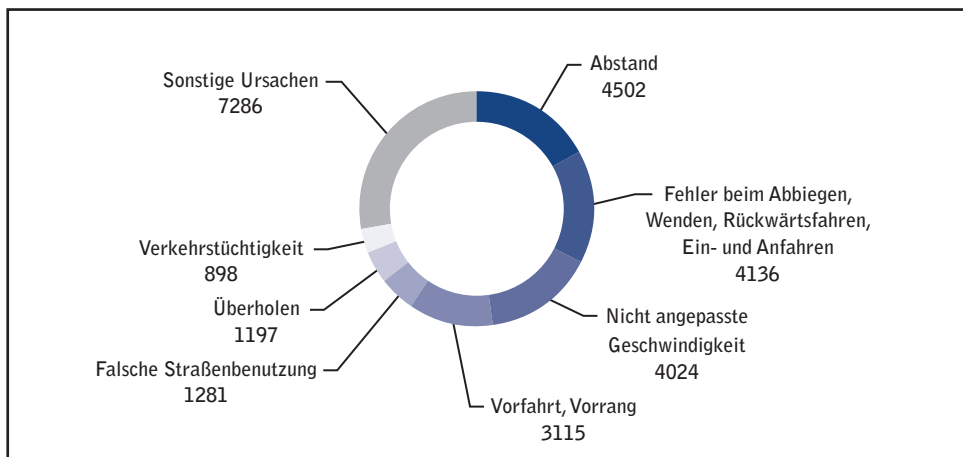
Quelle: Nach Destatis UGkfz 2011; eigene Darstellung

In Summe sind in der obigen Abbildung 986 Todesopfer aufgeführt, wobei 354 auf den LKW als Hauptverantwortlichen zurückgeführt werden können. Dies entspricht etwa 10% der im Jahr 2010 insgesamt im Straßenverkehr tödlich verunglückten Personen. Zusätzlich sind hierbei die Todesopfer, welche durch LKW-Unfälle ohne Beteiligung eines weiteren Verkehrsteilnehmers auftreten, berücksichtigt.

Bei den Unfallursachen der Unfälle mit LKW-Beteiligung liegt der nicht eingehaltene Sicherheitsabstand an erster Stelle. Durch zu geringen Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug wird etwa ein Sechstel der Unfälle verursacht.

Die zweithäufigste Unfallursache sind Fehler beim Abbiegen, Rückwärtsfahren oder beim Ein- und Anfahren. Diese Unfallursache ist direkt mit der Unübersichtlichkeit des LKW in Verbindung zu bringen. Aufgrund der Größe der Fahrzeuge und der heute üblicherweise verwendeten Spiegel zur Rundumsicht besteht eine große Gefahr des Übersehens anderer Verkehrsteilnehmer. Besonders innerhalb von Ortschaften kann dies leicht zum Übersehen von Radfahrern und Fußgängern führen, sodass der überwiegende Anteil der in Verbindung mit einem LKW getöteten Radfahrer und Fußgänger auch den LKW als Hauptverursacher aufweisen.⁴⁶

Abbildung 54: Unfallursachen für Unfälle mit LKW-Beteiligung (beim LKW-Personal) 2010



Quelle: Destatis UGkfz 2011; eigene Darstellung

An dritter Stelle ist die nicht angepasste Geschwindigkeit aufgeführt. Zeit- und Termindruck können zu einem Übertreten der angemessenen Geschwindigkeit führen. Dies muss nicht die zulässige Höchstgeschwindigkeit sein, denn bei schlechter Witterung ist zu hohe Geschwindigkeit niedriger anzusetzen.

Der vierte große Punkt ist die Missachtung der Vorfahrt. Kommt es durch einen LKW zu einer Nicht-Beachtung einer gegebenen Vorfahrt, so sind die Folgen für einen möglichen Unfallgegner, der mit hoher Wahrscheinlichkeit kein Güterfahrzeug ist, besonders schwerwiegend aufgrund des ungleichen Größenverhältnisses.

46 ADAC 2012

Weitere Ursachen wie beispielsweise die Verkehrstüchtigkeit spielen eine geringere Rolle. Weiterhin sind sonstige Ursachen wie der Alkoholeinfluss nicht einzeln aufgeführt, da ihre Bedeutung gering ist. So kommt beispielsweise Alkohol als Unfallursache nur in 1,6% der Fälle vor.

Die bisher aufgeführten Ursachen beschreiben das Fehlverhalten des Fahrers, welche zu einem Unfall führen, nur symptomatisch. Sie beschreiben nicht direkt die fahrerbezogenen Ursachen für den Unfall. Als wichtigste fahrerbezogene Unfallursache sind Übermüdung und Ablenkung zu sehen.⁴⁷ Entgegen der amtlichen Statistik, nach der nur etwa 5% der Unfälle auf die Verkehrstüchtigkeit des Fahrers zurückzuführen sind, wurde in einer Stichprobenerhebung ermittelt, dass etwa 16% der Unfälle von LKW auf Übermüdung zurückzuführen sind.⁴⁸ Diese hohe Abweichung ist dadurch zu erklären, dass für einen Unfall selten nur eine Unfallursache als alleinigültig angenommen werden kann, in der Statistik jedoch so angegeben wird.

Zusammenfassung

Trotz einer stetigen Senkung der Unfälle mit LKW-Beteiligung und auch der Anzahl der durch LKWs getöteten Personen verlieren jedes Jahr, gemessen an den Fahrleistungen, überdurchschnittlich viele Menschen ihr Leben durch Unfälle mit LKW-Beteiligung.

Dabei ist besonders die Schwere dieser Unfälle hervorzuheben, obwohl ihre Häufigkeit gering ist. Die meisten Unfälle mit LKW-Beteiligung sind auf Kleintransporter und schwere LKWs zurückzuführen, jedoch ist der Anteil der Unfälle mit Todesfolge zu einem geringeren Prozentsatz auf den LKW als Hauptverursacher zurückzuführen.

Auf Grundlage der amtlichen Statistik lassen sich Handlungsempfehlungen für die Erhöhung der Sicherheit des Straßenverkehrs durch die Verbesserung des LKWs nur indirekt ableiten. Die hohe Anzahl getöteter Fußgänger und Radfahrer spricht für einen Handlungsbedarf in Bezug auf den Unterfahrschutz und der Übersichtlichkeit der LKWs. Gleichzeitig könnte eine Verbesserung der Übersichtlichkeit den hohen Anteil der Unfälle beim Abbiegen und Rangieren verbessern. Auch muss der hohen Anzahl der Unfälle durch nicht eingehaltenen Abstand und nicht angepasste Geschwindigkeit Rechnung getragen werden. Dies bedeutet nicht die Verringerung der Geschwindigkeit oder zwangsweise die Vergrößerung des Abstandes, vielmehr muss der LKW an die veränderten Anforderungen eines zunehmenden Aufkommens an Güter- und Personenverkehr technologisch angepasst werden.

Weiterhin erscheint es wünschenswert die Erfassung der Verkehrsunfälle deutlich zu detaillieren. So ist es heute nicht möglich, eine direkte Korrelation zwischen Art der Unfallgegner, Unfallart, Unfallschwere und vor allem der detaillierten Unfallursachen herzustellen.

47 Bast LKW 2012

48 Bast LKW 2012

Solche Daten müssen erfasst und in einer Datenbank gesammelt werden, so wie es beispielsweise von der VUFO schon heute durchgeführt wird.⁴⁹ Besonders vorteilhaft wäre es zudem, wenn diese Datenerhebung auf europäischer Ebene stattfinden würde. Eine zielgerichtete Anpassung des LKWs an heutige und zukünftige Sicherheitsanforderungen würde damit verbessert werden.

49 VUFO 2012

1.5 Bewertung des Güterverkehrs

Die Beurteilung des Güterverkehrs erfolgt auf Grundlage der im Kapitel 1 dargestellten Zusammenhänge und wird anhand der Kriterien: **Transportleistung, Verkehrsnetze und deren Auslastung, Kosten und Qualität, Flexibilität, Emissionen und Sicherheit** durchgeführt.

Transportleistung

Die im Güterverkehr erbrachte Beförderungsleistung hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Im Modal Split zeigen sich dagegen kaum Veränderungen. Das Wachstum ist somit heute nahezu gleichverteilt auf die Verkehrsträger. Der überwiegende Teil der Leistung wird auf der Straße erbracht, wobei die Bedeutung nicht in Deutschland zugelassener LKWs zunimmt.

Verkehrsnetze und deren Auslastung

Sowohl für das Straßennetz als auch für das Schienennetz ist die Belastung/Auslastung regional stark unterschiedlich. Dabei ist festzustellen, dass die Engpässe im Straßennetz identisch mit denen des Schienennetzes sind. Für die beiden bedeutendsten Verkehrsträger, Straße und Schiene, gilt gleichermaßen: Die Fahrleistung und damit das Verkehrsaufkommen, welches zum Transport von Personen erbracht wird, ist deutlich höher als das Verkehrsaufkommen zum Transport von Gütern.

Kosten und Qualität

Sowohl die Bewertung der Kosten als auch die Beurteilung der Qualität der jeweiligen Verkehrsinfrastruktur sind sehr komplexe Fragestellungen. Bei den Kosten sind die Investitionen des Bundes ein guter Indikator, auch wenn hierbei nicht alle Kosten, wie beispielsweise Förderungen über EU Projekte und die Ausgaben der Kommunen, berücksichtigt werden. In den Jahren 2006–2010 wurden durch den Bund etwa 18% mehr in die Fernstraßen als in die Schiene investiert. Im Bereich der Straße machen die Ausgaben für Aus- und Neubau den größeren Anteil aus, während für die Schiene die Ausgaben für den Erhalt überwiegen.

Um die tatsächliche Kosteneffizienz der einzelnen Verkehrsträger zu ermöglichen, müssen alle durch den jeweiligen Verkehrsträger verursachten Kosten und Einnahmen betrachtet werden. Eine solche Aufstellung war im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich.

Sowohl Zustand und Ausbaugrad des Straßen- als auch des Schienennetzes sind im europäischen Vergleich auf einem guten Niveau. Allerdings sind für beide Netze Tendenzen eines Substanzverzehrers erkennbar. So fordert einerseits die Bahn mehr Gelder für die steigenden Aufwendungen der Sanierung, gleichzeitig ist eine Verschlechterung des Zustandes der Brücken der Fernstraßen zu beobachten. Für die Straße und für die Schiene werden sich die Kosten zum Erhalt in Zukunft erhöhen.

Flexibilität

Der LKW ist das flexiblere Transportmittel. Zu seinen großen Vorteilen zählen: alternative Routenwahl und der Transport von der Start- bis zur Zieladresse mit einem Verkehrsträger. Aufgrund der Zunahme der Staulänge ist jedoch regional eine Verlängerung der Transportzeiten zu erwarten. Die Bahn ist weniger flexibel aufgrund des weniger fein verzweigten Infrastrukturnetzes. Zudem ist die Anzahl der Gleisanschlüsse und der Bahnhöfe zurückgegangen. Die Beförderungsleistung konnte trotz dieser Entwicklung gesteigert werden. Für den kombinierten Verkehr sind heute strategisch günstig gelegene Güterverkehrszentren von großer Bedeutung, die teilweise die alten Gleisanschlüsse oder Güterbahnhöfe ersetzen.

Emissionen

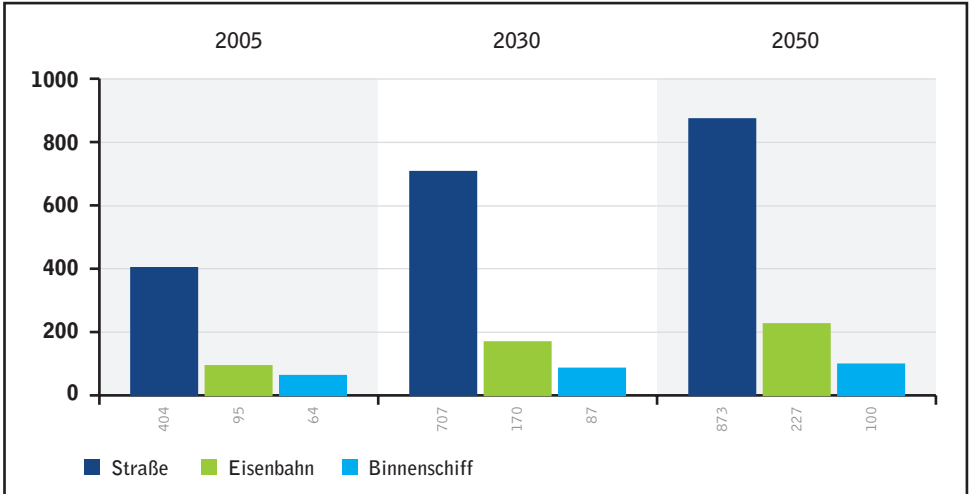
Im Bereich des Straßen- und Schienengüterverkehrs sinkt der Energieverbrauch trotz steigender Transportleistung. Dies spricht für eine zunehmend effizientere Gestaltung des Verkehrs durch: den sinkende Anteil der Leerfahrten, die Steigerung der Transportweiten, technologische Verbesserungen z.B. im Bereich der Zugmaschinen und eine Verbesserung des Gesamtsystemwirkungsgrades. Im direkten Vergleich der Emissionen sind Bahn und Binnenschiff die emissionsärmsten Verkehrsträger. Jedoch beinhaltet diese Tatsache keine Aussage zur Energiegewinnung. Trotz großer Ziele der Bahn bis 2050 100% ihrer Energie aus erneuerbaren Quellen zu decken, sind heute wesentliche Anteile des Bahnstroms in konventionellen Kraftwerken erzeugt. Die Deutsche Bahn AG nimmt dabei auch Atomstrom ab. Die Emissionen von Lärm, eine umfassende Betrachtung des Flächenbedarfs und Wirkungen auf die Biodiversität werden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt.

Sicherheit

Die Anzahl der im Verkehr getöteten Menschen ist rückläufig. Die wenigsten Menschen sterben aufgrund von Bahnunfällen. Auch im Straßenverkehr sinkt der Anteil der Unfalltoten. Obwohl die Anzahl von Unfällen mit LKW-Beteiligung sehr gering ist, ist die Schwere dieser Unfälle nach wie vor sehr hoch, sodass auch der Anteil der durch LKWs getöteten Personen überdurchschnittlich hoch ist. Eine Vielzahl dieser Unfälle kann auf technologische Defizite des LKWs zurückgeführt werden. Dabei ist nicht die Vernachlässigung der Wartungsarbeiten des LKWs gemeint, sondern Defizite, die aus dem technologischen Entwicklungsstand resultieren. So könnten Unfällen beim Rangieren oder Abbiegen durch eine Verbesserung der Übersichtlichkeit begegnet werden. Gleichzeitig kann besonders bei Unfällen mit schwachen Verkehrsteilnehmern die Schwere der Unfälle durch eine angepasste Entwicklung der passiven Sicherheit für den Unfallgegner, z.B. Unterfahrschutz oder verbesserte Knautschzonen, gesenkt werden. Aufgrund der extrem kostengetriebenen Entwicklung heutiger LKWs ist hier ein erhebliches Verbesserungspotential vorhanden. Weiterhin ist eine umfangreichere Beurteilung von Verkehrsunfällen wünschenswert, um die Entwicklung der Sicherheitssysteme noch zielgerichteter durchführen zu können.

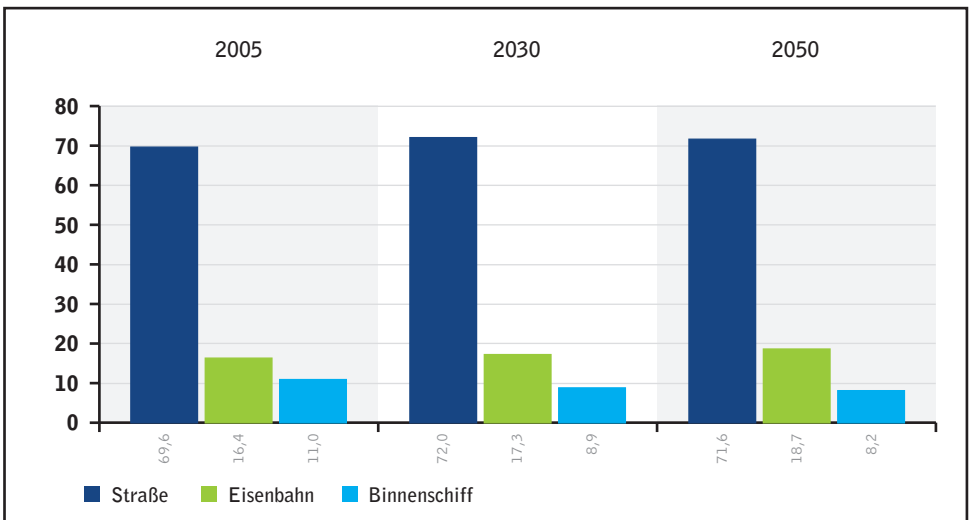
2 Prognosen

Abbildung 55: Beförderungsleistung 2005 bis 2050 in Milliarden tkm



Quelle: Nach BMVBS, Prognans 2007; eigene Darstellung

Abbildung 56: Modal Split der Beförderungsleistung 2005 bis 2050 in Prozent



Quelle: Nach BMVBS, Prognans 2007; eigene Darstellung

These:

Das Güteraufkommen und die Transportleistung in Deutschland werden bis 2050 weiter stark ansteigen. Trotz einer erheblichen Steigerung der Leistung, die für die Schiene vorausgesagt wird, sind die Veränderungen im Modal Split gering. Der LKW bleibt für den Inlandsverkehr und für den grenzüberschreitenden Verkehr das Haupttransportmittel für Waren und Güter.

2.1 Die zukünftige Entwicklung des Güterverkehrs

Prognosen über die zukünftige Entwicklung des Güterverkehrs sind in vielfältiger Art und Weise verfügbar. Die Vergleichbarkeit der einzelnen Quellen ist aufgrund variierender zugrundeliegender Annahmen nicht immer direkt möglich. Weiterhin wird die Vergleichbarkeit durch unterschiedliche Bezugsjahre zusätzlich erschwert.

Im Folgenden soll eine Auswahl von Prognosen vorgestellt werden, die es ermöglichen, sowohl die nähere Zukunft bis 2015 als auch die langfristige Entwicklung bis 2050 einzuschätzen. Die Prognosen sind dabei so gewählt, dass sie den Raum der möglichen Entwicklung umschreiben. So geht beispielsweise die «Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr» von einem langsamen Wachstum und einer maximalen Verlagerung auf die Schiene aus. Die Prognose «Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050» betrachtet im Gegensatz dazu die weitere Steigerung des Güterverkehrs analog zu der Entwicklung der vergangenen Jahre, ohne größere Effekte durch politische, soziale oder technologische Veränderungen zu berücksichtigen.

Die Kapitel zu den einzelnen Prognosen verstehen sich als Auszüge, ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Detaillierte Informationen sind den angegebenen Quellen zu entnehmen.

