

Überleitung der Fahrleistungserhebung nach TREMOD

**Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

bast

Überleitung der Fahrleistungserhebung nach TREMOD

Forschungsprojekt FE 84.0523/2016
der Bundesanstalt für Straßenwesen

von

Marie Jamet
Wolfram Knörr

ifeu
Institut für Energie- und
Umweltforschung
Heidelberg

**Fachveröffentlichung der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

bast

Kurzfassung – Abstract

Überleitung der Fahrleistungserhebung nach TREMOD

Im Rahmen des von der Bundesanstalt für Straßenwesen durchgeführten Forschungsvorhabens „Fahrleistungserhebung 2014“ wurden differenzierte Datensätze zur Fahrleistung der verschiedenen Fahrzeugsegmente und Straßenkategorien gewonnen, die zur Abbildung der aktuellen Verkehrsbelastung in Deutschland mit TREMOD herangezogen werden können. Für das Gesamtvorhaben ergeben sich zwei Datensätze: die durch Halterbefragung erhobene Inländerfahrleistung und die durch Verkehrszählung ermittelte Inlandsfahrleistung. Hervorzuheben ist hierbei insbesondere der neue Ansatz zur Ermittlung der Inlandsfahrleistungen auf den verschiedenen Straßenkategorien in Deutschland. Damit liegt zum ersten Mal seit 1993 wieder eine differenzierte Datengrundlage für die Inlandsfahrleistung in Deutschland vor.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die Fahrleistungsdaten aus der „Fahrleistungserhebung 2014“ so aufbereitet, dass sie zur Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen in TREMOD genutzt werden können. Weitere aktuelle Quellen wurden berücksichtigt, so dass insgesamt ein aktuelles konsistentes Gesamtbild der Fahrleistungen in Deutschland entsteht. Wesentliche weitere Quellen waren die jährliche Fahrleistungsermittlung des Kraftfahrt-Bundesamtes („Verkehr in Kilometern“), die Straßenverkehrszählungen sowie die Auswertungen der automatischen Dauerzählstellen der BAST.

Das aktualisierte Fahrleistungsgerüst für 2014 wurde anschließend in der Zeitreihe angepasst. Diese Anpassung umfasst den Zeitraum 1994 bis 2014, damit ein konsistenter Anschluss an die Fahrleistungserhebungen 1993 und 2002 hergestellt werden konnte.

Schließlich wurden aus der Halterbefragung Kennwerte für die jährliche Fahrleistung der Fahrzeuge nach Antrieb, Größenklasse und Alter ermittelt.

Die aktualisierten Kennzahlen fließen in die TREMOD-Version 6 ein, die außerdem eine umfassende Aktualisierung der Emissionsfaktoren auf Basis des HBEFA 4.1 (Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs) enthält.

Implementation of data sets from the research project “Fahrleistungserhebung 2014” (German vehicle mileage survey 2014) into TREMOD

Within the framework of the research project "Fahrleistungserhebung 2014" (German vehicle mileage survey 2014) (FLE) carried out by the Federal Highway Research Institute (BAST), differentiated data sets on the mileage of the various vehicle segments and road categories were obtained. These data have been used to map the current traffic situation in Germany with TREMOD. The overall project results in two different data sets: national vehicle kilometers travelled is the mileage of vehicles registered in Germany (delivered by a vehicle owners survey (Halterbefragung HB) while domestic vehicle kilometers travelled is the mileage on German territory by German and foreign vehicles gathered by traffic countings (Straßenverkehrszählungen: SZ). Noteworthy in this context is the new approach for determining the domestic distances travelled on the various road categories in Germany. This is the first time since 1993 that a differentiated data basis for domestic mileage is available in Germany.

Within the framework of this project, the mileage from the "Mileage Survey 2014" (FLE) were prepared in such a way that they can be used to calculate traffic-related emissions in TREMOD. Other current sources were taken into account, so that an up-to-date and consistent overall picture of road mileage in Germany is created. Other important sources were the KBA's (Federal Motor Transport Authority) annual mileage calculation ("Traffic in Kilometres"), the road traffic counts (Straßenverkehrszählungen: SVZ) and the evaluations of BAST's automatic counting stations.

The updated 2014 mileage structure was then adapted in time series. This adjustment covers the period 1994 to 2014 in order to establish a consistent link with the 1993 and 2002 mileage surveys.

Finally, the vehicle owner survey (HB) was used to analyse the annual road mileage according to vehicle drive, size and age.

The updated indicators are included in TREMOD version 6, which also contains a comprehensive update of the emission factors based on HBEFA 4.1 (Handbook Emission Factors for Road Transport).

Summary

Implementation of data sets from the research project "Fahrleistungserhebung 2014" (German vehicle mileage survey 2014) into TREMOD (research project FE 84.0523/2016)

1 Tasks

Within the framework of the research project "Fahrleistungserhebung 2014" carried out by the Federal Highway Research Institute (Bast), differentiated data sets on the mileage of the various vehicle segments and road categories were obtained. The obtained mileage data shall be processed and implemented in TREMOD, so that they can be used for the calculation of traffic-related emissions. In addition, the time series of the mileage structure must be adapted to the new 2014 mileage from 1994 onwards.

2 Research methodology

The following data sources are considered in TREMOD within the framework of the analysis and for the calculation of the mileage:

- FLU: Fahrleistungsuntersuchung/Mileage survey 1993, HB (Halterbefragung – domestic mileage) 2002 and 2014 as well as VZ (Verkehrszählung- national mileage) 2014
- SVZ: Straßenverkehrszählungen / Traffic counts BAST; 1995 to 2015 (every 5 years)
- VE-BFS: Verkehr auf Bundesfernstraßen, Jahresauswertungen der Dauerzählstellen / traffic on federal trunk roads, annual evaluations of permanent counting points (annual)
- Verkehr in Kilometern: KBA (annual from 2013)
- Verkehr in Zahlen: VIZ National mileage (yearly)
- Mautstatistik /Toll statistics (annual)

In TREMOD the number of kilometres travelled annually within Germany is used as basis to derive the national mileage structure.

Table 1 Road categories and road types in TREMOD

street category		street type	
AB	federal highways	A<=5A >=6	<= 5 lanes>= 6 lanes
AO	other out-of-town roads	B	federal highways
		L	state roads
		K	county roads
		G	Municipal roads / other roads
IO	inner-city streets	I	inner-city streets

In order to enable the calculation of the emissions, the mileage is differentiated according to:

- Road types (see Table 1)
- Vehicle categories (see Table 2)
- Vehicle layers
- Traffic situations
- Slope of road

The vehicle layers contain the further subdivision of the vehicle categories according to drive type, size class and age or emission standard. This information can be derived from the "Halterbefragung" (vehicle owners survey). Freight transport is divided into size classes. The passenger cars are no longer differentiated according to this characteristic, as it is already taken into account in the emission factors from HBEFA.

In TREMOD, the shares of the mileage per vehicle and road category are subcategorised according to traffic situations and longitudinal road gradient classes. However, there is no new information available for this classification within the 2014 FLU/Mileage Survey. It is therefore not the subject of this study.

Based on the domestic mileage data, the mileage in TREMOD is derived according to sub-characteristics, e. g. specific mileage indicators according to drive and age.

Table 2 Definition and allocation of vehicle categories

KBA	TREMOD	SVZ	VE-BFS
Light 2-wheels	Mopeds	bicycles	LDV ¹
Motorcycles	Motorcycles		
Passenger car	Passenger car	automobile	LDV
	Mobilhomes <3,5t ²		
Other motor vehicles	Other vehicles <3.5t		
Buses	Public buses	coaches	HDV ³
	Coaches		
Lorries	Truck <3.5 t	Truck <3.5 t	LDV
	Truck without trailer > 3.5 t	Truck without trailer	HDV
	Truck with trailer > 3,5 t	Trucks	HDV
Tractor-trailers	Semitrailers		
Other motor vehicles*	Mobilhomes >3,5 t*	Truck without trailer	HDV

¹ light duty vehicle

² Motor caravans: for KBA until 2005 as "other vehicles", in TREMOD until 2005 separately; recorded after 2005 as passenger cars; SVZ: road traffic census; VE BFS: traffic development on federal trunk roads

³ heavy duty vehicle

3 Derivation of domestic mileage 2014 according to road categories in TREMOD

Where possible and useful the results of the 2014 mileage survey are fed into TREMOD. Unfortunately, individual results of domestic and national mileage (HB and VZ) are partly not consistent with each other and with other important data sources. The following requirements are of great importance for the use of mileage data in TREMOD:

- Updateability with regularly performed data collections.
- Comparability with other relevant studies.
- Plausibility of the development in the time series from 1993.

Therefore the comparability of the TREMOD data with the road traffic counts of the BAST (SVZ), with the mileage calculation of the KBA and last but not least with the mileage and consumption calculation in "Verkehr in Zahlen" (VIZ) has a high priority. The preparation of the results of the 2014 mileage survey for TREMOD follows therefore the following scheme:

- Determination of the total mileage for motorcycles, passenger cars, buses, light commercial vehicles (LCV) and other motor vehicles by linking the vehicle stock at mid-year with the average mileage.

- Determination of the balance of national to domestic mileage for each of these vehicle categories.

- Distribution of total mileage on the basis of SVZ for motorways and federal roads and on the basis of VZ for other road categories.

- Estimation of the total mileage of trucks and articulated trucks from the SVZ and VZ; establishment of a consistency between the two investigations.

The final results of the derivation of the mileage for TREMOD for each vehicle category compared to VZ 2014 are given in Table 3. In addition this mileage is presented by road category (for the reference year of SVZ 2015) in Table 4. The derivation of the mileage 2014 according to road categories is then interpolated from the two reference years SVZ 2010 and 2015. Using SVZ (published every 5 years) as a basis for calculating the mileage per road category eases the update of the data. The methodology for deriving the values is described in detail in the final report.

Table 3 Derived mileage for TREMOD in 2014

TREMOD	VZ (bn km)	TREMOD (bn km)	Sources
Light 2-wheelers	4,7	4,7	ViZ 2017/2018
Motorbikes	12,8	9,5	KBA av-milage* mid-year fleet
Car + other LDV	602,3	623,2	KBA av-milage * mid-year fleet
Buses	4,6	4,3	KBA av-milage * mid-year fleet
LCV	51,8	40,7	KBA av-milage * Mid-year fleet + foreign share VZ
Trucks + other HDV	24,9	19	SVZ 2015/VZ 2014 - KBA av-milage * mid-year fleet
Trucks	16,6	15,3	SVZ 2015/VZ 2014
Tractor-trailers	26,3	26,3	VZ 2014
Sum	739,2	744,8	

Table 4 Derived mileage by road category for TREMOD in 2015 (main source SVZ 2015)

Mileage in bn km	AB	B	L	K	G	IO	Sum	Sources
Motorcycles (all)	1,3	1,2	2,6	1,6	1	6,8	14,5	SVZ 2015/KBA/ifeu
Car + other LDV	189	93	80	43	59	167	631	SVZ 2015/KBA/VZ 2014
Buses	0,9	0,5	0,5	0,3	0,7	1,5	4,5	SVZ 2015/KBA
LCV	12,7	4,2	6	3,4	4,2	14,1	44,6	SVZ 2015/KBA/VZ 2014
Trucks + other HDV	6,5	2,9	1,7	0,9	2	5,2	19,2	SVZ 2015/KBA
Trucks	10,4	1,9	0,5	0,4	0,7	1,8	15,7	SVZ 2015/KBA/VZ
Tractor-trailers	17,1	3,6	1,4	0,7	1,8	2,1	26,7	SVZ 2015/KBA/VZ
Sum	237	107	92,8	47,2	66	185	756	

4 Mileage according to vehicle characteristics

4.1.1 Mileage by vehicle age

Passenger traffic

The HB/mileage survey provides data for the following age groups: differentiated from 0 years to 12 years, then aggregated from 12 to under 15 years, from 15 to under 20 years and 20 years and older. In contrast to this, the average annual mileage in TREMOD is always shown for each age group up to 30 years. For this purpose, the results of the HB are taken as basis and, if necessary, adapted for the modelling, interpolation and smoothing process. This will be decided on a case-by-case basis.

Table 5 shows the average annual mileage per vehicle category for each new vehicle (≤ 1 year).

Table 5 Average annual mileage of reference vehicles (1 year old) for passenger transport

Vehicle category		5	Mean annual mileage in km
Light 2-wheelers			3.700
Motorcycles (MC)			5.429
Cars	petrol		12.800
	diesel		26.839
Buses	public bus		62.906
	coach		75.663

The age distribution of the mileage is provided in TREMOD in a standardized format, i.e. the mileage of the different vehicle categories is weighted by age (standardized to the vehicles ≤ 1 year) and smoothed to compensate for the statistical fluctuations. In Figure 1, which shows the result of the analysis of the HB/mileage survey, each vehicle category shows a mileage decreasing with the age.

Motorcycles, which are one year old, have the highest average annual mileage with approx. 7,000 km. As expected, the annual mileage decreases with age. In the passenger car segment, new diesel cars cover twice as many kilometres as new gasoline cars and reach around 27,000 km. Figure 1 shows the rapid decline in the mileage of diesel passenger cars by age.

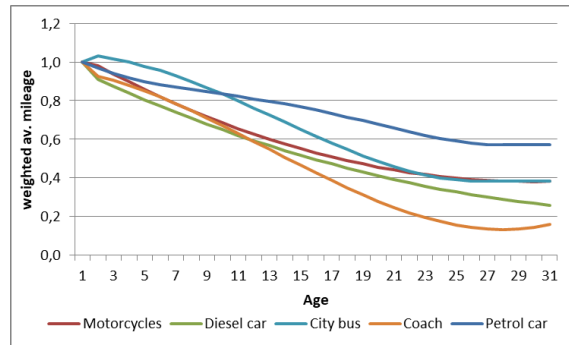


Figure 1 Weighted average annual mileage for passenger transport

Due to the partly limited sample, it was decided to adopt the mileage of diesel and petrol vehicles as a basis for passenger cars with alternative drive systems:

- Diesel passenger cars for D-Hybrid and natural gas vehicles
- Petrol passenger cars for P-Hybrid, liquid gas and electric vehicles

Alternative drives are not available in the HB/mileage survey for other vehicle categories, so the mileage- / age distribution remains the same in these vehicle categories.

Freight transport

The age-dependent mileage ratio of freight vehicles is determined according to the method for passenger transport.

Table 6 Average annual mileage of vehicles ≤ 1 year

Vehicle category	Mean mileage in km
LCV	27.896
Trucks	59.070
Tractor-trailors	107.206

The average annual mileage of new LCV is about 28,000 km per year. This number doubles for trucks ≤ 1 year, which cover almost 60,000 km per year. Finally the semi-trailers ≤ 1 year cover a mileage of 107,000 km per year.

As shown in Figure 2 the average mileage decreases continuously with the age of freight vehicles. For example, trucks over 20 years travel less than 9,000 km.

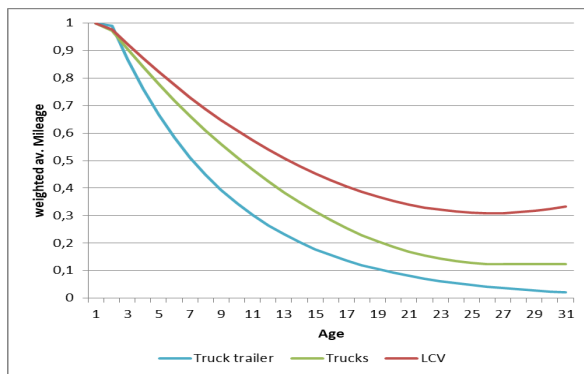


Figure 2 Weighted average annual mileage for freight transport

For semitrailers, the mileage drops steeper so that 8-year-old vehicles only cover half the mileage of the new vehicles.

5.1.1 Driving performance according to drive type and size class

Passenger traffic

The motorcycles (MC) have all the same average mileage assigned in TREMOD except the motorcycles over 250 cc, which drive twice as much as other MC.

Table 7 Allocation for the motorcycles mileage according to size classes in TREMOD and HB

TREMOD Subcategories	Weighted av. mileage
Light 2-wheels <= 50cc	1
MC two-stroke <=250cc	1
MC Four-stroke <=250cc	1
MC four-stroke >250cc	2

Concerning passenger cars, diesel cars drive twice as much as petrol cars, which cover about 10,700 km per year.