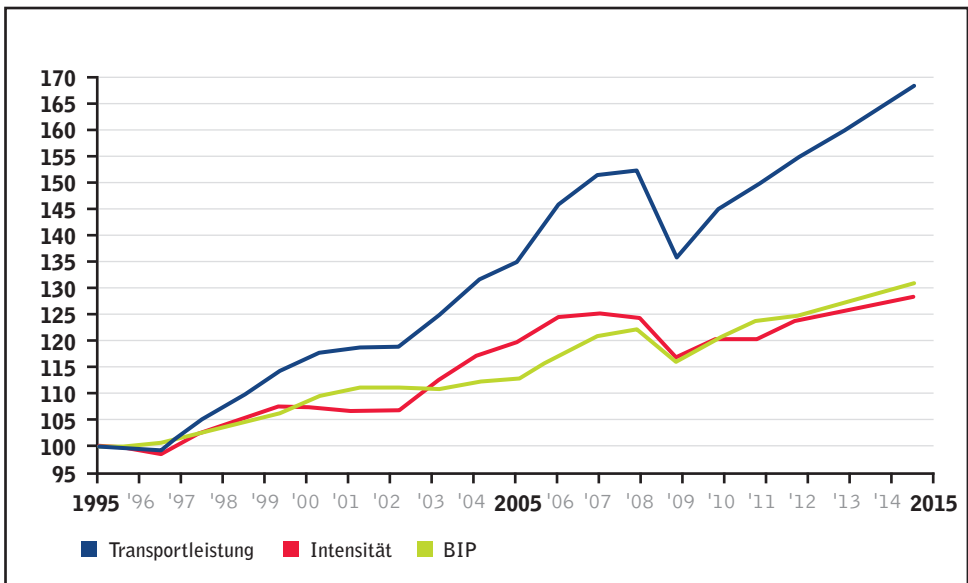
2.1.1 Gleitende Mittelfristprognose Winter 2011/2012⁵⁰

Die gleitende Mittelfristprognose wird im Auftrag des BMVBS erstellt und gibt einen Überblick über die Entwicklung bis 2015. Sie stellt eine Prognose für die unmittelbare Entwicklung dar.

Für die Transportleistung wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen der globalen Wirtschafts- und Finanzkrise im Jahr 2012 überwunden sein werden und anschließend ein nahezu lineares Wachstum bis 2015 stattfinden wird. (Vgl. Abb. 57)

50 BMVBS 2012 GIMiPr

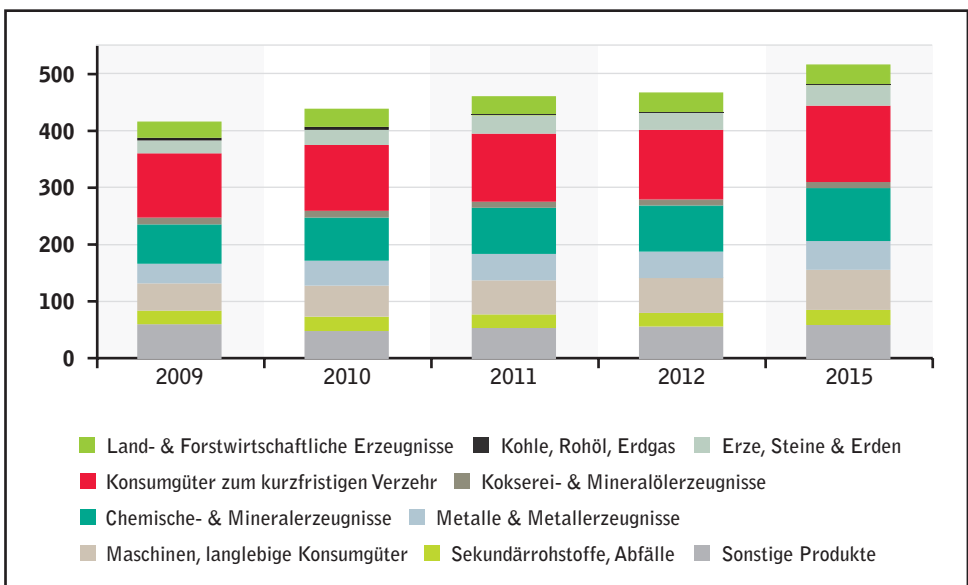
Abbildung 57: Entwicklung der Beförderungsleistung und des BIP bis 2015



Quelle: BMVBS 2012, GIMiPr; eigene Darstellung

Im Straßengüterverkehr wird für 2015 eine Beförderungsleistung von über 500 Mrd. tkm vorausgesagt, wobei die größten Zuwächse im Bereich der Konsumgüter, der chemischen Erzeugnisse und der Maschinen und langlebigen Konsumgüter zu verzeichnen sind.

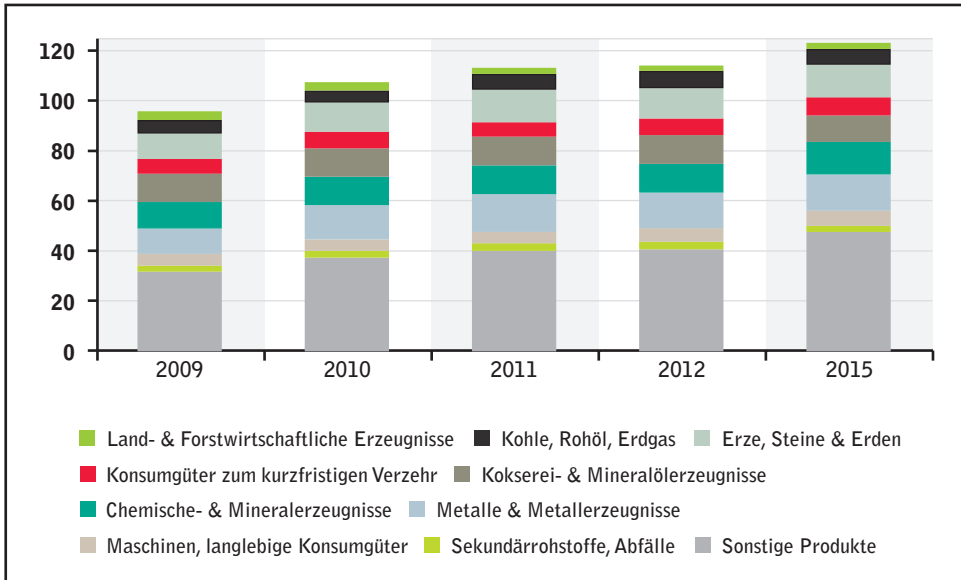
Abbildung 58: Entwicklung im Straßengüterverkehr bis 2015



Quelle: BMVBS 2012, GIMiPr; eigene Darstellung

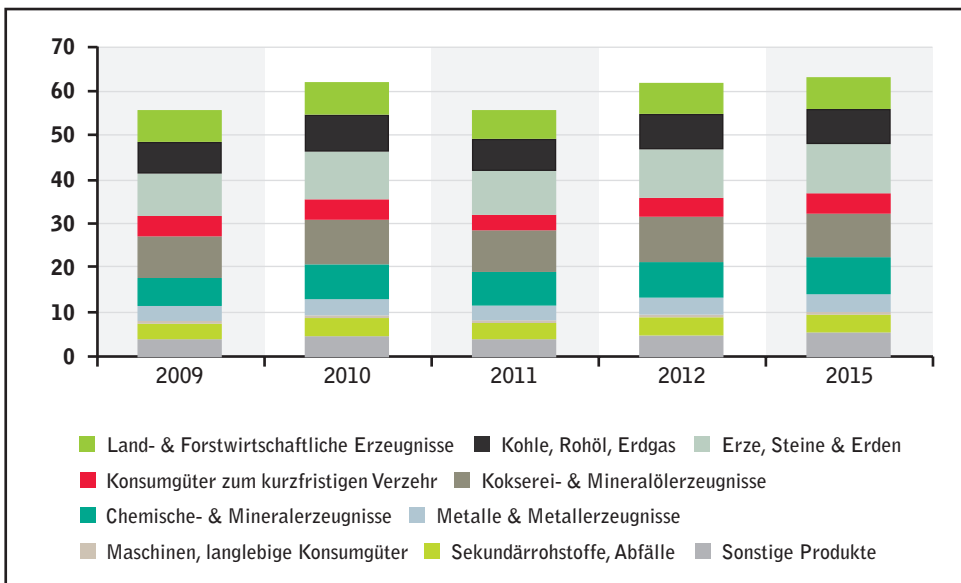
Der Schienengüterverkehr wird ein Wachstum auf über 120 Mrd. tkm in 2015 aufweisen, hierbei ist das Wachstum im Bereich der nicht genauer spezifizierten sonstigen Güter am größten.

Abbildung 59: Entwicklung im Schienengüterverkehr bis 2015



Quelle: BMVBS 2012, GIMiPr; eigene Darstellung

Abbildung 60: Entwicklung in der Binnenschifffahrt bis 2015

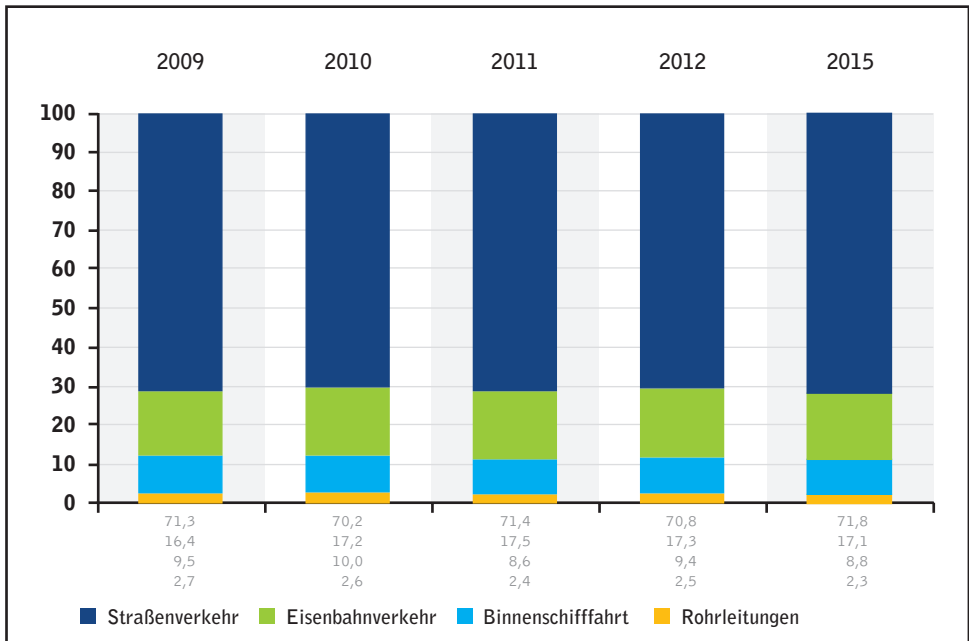


Quelle: BMVBS 2012, GIMiPr; eigene Darstellung

Die Binnenschifffahrt weist bis 2015 keine wesentlichen Wachstumsraten auf. In 2015 wird ca. das Niveau von 2010 mit etwa 63 Mrd. tkm erreicht. (Vgl. Abb. 60)

Diese Entwicklung lässt sich auch im Modal Split der Beförderungsleistung ablesen. So sinkt der Anteil der Binnenschifffahrt bis 2015 auf 8,8 %, während der Straßengüterverkehr seine Stellung weiter ausbauen kann und sein Anteil voraussichtlich auf 71,8% ansteigt.

Abbildung 61: Entwicklung des Modal Split der Beförderungsleistung



Quelle: BMVBS 2012, GIMiPr; eigene Darstellung

2.1.2 Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025⁵¹

Diese Studie gibt eine Prognose der Entwicklung von Personen- und Güterverkehr in Deutschland bis 2025, Basisjahr ist 2004. Zielstellung ist besonders die Aussage über die Entwicklung der Emissionen, vor allem CO₂. Die Studie wurde vom BMVBS gefördert und von der BVU und der Intraplan Consult GmbH erstellt.

Als wesentliche Grundlagen sind ein leichtes Absinken der Bevölkerungszahlen von ca. 1% bis 2025 und eine Steigerung der Bruttowertschöpfung von 1,7%/Jahr zu nennen.

Für den Eisenbahnverkehr sollen durch den bedarfsgerechten Ausbau der Infrastruktur des kombinierten Verkehrs spürbare Fahrzeit und Transportverkürzungen erzielt werden.

⁵¹ BVU 2007

Obwohl Aufkommen und Leistung des Bahnverkehrs deutlich steigen, kommt es im Modal Split bis 2025 nur zu sehr geringen Veränderungen. Ein extremes Wachstum ist im Flugverkehr zu verzeichnen (111,5%).

Tabelle 1: Entwicklung der Verkehrsleistung bis 2025

Verkehrsmittel	Verkehrsleistung				
	2004		2025		2004-2025
	Mrd. tkm	Anteil	Mrd. tkm	Anteil	gesamt in %
Schiene	91,9	17,6%	151,9	16,7%	65%
<i>dabei KV</i>	24,4	26,6%	55,9	36,8%	129%
Straßengüterverkehr	366,5	70,2%	675,6	74,4%	84%
Binnenschiff	63,7	12,2%	80,2	8,8%	26%
Zwischensumme ohne Straßengüternahverkehr	522,1	100,0%	907,7	100,0%	74%
<i>dabei Seehafenhinterlandverkehr</i>	57,2	11,0%	153,1	16,9%	168%
Straßengüternahverkehr	25,9	4,7%	28,8	3,1%	11%
Straße gesamt	392,5	71,6%	704,3	75,2%	79%
Summe	548,1		936,5		71%

Quelle: BVU 2007; eigene Darstellung

Tabelle 1 gibt eine Zusammenfassung der prognostizierten Entwicklung. Die gesamte Beförderungsleistung wird demnach bis 2025 um ca. 71% gegenüber 2004 auf 936,5 Mrd. tkm ansteigen. Davon werden 151,9 Mrd. tkm auf der Schiene und 704,3 Mrd. tkm auf der Straße erbracht. Trotz sehr hoher Steigerungsraten im Güterverkehr und vor allem im kombinierten Verkehr sind die Veränderungen im Modal Split marginal. Das Wachstum findet für alle Verkehrsträger gleichermaßen statt.

2.1.3 Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050⁵²

Die Prognose zur langfristigen Entwicklung in Deutschland wurde vom BMVBS beauftragt und im Jahr 2007 von der Firma Prograns veröffentlicht. Die wesentlichen Grundannahmen sind hier ein geringer Einfluss der sich verändernden Bevölkerungsstruktur und eine jährliche Steigerung des Bruttoinlandproduktes um 1,3%.

Auch in dieser Prognose wird von einem sehr hohen Wachstum im Bereich des Güterverkehrs ausgegangen. Die höchsten Zuwächse sind im Import, Export sowie im Transitverkehr zu verzeichnen. Bis 2030 wird eine gesamte Beförderungsleistung von 982 Mrd. tkm und bis 2050 sogar 1218 Mrd. tkm prognostiziert.

⁵² BMVBS, Prograns 2007

Das Güteraufkommen steigt demnach um 46% bis 2050 auf 5,468 Millionen Tonnen. Das stärkere Wachstum der Beförderungsleistung gegenüber dem Güteraufkommen ist über eine deutliche Zunahme der mittleren Transportweiten zu begründen.

Tabelle 2: Abschätzung der Güterverkehrsentwicklung bis 2050

Tabelle 2a: Aufkommen

Güterverkehrsaufkommen in Millionen Tonnen	2005	2030	2050	Veränderung gesamt			Veränderung per anno		
				05-50	05-30	30-50	05-50	05-30	30-50
Gesamtaufkommen	3'727	4'918	5'468	46,7%	31,9%	11,2%	0,9%	1,1%	0,5%
Binnenverkehr	2'911	3'442	3'497	20,1%	18,2%	1,6%	0,4%	0,7%	0,1%
Versand	290	480	640	121,1%	65,9%	33,3%	1,8%	2,0%	1,4%
Empfang	399	664	889	122,7%	66,5%	33,8%	1,8%	2,1%	1,5%
Durchgangsverkehr	127	331	442	247,1%	160%	33,5%	2,8%	3,9%	1,5%
Straßengüterverkehr	3'078	4'055	4'437	44,1%	31,7%	9,4%	0,8%	1,1%	0,5%
Eisenbahngüterverkehr	317	458	583	83,6%	44,3%	27,2%	1,4%	1,5%	1,2%
Binnenschifffahrt	237	314	357	50,7%	32,5%	13,7%	0,9%	1,1%	0,6%
Rohrfernleitungen	95	92	92	-3,7%	-3,9%	0,2%	-0,1%	-0,2%	0,0%
Modular split (im Aufkommen)									
Straßengüterverkehr	82,6%	82,4%	81,1%	-1,4%	-0,1%	-1,3%			
Eisenbahngüterverkehr	8,5%	9,3%	10,7%	2,1%	0,8%	1,3%			
Binnenschifffahrt	6,4%	6,4%	6,5%	0,2%	0,0%	0,1%			
Rohrfernleitungen	2,6%	1,9%	1,7%	-0,9%	-0,7%	-0,2%			

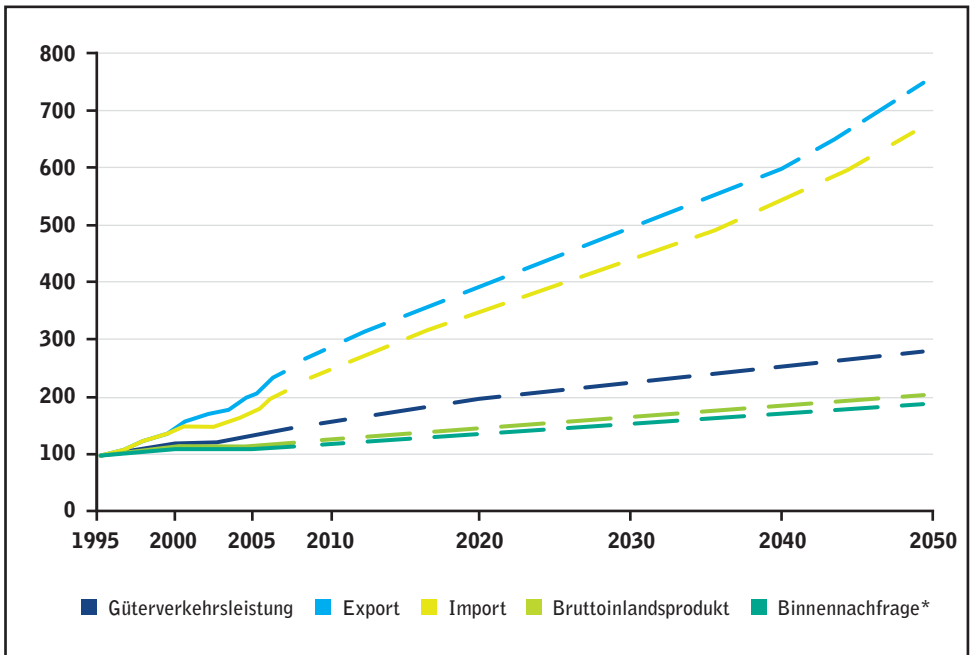
Tabelle 2b: Leistung

Güterverkehrsleistung in Milliarden t/km	2005	2030	2050	Veränderung gesamt			Veränderung per anno		
				05-50	05-30	30-50	05-50	05-30	30-50
Gesamtleistung	581	982	1'218	109,8%	69,2%	24%	1,7%	2,1%	1,1%
Binnenverkehr	298	439	487	63,3%	47,2%	10,9%	1,1%	1,6%	0,5%
Versand	87	151	204	133,0%	72,5%	35,1%	1,9%	2,2%	1,5%
Empfang	112	196	267	138,6%	75,3%	36,1%	2,0%	2,3%	1,6%
Durchgangsverkehr	83	196	260	213,5%	136,3%	32,7%	2,6%	3,5%	1,4%
Straßengüterverkehr	404	707	873	115,7%	74,9%	23,3%	1,7%	2,3%	1,5%
Eisenbahngüterverkehr	95	170	227	138,2%	78,3%	33,6%	1,9%	2,3%	1,5%
Binnenschifffahrt	64	87	100	56,6%	36,3%	14,9%	1,0%	1,2%	0,7%
Rohrfernleitungen	17	17	18	6,6%	3,9%	2,6%	0,1%	0,2%	0,1%
Modular split (in der Leistung)									
Straßengüterverkehr	69,6%	72,0%	71,6%	2,0%	2,4%	-0,4%			
Eisenbahngüterverkehr	16,4%	17,3%	18,7%	2,2%	0,9%	1,3%			
Binnenschifffahrt	11,0%	8,9%	8,2%	-2,8%	-2,1%	-0,7%			
Rohrfernleitungen	2,9%	1,8%	1,5%	-1,4%	-1,1%	-0,3%			

Quelle: BMVBS, Protrans 2007; eigene Darstellung

In Abbildung 62 sind die Zusammenhänge noch einmal grafisch zusammengefasst. Im Wesentlichen entspricht diese Prognose einer direkten Fortsetzung der bisherigen Entwicklung unter Berücksichtigung der zunehmenden europäischen Integration und des globalen Handels, sowie der Veränderung der gesellschaftlichen Struktur unter der Annahme steigender Wirtschaftsleistung. Die globale Finanz- und Wirtschaftskrise sowie die Folgen der Eurokrise und ihre Auswirkungen auf die wirtschaftlichen Verflechtungen innerhalb Europas werden hier nicht berücksichtigt, da die Prognose auf das Jahr 2007 zurückgeht.