Table 8 Weighted mileage of medium passenger cars by drive type

Cars by type of drive	Weighted av. mileage
petrol	1
diesel	1,9
liquefied petroleum gas	1,7
natural gas	1,8
electric	0,8
hybrid	1,4

They are closely followed by natural gas and liquid gas vehicles, while electric vehicles only travel an average of 8,700 km per year, as shown in Table 8. The difference by size class for buses is much smaller, see table 9.

Table 9 Weighted mileage of buses by size category

TREMOD Subcategories	Weighted av. mileage
Coach <= 18t	1
Coach > 18t	1,8
Public bus<15t	1
15t <= Bus <18t	1,2
Bus>18t	1,2

Freight transport

For light commercial vehicles, the driving performance can be differentiated according to drive and size based on the HB/mileage survey. The mileage of CNG and diesel vehicles is similar, while that of light electric vehicles is half that of diesel vehicles.

Table 10 Weighting of FL by size category for LNF

TREMOD Subcategories	Diesel	CNG	BEV
LCV M+N1-I	1	1,1	0,4
LCV N1-II	1,2	0,9	0,6
LCV N1-III	1,5	1,4	0,6 ⁴

The results of weighting mileage of trucks without trailer (solo trucks) according to drive type are shown Table 11.

Table 11 Weighting of FL by size category for trucks without trailers

TREMOD Subcategories	Diesel	CNG	BEV
Solo truck <=7,5t	1	-	0,5
Solo truck >7,5-12t	1,8	0,9	-
Solo truck >12-14t	0,8	0,9	-
Solo truck >14-20t	1,7	-	-
Solo truck >20-26t	2,8	-	-
Solo Truck >26-28t	2,4	-	-
Solo Truck >28-32t	1,6	-	-
Solo truck >32t	1,8	-	-

Table 12 shows that the large tractor-trailers (over 34 t) show highest mileage values, almost 100,000 km per year (3.5 times the mileage of the smaller ones). Since no alternative drives for semitrailers were sampled in the HB/mileage survey the same mileage as diesel semitrailers is used. It is assumed that the average mileage of articulated trucks (AT) and tractor-trailers (TT) is similar.

⁴ Because of a smaller sample, the mileage of the LCV N1-II was taken over for this category.

Table 12 Weighted mileage of truck with trailer according to size category

TREMODO Subcategories	diesel
AT/TT >20-28t	1
AT/TT >28-34t	1
AT/TT >34-40t	3,5
AT/TT CNG	1
AT/TT LNG	1

6 Updating the time series

Updating the mileage time series is the second task of the analysis. With the FLU⁵ 1993 and the derived mileages for 2014, benchmark values for the complete mileage structure in TREMOD are available according to vehicle and road categories for 1993 and 2014. No complete information is available for the interim years. Therefore, the time series was derived with the help of the available information and supplemented with plausible assumptions. The detailed interpolation methodology is described in the final report.

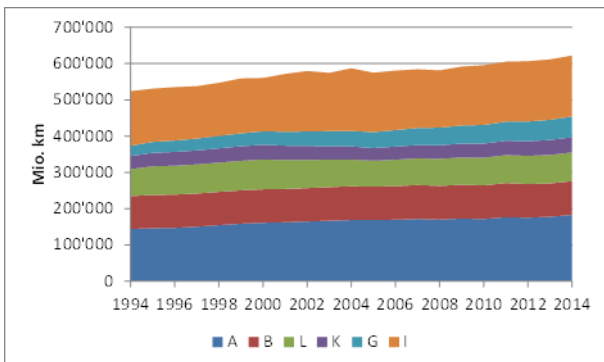


Figure 3 Passenger car mileage by road category 1994-2014

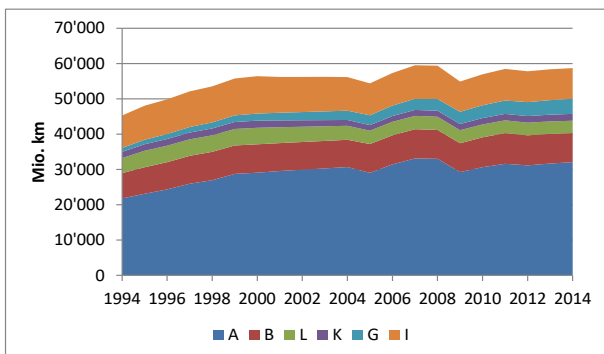


Figure 4 Mileage of heavy goods vehicles by road category 1994-2014

The following developments can be observed in Figure 3 and Figure 4:

- The development of mileage of passenger cars is characterised by a stronger increase until the beginning of the 2000s, followed by a phase of stagnating mileage. Mileage has been increasing again since 2010. All in all, the inner-city traffic has increased the least.
- Freight transport also had a strong growth until the early 2000s, after which growth alternated with stagnation and decline. Semitrailers show the strongest increase by far on the federal trunk roads, which took over a large part of the increase in freight mileage.

7 Conclusions for practice

In the course of the project, assumptions and estimations had to be made to assign mileage information from the FLE project to the mileage structure in TREMOD. The following improvements for future surveys and analyses were identified:

- Carrying out HB/mileage surveys at regular intervals, as in the 2014 HB/mileage survey; aligning the results with the KBA's annual surveys.
- Supplementing the road traffic censuses (SVZ) with a complete survey of domestic mileage as in the 2014 HB/mileage survey; in this context, ensuring a consistency between the results from the traffic census (VZ) of the entire network with the road traffic census.

Furthermore, there are no current findings on mileage according to traffic situations. To this end, the driving performance would have to be differentiated according to road characteristics (maximum speed, building situation, road slope) and the traffic flow (free, congested, saturated, stop+go).

⁵ mileage survey 1993

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	11
1 Einleitung	12
2 Verwendung von Fahrleistungsdaten in TREMOD	13
2.1 Struktur und Definitionen	13
2.2 Datenquellen.....	14
2.2.1 Fahrleistungsuntersuchung (FLU) 1993.....	15
2.2.2 Straßenverkehrszählungen.....	15
2.2.3 Fahrleistungserhebungen 1993 und 2002.....	18
2.2.4 Verkehr in Kilometern.....	19
2.2.5 Verkehr in Zahlen.....	20
2.2.6 Fahrleistungsanalyse des DIW im Jahr 2005.....	20
2.2.7 Mautstatistik.....	20
3 Aufbereitung der Fahrleistungserhebung 2014 für TREMOD	21
3.1 Übersicht: Inlands- und Inländerfahrleistung 2014	22
3.1.1 Inlandsfahrleistung	22
3.1.2 Inländerfahrleistung.....	23
3.1.3 Standardfehler und Unsicherheiten in den Erhebungen	24
3.2 Ableitung der Inlandsfahrleistung 2014 nach Straßentypen in TREMOD	24
3.2.1 Personenverkehr.....	25
3.2.2 Güterverkehr.....	27
3.3 Fahrleistung nach Fahrzeugalter	29
3.3.1 Personenverkehr.....	30
3.3.2 Güterverkehr.....	32
3.4 Fahrleistung nach Antriebsart und Größenklasse.....	33
3.4.1 Personenverkehr.....	33
3.4.2 Güterverkehr.....	34
4 Aktualisierung der Fahrleistungszeitreihe in TREMOD	35
5 Bewertung der Ergebnisse und Forschungsbedarf	36
6 Literaturverzeichnis	37
Bilder	38
Tabellen	39

Abkürzungsverzeichnis

AO	Außerorts
ABL	Alte Bundesländer
BAB	Bundesautobahnen
B	Bundestraßen
CNG	Compressed Natural Gas (komprimiertes Erdgas)
FL	Fahrleistung
Fzg/Fz	Fahrzeug
FzKat	Fahrzeugkategorie
G	Gemeindestraßen
HB	Halterbefragung der Fahrleistungserhebung 2014
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
IO	Innerorts
IVT	Institut für Verkehrsforschung
K	Kreisstraßen
Km	Kilometer
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
L	Landestraßen
Lkw	Lastkraftwagen
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Flüssiggas)
LV	Leichtverkehr
LVm	Motorisierter Leichtverkehr (ohne Motorräder)
Pkw	Personenkraftwagen
SV	Schwerverkehr
SZ	Sattelzug
TREMOD	Transport Emission Model
VE-BFS	Verkehrsentwicklung auch Bundesfernstraßen
ViZ	Verkehr in zahlen
VZ	Verkehrszählung der Fahrleistungserhebung 2014
zGG	zulässiges Gesamtgewicht

Definitionen

Fahrzeugkategorien: Beispiel: Pkw, Lastzüge

Fahrzeugsegment: Fahrzeuge nach Größenklasse, Antriebsart und oder Alter

Fahrzeuggruppen: Leichtverkehr (z.B. Motorräder, pkw) und Schwerverkehr (z.B. Busse, SZ)

1 Einleitung

Im Rahmen des von der Bundesanstalt für Straßenwesen durchgeführten Forschungsvorhabens „Fahrleistungserhebung 2014“ wurden differenzierte Datensätze zur Fahrleistung der verschiedenen Fahrzeugsegmente und Straßenkategorien gewonnen, die zur Abbildung der aktuellen Verkehrsbelastung in Deutschland mit TREMOD herangezogen werden können. Für das Gesamtvorhaben ergeben sich zwei Datensätze: die durch Halterbefragung erhobene Inländerfahrleistung und die durch Verkehrszählung ermittelte Inlandsfahrleistung. Hervorzuheben ist hierbei insbesondere der neue Ansatz zur Ermittlung der Inlandsfahrleistungen auf den verschiedenen Straßenkategorien in Deutschland. Damit liegt zum ersten Mal seit 1993 wieder eine differenzierte Datengrundlage für die Inlandsfahrleistung in Deutschland vor.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die Fahrleistungsdaten aus der „Fahrleistungserhebung 2014“ so aufbereitet, dass sie zur Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen in TREMOD genutzt werden können. Weitere aktuelle Quellen wurden berücksichtigt, so dass insgesamt ein aktuelles konsistentes Gesamtbild der Fahrleistungen in Deutschland entsteht. Wesentliche weitere Quellen waren die jährliche Fahrleistungsermittlung des Kraftfahrt-Bundesamtes („Verkehr in Kilometern“), die Straßenverkehrszählungen sowie die Auswertungen der automatischen Dauerzählstellen der BAST.

Das aktualisierte Fahrleistungsgerüst für 2014 wurde anschließend in der Zeitreihe angepasst. Diese Anpassung umfasst den Zeitraum 1994 bis 2014, damit ein konsistenter Anschluss an die Fahrleistungserhebungen 1993 und 2002 hergestellt werden konnte.

Schließlich wurden aus der Halterbefragung Kennwerte für die jährliche Fahrleistung der Fahrzeuge nach Antrieb, Größenklasse und Alter ermittelt.

Die aktualisierten Kennzahlen fließen in die TREMOD-Version 6 ein, die außerdem eine umfassende Aktualisierung der Emissionsfaktoren auf Basis des HBEFA 4.1 (Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs) enthält.

2 Verwendung von Fahrleistungsdaten in TREMOD

2.1 Struktur und Definitionen

In TREMOD wird zur Ableitung des Fahrleistungsgerüsts die Inlandsfahrleistung, also die jährlich innerhalb Deutschlands zurückgelegten Kilometer, zugrunde gelegt. Die Fahrleistungen werden zur Emissionsberechnung differenziert nach:

- Straßentypen
- Fahrzeugkategorien
- Fahrzeugsegmenten
- Verkehrssituationen
- Längsneigungsklassen

Die Fahrleistung wird in TREMOD nach den drei **Straßenkategorien** „Autobahn“, „sonstige Außerortsstraßen“ und „Innerortsstraßen“ und weiter nach **Straßentypen** differenziert (siehe

Tabelle 1).

- Die Fahrleistungen auf den Bundesautobahnen werden in TREMOD zusätzlich nach der Anzahl der Fahrstreifen unterschieden. Dazu werden die zwei Kategorien ≤ 5 und ≥ 6 Fahrstreifen gebildet. Allerdings liegen für diese Aufteilung nach dem Jahr 2000 keine Informationen vor.
- Die sonstigen Außerortsstraßen werden nach Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen bzw. sonstige Straßen unterschieden. Die Kategorie „sonstige Straßen“ wurde in der Fahrleistungserhebung 2014 verwendet und enthält neben den Gemeindestraßen das nicht klassifizierte Straßennetz.
- Die Innerortsstraßen werden nicht weiter unterteilt. Hier erfolgt die Differenzierung über die Zuordnung der Fahrleistungen zu Verkehrssituationen.

Tabelle 1 Straßenkategorien und Straßentypen in TREMOD

Straßenkategorie	Straßentyp	Beschreibung
AB Bundesautobahnen	A \leq 5 \leq 5 Fahrstreifen A \geq 6 \geq 6 Fahrstreifen	Für die Aufteilung nach Fahrstreifen liegen seit dem Jahr 2000 keine aktuellen Daten vor. Daher wird die Aufteilung für das Jahr 2000 für alle Folgejahre konstant fortgeschrieben
AO sonstige Außerortsstraßen	B Bundesstraßen	Freie Strecken der Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeindestraßen. In der Fahrleistungserhebung 2014 wurden die Gemeindestraßen mit den sonstigen Straßen zusammengefasst
	L Landesstraßen	
	K Kreisstraßen	
	G Gemeindestraßen/sonstige Straßen	
IO Innerortsstraßen	I Innerortsstraßen	Alle Innerortsstraßen inkl. Ortsdurchfahrten der B-, L-, K- und G-Straßen

Die Unterteilung nach **Fahrzeugkategorien** wird so gewählt, dass zum einen die statistische Datenbasis (Bestände, Fahrleistungen) und zum anderen die Emissionsfaktoren-Datenbasis in ausreichender Differenzierung abgebildet werden. Die TREMOD-Aufteilung entspricht der KBA-Systematik – wie in Tabelle 2 dargestellt – wobei einzelne Kategorien (Busse, Lkw, übrige Kfz) entsprechend den Anforderungen der Emissionsberechnung weiter untergliedert sind.

Eine wichtige Quelle für die Fahrleistungen sind die Berichte der BAST zu den Zählergebnissen des Straßenverkehrs. Die Straßenverkehrserfassung der BAST unterscheidet bei den Straßenverkehrszählungen (SVZ) sechs Fahrzeugkategorien und

an den automatischen Dauerzählstellen (VE-BFS) die zwei Fahrzeuggruppen „Leichtverkehr“ und „Schwerverkehr“. Diese lassen sich eindeutig den TREMOD-Kategorien zuordnen (siehe Tabelle 2). Die Fahrleistungserhebung 2014 folgt, wie schon die Vorgängerstudien, bei der Halterbefragung (Inländerfahrleistung) der KBA-Systematik. Die Verkehrszählung (Inlandsfahrleistung 2014) erfasst die Kategorien z.T. anders z.B. sind die Lkw $< 3,5t$ zGG mit Anhänger zusammen mit dem Pkw erfasst. Dies wird bei der Aufbereitung der Ergebnisse in Kapitel 3 berücksichtigt. Eine Übersicht zur Definition und Zuordnung der verschiedenen Fahrzeugkategorien entsprechend der zu Grunde liegenden Quellen ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2 Definition und Zuordnung der Fahrzeugkategorien

Abkürzungen	TREMOD	KBA	FLE	SVZ	VE-BFS
KKR	Kleinkrafträder	k.a.	Kfz mit Versicherungskennzeichen	Kräder	Leichtverkehr (LV)
KR	Krafträder	Krafträder	Kraftrad mit amtlichen Kennzeichen		
PKW	Pkw/Kombi	Pkw/Kombi	Pkw, Pkw mit (Wohn-) Anhänger, Lkw < 3,5t zGG mit Anhänger, Kombinationskraftwagen, Kleinbus und Krankenwagen	Pkw	Leichtverkehr (LV)
Wml	Wohnmobile <3,5t*		Wohnmobile		
UeKfzl	übrige Kfz <3,5t	Übrige Kfz	k.a.		
LBus	Linienbusse	Busse	Busse	Busse	Schwerverkehr (SV)
RBus	Reisebusse				
LkwI	Lkw <3,5 t	Lkw	Lieferwagen Güterkraftfahrzeuge mit einem zGG von höchstens 3,5t ohne Anhänge + Wohnmobile	Lkw <3,5 t	Leichtverkehr (LV)
Lkw	Lkw Solo > 3,5 t		Lkw ohne Anhänge Güterkraftfahrzeuge mit einem zGG von mehr als 3,5t	Lkw ohne Anhänger	Schwerverkehr (SV)
LZ	Lastzüge		Lastzüge (lkw mit anhängen)	Lastzüge	Schwerverkehr (SV)
SZ	Sattelzüge	Sattelzugmaschinen	Sattelkraftfahrzeuge		
Wms	Wohnmobile >3,5 t*	Übrige Kfz*	Sonstige Fahrzeuge	Lkw ohne Anhänger	Schwerverkehr (SV)