Abbildung 62: Vergleichende Darstellung der Entwicklung bis 2050 (Bezug 1995)



*Binnennachfrage = BIP-(Export-Import)

Quelle: BMVBS, Prograns 2007; eigene Darstellung

2.1.4 Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr⁵³

Die ‹Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr› ist vom Umweltbundesamt herausgegeben worden und im Jahr 2009 erschienen. Aus Sicht des UBA ist nachhaltiger Verkehr durch die folgenden 3 Punkte gekennzeichnet:

1. Verringerung der spezifischen Emissionen

Grenzwerte sollen hier weitere Anreize liefern.

2. Vermeidung von Verkehr

Durch die Erhöhung der Fahrzeugauslastung sowie durch die Förderung von regionalen und Wirtschaftskonzepten sollen die Transportweiten zwischen Erzeuger und Verbraucher verkürzt werden. Das führt zu Einsparungen im Verkehrsaufkommen und damit auch von Emissionen. Regionalvermarktung und Erhöhung der Transportkosten ist hierbei der Vorrang einzuräumen. Auf einen Ausbau der Straßenverkehrsinfrastruktur soll verzichtet werden, weil damit zusätzlicher Verkehr induziert wird.

3. Verlagerung des Güterverkehrs auf Binnenwasserstraße und Schiene

Die reduzierten spezifischen Emissionen sollen die gesamten Emissionen senken. Dabei ist auch die Bahn technologisch anzupassen. Die gesellschaftliche

Akzeptanz bei Neubaustrecken der Bahn ist insbesondere aufgrund der Lärmemissionen gering.

Die Umsetzung dieser Ziele erfolgt durch:

- Regionalvermarktung, besonders bei Produkten der landwirtschaftlichen Produktion.
- Eine optimale Nutzung der bestehenden Verkehrsinfrastruktur, die Vorrang vor Aus- und Neubau hat.
- Anrechnung externer Folgekosten des LKW-Verkehrs, besonders von Kosten für die Umwelt und Gesundheit. Weiterhin soll die LKW-Maut auf alle Güterfahrzeuge ab 3,5 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht ausgeweitet werden.
- Eine Verbesserung des Verkehrsflusses mit Hilfe eines allgemeinen Tempolimits.
- Eine betriebliche und bauliche Optimierung des Schienenverkehrs.
- Modernisierung und Ausweitung der Grenzwertstrategie auf CO₂ für alle Fahrzeuge. Damit sollen Lärm und Emissionen reduziert und die tatsächliche Effizienz der Fahrzeuge in Form der Wirkungsgrade der Verkehrsträger gesteigert werden.

In Tabelle 3 sind die prognostizierten Daten für 2025 im Vergleich zum Basisjahr 2008 dargestellt. Gleichzeitig sind die Werte der BMVBS-Prognose (2.1.2) mit aufgeführt.

Tabelle 3: Vergleich der Entwicklung nach UBA und BMVBS, Prognose in Milliarden tkm

	Straße	Schiene	Binnenschiff	Gesamt
Basisjahr 2008	474	117	64	655
BMVBS-Prognose 2025	704	152	80	936
Minderungspotentiale der Instrumente (sequenzielle Berechnung)				
Raumstruktur	-32	-4	-2	-37
kein Straßenausbau	-35	0	0	-35
Förderung Schiene	-49	+38	+11	0
LKW-Maut	-71	+26	+0	-45
Summe	-187	+61	+9	-117
UBA-Szenario 2025	518	213	89	819
Vergleich der Verkehrsaufwandzuwächse gegenüber dem Basisjahr 2008				
BMVBS-Prognose 2025	230 (+49%)	35 (+30%)	16 (+25%)	282 (+43%)
UBA-Szenario 2025	44 (+9%)	96 (+82%)	25 (+39%)	165 (+25%)

Quelle: UBA StnGV 2009; eigene Darstellung

Das vorgestellte Szenario führt zu einer deutlich geringeren Zunahme der gesamten Transportleistung auf 819 Mrd. tkm bis 2025. Durch starke Förderung der Bahn sind in diesem Bereich auch die größten Zuwächse zu verzeichnen. Die Leistung des

Schiengüterverkehrs beträgt demnach in 2025 ca. 26% der gesamten Beförderungsleistung.

Die Machbarkeit dieser Maßnahmen wurde in einer gesonderten Studie untersucht und kann in [UBA 2010] nachgelesen werden. Details und mögliche Kosten sind hier zu entnehmen.

2.1.5 Masterplan Güterverkehr und Logistik⁵⁴

Der Masterplan Güterverkehr und Logistik der Bundesregierung stellt die Grundlage der politischen Weichenstellung für die Verkehrspolitik dar.

Die Ziele des Masterplans sind:

■ Verkehrswege effizient nutzen – Verkehr effizient gestalten

Effizienz bedeutet hier zunächst die optimale Ausschöpfung vorhandener Kapazitäten. Realisiert werden soll dies durch die bestmögliche Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur mit Ausbau der Engpassbereiche sowie die Steigerung der Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems durch integrierten Verkehr. Andererseits ist auch der Ausbau von Verkehrsmanagementsystemen voranzutreiben, um so eine gleichmäßigere Auslastung zu erzielen.

■ Verkehr Vermeiden – Mobilität sichern

Güterverkehr ist, soweit dies ohne wirtschaftliche Beeinträchtigung möglich ist, zu vermeiden. Eine aktive verkehrspolitische Gestaltung ist notwendig, um Mobilität auch zukünftig zu sichern.

■ Mehr Verkehr auf Schiene und Binnenwasserstraße

Durch ein integriertes Verkehrssystem sind die Vorteile der jeweiligen Verkehrsträger optimal auszunutzen. Rechtliche Rahmenbedingungen und Investitionsschwerpunkte sollen zu einer nachhaltigen Erhöhung der Kapazitäten des Güterverkehrs führen, bei gleichzeitiger Steigerung des Personenverkehrs.

■ Verstärkter Ausbau von Verkehrsachsen und Knoten

Im Vordergrund steht der menschen- und umweltgerechte Ausbau der Verkehrswege. Besonderes Augenmerk muss dabei auf den Strecken liegen, die heute oder in naher Zukunft an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen. Die gleichwertige Entwicklung der einzelnen Regionen in Deutschland muss dabei berücksichtigt werden. Eine stärkere Trennung des langsamen Güterverkehrs und des schnelleren Personenverkehrs, ein belastungsorientiertes Fahrstreifenmanagement sowie die stärkere zeitliche und räumliche Trennung des Personen- und Güterverkehrs auf der Schiene soll zusätzlich die Belastung/Überlastung senken. Für die Schiene sind die Maßnahmen des Verkehrswegeplans 2003⁵⁵ zu beachten.

54 BR 2008

55 BMVBS 2003

■ Umwelt- und klimafreundlicher Verkehr

Die Einhaltung der Umweltschutzziele bezüglich klimaschädlicher Emissionen, beispielsweise der Reduktion von CO₂-Emissionen bis 2020 um 40% in Bezug auf das Basisjahr 1990, muss bei allen Maßnahmen berücksichtigt werden. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von Biokraftstoffen. Auch die Reduktion des Lärms durch die Verkehrsträger ist hierbei wesentlicher Bestandteil.

■ Gute Arbeit und gute Ausbildung im Transportgewerbe

Durch ein Ausbildungs- und Fortbildungssystem soll die Weiterentwicklung der Erwerbstätigen im Verkehrssektor gestärkt und so dem Fachkräftemangel begegnet bzw. vorgebeugt werden. Den Vorschriften zum Arbeitsschutz, zu Gefahrgut, zur Verkehrssicherheit und auch zu sozialen Belangen wird auf diese Weise Rechnung getragen.

Diese 6 Punkte stellen den Kern des Masterplans für Güterverkehr und Logistik in sehr kompakter Form dar. Detaillierte Informationen sind in [BR 2008] zu entnehmen.

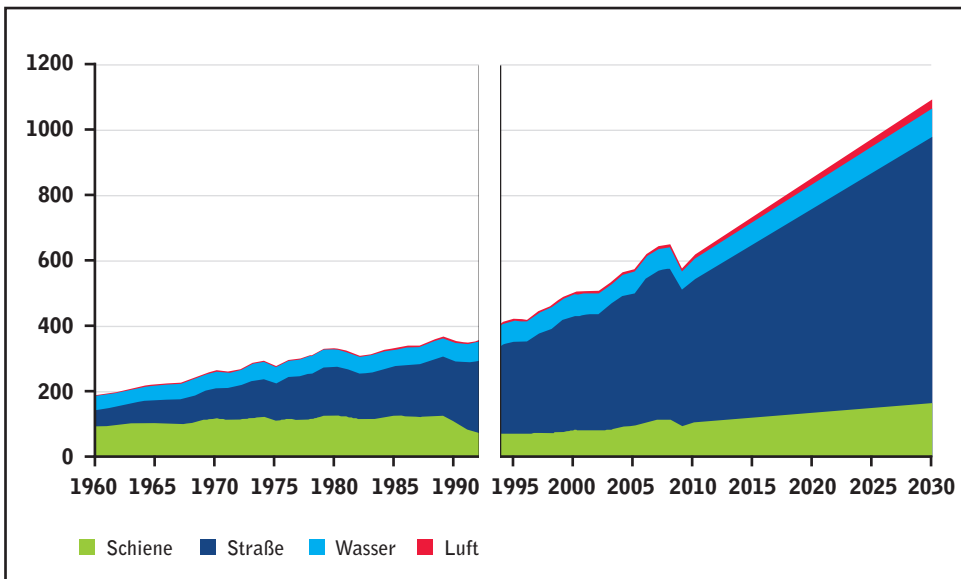
2.1.6 Die Entwicklung der Emissionen nach TREMOD 5.25⁵⁶

Die Vorhersage der zukünftig entstehenden Emissionen ist sehr stark abhängig vom zugrunde liegenden Szenario. Die vom IFEU vorgestellte Entwicklung der Verkehrsleistung des Güterverkehrs ist in Abbildung 63 dargestellt. Dieses Szenario sieht keine Bevorteilung der Schiene vor. Die vorhergesagte Entwicklung der Beförderungsleistung und der Emissionen spiegelt somit keine Emissionsminderung durch den verstärkten Einsatz des Schienengüterverkehrs wider. Grundlage für die getroffenen Vorhersagen der Emissionen ist eine eigene Prognose über die zukünftige Transportleistung, deren Ergebnis in Abbildung 65 dargestellt ist.

Laut dieser Vorhersage wird die CO₂-Emission des Straßenverkehrs bis 2030 deutlich sinken. Durch die Steigerung der Emissionen des Flugverkehrs wird dieser Effekt kompensiert, sodass sich nur ein sehr leichter Rückgang der verkehrsinduzierten CO₂-Emissionen einstellt. Bei der NO_x-Emission ist ein deutliches Absinken zu verzeichnen, was mit dem Einsatz von Abgasreinigungssystemen zu begründen ist, die aufgrund der steigenden Anforderungen der Umweltgesetzgebung zum Einsatz kommen und in den folgenden Jahren eine zunehmende Marktdurchdringung aufweisen werden.

56 IFEU 2011

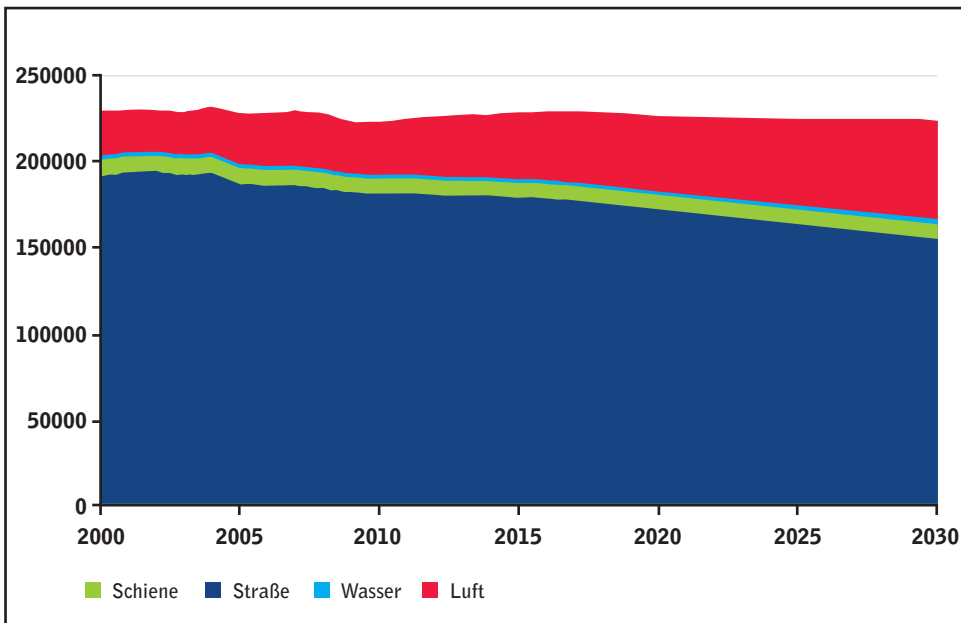
Abbildung 63: Verkehrsleistungen des Güterverkehrs in Deutschland in Milliarden tkm



Quelle: IFEU 2011; eigene Darstellung

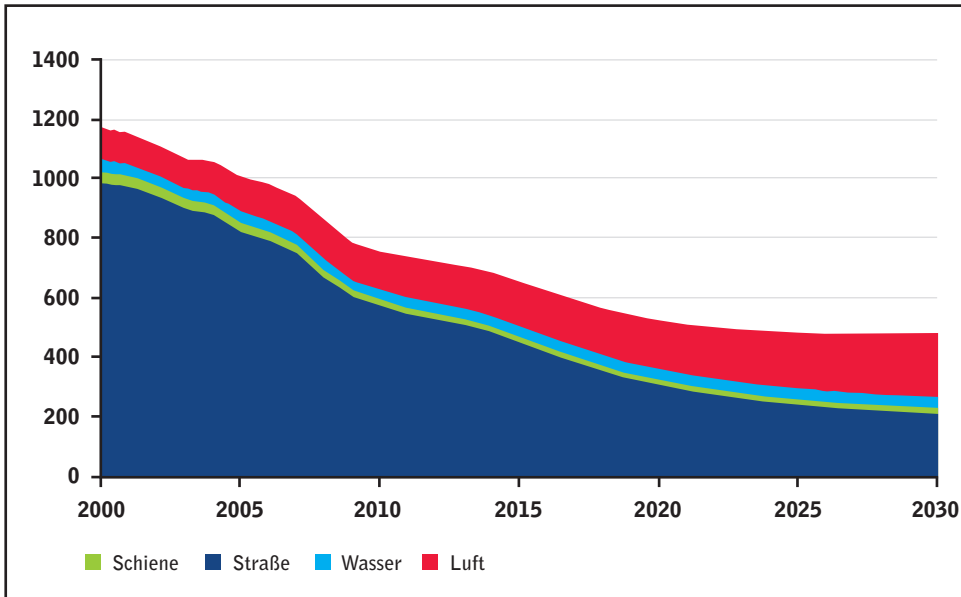
Abbildung 64: Gesamtemissionen des Verkehrs inklusive Vorkette

Abbildung 64a: CO₂-Gesamtemissionen des Verkehrs im Trendszenario in kt



* Berechnungen mit TREMOD, Energieverbrauch Inland inkl. Energiebereitstellungskette

Abbildung 64b: NO_x-Gesamtemissionen des Verkehrs im Trendszenario in kt

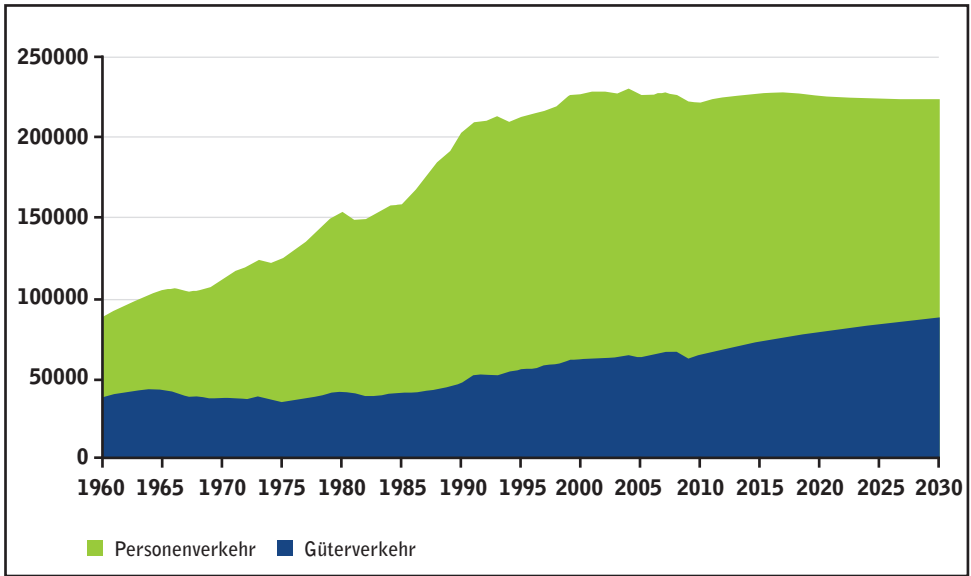


* Berechnungen mit TREMOD, Energieverbrauch Inland inkl. Energiebereitstellungskette

Quelle: IFEU 2011; eigene Darstellung

Bei detaillierter Betrachtung der CO₂-Emission des Verkehrs ist festzustellen, dass die Emissionen im Bereich des Güterverkehrs ansteigen. Dies ist mit der starken Zunahme der Beförderungsleistung in dieser Prognose zu begründen. Im Bereich des Personenverkehrs ist eine Abnahme zu verzeichnen, sodass bis zum Jahr 2030 nahezu keine Veränderung in der Gesamtemission auftritt. Zu beachten ist, dass hier die Emissionen nach dem Inländerprinzip berücksichtigt sind. Der Anteil nicht in Deutschland zugelassener Fahrzeuge ist somit nicht erfasst. Der Flugverkehr wird dagegen auch berücksichtigt.

Abbildung 65: Gesamte CO₂-Emissionen nach dem Inlandsprinzip bis 2030 in kt



Quelle: IFEU 2011; eigene Darstellung

2.2 Gegenüberstellung und Bewertung der Prognosen

Alle vorgestellten Prognosen gehen von einer weiteren deutlichen Steigerung des Güteraufkommens und der Beförderungsleistung aus. Bis 2025 wird die gesamte Beförderungsleistung auf 819 Mrd. tkm ([UBA StnGV2009]) bzw. bis zu 972 Mrd. tkm ([IFEU 2011]) ansteigen. Die erbrachte Leistung auf der Schiene wird sich dabei im Rahmen von 151,9 Mrd. tkm ([BVU 2007]) bis 213 Mrd. tkm ([UBA StnGV2009]) bewegen. 213 Mrd. tkm auf der Schiene können nur erreicht werden, wenn die Schiene dementsprechend gefördert wird. Andererseits geht diese Prognose von den niedrigsten gesamten Steigerungsraten des Güterverkehrs aus.

Auch zukünftig wird der Straßengüterverkehr den Hauptanteil der Beförderungsleistung in Deutschland erbringen.

Nur in der Studie des Umweltbundesamtes⁵⁷ werden Möglichkeiten vorgestellt, mit denen das Wachstum des Güterverkehrs begrenzt werden kann. Eine tatsächliche Reduktion ist auch nach dieser Studie nicht möglich. Trotz der beschriebenen Vermeidungsstrategien wird ein Wachstum im Vergleich zur heute erbrachten Beförderungsleistung und der beförderten Gütermenge stattfinden.

Die vorgestellten Prognosen berücksichtigen zum Teil die globale Finanz- und Wirtschaftskrise aufgrund ihres Erscheinungsjahres nicht. Generell werden wenig maßgebliche Veränderungen betrachtet, sodass sich im Allgemeinen eine Fortschreibung der bisherigen Entwicklung zeigt. Durch gezielte Förderung kann der Güterverkehr nachhaltig beeinflusst werden.

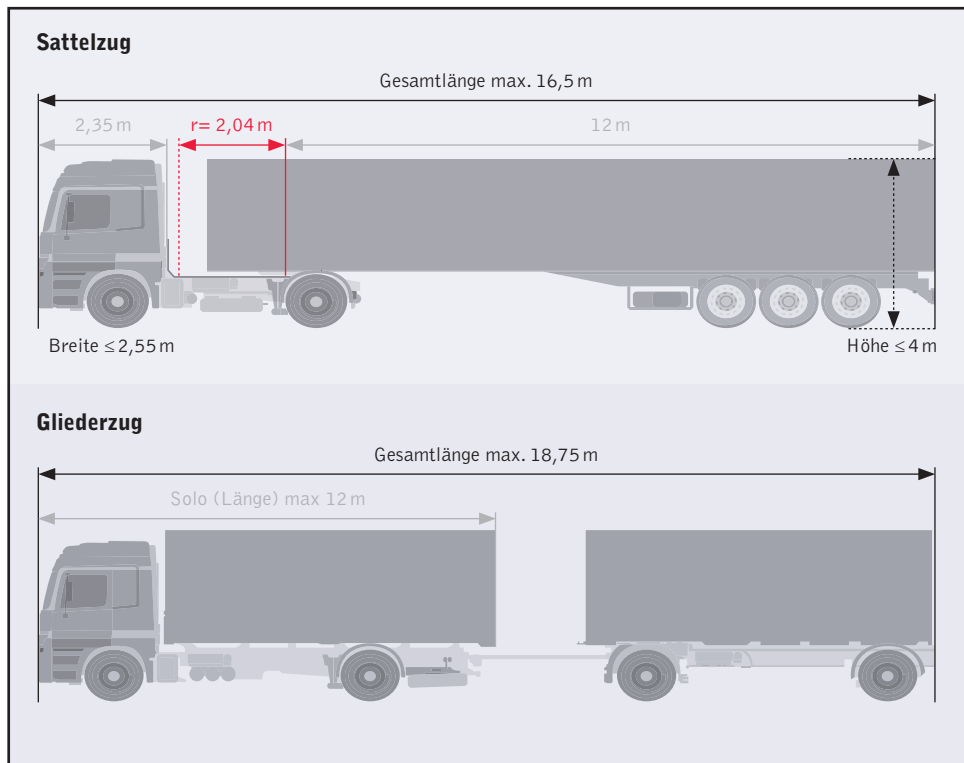
57 UBA StnGV 2009

3 Potentiale zur Verbesserung des LKWs

3.1 Der LKW heute

Die heute in Deutschland eingesetzten LKWs zur Beförderung von Gütern unterliegen einer Reihe von gesetzlichen Bestimmungen. Dazu zählen beispielsweise die Emissionsgrenzen für Abgas und Lärm sowie die STVZO (Straßenverkehrszulassungsordnung), mit Definitionen zu Abmessungen, Bremsleistung und weiteren Vorgaben.

Abbildung 66: Abmessungen von in Deutschland zugelassenen LKWs (Sattel- und Gliederzug)








Quelle: Daimler 2012; eigene Darstellung

Für schwere Nutzfahrzeuge sind zwei wesentliche Bauarten im Einsatz: der Sattelzug, mit einer zulässigen Gesamtlänge von 16,5 m, und der Gliederzug mit 18,5 m zulässiger Gesamtlänge. Die Breite ist auf 2,55 m und die Höhe auf 4 m begrenzt. Als Bauweise der Zugmaschine hat sich «Seat over Wheel» durchgesetzt, da so bei Einhaltung der maximalen Abmessungen das größtmögliche Ladungsvolumen realisiert werden kann.

Neben den in Abbildung 66 dargestellten Nutzfahrzeugen sind in Deutschland weitere Fahrzeugklassen für den Gütertransport im Einsatz.

Tabelle 4: Fahrzeugklassen des Gütertransports in Deutschland

Fahrzeugklassifizierung	Fahrzeugtyp	Zulässiges Gesamtgewicht	Typisches Einsatzgebiet
 N1	Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)	bis unter 3,5t	Dienstleistungs- und Lieferfahrzeug
 N1	Leichte LKW	ab 3,5 bis unter 7,5t	Auslieferung im Nahverkehr
 N2	Schwere LKW (nicht mautpflichtig)	ab 7,5 bis unter 12t	Auslieferung im Regionalverkehr, Transport von Volumengütern
 N3	Schwere LKW	ab 12t	Als Motorwagen eines Gliederzuges im Güterfernverkehr, Baustellenverkehr
 *N3	Sattelzugmaschinen (SZM)	*bis 40t oder 44t	Güterfernverkehr

*in der Regel

Quelle: Shell 2010; eigene Darstellung

Aus der in Kapitel 1.2.5 dargestellten Fahrleistung wird ersichtlich, dass der überwiegende Anteil der Fahrleistungen des Güterverkehrs durch LKW ab 12 t erbracht wird. Aus diesem Grund wird in den Maßnahmenpaketen auch auf diese Fahrzeuge Bezug genommen.

Als Auslegungsgrundsatz, zusätzlich zur Erfüllung der gesetzlichen Bestimmungen, stehen bei Nutzfahrzeugen die Kosten im Vordergrund. Im Gegensatz zum PKW-Bereich ist die Gestaltung hier deutlich pragmatischer. Vorteile gegenüber Konkurrenten werden vor allem durch den Preis oder die Unterhaltskosten erreicht. Bestimmt werden die Unterhaltskosten über den Wartungsaufwand und die Lebensdauer des Gesamtsystems oder einzelner Komponenten und maßgeblich über den Kraftstoffverbrauch.

Diese extrem kostengetriebene Entwicklung führt dazu, dass schwere Nutzfahrzeuge heute technologisch nicht auf demselben Stand sind wie der PKW-Sektor. Besonders im Bereich der Auflieger und Anhänger liegt hier ein großes Potential, die Sicherheit, aber auch die Effizienz, im Sinne von Verbrauchersparungen, zu erhöhen.

3.2 Die Anforderungen an den zukünftigen Güterverkehr und den LKW

Aus den Erkenntnissen der vorangegangenen Kapitel lassen sich folgende Anforderungen ableiten:

1. Verkehr effizienter gestalten

Durch den Einsatz neuer Telematiksysteme und Verkehrsmanagementfunktionen ist zukünftig das Stauaufkommen deutlich zu reduzieren und die Kapazität weiter zu steigern. Gleichzeitig muss durch den Einsatz neuer Technologien und durch Verbesserungen der bestehenden Systeme der reale Wirkungsgrad der Verkehrsträger verbessert werden. Weiterhin ist der starken regionalen Konzentration des Verkehrs entgegenzuwirken bzw. wenn nötig die Infrastruktur den Bedürfnissen entsprechend zu ertüchtigen.

2. Erhöhung der Sicherheit

Trotz einer erheblichen Zunahme der Verkehrsleistung sind die Anzahl der Verkehrsunfälle und besonders die Anzahl der Getöteten im Verkehr weiter zu reduzieren. Der heute überdurchschnittlich hohe Anteil an getöteten Personen durch LKW-Beteiligung muss durch entsprechende Ertüchtigung des LKWs gesenkt werden. Einen wesentlichen Beitrag können hierbei die Fahrerassistenzsysteme leisten.

3. Emissionen reduzieren

Nur durch tatsächliche Effizienzsteigerung kann auch die CO₂-Emission/tkm gesenkt werden. Heutige Abgasnachbehandlungssysteme tragen einen wesentlichen Beitrag zur Reduktion der schädlichen Abgase bei. Zukünftig wird vor allem durch die weitere Verbreitung dieser Systeme die Emission von beispielsweise NO_x und Partikel weiter deutlich abnehmen. Die Emission von CO₂ kann jedoch nur durch eine Reduktion des tatsächlichen Energieverbrauchs oder durch den Einsatz erneuerbarer Energien erreicht werden.

4. Maximale Nutzung der Vorteile der einzelnen Verkehrsträger

Durch die sinnvolle Kombination einzelner Verkehrsträger kann die Gesamtkapazität weiter gesteigert werden, ohne eine weitere Zunahme der regionalen Engpässe zu bewirken.

Die Fragestellungen für die zukünftige Entwicklung des Güterverkehrs und des Verkehrs allgemein sind nicht allein durch die Wahl eines bestimmten Verkehrsträgers zu beantworten. Vielmehr muss das Verkehrssystem in der Weise weiterentwickelt werden, dass die Vorteile der jeweiligen Verkehrsträger maximal ausgenutzt und gleichzeitig die hohen Anforderungen der individuellen Mobilität und der Verfügbarkeit von Gütern erfüllt werden. Die Reduktion der Emissionen steht hierbei im Vordergrund, da nur ein umwelt- und gesellschaftsverträgliches Verkehrssystem akzeptiert werden kann.

Auch in Zukunft wird der LKW seine Bedeutung für den Güterverkehr nicht verlieren. Um den Anforderungen einer weiteren Zunahme der Beförderungsleistung bei gleichzeitiger Steigerung der Fahrleistungen aller Verkehrsteilnehmer gerecht zu werden ist eine technologische Weiterentwicklung des LKWs notwendig. Gleichzeitig muss der starken regionalen und tageszeitlichen Ausprägung des Gütertransportes durch neue Möglichkeiten zur Verkehrslenkung Rechnung getragen werden. Nur durch bessere Verteilung und zielgerichtete Lenkung des Verkehrs ist eine weitere Steigerung der Auslastung der Verkehrsinfrastruktur zu erzielen.

Bei allen getroffenen Maßnahmen stehen die Steigerung der Transporteffizienz bei gleichzeitiger Absenkung der Emissionen und die Erhöhung der Verkehrssicherheit für alle Verkehrsteilnehmer im Vordergrund.

3.3 Die betrachteten Maßnahmenpakete

Die betrachteten Maßnahmen sind so gewählt, dass sowohl kurzfristige Potentiale der Anpassung des LKWs als auch langfristige Veränderungen unter Berücksichtigung der Infrastruktur beurteilt werden können. Es werden 3 Maßnahmenpakete betrachtet:

1. Verbesserungen durch Anpassung des LKW-Konzeptes unter Beibehaltung heutiger Infrastruktur.
2. Potentiale nutzen, durch maximalen Einsatz von Assistenzsystemen und Verkehrsmanagementfunktionen.
3. Maximale Veränderung der Infrastruktur zur Verbesserung der Transportkapazität.

Die Zielstellung der Maßnahmenpakete ist es nicht ausschließlich, neue Möglichkeiten zur Verbesserung des LKWs vorzustellen, vielmehr soll ein Überblick über heutige und zukünftige Technologien und Möglichkeiten gegeben werden, die es erlauben, den Handlungsspielraum, in dem sich die Entwicklung des LKWs bewegen kann, aufzuzeigen.

Die abgeleiteten Handlungsempfehlungen sollen Anstöße liefern, wie die betrachteten Maßnahmen und Technologien zeitnah und flächendeckend umgesetzt werden können.

3.3.1 Maßnahmenpaket 1: Verbesserungen durch Anpassung des LKW-Konzeptes unter Beibehaltung heutiger Infrastruktur

Der technologische Fortschritt, der im PKW-Bereich in den letzten Jahren zu einer deutlichen Effizienzsteigerung und zu einer erheblichen Erhöhung der Verkehrssicherheit geführt hat, muss auf den Bereich der Nutzfahrzeuge übertragen werden.

In den folgenden Erläuterungen werden erst das Gesamtsystem nach seinem Verbesserungspotential untersucht und anschließend einzelne Komponenten und ihr Potential zur Weiterentwicklung näher erläutert.

Bei Betrachtung des Gesamtsystems LKW sind die wesentlichen Nachteile der heutigen Bauweise die schlechte Aerodynamik und die passive Sicherheit für den Unfallgegner. Bei maximaler Geschwindigkeit macht der Fahrwiderstand durch die Verdrängung der Luft bis zu 40% des gesamten Fahrwiderstandes und damit des Kraftstoffverbrauchs aus.⁵⁸ Die Bauweise des LKWs erscheint gemessen an den sich verändernden Randbedingungen nicht mehr zeitgemäß. Die stetige Zunahme der Transportweiten und die Steigerung der Fahrleistungen schwerer LKWs führen zunehmend zum Betrieb des LKWs in Betriebspunkten, bei denen sich die **Aerodynamik** besonders negativ auf den Kraftstoffverbrauch auswirkt.

Abbildung 67: MAN LKW-Konzept



Quelle: MAN 2012

58 MB 2012

In Abbildung 67 ist ein aerodynamisch optimierter LKW dargestellt. Bei diesem Konzept wurde die gesamte Kontur auf einen minimierten Luftwiderstand ausgelegt. So sind beispielsweise die Front- und Heckpartie sowie der Bereich vor den hinteren Achsen gänzlich neu gestaltet. Das Einsparpotential eines solchen Konzeptes kann bis zu 25% betragen.⁵⁹

Rechenbeispiel: Einsparpotential durch aerodynamische Verbesserungen

- Maximales Einsparpotential 25%
- Reale Einsparung angenommen zu 5%
(Anteil schwere LKWs, Anteil Autobahnfahrten bei hohen Geschwindigkeiten)
- Energieverbrauch des Straßengüterverkehrs im Jahr 2010 = 600PJ
- Einsparung: **30 PJ**, entspricht **2 Mio. Tonnen CO₂**
(Annahme: gleicher Wirkungsgrad aller Fahrzeuge)
- Vergleich 1: Gesamter Energieverbrauch der Bahn 2010: **33 PJ**
- Vergleich 2: Einsparung von 5% bei Haushalten und Gewerbe entspricht **13 Mio. Tonnen CO₂** (Annahme gleiche Emission pro Energie)

Zusätzlich zu diesem erheblichen Einsparpotential an CO₂ könnten die Elemente an Front, Heck und an den Seiten zu einer Verbesserung der **passiven Sicherheit** beitragen. Obwohl der Unterfahrschutz seit einigen Jahren Standard am LKW ist, kommt es noch immer zu schweren Unfällen, deren Folgen deutlich gemindert werden können. So ist beispielsweise der Seitenunterfahrschutz lediglich so dimensioniert, dass Fußgänger und Radfahrer nicht unter das Fahrzeug geraten können. Obwohl die zu ertragenden Belastungen für diese Schutzeinrichtungen in der überarbeiteten Richtlinie 2006/20/EG angepasst wurden, bieten diese Vorrichtungen den Insassen von PKW nicht genügend Schutz bei einem Unfall.⁶⁰ Bei Anpassung der Bauform kann die Neugestaltung der Front und des Hecks auch im Sinne der passiven Sicherheit für den Unfallgegner als Knautschzonen ausgelegt werden. Unter Beibehaltung des heutigen Ladungsvolumens würde dies eine Vergrößerung der Länge zur Folge haben, was vor dem Hintergrund der Erhöhung der Sicherheit sehr vielversprechend, aufgrund der Längenbegrenzung nach STVZO jedoch derzeit nicht umsetzbar ist.

Aus dem Rechenbeispiel für das Einsparpotential durch aerodynamische Verbesserungen wird auch deutlich, dass dieses Potential nicht für jeden Transportfall gleichwertig vorhanden ist. Um den Güterverkehr möglichst effizient zu gestalten, ist es notwendig für den jeweiligen Transportfall das optimale **Transportmittel** zu wählen. Aus der amtlichen Erhebung zum Güterverkehr ist heute nicht ersichtlich, welchen tatsächlichen Beladungsgrad der einzelne LKW aufweist. Gleichzeitig wird vor dem Hintergrund zunehmenden Volumens der Güter aufgrund zunehmender Verpackungen das Volumen des Transportmittels immer wichtiger. Die Diskussion

⁵⁹ MAN AB 2012

⁶⁰ UDV US 2012

um die Ermittlung des Ladungsgewichtes sollte um das Volumen ergänzt werden. Die Anpassung des Transportmittels an den tatsächlichen Bedarf führt jedoch zu einer Verringerung der Flexibilität, da bei Verwendung eines kleineren Verkehrsmittels nicht im Anschluss an eine erste Lieferung eine zweite Lieferung mit größerem Ladungsvolumen transportiert werden kann.

Analog zum PKW-Bereich hat auch im LKW-Bereich die Verwendung von **Leichtbauwerkstoffen** ein großes Potential. Bei heutigen PKWs ist zu beobachten, dass trotz stetig zunehmender Fahrzeuggröße und steigender Steifigkeit das Gewicht der Karosserien nahezu unverändert bleibt. Dies wird einerseits durch Funktionsleichtbau mit angepasster Konstruktion und andererseits durch die Verwendung anderer Werkstoffe erreicht. Für den LKW-Sektor ist das Potential solcher Maßnahmen sehr groß, da die Einsparungen am Gewicht nicht durch sonstige Einbauten kompensiert werden, sondern direkt als zusätzliche Ladungsmasse zur Verfügung stehen oder Vorteile im Verbrauch bewirken. Übliche Leichtbauwerkstoffe für PKWs sind Aluminium und Kunststoffe. Carbonwerkstoffe, die für den PKW-Bereich sehr interessant sind, um das Gewicht der Fahrzeuge zu reduzieren, führen bei derzeitigen Herstellungsverfahren zu einer Kostensteigerung, die im kostensensiblen Nutzfahrzeugbau einen großflächigen Einsatz verhindert.

Fazit

Die Bauweise heutiger LKWs entspricht nicht den veränderten Anforderungen eines zunehmenden Güterverkehrs mit steigenden Transportleistungen und zunehmenden Transportweiten. Das Potential, den Fahrwiderstand und besonders den Luftwiderstand zu verbessern, ist groß. Gleichzeitig lässt sich durch eine angepasste Formgebung auch die Sicherheit schwerer Nutzfahrzeuge deutlich verbessern.