*Wohnmobile: in der KBA-Systematik bis 2005 als „übrige Kfz“, in TREMOD bis 2005 separat; nach 2005 als Pkw erfasst; SVZ: Straßenverkehrszählung; VE BFS: Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen

Um eine Zuordnung zu den spezifischen Emissionsfaktoren zu ermöglichen, werden die Gesamtfahrleistungen nach Straßen- und Fahrzeugkategorien, sowie weiter nach **Fahrzeugsegmenten** differenziert. Hierfür werden folgende Funktionen bzw. Verteilungen genutzt:

- Aufteilung des Fahrzeugbestandes nach Fahrzeugsegment (Größenklasse, Antriebsart, Alter). Die Pkw werden im HBEFA 4.1 [Notter, et al., 2019] nicht mehr nach Größenklassen differenziert.¹ Bei Motorrädern und beim Güterverkehr besteht die Größenklassenunterteilung weiterhin.
- Fahrleistungsrelationen pro Fahrzeugsegment (Größenklasse für den Güterverkehr, Antrieb).
- Fahrleistungsverteilung nach Fahrzeugalter.
- Schließlich werden Anteile an der Fahrleistung pro Fahrzeug- und Straßentyp nach **Ver-**

kehrssituationen und **Längsneigungsklassen** hinterlegt. Die Verkehrssituationen entsprechen hierbei der Systematik für die Emissionsfaktoren in HBEFA und beschreiben Fahrprofile für verschiedene Straßentypen, Geschwindigkeitsbegrenzungen und Verkehrszustände. Ebenso werden längsneigungsabhängige Emissionsfaktoren in HBEFA abgeleitet, für die entsprechende Fahrleistungsanteile ermittelt werden müssen.

2.2 Datenquellen

Bis 1993 wurden Emissionsberechnungen und somit die Fahrleistungen in TREMOD in die Gebiete West- und Ostdeutschland unterteilt, ab 1994 wird Deutschland insgesamt bilanziert. In dieser Studie wurde die Berechnung ab 1994 überarbeitet. Daher werden alle relevanten Quellen für die Fahrleistungsrechnung ab diesem Zeitpunkt dargestellt. Darüber hinaus wird beschrieben, wie die Werte in TREMOD verwendet werden.

¹ Die Pkw werden im HBEFA nicht mehr nach Größenklassen differenziert, weil es derzeit keine sinnvolle Unterteilung der Fahrzeugflotte gibt, um die Fahrzeuge nach Verbrauchsmerkmalen zu differenzieren, die auch in Fahrzeugstatistiken verfügbar ist.

2.2.1 Fahrleistungsuntersuchung (FLU) 1993

Fahrleistungsuntersuchungen wurden in den Jahren 1986, 1990 und 1993 durchgeführt. Ziel war die Erfassung der gesamten Fahrleistungen in Deutschland. Dabei wurden die Fahrleistungen in Westdeutschland 1986, 1990 und 1993 sowie in Ostdeutschland 1990 und 1993 sehr differenziert nach allen Straßentypen, Verkehrssituationen und Längsneigungsklassen sowie nach Fahrzeugmerkmalen (Fahrzeugkategorie, Größenklasse, Antrieb) in Abstimmung mit den Emissionsmessprogrammen [TÜV Rheinland, 1995], [RWTÜV, /

TÜV Rheinland, 1993], [TÜV Rheinland, 1994], [RWTÜV, 1993a], [RWTÜV, 1993b] ermittelt. Diese Daten waren in allen bisherigen TREMOD-Versionen die wichtigste Grundlage für die Inlandsfahrleistungen des Straßenverkehrs. Relevant für die Zeitreihe ab 1994 ist die Fahrleistungsuntersuchung von 1993 [Heusch-Boesefeldt, 1996]. Die Ergebnisse für die Gesamtfahrleistung nach Fahrzeug- und Straßentypen in Deutschland 1993 sind Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 Fahrleistungen in Deutschland 1993 differenziert nach Fahrzeugkategorien (in Mio. km) [Heusch, / Boesefeldt, 1996]

FzKat	Autobahn	Bundestraßen	Landestraßen	Kreisstraßen	Gemeindestraßen	Innerortsstraßen	Gesamt
KKR	0,0	294,0	524,6	386,1	428,7	2.255,6	3.889,0
KR	1.597,7	1.834,3	1.665,5	847,7	579,7	1.173,9	7.698,7
PKW	141.626,1	88.418,7	69.441,1	34.629,1	27.088,1	181.688,6	542.891,6
UeKfzl	133,1	95,9	146,5	139,4	148,4	535,3	1.198,6
Wml	1.176,4	727,93	413,10	266,79	93,89	578,39	3.256,5
Rbus	855,8	421,5	276,3	141,8	93,7	431,2	2.220,4
Lbus	125,3	205,9	153,1	75,3	49,7	1.037,9	1.647,2
LNf	5.927,6	3.238,8	2.051,1	1.070,9	760,5	5.906,0	18.954,9
LKW	4.965,9	3.055,4	2.296,5	1.070,7	663,1	5.597,9	17.649,4
UeKfzs	149,0	179,7	213,1	196,4	210,9	788,3	1.737,3
Wms	149,8	92,63	52,57	33,95	11,95	73,60	414,5
LZ	7.674,8	2.019,8	866,4	322,6	177,7	1.930,4	12.991,7
SZ	7.801,1	1.682,6	672,3	248,0	133,3	1.210,5	11.747,8
Gesamt	172.182,5	102.267,1	78.772,0	39.428,7	30.439,6	203.207,7	626.297,6

Die Fahrleistungsuntersuchung 1993 war bis zur Fahrleistungserhebung 2014 die letzte Quelle, in der die Fahrleistungen in vergleichbar hoher Auflösung nach Fahrzeug- und Straßentypen differenziert ermittelt wurden.

2.2.2 Straßenverkehrszählungen

Die Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) unterhält auf Bundesfernstraßen ein Zählstellennetz. Jährlich werden auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen die durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken, differenziert nach „Leichtverkehr“ (LV: Kräder, Pkw, Lkw <3,5t) und „Schwerverkehr“ (SV: Busse, Lkw >3,5t, Lastzüge) erfasst. Alle fünf Jahre wird eine Straßenverkehrszählung durchgeführt, die zusätzlich die Landes- sowie – in einigen Bundesländern – die Kreisstraßen erfasst und nach 6 Fahrzeugkategorien unterscheidet.

Straßenverkehrszählung 1995

Für 1995 wurden die Fahrleistungen auf Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen sowie der Kreisstraßen in den alten Bundesländern, unterteilt nach den sechs in der Tabelle 6 stehenden Fahrzeugkategorien ermittelt [Lensing, 1997].

In TREMOD wurden die Daten mit einer Ausnahme übernommen: Um konsistent mit den Werten der FLU 1993 [Heusch-Boesefeldt, 1996] zu bleiben, wurde die Fahrleistung der Busse auf Autobahnen um 25 % reduziert.

Für die Kreisstraßen in den neuen Bundesländern lagen 1995 keine Ergebnisse vor. Vereinfacht wurde daher die Gesamtfahrleistung auf Kreisstraßen in TREMOD abgeschätzt, indem die Ergebnisse der alten Bundesländer um 10 % erhöht wurden.