Der technologische Stand der Zugfahrzeuge ist heute sehr gut. Innovationen in der Abgasnachbehandlung führen beispielsweise zu einer deutlichen Absenkung der Emissionen, sodass mit den derzeitigen Technologien keine maßgeblichen Verbesserungen mehr zu erwarten sind. Im Bereich der Trailer liegt ein deutlich größerer Handlungsbedarf. Besonders die Bereiche vor den Achsen und im Heckbereich kann durch eine verbesserte Formgebung der Verbrauch gesenkt und der Unterfahrschutz verbessert werden.

Zum **Antrieb** von Nutzfahrzeugen kommen heute üblicherweise Dieselmotoren zum Einsatz, welche besonders auf langen Strecken konstanter Geschwindigkeit einen hohen Wirkungsgrad aufweisen. Eine effektive Methode, die CO₂-Emissionen wirksam zu reduzieren, ist der Einsatz von biologisch erzeugten Kraftstoffen. **Biokraftstoffe** der zweiten Generation sind dabei zu bevorzugen, da diese aufgrund der Ausgangsstoffe nicht im Konflikt zur Nahrungsmittelproduktion stehen. Im Folgenden soll durch zwei Rechenbeispiele das Potential der Biokraftstoffe verdeutlicht werden.

Rechenbeispiel: CO₂-Einsparung bei Erhöhung des Anteils der Biokraftstoffe

- Steigerung des Anteils biologischer Kraftstoffe um 5%
- Einsparung aufgrund der Vorkette ca. 50% → 2,5% CO₂-Einsparung⁶¹
- Deutschland 2010: ca. 57 Mio. Tonnen CO₂ durch Straßengüterverkehr⁶²
- Einsparung bei 5% höherem Anteil Biokraftstoffe: **1,425 Mio. Tonnen CO₂**

Rechenbeispiel: Flächenbedarf zur vollständigen Substitution des Kraftstoffbedarfs schwerer LKW

- Fahrleistung schwerer LKW 2010 (ab12t): 78,3 Mrd. km
- Fahrleistung aus dem Ertrag eines Hektars: 11.600 km (mit 32l pro 100km)⁶³
- Flächenbedarf: 67.500 km², entspricht: **5% der Gesamtfläche Deutschlands**
- Annahme: 50% CO₂-Einsparung aufgrund der Vorkette
- CO₂-Einsparung: **28,5 Mio. Tonnen**, entspricht **3%** der gesamten deutschen CO₂-Emission 2010

Es wird deutlich, dass die Steigerung des Anteils von Biokraftstoffen um 5% ein ähnlich hohes Potential zur Senkung der CO₂-Emissionen aufweist wie die Verbesserung der Aerodynamik des LKW. Eine vollständige Substitution ist schwerer zu erreichen, da der Flächenbedarf für eine solche Maßnahme sehr groß ist.

Während der Einsatz von Biokraftstoffen der ersten oder zweiten Generation kaum Änderungen des LKW-Antriebs zur Folge hat, ist der Einsatz neuer Kraftstoffe wie Erdgas oder Wasserstoff mit weitaus höherem Aufwand verbunden. Erdgas ist aufgrund des Vorkommens auf der Erde und des vorteilhaften Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnisses sehr interessant. Um Erdgas motorisch verbrennen zu können, werden adaptierte Ottomotoren eingesetzt. Die Verbrennung von Erdgas in Dieselmotoren ist theoretisch auch möglich und für wenig dynamische Anwendungen, wie sie im LKW auftreten, prinzipiell geeignet.⁶⁴ Die Verbrennung von Wasserstoff im Ottomotor ist analog zum Erdgas möglich. Sowohl für den Erdgas-, als auch für Wasserstoffeinsatz im LKW steigen die Anforderungen an den Speicher. Diese Speicher müssen nicht nur druckfest ausgelegt sein, sondern haben auch, besonders beim Wasserstoff, erhöhte Anforderungen an die Dichtigkeit. Für beide Kraftstoffe ist es zudem nötig, eine entsprechende Infrastruktur aufzubauen, um die Flexibilität der Fahrzeuge zu erhalten.

Für die Steigerung der Effizienz von Nutzfahrzeugen ist der Einsatz von Hybrid-Konzepten sehr interessant. Dabei ist es nicht das Ziel, den LKW streckenweise ganz elektrisch zu betreiben. Der Elektroantrieb kann jedoch zur Antriebsunterstützung und zur Rekuperation genutzt werden.

⁶¹ Annahme des Autors

⁶² IFEU 2011

⁶³ MAN TB 2012

⁶⁴ IFA EDB 2012

Beispiel: Trailer-Hybrid

Ein LKW verfügt über elektrische Generatoren an den Achsen des Aufliegers. Bei Bergabfahrt wird über diese das Fahrzeug auf einer konstanten Geschwindigkeit gehalten und damit elektrische Energie erzeugt. Diese Energie kann bei der nächsten Steigung genutzt werden, um das Leistungsangebot zu verbessern.⁶⁵

Ein solches System kommt mit einem geringen Bedarf an Batterien aus und ist bereits bei sehr geringen Gefällen wirksam.

Ein weiterer Bereich, der deutliches Potential zur Verbesserung des LKWs aufweist, ist die Konstruktion der **Achsen**. Seit vielen Jahren sind Starrachsen mit Luft- oder Blattfedern im Einsatz. Im PKW-Bereich hat die Einführung der Einzelradaufhängung bzw. die Gestaltung der Achsen in der Art, dass ein optimaler Fahrbahnkontakt gewährleistet werden kann, eine erhebliche Verbesserung der übertragbaren Kräfte bewirkt. Besonders bei der Gestaltung der Trailer kann durch die Ausführung als Einzelradaufhängung die Schwerpunktage gesenkt und zwischen den Rädern zusätzlicher Stauraum geschaffen werden. Gleichzeitig würden die ungefederten Massen verringert, was zu einer Reduktion der in den Aufbau eingeleiteten Energie führt. Dieser Effekt hat zwei positive Folgen: Erstens werden die übertragbaren Kräfte erhöht und damit die Sicherheit verbessert. Der zweite positive Effekt ist die Reduktion des vom LKW emittierten Geräuschpegels.

Für die Auslegung von **Reifen** stehen 4 wesentliche Parameter zur Verfügung: die Kontur, das Profil, das Material und die Konstruktion. Mit Hilfe dieser vier Parameter können die Eigenschaften definiert werden. Reifen im Nutzfahrzeugsegment müssen sich besonders durch lange Haltbarkeit, minimalen Rollwiderstand, Runderneuerungsfähigkeit und Sicherheit auszeichnen. Einige Eigenschaften der Reifen-Auslegung stehen jedoch in direktem Zielkonflikt. Für die Sicherheit eines Reifens ist eine gute Haftung auf trockener und nasser Straße besonders wichtig. Eine Möglichkeit, diese Eigenschaft zu erreichen, ist Wahl einer weichen Gummimischung. Eine weiche Gummimischung führt jedoch zu einem hohen Verschleiß. Sicherheit und minimaler Rollwiderstand stehen somit bei der Entwicklung von LKW-Reifen in einem Zielkonflikt, eine Auslegung stellt immer einen Kompromiss zwischen diesen Eigenschaften dar. Da für Nutzfahrzeugreifen eine hohe Laufleistung und geringer Verschleiß besonders wichtig ist, sind diese Reifen in den letzten Jahren auch darauf hin entwickelt worden. Betrachtet man die in Kapitel 1.4 dargestellten Unfallursachen für LKW-Unfälle, steht der «Abstand» an erster Stelle. Das bedeutet, der Unfall kam zustande, weil der Bremsweg nicht ausreichend war. Aus diesem Grund berücksichtigt das zum 01.11.2012 eingeführte Tyrelabel⁶⁶ auch die Nasshaftung. Leider müssen Reifen für schwere Nutzfahrzeuge zwar geprüft, jedoch nicht gekennzeichnet werden. Weiterhin sind auch die häufig bei LKWs eingesetzten runderneuertem Reifen von der Kennzeichnungspflicht ausgenommen.

⁶⁵ FSD 2011

⁶⁶ CON 2012

Im Bereich der **Bremsen** kommen heute pneumatisch betätigte Scheibenbremsen und hydrodynamische Retarder zum Einsatz. Die Verwendung eines Retarders hat den Vorteil, dass kein mechanischer Verschleiß an der Bremse verursacht wird. Für eine schnelle, wirkungsvolle Abbremsung sind jedoch Scheibenbremsen notwendig. Besonders vorteilhaft ist der Einsatz von elektromechanischen Retardern. Mit diesen kann die Bremsenergie in Strom umgewandelt und im Sinne des oben beschriebenen Trailer-Hybrid genutzt werden.

Im Gegensatz zum PKW muss ein LKW eine deutlich geringere maximale Bremswirkung aufweisen.⁶⁷ Physikalisch gibt es für diese Unterscheidung keinen Grund. Vor dem Hintergrund der Vielzahl an Auffahrunfällen mit LKW-Beteiligung besteht hier ein erheblicher Handlungsbedarf, um die Verkehrssicherheit zu erhöhen.

Fazit

Im Bereich der Subsysteme und Komponenten besteht ebenfalls ein erhebliches Potential, die Verkehrssicherheit zu erhöhen und gleichzeitig die Effizienz zu steigern. Die wissenschaftlichen Hintergründe sind größtenteils bekannt. Viele Entwicklungsschritte können aus dem PKW-Segment übernommen werden.

Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen Maßnahmenpaket 1

Im Maßnahmenpaket 1 sind vielfältige Möglichkeiten betrachtet, die die direkte Veränderung des LKWs behandeln. Tabelle 5 zeigt diese Einzelmaßnahmen mit der jeweiligen Bewertung anhand der Kriterien: Effizienz/Emissionen, Sicherheit, Flexibilität, Abmessungen der LKWs, Ladungsvolumen und die Kosten. Die Bewertung erfolgt dabei anhand einer Positiv/negativ-Bewertung, mit der Skala «++»(sehr positiv) bis «- -»(sehr negativ). «0» steht dabei für ein neutrales Verhalten. Alle Maßnahmen zeigen eine positive bis sehr positive Auswirkung auf die Effizienz/Emissionen oder auf die Sicherheit, was in der Auswahl der Maßnahmen begründet ist. Weiterhin ist festzustellen, dass der überwiegende Teil der Maßnahmen mit einer Steigerung der Kosten verbunden ist. Besonders interessant ist die Kombination von Maßnahmen, welche sowohl die Sicherheit als auch die Emissionen verbessern. Da der Bereich der Nutzfahrzeuge heute im Wesentlichen über die Kosten reguliert wird, ist es notwendig, für LKWs mit solchen Maßnahmen finanzielle Anreize und die rechtlichen Rahmenbedingungen zu schaffen.

Tabelle 5: Bewertung Maßnahmenpaket 1

		Bewertungskriterien					
		Effizienz/ Emissionen	Sicherheit	Flexibilität	Abmessungen	Ladungsvolumen	Kosten
Gesamtsystem	Aerodynamik	++	0	-	-	0	--
	passive Sicherheit	0	++	0	-	0	-
	Leichtbau	++	+	-	0	0	-
	optimales Transportmittel	+	0	-	-	-	-
Antrieb	Mild-Hybrid	++	+	+	0	0	0
	heutige Biokraftstoffe	++	0	0	0	0	0
	alternative Biokraftstoffe	++	0	-	0	-	--
Komponenten	Achsen	+	++	0	0	++	-
	Bremsen	+	++	0	0	0	-
	Reifen	+	++	0	0	0	-

++ = sehr positiv, + = positiv, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

Quelle: Eigene Darstellung

Finanzielle Anreize bestehen heute schon für Fahrzeuge nach der Euro 6 Abgasgesetzgebung. Dabei erfolgt die Förderung durch die KfW.⁶⁸ Diese Förderung, die zu einer schnelleren Marktdurchdringung von Fahrzeugen mit verringerter Emission führen soll, muss auch auf Fahrzeuge ausgeweitet werden, die die Effizienz aufgrund ihrer Bauweise erhöhen. Gleichzeitig muss auch die Entwicklung, die erhebliche Kosten verursacht, vorangetrieben werden. Dazu bestehen zum einen die Möglichkeit die Standards anzupassen und damit den Bedarf zu generieren und zum anderen ebenfalls die Möglichkeit der finanziellen Förderung über öffentliche Forschungsprojekte. Ebenfalls denkbar ist eine Förderung besonders sicherer LKWs durch Begünstigung bei der Maut. Durch eine solche Förderung findet die tatsächliche Fahr- und Transportleistung direkte Berücksichtigung.

Aus rechtlicher Sicht sind die heutigen Vorgaben der STVZO bezüglich der Abmessungen von LKWs zu überdenken. Es ist durchaus sinnvoll, eine Zunahme der Länge zuzulassen, wenn diese zusätzlichen Bereiche der Verbesserung der Aerodynamik und der Sicherheit dienen. Ebenfalls anzupassen sind die Vorgaben bezüglich der Bremsleistung von LKWs, da diese nicht an die veränderte Situation eines zunehmenden Güterverkehrs angepasst sind.

68 VRS KfW 2012

3.3.2 Maßnahmenpaket 2: Potentiale nutzen, durch maximalen Einsatz von Assistenzsystemen und Verkehrsmanagementfunktionen

Nachdem im Maßnahmenpaket direkte technische Maßnahmen zur Verbesserung des LKWs behandelt wurden, soll im Maßnahmenpaket 2 die Verbesserung der Verkehrssicherheit bei gleichzeitiger Verbesserung des Verkehrsflusses und der Senkung der Emissionen betrachtet werden.

Der Grundansatz dieses Maßnahmenpaketes ist die Vorstellung eines «intelligenten LKW». Durch die intensive Erhöhung der Informationen, welche dem Fahrzeug und teilweise auch der Fahrerin oder dem Fahrer zur Verfügung stehen, können nachhaltige Verbesserungen in Bezug auf Sicherheit und Effizienz/Verbrauch erzielt werden. Im weiteren Verlauf wird zwischen Systemen zur Assistenz des Fahrers und Funktionen zur Lenkung des Verkehrs unterschieden.

Assistenzsysteme können hierbei Informationen nutzen, welche das Fahrzeug größtenteils selbst erfasst und diese der Fahrerin oder dem Fahrer in Form von Unterstützung weitergeben. Diese Systeme sind überwiegend aus dem PKW-Bereich bekannt und in ihren Wirkungsweisen und Potentialen untersucht. Tabelle 6 gibt einen Überblick über Fahrerassistenzsysteme (FAS), die heute Stand der Technik sind, jedoch noch geringe Anwendung im LKW finden. Das größte Potential, die Verkehrssicherheit zu verbessern, hat demnach der Notbremsassistent. Zwar werden ab November 2013 solche Systeme für schwere LKWs gesetzlich vorgeschrieben⁶⁹, jedoch nicht mit der Forderung, einen Unfall zu vermeiden, sondern lediglich die Geschwindigkeit vor dem Aufprall auf ein anderes Fahrzeug um 10 km/h zu verringern.⁷⁰ Laut ADAC ist diese Forderung ungenügend, da die Unfallschwere nicht ausreichend gemindert wird.⁷¹

69 UDV FAS 2012

70 ADAC NBA 2012

71 ADAC NBA 2012

Tabelle 6: Übersicht über Assistenzsysteme und ihr jeweiliges Verbesserungspotential

FAS	Nutzenpotential (%)		
	Solo-Lkw	LKW und Anhänger	Sattelzugmaschine
Notbremsassistent, einfach 1) (v*)	2,2	6,1	5,1
Notbremsassistent, erweitert 2) (v)	7,9	10,7	9,5
Abbiegeassistent RF (v)	4,2	0,6	2,9
Abbiegeassistent FG (v)	0,5	0,9	0,8
ESP (pb **)	1,5	4,6	6,1
Totwinkelwarner (pb)	6,8	5,2	6,4
Spurverlassenswarner (v)	1,6	1,8	1,3
Rückfahrassistent (v)	3,0	0,5	–

1) FAS erkennt nur bewegte zweispurige Fahrzeuge
 2) FAS erkennt bewegte und stehende zweispurige Fahrzeuge
 * v = vermeidbar; ** pb = positiv beeinflussbar

Quelle: UDV FAS 2012; eigene Darstellung

Im Folgenden werden weitere Möglichkeiten diskutiert, welche in Form von Assistenzsystemen ein hohes Potential aufweisen, die Verkehrssicherheit zu erhöhen und gegebenenfalls den Verbrauch zu senken.

Umfeldüberwachung durch Kamerasysteme

Unfälle zwischen LKWs und anderen Verkehrsteilnehmern, besonders den Schwächsten, den Radfahrern und Fußgängern, weisen aufgrund der Größenverhältnisse eine besonders hohe Schwere auf. Hierbei ist nicht die Geschwindigkeit das vordringliche Problem, sondern die Übersichtlichkeit. Da Spiegelsysteme immer Bereiche schlechter Sichtbarkeit (toter Winkel) aufweisen werden, ist hier der Einsatz von Kameras von großem Vorteil. Besonders die Anzahl der Unfälle zwischen LKWs und Radfahrern oder Fußgängern innerhalb von Ortschaften könnte über ein solches System deutlich reduziert werden. Derzeitig entfallen etwa 15% der durch LKWs getöteten Personen auf Radfahrer und Fußgänger.

Notbremsassistent und elektronische Deichsel

Das Potential der Verringerung des Abstandes zwischen einzelnen LKWs ist bekannt und sehr hoch. Sowohl für das vorausfahrende, als auch für das nachfolgende Fahrzeug sind so erhebliche Verbrauchsvorteile realisierbar.⁷² Problematisch sind bei einem solchen System natürlich die Verringerung des Sicherheitsabstandes und damit auch ein erhöhtes Auffahrerisiko. Die «elektronische Deichsel», als Regelungssystem zur Einhaltung eines konstanten niedrigen Abstandes, ist aus diesem Grunde immer mit einem Notbremsassistenten zu koppeln. Dieser Assistent leitet im Falle einer Verzögerung des vorausfahrenden LKWs automatisch eine bedarfsgerechte Bremsung ein. Auch ohne die Kopplung mit der «elektronischen Deichsel» ist dieser

72 Daimler 2012

Assistent sehr sinnvoll, um schwere Auffahrunfälle zu vermeiden. Für die Umsetzung eines solchen Systems ist eine Anpassung der STVZO notwendig, da diese autonomen Eingriffe des Fahrzeuges heute nicht zulässig sind. Das Potential, den Verbrauch und damit die Emissionen zu senken, bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit, ist hoch, auch wenn Effekte wie langsam fahrende Fahrzeuge oder das Ein- und Ausfädeln bei Auf- und Abfahrten auf Autobahnen besondere Herausforderungen darstellen.

Durch die Kombination dieser Systeme wird es möglich, mehrere LKWs auf der Autobahn elektronisch zu einem Zug zusammenzuschließen und dabei die Verkehrssicherheit zu erhöhen und gleichzeitig den Verbrauch zu senken. Durch die automatische Abstandsregelung kann das Fahrpersonal entlastet werden, da Routineaufgaben entfallen.

Spurassistent und Überholassistent

Systeme, welche den Fahrer bei Verlassen der Spur bzw. bei Einleitung eines Überholvorganges in kritischen Situationen warnen, sind heute bekannt und im Einsatz. Die Durchdringung des Marktes mit solchen Systemen ist jedoch gering. Besonders vorteilhaft können solche Systeme gestaltet werden, wenn sie mit Kamerasystemen zur Umfeldüberwachung gekoppelt werden. Die Synergie dieser beiden Systeme kann so zu einer deutlichen Erhöhung der Sicherheit, bei Spurwechsel und beim Verlassen der Spur, beitragen.