Tabelle 4 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland sowie den Kreisstraßen in den alten Bundesländern 1995 [N. Lensing, 1997]

Mio. km	Autobahn	Bundesstr.	Landesstr.	Summe	Kreisstr. ABL
Kräder	1.543,5	2.153,7	2.314,8	6.012,0	1.170,4
Pkw	147.455,2	92.684,7	79.607,1	319.747,0	34.416,7
Busse	1.232,5	737,8	692,0	2.662,3	284,6
LKW<3,5t	5.352,7	3.282,2	2.986,7	11.621,6	1.064,4
Lkw ohne Anhänger	5.764,7	3.620,2	2.923,6	12.308,5	1.188,6
Lastzüge	17.739,2	4.202,4	2.048,6	23.990,2	701,7
gesamt	179.087,5	106.681,3	90.572,9	376.341,7	38.826,4

Straßenverkehrszählung 2000

Die Straßenverkehrszählung 2000 verwendet die gleichen Abgrenzungen wie die Straßenverkehrszählung 1995. Zusätzlich lagen für die Kreisstraßen in Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen Ergebnisse vor.

In TREMOD wurden die Daten mit einer Ausnahme übernommen: Um konsistent mit den Werten

der FLU 1993 zu [Heusch-Boesefeldt, 1996] bleiben, wird die Fahrleistung der Busse wie 1995 auf Autobahnen um 18,75 % reduziert.

Bei den Kreisstraßen wurden die Ergebnisse der alten Bundesländer mit einem Faktor von 1,15 auf Deutschland hochgerechnet. Gegenüber 1995 wird damit eine stärkere Fahrleistungszunahme in Ostdeutschland angenommen.

Tabelle 5 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland 2000 [Lensing, 2003]

Mio. km / Jahr	Autobahn	Bundesstr.	Landesstr.	Summe	Kreisstr. ABL
Kräder	1.358,5	2.279,9	2.551,3	6.189,7	1.298,9
Pkw	163.010,2	93.112,8	82.559,6	338.682,6	35.851,7
Busse	1.138,7	731,1	767,9	2.637,7	347,6
LKW<3,5t	8.112,5	3.650,6	3.016,2	14.779,3	1.140,4
Lkw ohne Anhänger	6.274,4	3.471,4	2.735,6	12.481,4	1.177,9
Lastzüge	23.484,6	4.925,8	2.222,3	30.632,7	771,8
Gesamt	203.378,9	108.171,6	93.853,0	405.403,5	40.588,3

Straßenverkehrszählung 2005

Die Straßenverkehrszählung 2005 verwendete die gleichen Abgrenzungen wie die Straßenverkehrszählung 2000.

In TREMOD wurden die Daten mit einer Ausnahme übernommen: Um konsistent mit den Werten der FLU 1993 [Heusch-Boesefeldt, 1996] zu blei-

ben, wurde die Fahrleistung der Busse, wie 1995 und 2000, auf Autobahnen um 12,5 % reduziert.

Bei den Kreisstraßen wurden die Ergebnisse der alten Bundesländer mit einem Faktor von 1,15 wie im Jahr 2000 auf Deutschland hochgerechnet.

Tabelle 6 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland 2005 [Kathmann, et al., 2007]

Mio. km / Jahr	Autobahn	Bundesstr.	Landesstr.	Summe	Kreisstr. ABL
Kräder	1.276,7	2.187,4	2.317,5	6.915,0	1.133,4
Pkw	170.667,4	92.855,9	72.098,8	366.393,0	30.770,9
Busse	1.048,0	665,3	686,7	2.560,3	291,3
LKW<3,5t	10.381,0	3.731,2	2.510,6	17.540,5	917,7
Lkw ohne Anhänger	6.112,8	2.947,1	1.974,1	11.842,6	808,6
Lastzüge	23.811,8	5.541,3	2.017,1	32.043,2	673,0
Gesamt	213.166,7	107.928,2	81.604,8	437.294,6	34.594,9

Straßenverkehrszählung 2010

In der Straßenverkehrszählung 2010 wurden nur noch die Autobahnen und Bundesstraßen vollständig erfasst. Diese Daten wurden direkt in TREMOD übernommen. Für die Busse gab es aufgrund der niedrigen Fahrleistung keinen Korrekturbedarf mehr.

Für die Landes- und Kreisstraßen lagen somit keine Fahrleistungsdaten mehr vor. In TREMOD wurden diese Werte für 2010 daher mit Hilfe der Fahrleistungserhebung 2014 durch lineare Interpolation abgeleitet.

Tabelle 7 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland 2010 [Lensing, 2013]

Mio. km / Jahr	Autobahn	Bundesstr.	Summe
Kräder	1.277,1	1.770,3	3.047,4
Pkw	171.901,3	92.752,1	264.653,4
Busse	856,0	590,1	1.446,1
LKW<3,5t	11.357,8	4.119,2	15.477,0
Lkw ohne Anhänger	5.997,0	2.834,9	8.831,9
Lastzüge	25.414,7	5.808,6	31.223,3
Gesamt	216.803,9	107.875,2	324.679,1

Straßenverkehrszählung 2015

Die Ergebnisse der Straßenverkehrszählung 2015 lagen bis zum Redaktionsschluss als Entwurf vor. Sie beinhalten wie 2010 die Ergebnisse für Autobahnen und Bundesstraßen. Allerdings wurden Pkw und Lkw <=3,5t in einer Kategorie motorisierter Leichtverkehr, „LVm“ zusammengefasst.

In TREMOD wurden die Daten übernommen. Die Aufteilung der LVm in Pkw und Lkw <=3,5t wurde anhand der Ergebnisse der Fahrleistungserhebung 2014 vorgenommen. Die Fahrleistungen der Kreis- und Gemeindestraßen (bzw. der „sonstigen Straßen“) wurde ebenfalls anhand der Fahrleistungserhebung 2014 abgeschätzt und ergänzt.

Tabelle 8 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland 2015 [Mahmoudi, / Frenken, 2015]

Mio. km / Jahr	Autobahn	Bundesstr.	Summe
Kräder	1.316,0	1.244,7	2.560,7
LVm: Pkw und Lkw<3,5t	201.400,3	97.386,4	298.786,7
Busse	909,5	467,7	1.377,2
Lkw ohne Anhänger	6.452,4	2.895,8	9.348,2
Lastzüge	27.527,2	5.431,0	32.958,2
Gesamt	237.605,4	107.425,6	345.031,0

Jahresauswertungen der Dauerzählstellen

Für die Autobahnen und Bundesstraßen werden jährlich die Messergebnisse der automatischen Dauerzählstellen, differenziert nach den Fahrzeuggruppen Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) veröffentlicht (letzte Veröffentlichung: [Bast, 2015]) Diese Ergebnisse sind kompatibel mit den Straßenverkehrszählungen, sodass mit der Kombination beider Quellen eine vollständige Zeitreihe der Fahrleistungen auf Autobahnen und

Bundesstraßen erstellt werden kann. In TREMOD wird dies umgesetzt, indem die Anteile der Kräder, Pkw und Lkw<=3,5t am Leichtverkehr sowie der Busse, Lkw ohne Anhänger und Lastzüge am Schwerverkehr zwischen den Stützjahren der Straßenverkehrszählungen linear interpoliert und daraus jährliche Fahrleistungen der sechs Fahrzeugkategorien berechnet werden.

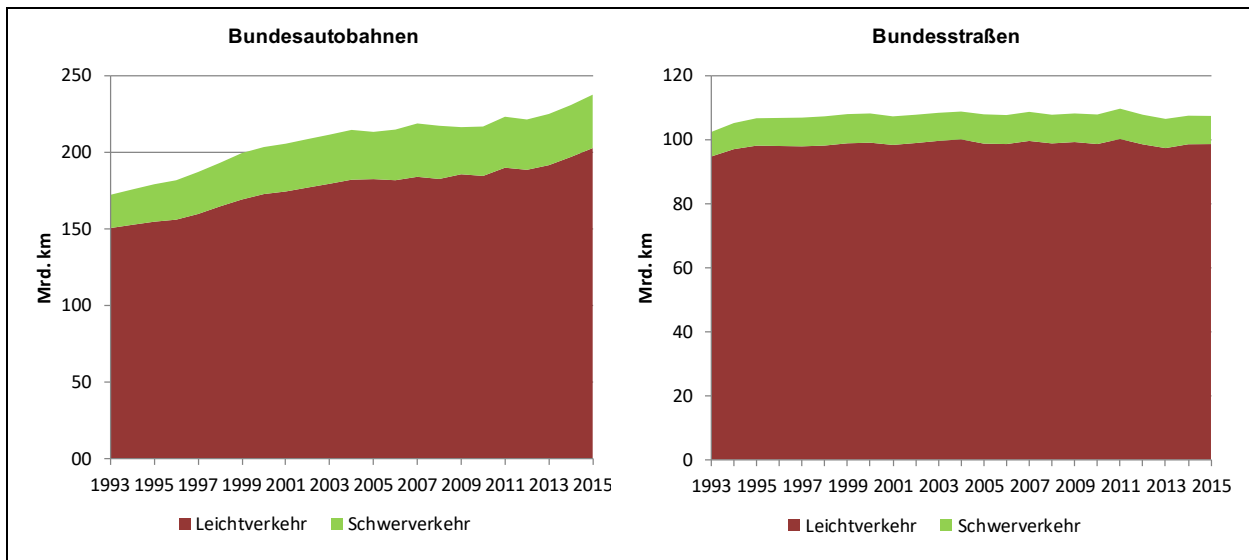


Abbildung 1 Fahrleistungsentwicklung auf Autobahnen und Bundesstraßen an den automatischen Dauerzählstellen 1993 bis 2015