Fahrzustandsüberwachung

Trotz gesetzlicher Vorgaben zu Fahrzeiten und Pausenzeiten sowie strenger Kontrolle ist das Sicherheitsrisiko durch zu lange Fahrzeiten und damit durch Übermüdung hoch. Während Fahr- und Pausenzeiten gesetzlich geregelt sind, werden die Be- und Entladezeiten sowie mögliche Anfahrtswege des Fahrpersonals außer Acht gelassen. Zusätzlich sinkt durch die verlängerten Transportweiten die Abwechslung für die Fahrerinnen und Fahrer. Eine Überwachung des Fahrzustandes in Kombination mit Verkehrsmanagementfunktionen, die beispielsweise den nächstgelegenen Rastplatz zuweisen, kann hier die Arbeitsbedingungen deutlich verbessern und gleichzeitig das Sicherheitsrisiko vermindern.

Fazit

Zusätzlich zu den heutigen FAS sind weitere Systeme denkbar, die neben der Verbesserung der Verkehrssicherheit auch eine Reduktion des Verbrauchs bewirken können. Die gesetzliche Verpflichtung zur Einführung eines Notbremsassistenten ist ein erster Schritt in die richtige Richtung, jedoch ist die Anforderung noch zu niedrig und die Zeitdauer bis zu einer umfassenden Marktdurchdringung lang.

Funktionen des Verkehrsmanagements umfassen Möglichkeiten zum aktiven Lenken der Verkehrsströme durch intensive Nutzung von Informationen. Diese Informationen umfassen dabei die bereits verfügbaren Daten der Verkehrsleitzentralen und die noch sehr wenig genutzten Cloudinformationen, die zum Beispiel über die Auswertung von Smartphone-Signalen generiert werden können.

Kombination von Verkehrsmanagement und Navigation

Verkehrsmanagement und Navigation im Fahrzeug sind heute zwei unterschiedliche Systeme, die nicht aufeinander abgestimmt sind und zum Teil widersprüchliche Informationen an die Fahrer weitergeben. Durch die Kombination der bestehenden Daten mit dem vermehrten Ausbau von X to X Kommunikation, das heißt der Kommunikation jedes Verkehrsteilnehmers mit jedem Verkehrsinfrastrukturelement (Beispiel Ampel), besteht die Möglichkeit Verkehrsströme definiert zu lenken. Gleichzeitig können durch intelligente Navigation, die Arbeitsbedingungen der Fahrerinnen und Fahrer nachhaltig verbessert werden.

Beispiel: Auf einem Autobahnabschnitt ist aufgrund eines Unfalls ein spontaner Stau entstanden. Die Information über den Stau gelangt in die Verkehrsleitzentrale. Heute kann diese zum Teil durch Umleitungsempfehlungen versuchen, den nachfolgenden Verkehr umzuleiten. Mit dem erweiterten System stehen erheblich mehr Informationen zur Verfügung, sodass fahrzeugindividuell die zielführendste Strategie entwickelt und an die Fahrerinnen und Fahrer weitergegeben werden kann. Für das Beispiel kann dies folgendes bedeuten:

1. Aufgrund der bisherigen Fahrzeit wird der nächstgelegene Rastplatz rechtzeitig empfohlen.
2. Bei ausreichender Restfahrzeit werden für den jeweiligen LKW geeignete Ausweichrouten empfohlen.
3. Sind weder Ausweichstrecken noch Rastplätze verfügbar, wird das Ausweichen auf den Standstreifen empfohlen. Das Fahrpersonal hat Pausenzeit.

Die **fahrzeugindividuelle Routenführung** ist generell von großem Vorteil den Verkehrsfluss zu verbessern.

Beispiel: Ein LKW ist mit seiner maximalen Zuladung beladen und soll eine Strecke extremer Steigung befahren. Über das vorgestellte System könnten die Fahrzeugmasse und die weiteren Fahrzeugspezifikationen in die Routenführung einbezogen und dem Fahrpersonal Alternativen empfohlen werden.

Weiterhin ist auch die zeitliche und räumliche Trennung von Güterverkehr und motorisiertem Individualverkehr möglich. Besonders zu Spitzenzeiten wie im Berufsverkehr oder der Urlaubszeit kann die Behinderung des Güterverkehrs durch den MIV deutlich reduziert werden. Neben den sich einstellenden Verbrauchsvorteilen aufgrund der vermiedenen LKW-Stauzeiten bewirkt die räumliche Trennung zusätzlich eine Erhöhung der Sicherheit.

Die positiven Effekte einer abgesenkten Höchstgeschwindigkeit in Spitzenzeiten des Verkehrsaufkommens sind bekannt. Durch die Homogenisierung und die Verringerung des Abstandes, aufgrund des geringeren Bedarfs an Sicherheitsabstand kann eine Steigerung der Kapazität und eine Senkung des Unfallrisikos erreicht werden, gleichzeitig wird der Verbrauch durch die niedrige gleichmäßige Geschwindigkeit

abgesenkt. Auch hier gibt es heute durch Verkehrsmanagement und Navigation abweichende Vorgaben. Die Gestaltung der Höchstgeschwindigkeit als vollvariables System bietet erhebliche Vorteile gegenüber generellen Tempolimits, da so die Höchstgeschwindigkeit auch auf sehr niedrige Werte wie beispielsweise 60 km/h oder 70 km/h abgesenkt werden kann, während in Zeiten ohne Verkehrsbehinderung nichts gegen schnelleres Vorankommen spricht.

Um die Funktionen des Verkehrsmanagements in der beschriebenen Weise umzusetzen, besteht öffentlicher Diskussionsbedarf, da die zur Umsetzung notwendigen Impulse nicht vom Verkehr selbst kommen können.

Mautsystem richtig nutzen

Analog zu den positiven Folgen einer intelligenten Navigation können ähnliche Effekte auch durch den richtigen Einsatz des bestehenden Mautsystems erreicht werden. Hierbei kann besonders die preisliche Abstufung von Strecken hoher und niedriger Kapazität unter Berücksichtigung tageszeitlicher Varianz einen großen Beitrag leisten, die starke Zentrenbildung bzw. die extreme Belastung einzelner Streckenabschnitte deutlich zu reduzieren. Die variable Bemessung der Maut, d.h. eine Strecken, Tageszeit und Fahrzeug abhängige Maut, kann einen erheblichen Beitrag leisten, die Gleichverteilung des Verkehrs zu erhöhen.

Das fortschrittliche Mautsystem für den Güterverkehr in Deutschland lässt die Umsetzung eines solchen Systems leicht zu, während die im übrigen Europa üblichen Vignetten schlecht für die variable Gestaltung der Maut geeignet sind.

Fazit

Das zukünftig steigende Verkehrsaufkommen bedarf einer zunehmenden Lenkung, um den Verkehr möglichst gleichmäßig zu verteilen und gleichzeitig das Sicherheitsrisiko weiter zu senken. Dazu können die fahrzeugindividuelle Routenführung und der erweiterte Einsatz des Mautsystems einen erheblichen Beitrag leisten.

Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen Maßnahmenpaket 2

In Tabelle 7 sind die Maßnahmen des Maßnahmenpaketes 2 mit Bewertungen dargestellt. Analog zu Maßnahmenpaket 1 ist erkennbar, dass für den überwiegenden Teil der betrachteten Möglichkeiten mit einer Kostenzunahme zu rechnen ist. Besonders im Bereich der Verkehrsmanagementfunktionen liegt ein erhebliches Potential, die Sicherheit zu erhöhen und gleichzeitig die Effizienz zu steigern, da durch einen besser verteilten Verkehr Stauzeiten vermindert und Sicherheitsrisiken vermieden werden können.

Tabelle 7: Bewertung Maßnahmenpaket 2

		Bewertungskriterien				
		Effizienz/ Emissionen	Sicherheit	Flexibilität	Arbeitsbedingungen	Kosten
Assistenzsysteme	Umfeldüberwachung	0	++	0	0	-
	Notbremsassistent und elektrische Deichsel	++	++	0	+	-
	Spurassistent und Überholassistent	0	++	0	0	-
	Fahrzustandsüberwachung	0	++	0	+	-
Verkehrsmanagement	Verkehrsmanagement und Navigation	+	+	0	+	--
	fahrzeugindividuelle Routenführung	+	+	-	+	--
	erweiterter Einsatz des Mautsystems	+	+	-	0	0

++ = sehr positiv, + = positiv, 0 = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

Quelle: Eigene Darstellung

Um eine effektive Marktdurchdringung mit Assistenzsystemen zu erreichen, sind gesetzliche Forderungen unumgänglich. Die Einführung des Notbremsassistenten ab 2013 kann dabei nur als ein erster Schritt gesehen werden, da die Anforderungen sehr gering sind. Hier sind Nacharbeiten notwendig, damit dieses System tatsächlich zu einer erheblichen Unfallschwereminderung und damit zu einer Steigerung der Verkehrssicherheit beiträgt.

Um den steigenden Kosten gerecht zu werden und um eine möglichst schnelle Marktdurchdringung zu erreichen, können finanzielle Anreize ein sinnvolles Werkzeug sein. Aufgrund des gesamtgesellschaftlichen Nutzens einer verbesserten Verkehrssicherheit des LKWs erscheint es sinnvoll, diese Systeme öffentlich zu fördern.

Das Mautsystem in Deutschland ist nach wie vor eines der fortschrittlichsten in Europa. Leider werden die Möglichkeiten, die ein solches System zur Lenkung des Verkehrs aufweist, nicht vollständig ausgenutzt. Weiterhin ist es vor dem Hintergrund eines europäischen Verkehrsraums sinnvoll, ein einheitliches Mautsystem zu schaffen.

Assistenzsysteme und Verkehrslenkung können jedoch nur in begrenztem Rahmen Defizite der Arbeitsbedingungen der LKW-Fahrerinnen und -Fahrer ausgleichen. Übermüdung und Ablenkung sind ein wesentlicher Grund schwerer LKW-Unfälle. Obwohl Fahr- und Pausenzeiten gesetzlich vorgeschrieben sind und stark kontrolliert werden, spiegeln diese oftmals nicht die tatsächliche Arbeitsbelastung des Fahrpersonals wider. Um nachhaltig die Ursachen von LKW-Unfällen zu reduzieren, ist es notwendig, die vollständigen Tätigkeitszeiten zu berücksichtigen und nicht nur die

reinen Lenkzeiten. Auch hier ist der Gesetzgeber gefragt, da nur einheitliche europäische Vorgaben zielführend sind und nicht zur Benachteiligung einzelner führen.

3.3.3 Maßnahmenpaket 3: Maximale Veränderung der Infrastruktur zur Verbesserung der Transportkapazität

In den vorangegangenen Maßnahmenpaketen sind Möglichkeiten aufgezeigt, die größtenteils heute bereits bei entsprechender Förderung und Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen umsetzbar sind und gleichzeitig kaum Anpassungen der Infrastruktur erfordern.

Die betrachteten Möglichkeiten dieses dritten Maßnahmenpaketes weisen eine maximale Veränderung der Infrastruktur auf und zielen damit nicht auf eine kurzfristige Verbesserung ab, sondern sollen vielmehr Anregungen für zukünftige umfangreiche Anpassungen des Verkehrssystems bieten.

Räumliche Trennung

Die Trennung des Güterverkehrs auf der Straße vom motorisierten Individualverkehr hat große Vorteile, die Sicherheit zu erhöhen und gleichzeitig die gegenseitige Beeinflussung zu reduzieren. Bei massiver Veränderung oder Neuorganisation der Infrastruktur sind gesonderte Fahrspuren für den Güterverkehr denkbar. Diese lassen sich am besten auf Straßen mit mehreren Fahrspuren (Autobahnen und Bundesstraßen) realisieren. Innerorts wären die Maßnahmen des zweiten Paketes zur fahrzeugindividuellen Routenführung zielführender.

Eine abgetrennte LKW-Spur kann nicht nur die Stauzeiten deutlich reduzieren, sie eignet sich auch sehr gut zur Implementierung einer elektronischen Deichsel und bietet damit sehr gute Voraussetzungen für autonomes oder teilautonomes Fahren.

Schwierigkeiten sind der entstehende Geschwindigkeitszwang, das Ein- und Ausfädeln aus der Kolonne und die veränderten Sicherheitsanforderungen im Falle eines Unfalls.

Eine abgetrennte Fahrspur ist nicht für jeden Streckenabschnitt sinnvoll, kann aber auf besonders stark befahrenen Abschnitten deutliche Verbesserungen bringen.

Elektrisch betriebener LKW

Bei maximaler Anpassung der Infrastruktur wird auch der elektrisch betriebene LKW möglich. Hierzu ist eine Spur pro Richtung mit Oberleitungen zu versehen. Das Fahrzeug wird ausschließlich elektrisch betrieben. Ein Antrieb über den Batteriebetrieb ist aufgrund der Größe und des Gewichtes für den Nutzfahrzeugbereich ungeeignet.

Der große Vorteil eines solchen Konzeptes ist die direkte Verwendung von regenerativ erzeugtem Strom, bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad des Antriebs. Bei der Umsetzung eines solchen Systems ist zu klären, in welcher Weise die Finanzierung der zusätzlichen Infrastrukturelemente zu gestalten ist. Weiterhin sind zusätzliche Untersuchungen notwendig, um detailliert Kenntnis von besonders

vorteilhaften Einsatzfällen und damit Kosten-Nutzen-Aussagen für den elektrischen Straßengüterverkehr zu erlangen. In jedem Fall ist die Umsetzung dieser Technologie als mittel- bis langfristig einzuschätzen, da eine Umrüstung bestehender LKWs nur mit hohem Aufwand möglich ist. Der Einsatz dieser Technologie ist demnach mit einer neuen Generation von LKWs zu kombinieren.

Im Folgenden soll durch zwei Rechenbeispiele zum Strombedarf des gesamten Straßengüterverkehrs und zum Strombedarf der LKWs im Verteilerverkehr der Energiebedarf verdeutlicht werden.

Rechenbeispiel: Theoretischer Energiebedarf des gesamten Straßengüterverkehrs

- Energieverbrauch des Straßengüterverkehrs im Jahr 2010 = 600PJ
- Erneuerbar erzeugter Strom in Deutschland im Jahr 2010 = 360 PJ
- Annahme Wirkungsgrad gesamte Nutzleistung Diesel-LKW: 50%
- Annahme Wirkungsgrad für elektrischen Antrieb nach Abzug aller zusätzlichen Leistungen: 60%
- Benötigter Strombedarf Straßengüterverkehr: $600 \text{ PJ} \times 0,5 = \mathbf{300 \text{ PJ}}$
- Für Antrieb des Fahrzeuges nutzbarer Anteil des EE-Stroms:
 $300 \text{ PJ} \times 0,6 = \mathbf{216 \text{ PJ}}$

Aus dem obigen Rechenbeispiel wird deutlich, das selbst ohne Berücksichtigung der zu erwartenden tageszeitlichen Schwankungen des Energiebedarfes der gesamte heute in Deutschland erneuerbar erzeugte Strom nicht ausreicht, um den gesamten Güterverkehr zu elektrifizieren.

Rechenbeispiel: Strombedarf Verteilerverkehr

- Anteil des Verteilerverkehrs an der Transportleistung des Straßengüterverkehrs (bis 50km): 2,9%⁷³
- Energieanteil des Verteilerverkehrs, Annahme doppelter Energiebedarf aufgrund der Kurzstrecke: 6% entspricht 36 PJ
- 17% des regenerativ erzeugten Stroms wären für die Elektrifizierung des Verteilerverkehrs auf der Straße notwendig!

Auch bei diesem zweiten Beispiel sind die tageszeitlichen Schwankungen nicht berücksichtigt. Es kann jedoch abgeleitet werden, dass eine Elektrifizierung des Verteilerverkehrs vor dem Hintergrund stetiger Zunahme des erneuerbar erzeugten Stroms theoretisch möglich ist.

Der Einsatz von konventionell erzeugtem Strom ist hierbei nicht sinnvoll, da so nur eine Verlagerung der Emissionen erreicht werden würde und gegenüber einem klassisch dieselbetriebenen Nutzfahrzeug keine tatsächlichen Effizienzvorteile zu erzielen sind. Zusätzlich zu den verteilungsspezifischen Fragen ist weiterhin zu

⁷³ BMVBS, ViZ 11/12

beachten, dass durch den Verkauf von Kraftstoffen erhebliche Steuereinnahmen entstehen, während regenerativ erzeugter Strom heute subventioniert wird. Es ist zu erwarten, dass sich die steuerliche Lenkungsfunction in den kommenden Jahren mit der Umsetzung der Energiewende verändern wird.

Ausbau des kombinierten Verkehrs

Der kombinierte Verkehr hat ein großes Potential, die Vorteile der einzelnen Verkehrsträger effektiv zu nutzen. Dabei gibt es drei wesentliche Aufgaben, die es zu lösen gilt. Die erste Aufgabe ist die Bereitstellung der benötigten Transportleistung durch die Eisenbahn, besonders bezüglich der Hauptachsen und im Bereich stark frequentierter Knotenpunkte. Das heutige deutsche Schienennetz hat kaum Reserven, eine weitreichende Verlagerung des Güterverkehrs von der Straße auf die Schiene aufzunehmen. Es ist in jedem Fall nicht zielführend, den kombinierten Verkehr zu erhöhen und dafür den klassischen Schienenverkehr zu reduzieren. Zielstellung für einen nachhaltigen kombinierten Verkehr muss es sein, besonders Güter mit einer sehr hohen Transportweite über die Schiene zu befördern, da dann der Effizienzvorteil des Verkehrsträgers Eisenbahn besonders zum Tragen kommt. Dazu ist eine detaillierte Analyse heutiger und zukünftiger Hauptachsen notwendig, die über Ausbaumaßnahmen ertüchtigt werden müssen. Damit können nicht nur die Transportleistungen erhöht, sondern auch Angebotsverbesserungen im Schienenpersonenverkehr erreicht werden.

Die zweite wesentliche Aufgabe ist die Gestaltung der Verladung der Güter. Da im Güterverkehr zeitliche Verzögerungen auch immer Verluste bedeuten, ist, bei Beibehaltung der heutigen zeitlichen Vorgaben, ein reibungsloser, schneller Verladeprozess unbedingt notwendig. Eventuell kann diese Problemstellung durch bedarfsangepasste Transportzeiten entschärft werden. Denkbar ist beispielsweise eine transportzeitabhängige Preisgestaltung. Zusätzlich sind die benötigten Verkehrsflächen zu berücksichtigen, da bereits heute in diesem Bereich Engpässe bestehen, die sinnvolle Güterverkehrszentren verhindern. Für das Verladen selbst ist zum Einen das Verladen des gesamten Aufliegers denkbar oder die Verwendung von Containeraufliegern. Für beide Möglichkeiten sind angepasste Verladesysteme zu schaffen, um die Verladezeiten möglichst gering zu halten.

Als dritte Aufgabe sind die Kosten kombinierter Systeme zu betrachten. Es muss sich finanziell lohnen, Güter im kombinierten Verkehr zu befördern, andernfalls ist dieser im extrem kostengetriebenen Güterverkehr nicht zu steigern. Anreize können hierfür wiederum durch die LKW-Maut geschaffen werden.

Fazit

Steigender Güterverkehr und steigender Personenverkehr werden zukünftig zu immer stärkeren Engpässen in der heutigen Verkehrsinfrastruktur führen. Um dem zu begegnen, ist nicht nur die Weiterentwicklung der Verkehrsträger notwendig, sondern auch eine Anpassung der Infrastruktur. Dabei kann über die vorgestellten Maßnahmen gleichzeitig die Verkehrssicherheit erhöht und eine Senkung der Emissionen erreicht werden.

Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen Maßnahmenpaket 3

In Tabelle 8 sind die Maßnahmen des dritten Paketes im Vergleich dargestellt. Es wird deutlich, dass die Infrastrukturveränderungen mehr als alle bisher vorgestellten Maßnahmen zu erheblichen Kosten führen werden. Dabei ist der Zugewinn an Sicherheit nicht für alle Systeme gegeben, wenn nicht zusätzlich zur Anpassung der Infrastruktur auch eine Weiterentwicklung der Verkehrsträger erfolgt.

Die hohen Kosten machen öffentliche Anschubfinanzierungen und Förderungen notwendig. Idealerweise kann über Modellregionen oder Versuchsanlagen das Potential nachgewiesen werden, um daraus die tatsächlichen Mehrkosten zu ermitteln.

Gleichzeitig kann aus technologischer Sicht auf bestehendes Wissen zurückgegriffen werden, sodass nicht in jedem Fall völlige Neuentwicklungen notwendig sind. Für den elektrischen Verteilerverkehr kann beispielsweise die elektrische Ausführung von Nahverkehrsbussen, wie sie in einigen europäischen Städten im Einsatz ist, als Vorbild dienen.

Tabelle 8: Bewertung Maßnahmenpaket 3

		Bewertungskriterien					
		Effizienz/ Emissionen	Sicherheit	Flexibilität	Integration EE	Umsetzbarkeit	Kosten
Infrastruktur	räumliche Trennung	++	++	-	o	-	--
	elektrischer Straßengüterverkehr	++	o	--	++	--	--
	elektrischer Verteilerverkehr	++	o	-	++	+	--
	Ausbau kombinierter Verkehr	++	+	-	++	++	--

++ = sehr positiv, + = positiv, o = neutral, - = negativ, -- = sehr negativ

Quelle: Eigene Darstellung

Die für den kombinierten Verkehr notwendigen Güterverkehrszentren haben sich seit vielen Jahren etabliert. Zu beachten ist, dass mit Zunahme des kombinierten Verkehrs auch der Flächenbedarf für solche Zentren erheblich ansteigt, da eine ausreichende Dichte an Verladestationen für den kombinierten Verkehr nötig ist.

Auf europäischer Ebene sind die Bestrebungen, einen einheitlichen Verkehrsraum zu schaffen, weiter voranzutreiben, da durch die Beseitigung von länderspezifischen Ausprägungen des Schienennetzes eine Zunahme des grenzüberschreitenden Verkehrs auf der Schiene möglich ist.

3.4 Abschließende Betrachtung der Maßnahmenpakete

Die eben betrachteten Maßnahmen sollen alle eine Verbesserung der Sicherheit und der Effizienz des Güterverkehrs, vornehmlich des Straßengüterverkehrs, bewirken. Nahezu alle diese Maßnahmen führen zu einer Steigerung der Kosten und oft auch zu einer eingeschränkten Flexibilität.

Anhand ausgewählter Beispiele konnte verdeutlicht werden, dass der Güterverkehr ein deutliches Potential besitzt, zur Emissionsreduktion beizutragen. Gleichzeitig muss für alle zukünftigen Entwicklungen die Verkehrssicherheit berücksichtigt werden, da durch eine Weiterentwicklung in diesem Bereich die Anzahl der jährlich im Straßenverkehr getöteten Personen gesenkt werden kann.

Aus diesem Grund sind Maßnahmen, welche die Effizienz und die Sicherheit verbessern, besonders interessant. Zu nennen ist hier die Aerodynamik heutiger LKWs, die durch optimierte Formgebung zu einer erheblichen Einsparung von CO₂ führt und gleichzeitig im Sinne der passiven Sicherheit die Unfallschwere für den Unfallgegner deutlich senken kann. Hierfür sind Anreize zu schaffen und unter Umständen die rechtlichen Rahmenbedingungen anzupassen, wenn eine solche Veränderung der Bauform nicht mit den heutigen STVZO-Regulativen vereinbar ist.

Ebenfalls abzuleiten sind Maßnahmen, die einen erhöhten Aufwand an Entwicklung und gleichzeitig moderate Eingriffe in die Infrastruktur erfordern. Als Beispiel sei hier auf das verbesserte Verkehrsmanagement mit fahrzeugindividueller Routenführung verwiesen. Solche Maßnahmen sind über heutige Technologien denkbar, jedoch wird es einige Jahre dauern, bis solche Systeme etabliert sind, da die Infrastruktur die «X to X»-Kommunikation heute noch nicht ermöglicht. Aus diesem Grund ist es notwendig, solche Entwicklungen in die Gestaltung eines europäischen Verkehrsraumes zu integrieren. Impulse zur Implementierung können hier nicht vom Güterverkehr selbst kommen.

Für die Einschätzung der möglichen langfristigen Entwicklung sind Maßnahmen aufgeführt, die einen erheblichen Aufwand an Infrastruktureingriffen und damit eine große Zeitdauer bis zur Umsetzung erfordern. Die Zeitspanne, mit der Systeme wie beispielsweise der elektrische Verteilerverkehr umgesetzt werden können, beträgt sicherlich 20 Jahre plus X. Jedoch ist zu beachten, dass bis 2050 ein weiterer Anstieg des Güterverkehrs zu erwarten ist, dessen Regulierung allein über die Kosten nicht möglich ist. Es sind Engpässe zu erwarten, wenn nicht steuernd eingegriffen wird. Aus diesem Grund sind auch Möglichkeiten der Verbesserung, deren Wirkung erst in vielen Jahren zum Tragen kommt, bereits heute zu diskutieren.

4 Zusammenfassung und Handlungsempfehlungen

Die vorliegende Studie stellt durch eine breite Datenbasis umfangreich den Güterverkehr in Deutschland dar. Dabei ist ein wesentlicher Schwerpunkt der Vergleich der Verkehrsträger Straße und Schiene. Es konnte gezeigt werden, dass Güterverkehr heute zum überwiegenden Teil Straßengüterverkehr ist. Aufgrund einer stetigen Steigerung der Transportleistung konnte der LKW seine Bedeutung über die vergangenen Jahre kontinuierlich ausbauen. Dabei ist das Aufkommen an transportierten Gütern heute nahezu konstant. Hintergründe sind zum einen der hohe Anteil an Konsumgütern und zum anderen die Zunahme der Transportweiten.

Im europäischen Vergleich ist Deutschland Spitzenreiter im Güterverkehr und weist gleichzeitig, im Vergleich mit anderen Ländern hoher Transportleistung, den höchsten Anteil an Schienengüterverkehr im Inland auf.

Jedoch lassen sich aufgrund der amtlichen Statistik heute nicht alle relevanten Aspekte herleiten. Zwar ist die Ermittlung des realen Güteraufkommens auf Erhebungen zur Ladungsmasse gestützt, es lässt sich jedoch keine Aussage zum realen Beladungszustand ableiten. Während für die Unternehmen des Güterverkehrs zusätzlich zur Masse der Ladung auch das Volumen eine Rolle spielt, ist dieser Wert in den Statistiken nicht berücksichtigt. Besonders vor dem Hintergrund zunehmender Verpackungen der Konsumgüter besitzt das Ladungsvolumen eine zunehmende Bedeutung und sollte in zukünftigen Erhebungen berücksichtigt werden. Anhand dieser Kennzahl kann eine qualifizierte Aussage zum tatsächlichen Beladungszustand der Fahrzeuge abgeleitet werden. Die Angabe der Leerkilometer gibt heute nur unzureichenden Aufschluss über das vorhandene Potential der LKWs die Transporteffizienz durch höhere Auslastung zu steigern.

Die Verkehrsnetze in Deutschland sind im europäischen und internationalen Vergleich als gut zu bewerten. Das Schienennetz ist innerhalb Europas eines der umfangreichsten. Sowohl für die Straße als auch für die Schiene sind aufgrund der steigenden Belastung regional Tendenzen einer Überlastung erkennbar. Dabei sind die Zentren hoher Belastung für Straße und Schiene gleich, sodass hier nur begrenzt durch eine direkte Verlagerung entlastet werden kann. Den größten Teil der Belastung macht heute jedoch der Verkehr zur Beförderung von Personen aus.

Die Investitionen des Bundes in die Infrastruktur sind derzeit etwa für die Straße 18% höher als für die Schiene. Wird die erbrachte Leistung mit einbezogen, so zeigt sich, dass die direkten Investitionen in die Schiene pro beförderter Person bzw. pro erbrachter Transportleistung höher sind. Die detaillierte Beurteilung aller durch den

jeweiligen Verkehrsträger erzeugten Kosten und Gewinne lassen sich heute nicht aufstellen. Um zukünftig die volkswirtschaftlichen und unternehmerischen Kosten transportierter Ladung besser beurteilen zu können, ist eine detaillierte Aufstellung notwendig. Dabei sind alle Herstellungs-, Recycling- und Energie/Treibstoffkosten genauso zu berücksichtigen wie die Einnahmen durch die LKW-Maut, Steuern oder Trassengebühren und weitere ordnungspolitische Maßnahmen mit Lenkungsfunktion (z.B. aktuelle Förderung für erneuerbare Energien). In Kombination mit einer Aufstellung aller Investitionen auf EU-, Bundes-, Länder- und Kommunalebene kann eine qualifiziertere Aussage zu den realen Kosten für die Personen- und Güterbeförderungsleistung des jeweiligen Verkehrsträgers erstellt werden.

Für beide Verkehrsträger sind heute Tendenzen eines Substanzverzehrs erkennbar, sodass zukünftig ein Anstieg der Aufwendungen für den Erhalt bei Straße und Schiene zu erwarten ist. Gleichzeitig dürfen die Investitionen in den Aus- und Neubau nicht vernachlässigt werden, um der weiteren Zunahme des Verkehrs Rechnung zu tragen.

Auf europäischer Ebene wächst das Bewusstsein für einen einheitlichen europäischen Verkehrsraum, der durch Reduzierung von Engpässen und länderspezifischen Ausprägungen der Verkehrsträger den innereuropäischen Verkehr deutlich effizienter gestalten soll. Vorteile hat dies besonders für den grenzüberschreitenden Verkehr der Bahn, der heute einen sehr geringen Anteil ausmacht, aber ein großes Potential hat, durch den Ausbau des kombinierten Verkehrs, die Emissionen zu senken.

Innerhalb Deutschlands konnte durch strategisch sinnvolle Güterverkehrszentren der Anteil des kombinierten Verkehrs erhöht werden. Auch zukünftig wird die Bedeutung solcher Zentren weiter ansteigen. Teilweise wird durch diese Zentren jedoch die Entwicklung zum «Just in Time»-Verkehr ohne aufwendige Lagerung der Güter wieder rückgängig gemacht. Es ist nicht möglich, alle Güter sofort mit dem Erreichen eines Güterverkehrszentrums zu verladen. Warte- und Lagerzeiten sind unvermeidlich, sodass für diese Zentren auch ein Flächenbedarf besteht, der nicht in jedem Fall zur Verfügung steht.

Der Güterverkehr in Deutschland ist heute für ca. 10% der gesamten CO₂-Emissionen verantwortlich (mit energetischer Vorkette). Trotz steigender Transportleistungen ist der Energiebedarf leicht rückläufig. Große Zuwächse sind jedoch im Luftverkehr zu verzeichnen, der in Bezug auf die erbrachte Leistung eine geringe Bedeutung hat, jedoch ca. 10% der CO₂-Emissionen des Güterverkehrs ausmacht. Der Transport mit Bahn oder Binnenschiff hat aufgrund der hohen Effizienz und der verwendeten Energieträger deutliche Vorteile gegenüber dem Straßengüterverkehr. Besonders vorteilhaft ist die direkte Integration von erneuerbar erzeugtem Strom in den Bahnstrommix.

Im Bereich des Straßengüterverkehrs ist in den nächsten Jahren ein deutlicher Rückgang der NO_x- und Partikel-Emissionen durch eine zunehmende Marktdurchdringung von Fahrzeugen nach Standard Euro 5 und 6 zu erwarten. Weitere deutliche Emissionsreduktionen aufgrund technologischer Verbesserung heutiger Systeme sind nicht zu erwarten.

Die Förderung der Anschaffung besonders effizienter emissionsarmer Fahrzeuge über die KfW ist ein gutes Werkzeug, um eine Marktdurchdringung zu beschleunigen. Eine Ausweitung dieser Förderung auf Fahrzeuge, die aufgrund Ihrer Bauweise besonders effizient und sicher sind, ist sinnvoll, um auch in diesen Bereichen Verbesserungen zu erzielen.

Für die Beurteilung der Emissionen wird heute überwiegend der Verbrauch von Kraftstoff im Betrieb herangezogen. Dabei ist die Berücksichtigung der energetischen Vorkette eine erhebliche Verbesserung gegenüber einer reinen Verbrauchsrechnung. Allerdings ist auch die «Well to Wheel»-Betrachtung unvollständig, da sie die Anteile der Herstellung und des Recyclings der Fahrzeuge nicht berücksichtigt. Eine Voll-emissionsrechnung über den gesamten Lebenszyklus der Fahrzeuge ist notwendig, um neue Technologien detailliert bewerten zu können. Andernfalls besteht die Gefahr, eine Emissionsverlagerung als Emissionseinsparung zu werten und damit keinen tatsächlichen Vorteil in der Emission klimaschädlicher Gase zu erzielen.

Die Auswertung der amtlichen Statistik der Unfälle mit LKW-Beteiligung zeigt, dass solche Unfälle eine geringe Häufigkeit aufweisen, dass jedoch aufgrund der hohen Unfallschwere überdurchschnittlich viele Unfalltote zu beklagen sind. Häufigste direkte Unfallursachen sind dabei ein nicht ausreichender Abstand und Fehler beim Abbiegen. Besonders bei Kollisionen mit den schwächsten Verkehrsteilnehmern, Radfahrern und Fußgängern, ist die Unfallschwere aufgrund der Größenverhältnisse besonders hoch. Dabei spielt die Unübersichtlichkeit heutiger LKWs die tragende Rolle. Durch Verbesserungen im Bereich der passiven Sicherheit und der Übersichtlichkeit kann die Unfallschwere dieser Unfälle nachhaltig verringert werden. Dem Abstand als Hauptursache ist durch Verbesserungen mit Hilfe der Fahrerassistenz Rechnung zu tragen. Ab November 2013 wird aus genau diesem Grund ein Notbremsassistent für schwere Nutzfahrzeuge zur Pflicht, allerdings kann die derzeitig geplante Ausführung nur als ein erster Schritt gesehen werden, da die Unfallschwere durch diese Systeme nicht ausreichend gemindert wird. Die amtliche Statistik gibt derzeit nur unzureichend Aufschluss über den tatsächlichen Hergang der erfassten Unfälle. Es ist heute nicht möglich, eine Korrelation zwischen Art der Unfallgegner, Unfallart, Unfallschwere und vor allem der detaillierten Unfallursachen herzustellen. Die Erfassung der Unfälle ist deutlich zu detaillieren, um direkte Verbesserungsmaßnahmen ableiten zu können.

Im Kapitel Prognosen konnte gezeigt werden, dass für alle derzeitigen Vorhersagen das Verkehrsaufkommen und die Transportleistung auch zukünftig deutlich ansteigen werden. Dabei ist aufgrund der begrenzten Kapazität der Schiene und des Binnenschiffes, ohne zielgerichtete Förderung, nicht mit einer Verlagerung des Güterverkehrs zu rechnen, sodass bis 2050 die Veränderungen im Modal Split gering sein werden.

Bei vielen Prognosen werden große Veränderungen wie beispielsweise die Wirtschafts- und Finanzkrise 2008/2009 nicht berücksichtigt. Es zeigt sich jedoch auch, dass diese Krise einen großen Einbruch der Transportleistung zur Folge hatte, welcher in Deutschland erst 2012 vollständig überwunden war. Aufgrund solcher Ereignisse ist eine Prognose über die zukünftige Entwicklung des Güterverkehrs

nur in Grenzen möglich. So wird in der überwiegenden Anzahl der Prognosen die Entwicklung bis heute für die Zukunft fortgeschrieben, ohne große ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Veränderungen zu berücksichtigen. Im Umkehrschluss bedeutet dies auch, dass durch gezielte Maßnahmen erheblich Einfluss auf die Entwicklung genommen werden kann.

Als Grundlage für die betrachteten Maßnahmenpakete wurden folgende Anforderungen für das zukünftige Verkehrssystem abgeleitet:

- Verkehr effizienter gestalten!
- Erhöhung der Sicherheit!
- Emissionen reduzieren!
- Maximale Nutzung der Vorteile der einzelnen Verkehrsträger!

Der LKW wird auch zukünftig seine Bedeutung nicht verlieren. Eine Weiterentwicklung und Anpassung an die sich verändernden Randbedingungen eines steigenden Verkehrsaufkommens und sich verändernder gesellschaftlicher Anforderungen ist absolut notwendig, um zukünftig ein umwelt- und gesellschaftsverträgliches Verkehrssystem zu etablieren.

Es wurden 3 Maßnahmenpakete entwickelt, die in ihrer Ausrichtung so gewählt sind, dass zum einen das direkte, schnell umsetzbare Verbesserungspotential bewertet und zum anderen Anregungen gegeben werden können, wie ein zukünftiges Verkehrssystem gestaltet sein kann.

Im ersten Maßnahmenpaket sind Möglichkeiten zusammengestellt, mit denen eine direkte Verbesserung des LKW-Konzeptes erreicht werden können. Es zeigt sich, dass eine Vielzahl der Maßnahmen sowohl den Verbrauch senkt als auch die Verkehrssicherheit erhöht. Besonders hervorzuheben ist die Optimierung der Aerodynamik, da selbst bei konservativer Rechnung ca. 2 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr eingespart werden können, während gleichzeitig erhebliches Potential besteht, die passive Sicherheit für den Unfallgegner zu verbessern.

Solche Verbesserungen führen automatisch zu einer Erhöhung der Kosten. Da der Nutzen gesamtgesellschaftlich ist, sollten solche bauartbedingt umweltfreundlichen und sicheren LKWs im Sinne einer Anschubfinanzierung gefördert werden. Dazu bietet sich die Ausweitung der KfW-Förderung an. Parallel sind auch die geltenden Standards zu erhöhen, um einen Innovationsdruck zu schaffen, der aufgrund der kostengetriebenen Entwicklung der Nutzfahrzeuge sonst nicht in ausreichendem Maße entsteht.

Das zweite Maßnahmenpaket behandelt das Verbesserungspotential durch die vermehrte Nutzung von Assistenzsystemen und Verkehrsmanagementfunktionen.

Bei den Assistenzsystemen sind die Implementierung eines Notbremsassistenten mit elektronischer Deichsel und die verbesserte Umfeldüberwachung besonders vielversprechend, da über diese Systeme eine erhebliche Reduktion der häufigsten Unfallursachen zu erreichen ist. Über die elektronische Deichsel kann gleichzeitig der

Verbrauch erheblich reduziert werden, sodass auch mit den Maßnahmen des zweiten Paketes eine gleichzeitige Verbesserung von Sicherheit und Effizienz möglich ist.

Im Bereich der Verkehrsmanagementfunktionen ist besonders die fahrzeugindividuelle Routenführung vielversprechend, um den Verkehrsfluss nachhaltig zu verbessern und damit die Auslastung des Straßennetzes zu erhöhen. Solche Systeme haben zusätzlich zur Anpassung der Fahrzeuge auch die Erweiterung der Infrastruktur zur Folge und sind somit als mittelfristig einzuordnen, müssen jedoch heute bereits diskutiert werden, um mögliche Synergien mit anderen Funktionen des Verkehrsmanagements zu nutzen.

Im letzten Maßnahmenpaket wird von einer maximal möglichen Veränderung der Infrastruktur ausgegangen. Damit werden auch Ansätze wie der elektrische Verteilerverkehr diskutiert. Es konnte gezeigt werden, dass bereits heute mit ca. 17% des regenerativ erzeugten Stroms eine Elektrifizierung des gesamten Verteilerverkehrs theoretisch möglich ist. Die tageszeitlichen Schwankungen konnten in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden. Hierzu sind weitere Studien notwendig.

Mit Hilfe der drei Maßnahmenpakete konnte ein erhebliches Verbesserungspotential im Güterverkehr sowohl für lang- und mittelfristige Veränderungen, aber auch für die direkte Verbesserung des bestehenden LKW-Konzeptes aufgezeigt werden. Aufgrund der extremen Kostenorientierung der Entwicklung von Nutzfahrzeugen sind diese heute nicht auf demselben technologischen Stand wie der PKW-Sektor, sodass einige Maßnahmen direkt übernommen werden können.

Es wurde eine umfangreiche Datenbasis geschaffen, die trotz einiger Erweiterungsmöglichkeiten einen umfassenden Überblick über den Güterverkehr in Deutschland zum gegenwärtigen Zeitpunkt und für die zukünftige Entwicklung gibt.

Anregungen und Handlungsempfehlungen konnten abgeleitet werden, sodass dieser Bericht einen wertvollen Beitrag leisten kann, notwendige politische Entscheidungen auf eine solide Basis zu stellen.

QUELLEN, LITERATUR UND INTERNET-VERWEISE

- ADAC 2012: Allgemeiner Deutscher Automobil Club, www.adac.de/infotestrat/ratgeber-verkehr/statistiken, Stand 12.08.2012
- ADAC NBA 2012: www.adac.de/infotestrat/tests/crash-test/lkw_crash, Stand: 24.11.2012
- AK LB 2007: Karosserieleichtbau als Baustein einer CO₂-Reduzierungsstrategie; 16. Aachener Kolloquium, 2007
- Bast LKW 2012: Verhaltensbezogene Ursachen schwerer LKW-Unfälle; Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, 2005
- BFS 2010: Güterverkehr in der Schweiz, Bundesamt für Statistik BFS – 11 Mobilität und Verkehr, 2010
- BGL 2012: Bundesverband Güterverkehr, Logistik und Entsorgung; www.bgl-ev.de, Stand 08.08.2012
- BMUNR 2011: Erneuerbare Energien in Zahlen; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 2011
- BMVBS 2003: Bundesverkehrswegeplan 2003; www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/bundesverkehrswegeplan-2003.html, Stand 14.08.2012
- BMVBS, Protrans 2007: Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2007
- BMVBS 2007: Verkehrspolitische Orientierung für einen Masterplan Güterverkehr und Logistik; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2007
- BMVBS 2011: Entwicklung einer Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie für Deutschland – Voruntersuchung; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2011
- BMVBS LUB 2010: Effekte der Güterverkehrszentren in Deutschland; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2010
- BMVBS, ViZ 11/12: Verkehr in Zahlen 2011/2012; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2011
- BMVBS 2012, DE: Sachstandsbericht Verkehrsprojekte Deutsche Einheit, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, www.bmvbs.de, Stand 16.11. 2012
- BMVBS 2012, GIMiPr: Gleitende Mittelfristprognose für den Personen- und Güterverkehr, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
- BMVBS 2012: Investitionsrahmenplan 2011-2015 für die Verkehrsinfrastruktur des Bundes; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2012
- BMVBS 2012, BAB: Investitionen in die Bundesfernstraßen, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung; www.bmvbs.de, Stand 16.11.2012
- BMWT 2010: Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung; Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, 2010
- BR 2008: Masterplan Güterverkehr und Logistik; Bundesregierung, 2008
- BUND 2011: BUND-Initiative für effiziente und umweltgerechte Fernstraßen-Investitionen 2011-2015; Bund für Umwelt und Naturschutz e.V., 2011
- BVU 2001: Verkehrsprognose 2015; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen; 2001
- BVU 2007: Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025; Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, 2007
- CON 2012: www.conti-online.com, Stand 24.11.2012

Daimler 2012: Vorlesungunterlagen – Vorlesung Nutzfahrzeugtechnik; Daimler, 2012

DB BS 2012: www.deutschebahn.com/de/nachhaltigkeit/oekologie, Stand: 17.11.2012

DB Netz 2012: Klimaschutz bei der Deutschen Bahn, www.deutschebahn.com/de/nachhaltigkeit/oekologie/klimaschutz/db_und_klimaschutz.html, Stand: 15.08.2012

DBBV 2011: Brückenertüchtigung jetzt – Ein wichtiger Beitrag zur Sicherung der Mobilität auf Bundesfernstraßen; Deutscher Beton- und Bautechnik Verein, 2011

Destatis F8R2 2011: Verkehr – Eisenbahnverkehr; Statistisches Bundesamt, 2011

Destatis 2012: Statistisches Bundesamt; www.destatis.de, Bereich Zahlen und Fakten/Transport & Verkehr, Stand: 09.08.2012

Destatis UGkzf 2011: Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr; Statistisches Bundesamt, 2011

DStGB 2012: Straßeninfrastruktur ist die Grundlage für wirtschaftliche Entwicklung und Lebensqualität; www.dstgb.de, Stand 16.11.2012

ECO Trail 2012: <http://www.berger-ecotrail.com/unternehmen/leichtbau.html>, Stand 24.11.2012

EFG 2012: <http://www.gesetze-im-internet.de/entflechtg/index.html>, Stand: 15.11.2012

EJähn 2012: <http://www.ejaehnigen.de>, Stand: 15.11.2012

Europa 2012: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-11-706_de.htm?locale=en, Stand: 16.11.2012

Eurostat 2012: Statistiken der europäischen Kommission; Bereich Verkehr; <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/transport/introduction>, Stand: 09.08.2012

Fraunhofer 2011: Bahnstrom Regenerativ – Analyse und Konzepte zur Erhöhung Des Anteils der Regenerativen Energie des Bahnstroms; Fraunhofer IWES, 2011

FSD 2011: Mehr Verkehrssicherheit in Deutschland 2011–2020; Bönninger, J.; FSD Fahrzeugsystemdaten GmbH, 2011

GVFG 2012: www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/gvfg/gesamt.pdf, Stand: 15.11.2012

HB 2012: Die Bahn fordert mehr Geld vom Staat; www.handelsblatt.com, Stand 16.11.2012

IFA EDB 2012: Experimentelle Untersuchungen von Erdgas-Diesel-Brennverfahren an einem modernen PKW-Dieselmotor; VDI Innovative Fahrzeugantriebe, 2012

IFEU 2002: Vergleichende Analyse von Energieverbrauch und CO₂-Emissionen im Straßengüterverkehr und kombinierten Verkehr Straße/Schiene; Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2002

IFEU 2011: Endbericht: Aktualisierung Daten und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs; Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, 2011

Ifmo 2007: Verkehrsinfrastruktur Benchmarking-Europa; Institut für Mobilitätsforschung, 2007

ISAC 2005: Zustand der kommunalen Straßeninfrastruktur – Schlussbericht; Institut für Straßenwesen, 2005

MAN AB 2012: www.autobild.de/artikel/man-sattelzug-studie-concept-s-iaa-nutzfahrzeuge-2012-3604924.html, Stand 24.11.2012

MAN TB 2012: www.mantruckandbus.com, Stand 24.11.2012

MB 2012: The aerodynamic development of the new Mercedes-Benz Actros; 12th Stuttgart International Symposium, 2012

Mobilität 2020: Mobilität 2020 – Perspektiven für den Verkehr von Morgen, acatech, 2006

NaMo 2007: Nachhaltige Mobilität durch Innovationen im Güterverkehr, Fraunhofer IML, 2007

Shell 2010: Shell LKW Studie; Shell Deutschland Oil GmbH, 2010

Statista 2012: Das führende Statistik Portal, www.statista.com, Stand: 09.08.2012

STVZO 2012: www.stvzo.de/stvzo/inhalt.htm, Stand 24.11.2012

UBA StnGV 2009: Strategie für einen nachhaltigen Güterverkehr; Umweltbundesamt, 2009

UBA 2009: Daten zum Verkehr 2009; Umwelt Bundesamt, 2009

UBA 2010: Schienennetz 2025/2030; Umweltbundesamt, 2010

UDV FAS 2012: www.udv.de/fahrzeugsicherheit/lkw/fas/fas-potentialelkw-kategorien, Stand 24.11.2012

UDV US 2012: www.udv.de/fahrzeugsicherheit/lkw/kompatibilitaet/unterfahrerschutz,

Stand 24.11.2012

VRS KfW 2012: www.verkehrsrundschau.de/kfw-foerdermittel-fuer-anschaffung-von-euro-6-lkw-gestiegen-1102465.html, Stand 24.11.2012

WSB 2007: Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Binnenschiff; Wasser und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, 2007

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Modal Split des Güteraufkommens 2010 in Prozent	13
Abbildung 2: Modal Split der Beförderungsleistung 2010 in Prozent	13
Abbildung 3: Beförderungsleistung in Milliarden tkm (Tonnen-Kilometer)	14
Abbildung 4: Modal Split der Beförderungsleistung in Prozent	15
Abbildung 5: Anteile nicht in Deutschland zugelassener LKWs an der Beförderungsleistung in Prozent	15
Abbildung 6: Beförderungsleistung durch Transit in Milliarden tkm	16
Abbildung 7: Beförderungsleistung des grenzüberschreitenden Verkehrs in Milliarden tkm	17
Abbildung 8: Beförderungsleistung nach Hauptgütergruppen 2010 in Milliarden tkm	18
Abbildung 9: Güteraufkommen nach Verkehrsträger in Millionen Tonnen	19
Abbildung 10: Modal Split des Güteraufkommens in Prozent	19
Abbildung 11: Güteraufkommen durch Transit in Millionen Tonnen	20
Abbildung 12: Güteraufkommen des grenzüberschreitenden Verkehrs in Millionen Tonnen	21
Abbildung 13: Güteraufkommen in Deutschland zugelassener LKWs (ab 6t) nach Entfernungsstufen in Milliarden Tonnen	22
Abbildung 14: Mittlere Transportweiten 1995 und 2010 in km	22
Abbildung 15: Beförderungsleistung im Straßenverkehr in Europa 2010 in Milliarden tkm (Inländerleistung)	23
Abbildung 16: Beförderungsleistung im Schienenverkehr in Europa 2010 in Milliarden tkm	24
Abbildung 17: Güteraufkommen im Straßenverkehr in Europa 2010 in Millionen Tonnen (Inländerleistung)	25
Abbildung 18: Güteraufkommen im Schienenverkehr in Europa 2010 in Millionen Tonnen	26
Abbildung 19: Modal Split der Beförderungsleistung ausgewählter europäischer Länder 2009 in Prozent	27
Abbildung 20: Vergleich von Schienennetz und Bundesfernstraßennetz 2010 in 1000 km	29
Abbildung 21: Streckenlängen der Straßen des überörtlichen Verkehrs in Deutschland in 1000 km	30
Abbildung 22: Entwicklung des Straßen- und Schienennetzes in Deutschland in 1000 km	31
Abbildung 23: Entwicklung der Bahnhöfe und Gleisanschlüsse im deutschen Schienennetz in 1000	32
Abbildung 24: Vergleich Schienen- und Straßennetz ausgewählter europäischer Staaten 2009 in 1000 km	33
Abbildung 25: Belastung des Schienennetzes insgesamt und differenziert nach Personen- und Güterverkehr	34
Abbildung 26: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke auf deutschen Autobahnen und Bundesstraßen in KFZ/24h	35
Abbildung 27: Gesamte Staulänge auf Autobahnen in Deutschland in 1000 km	36
Abbildung 28: Verspätungen bei Fernzügen in Deutschland in den Jahren 2010 und 2011	37
Abbildung 29: Fahrleistung im Bundesgebiet (Inländerfahrleistung ohne Zweiräder) in Milliarden km	38
Abbildung 30: Fahrzeugbestand der BRD am 1.1.2011 in 1000	38
Abbildung 31: Gesamte Fahrleistung auf deutschen Autobahnen in Milliarden km	39
Abbildung 32: Gefahrene Mautkilometer auf deutschen Autobahnen in Milliarden km (ab 12t)	39
Abbildung 33: Leerkilometeranteil deutscher LKW in Prozent	40
Abbildung 34: Personenverkehrsleistung in Milliarden Personenkilometer	41
Abbildung 35: Investitionen des Bundes in die Verkehrsinfrastruktur 2006-2010 in Milliarden Euro	42

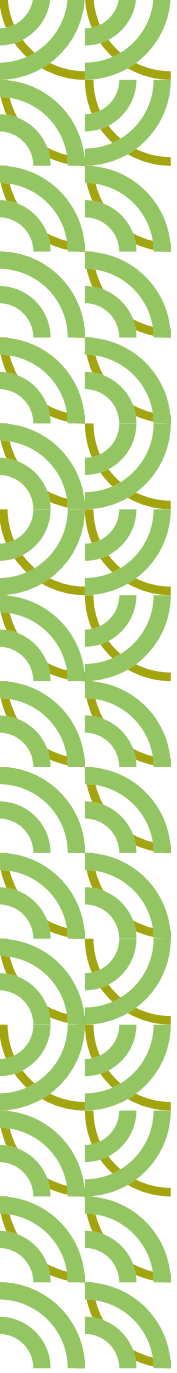
Abbildung 36: Benchmarking der Straßeninfrastruktur Europas	44
Abbildung 37: Benchmarking der Schieneninfrastruktur Europas	45
Abbildung 38: Zustandsnoten der Fernstraßenbrücken Deutschlands in Prozent	46
Abbildung 39: Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor 2010 in Petajoule	48
Abbildung 40: CO ₂ -Emissionen in Deutschland 2009 in Millionen Tonnen (ohne Vorkette)	48
Abbildung 41: End-Energieverbrauch in Petajoule	49
Abbildung 42: Entwicklung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor in Petajoule	50
Abbildung 43: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen in Deutschland in Millionen Tonnen	51
Abbildung 44: Weitere Emissionen im Überblick	51
Abbildung 44a: CO-Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen	51
Abbildung 44b: NO _x -Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen	51
Abbildung 44c: N ₂ O-Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen	52
Abbildung 44d: CH ₄ -Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen	52
Abbildung 44e: SO ₂ -Emissionen in Deutschland 2009 in 1000 Tonnen	52
Abbildung 45: Emissionen der Verkehrsträger im Vergleich, Basis 2006, inklusive Vorkette, LKWs ab 3,5 Tonnen	53
Abbildung 45a: CO ₂ -Emissionen der Verkehrsträger in g/tkm	53
Abbildung 45b: NO _x -Emissionen der Verkehrsträger in g/tkm	54
Abbildung 45c: Partikel-Emissionen der Verkehrsträger in g/tkm	54
Abbildung 46: Zusammensetzung des Bahnstromes 2011	55
Abbildung 47: Entwicklung der Energiemenge aus erneuerbaren Energien	56
Abbildung 47a: Erneuerbare Energien in Zahlen	56
Abbildung 47b: Erneuerbare Energien in TWh	56
Abbildung 48: Unfallentwicklung in Deutschland seit 1995	59
Abbildung 49: Anzahl der Getöteten nach Art der Verkehrsbeteiligung im Jahr 2010	59
Abbildung 50: Getötete bei Straßenverkehrsunfällen in den Mitgliedstaaten der Europäischen Union 2010 je 1 Million Einwohner	61
Abbildung 51: Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr	62
Abbildung 52: Unfälle mit Personenschäden mit LKWs als Hauptverantwortlichem 2010	63
Abbildung 53: Getötete bei Unfällen mit LKW als Hauptverantwortlichem 2010	63
Abbildung 54: Unfallursachen für Unfälle mit LKW-Beteiligung (beim LKW-Personal) 2010	64
Abbildung 55: Beförderungsleistung 2005 bis 2050 in Milliarden tkm	69
Abbildung 56: Modal Split der Beförderungsleistung 2005 bis 2050 in Prozent	69
Abbildung 57: Entwicklung der Beförderungsleistung und des BIP bis 2015	71
Abbildung 58: Entwicklung im Straßengüterverkehr bis 2015	71
Abbildung 59: Entwicklung im Schienengüterverkehr bis 2015	72
Abbildung 60: Entwicklung in der Binnenschifffahrt bis 2015	72
Abbildung 61: Entwicklung des Modal Split der Beförderungsleistung	73
Abbildung 62: Vergleichende Darstellung der Entwicklung bis 2050 (Bezug 1995)	77
Abbildung 63: Verkehrsleistungen des Güterverkehrs in Deutschland in Milliarden tkm	81
Abbildung 64: Gesamtemissionen des Verkehrs inklusive Vorkette	81
Abbildung 64a: CO ₂ -Gesamtemissionen des Verkehrs im Trendszenario in kt	81
Abbildung 64b: NO _x -Gesamtemissionen des Verkehrs im Trendszenario in kt	82
Abbildung 65: Gesamte CO ₂ -Emissionen nach dem Inlandsprinzip bis 2030 in kt	83
Abbildung 66: Abmessungen von in Deutschland zugelassenen LKWs (Sattel- und Gliederzug)	84
Abbildung 67: MAN LKW-Konzept	88

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Entwicklung der Verkehrsleistung bis 2025	74
Tabelle 2: Abschätzung der Güterverkehrsentwicklung bis 2050	75
Tabelle 2a: Aufkommen	75
Tabelle 2b: Leistung	76
Tabelle 3: Vergleich der Entwicklung nach UBA und BMVBS, Prognose in Milliarden tkm	78
Tabelle 4: Fahrzeugklassen des Gütertransports in Deutschland	85
Tabelle 5: Bewertung Maßnahmenpaket 1	94
Tabelle 6: Übersicht über Assistenzsysteme und ihr jeweiliges Verbesserungspotential	96
Tabelle 7: Bewertung Maßnahmenpaket 2	100
Tabelle 8: Bewertung Maßnahmenpaket 3	104

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

DB	Deutsche Bahn
EE	Erneuerbare Energien
EU	Europäische Union
FAS	Fahrerassistenzsystem
GV	Güterverkehr
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
LKW	Lastkraftwagen
MIV	Motorisierter Individualverkehr
PKW	Personenkraftwagen
STVZO	Straßenverkehrszulassungsordnung
SV	Schienenverkehr
VUFO	Verkehrsunfall-Forschung



Unsere Lebensweise erzeugt Verkehr. Die selbstverständliche Verfügbarkeit einer Fülle von Konsumgütern ist ohne Transport nicht zu haben. Alle Prognosen gehen deshalb davon aus, dass der Güterverkehr auf absehbare Zeit weiter steigen wird. Auch wenn die Hauptlast dieses Verkehrs auf Schienen und Wasserwege geht, so bleibt doch der LKW das logistische Rückgrat der täglichen Versorgung von Bevölkerung und Industrie.

Vor diesem Hintergrund hat die Heinrich-Böll-Stiftung die Studie *Der Güterverkehr von morgen – LKWs zwischen Transporteffizienz und Sicherheit* in Auftrag gegeben. Sie nimmt das System Lastkraftwagen kritisch unter die Lupe und beantwortet die Frage nach den Potentialen alternativer Antriebe, Karosserien und weiterer technischer Innovationen, um die Fahrzeuge so energieeffizient und emissionsarm wie möglich zu gestalten.

Heinrich-Böll-Stiftung e.V.
Die grüne politische Stiftung

Schumannstraße 8, 10117 Berlin
T 030 285340 **F** 030 28534109

E info@boell.de

W www.boell.de

ISBN 978-3-86928-103-2