2.2.3 Fahrleistungserhebungen 1993 und 2002

Die Fahrleistungserhebungen wurden von IVT im Auftrag der BAST durchgeführt. Wesentliches Element der Fahrleistungserhebungen sind umfangreiche Befragungen der Fahrzeugnutzer in Deutschland. Anhang der Ergebnisse der Halterbefragung wurde die Inländerfahrleistung für verschiedene Jahre abgeleitet, die nach einzelnen Fahrzeugkategorien, Größenklassen, Fahrzeugalter und anderen Kriterien differenziert.

Die Inlandsfahrleistung 2002 wurde von IVT ermittelt, indem Erhebungen zum grenzüberschreitenden Verkehr mit den Ergebnissen der Inländerfahrleistung verknüpft wurden. Eine Aufteilung der Fahrleistung nach Straßentypen wurde nicht vorgenommen. Während diese weiterführende Aufgabe für die Jahre 1990 und 1993 von Heusch-Boesefeldt im Rahmen der Fahrleistungsuntersuchung ([Bast, 1993], [Heusch, / Boesefeld, 1996]) durchgeführt wurde, gibt es für das Jahr 2002 keine derartige Analyse [Hautzinger, et al., 2002].

Tabelle 9 Inländerfahrleistung 1993 und 2002

Fahrzeuggruppe	Kfz-Bestand zur Jahresmitte (in 1000)		Inländerfahrleistung (in Mio. km)		Veränderung 1993/2002	
	1993	2002	1993	2002	Bestand	Fahrleistung
Krafträder	1.872	3.642	7.803	12.164	+94,6 %	+55,9 %
Pkw	38.653	44.673	548.445	598.485	+15,6 %	+9,1 %
Kraftomnibusse	88	85	3.958	4.219	-3,4 %	+6,6 %
Lastkraftwagen	1.988	2.632	49.285	60.177	+32,4 %	+22,1 %
Zugmaschinen	152	226	9.490	16.629	+48,7 %	+75,2 %
Sonst. Kfz.	569	687	6.957	7.588	+20,7 %	+9,1 %
Fz m Vers.kennz.	2.036	1.517	5.148	3.751	-25,5 %	-27,1 %
Insgesamt	45.358	53.461	631.086	703.013	+17,9 %	+11,4 %

Tabelle 10 Inlandsfahrleistung 1993 und 2002 nach Fahrzeugarten

Fahrzeugarten	1993 (Mio. km)	2002 (Mio. km)	Veränderung
Mofas Mopeds	3.888,0	3.751,0	-3,5 %
KR	7.803,0	12.159,9	55,8 %
Pkw	546.516,0	598.468,0	9,5 %
Kraftomnibusse	3.867,7	4.086,6	5,7 %
Personenverkehr insgesamt	562.074,7	618.465,5	10,0 %
Lkw, Zugmasch., sonst. Kfz	64.399,6	84.876,9	31,8 %
Alle Kfz	626.473,3	703.342,4	12,3%

Tabelle 11 Inländer- und Inlandsfahrleistung nach Fahrzeugarten 2002

in Mio. km	Inländer	Inländer im Ausland	Ausländer im Inland	Inland
PV insgesamt	622.626,4	23.407,4	19.210,4	618.465,4
Pkw	598.484,9	22.297,0	18.166,1	594.354,0
Kraftrad	12.164,3	324,3	319,9	12.159,9
Wohnmobile	4.043,5	268,9	339,3	4.114,0
Bus	4.218,7	517,2	385,1	4.086,6
Kfz mit Vers.kennz.	3.751,0	0,0	0,0	3.751,0
GV insgesamt	80.351,1	3.651,5	8.177,3	84.876,9
Lkw ≤ 3,5 t zgG	34.519,6	472,3	610,4	34.657,7
Lkw ≥ 3,5 t, Zugmasch.	42.287,0	3.179,3	7.566,9	46.674,6
Sonstige Kfz	3.544,5	0,0	0,0	3.544,5
Insgesamt	703.013,5	27.058,9	27.387,7	703.342,3

In TREMOD wurden die Fahrleistungserhebungen 1993 und 2002 für die Ableitung von Fahrleistungsrelationen nach Fahrzeugmerkmalen verwendet. Für die Inlandsfahrleistung 1993 wurde direkt die FLU 1993 verwendet. In den bisherigen TREMOD-Versionen wurde die Inlandsfahrleistung 2002 berücksichtigt. Bei der in dieser Studie durchgeführten Aktualisierung wurden wie bisher die Fahrleistungen der motorisierten Zweiräder, der LNF, Busse und übrigen Kfz übernommen. Die Fahrleistungen der Lkw und Sattelzüge wurden neu berechnet.

2.2.4 Verkehr in Kilometern

Das KBA veröffentlicht seit 2013 die Fahrleistungen der in Deutschland zugelassenen Kraftfahrzeuge. Diese Werte beruhen empirisch auf Ableisungen des Tachostands der Fahrzeuge bei den Hauptuntersuchungen und einer Hochrechnungs-

methodik, die u.a. Ergebnisse der Fahrleistungserhebungen verwendet. (siehe [KBA, 2019], https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/verkehr_in_kilometern_node.html) Insbesondere die mittleren Jahresfahrleistungen eignen sich somit gut für die Hochrechnung der Inländerfahrleistungen. Ergebnisse dieser Erhebung sollen auch weiterhin jährlich veröffentlicht werden. In Verkehr in Zahlen sollen diese Werte zukünftig eine wichtige Grundlage sein.

Es ist daher sinnvoll, dass auch in TREMOD diese Daten soweit möglich verwendet werden. Da es sich hierbei um die Inländerfahrleistung handelt, kommt diese Datenquelle für die Fahrzeugkategorien in Frage, bei denen sich Inlandsfahrleistung und Inländerfahrleistung nicht sehr stark unterscheiden. Dies gilt für die Krafträder, Pkw, Lkw≤3,5t, Busse und sonstige Fahrzeuge.

Tabelle 12 Mittlere Jahresfahrleistung der Fahrzeuge in Deutschland 2013 bis 2017 nach KBA-Daten (Stand November 2018, [Kraftfahrtbundesamt, 2017])

Kilometer je Fahrzeug	2013	2014	2015	2016	2017
Krafträder	2.349	2'321	2.302	2.268	2.250
Personenkraftwagen	14.259	14.100	14.074	14.015	13.922
Lkw bis 3,5 Tonnen	19.008	19.199	19.388	19.393	19.371
Lkw 3,5 bis 6 Tonnen	19.839	19.127	18.914	18.393	17.866
Lkw über 6 Tonnen	41.063	38.815	39.289	37.833	37.286
Land-/forstwirtsch. Zugm.	511	446	415	389	363
Sonstige Zugmaschinen	3.498	3.663	3.686	3.783	3.856
Sattelzugmaschinen	102.832	102.066	100.899	98.809	96.915
Omnibusse	55.224	56.030	57.311	58.615	57.580
Sonstige Kraftfahrzeuge	10.792	10.388	9.812	9.868	9.189
Kraftfahrzeuge insgesamt	13.559	13.405	13.385	13.341	13.257

2.2.5 Verkehr in Zahlen

In VIZ [ViZ BMVI, n.d.] werden die Inländerfahrleistung und der Kraftstoffverbrauch der deutschen Kraftfahrzeuge in der Zeitreihe dargestellt. Dabei werden folgende Fahrzeugkategorien unterschieden:

Mofas, Mokicks, Mopeds: Diese Kategorie kann gleichgesetzt werden mit der TREMOD-Kategorie "Kleinkrafträder" (KKR).

Krafträder: Diese Kategorie kann gleichgesetzt werden mit der gleichnamigen TREMOD- bzw. KBA-Kategorie.

Personenkraftwagen: Diese Kategorie kann gleichgesetzt werden mit der gleichnamigen TREMOD- bzw. KBA-Kategorie.

Kraftomnibusse: Entspricht der KBA- bzw. SVZ-Kategorie Busse.

Lastkraftwagen: Entspricht der gleichnamigen KBA-Kategorie.

Sattelzugmaschinen: Entspricht der gleichnamigen KBA-Kategorie.

Übrige Kraftfahrzeuge und gewöhnliche Zugmaschinen außerhalb der Landwirtschaft: Entspricht den gleichnamigen KBA-Kategorien

Unterschieden wurden bisher die Fahrzeuge mit Otto- und Dieselantrieb. Eine weitere Unterteilung, z.B. nach Größenklassen oder nach Solo- und Zugbetrieb bei Lkw wird nicht vorgenommen. Ziel des Fahrleistungs- und Verbrauchsmodells des DIW ist es, für jedes Jahr ein in sich konsistentes Gerüst der Fahrleistungen und des Energieverbrauchs zu erstellen.

Im Jahr 2018 wurde die Methodik der Berechnung für die Werte ab 2017 angepasst, um die neuen Erkenntnisse aus der Fahrleistungserhebung 2014, der KBA-Ergebnisse und weitere Quellen (z.B. Mautstatistik) zu berücksichtigen. Die Kennzahlen aus VIZ von 2014, die in dieser Studie in Vergleichstabellen dargestellt werden, beruhen auf der bisherigen Methodik.

2.2.6 Fahrleistungsanalyse des DIW im Jahr 2005

Das DIW veröffentlichte im Jahr 2005 eine Dokumentation zur Weiterentwicklung der Fahrleistungsberechnung in „Verkehr in Zahlen“ [Kalinowska, et al., 2005]. Darin wurden auch die Ergebnisse der Fahrleistungserhebung 2002 berücksichtigt. Neben der Inländerfahrleistung wurde auch die Inlandsfahrleistung 1994 bis 2003 abgeleitet. In TREMOD wurde daraus die Zeitreihe der Inlandsfahrleistung der Pkw übernommen. Lediglich in den Jahren 1999 und 2000 wurden Änderungen vorgenommen, da die Fahrleistungsabnahme nach DIW nicht plausibel erscheint. Es wurde vielmehr angenommen, dass die zum Jahresanfang 2000 eingeführte Ökosteuer zu vorgezogenen Kraftstoffkäufen führte, so dass die damit erbrachte Fahrleistung von 4 Mrd. km nicht 1999 sondern erst im Jahr 2000 stattfand.

2.2.7 Mautstatistik

Für die Autobahnen und mautpflichtige Bundesstraßen werden Fahrtdaten differenziert nach den Fahrzeuggruppen Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) veröffentlicht (letzte Version: [Bundesamt für Güterverkehr, 2018]).

Die Mautstatistik ist nur bedingt für die Fahrleistungsermittlung in TREMOD geeignet. Zum einen wird immer nur ein Teil des Lkw-Verkehrs erfasst (über 12 t oder 7,5 t), zum anderen unterscheidet sich die Berechnungsgrundlage für die Länge der Mautabschnitte von der Methodik der Straßenverkehrszählung. Es ist uns aber nicht bekannt, welche Unterschiede bestehen und wie sich diese

auswirken. Hinzu kommt, dass sich die Erhebungsbedingungen der Mautstatistik durch Ausweitung des Streckennetzes und der mautpflichtigen Fahrzeuge häufig geändert haben, so dass die zeitliche Entwicklung der Fahrleistungen nur bedingt vergleichbar ist. Aus diesem Grund wird die Mautstatistik in TREMOD nicht verwendet und nur für Plausibilitätschecks herangezogen.

Tabelle 13 Fahrleistungsentwicklung der mautpflichtigen Fahrzeuge

Jahr	Fahrleistung gesamt (Mrd. km)	FL Inländer (Mrd. km)	Abgrenzungen
2005	24,0		Lkw ab einem zGG von 12 Tonnen auf den rund 12.800 km Bundesautobahnen sowie auf rund 270 km Bundesstraßen
2006	25,8		
2007	27,8	18	
2008	27,6	18	
2009	24,4	16	
2010	25,7	16,6	
2011	26,7	16,9	
2012	26,6	16,7	Erweiterung der autobahnähnliche Bundesstraßen um ca.1.100 km bis 2015
2013	27,7	10,3	
2014	28,0	11,0	
2015	29,7	11,9	Fahrzeuge ab einem zGG von 7,5 Tonnen sind mautpflichtig
2016	32,5	13,3	
2017	33,6	14,3	

3 Aufbereitung der Fahrleistungserhebung 2014 für TREMOD

Die Ergebnisse der Fahrleistungserhebung 2014, werden, sofern möglich und sinnvoll, in TREMOD übernommen. Einzelne Ergebnisse der Inlands- und Inländerfahrleistung weichen zum Teil voneinander ab. Ebenso gibt es Abweichungen zu anderen wichtigen Fahrleistungsdatenquellen. Dies wird im Detail in diesem Kapitel erläutert.

Für die Verwendung von Fahrleistungsdaten in TREMOD spielen folgende Kriterien eine wichtige Rolle:

- Fortschreibbarkeit mit regelmäßig durchgeführten Datenerhebungen.
- Vergleichbarkeit mit anderen relevanten Untersuchungen.
- Plausibilität der Entwicklung in der Zeitreihe ab 1993.

Aus diesen Gründen hat die Vergleichbarkeit der TREMOD-Daten mit den Straßenverkehrszählungen der BAST, mit der Fahrleistungsermittlung des

KBA und nicht zuletzt mit der Fahrleistungs- und Verbrauchsrechnung in „Verkehr in Zahlen“ eine hohe Priorität.

Die Aufbereitung der Ergebnisse der Fahrleistungserhebung 2014 für TREMOD folgt daher folgendem Schema:

Inlandsfahrleistung

- **Abgleich der Fahrzeugkategorien:** Vergleich der Abgrenzungen der FLE 2014 mit der TREMOD-Abgrenzung und Zuordnung zu TREMOD-Kategorien, Vergleich mit weiteren Datenquellen.
- **Abgleich der Straßentypen und Ortslagen:** Vergleich der Abgrenzungen der FLE 2014 mit der TREMOD-Abgrenzung und Zuordnung zu TREMOD-Kategorien Vergleich mit weiteren Datenquellen.
- **Abgleich mit den Ergebnissen der Inländerfahrleistung und anderen Quellen:** Identifizierung von Widersprüchen und Entwicklung von Lösungsvorschlägen; Darstellung der vorgeschlagenen Vorgehens.

Inländerfahrleistung

- Abgleich der Fahrzeugkategorien und ihrer Untermerkmale (z.B. mit oder ohne Anhänger/Größenklasse usw) mit den in TREMOD verwendeten Kategorien und den Kategorien der Inlandsfahrleistung; Abschätzung von Unsicherheiten in der Zuordnung.
- Abgleich der Fahrzeugkategorien und der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen (KBA, VIZ, SVZ: Straßenverkehrszählungen der BAST, VE-BFS).
- Vergleich der Ergebnisse Inlands- und Inländerfahrleistung je Fahrzeugkategorie.
- Analyse der Unterschiede in den verschiedenen Erhebungen, Identifizierung möglicher Ursachen und Lösungsvorschläge.
- Ableitung der für TREMOD benötigten spezifischen Fahrleistungskennzahlen nach Antrieb und Alter.

3.1 Übersicht: Inlands- und Inländerfahrleistung 2014

3.1.1 Inlandsfahrleistung

In der Fahrleistungserhebung 2002 wurde vor allem der grenzüberschreitende Verkehr untersucht,

Tabelle 14 Ergebnisse der Inlandsfahrleistung 2014 in Mrd Fzg-km

Fahrzeuge Kategorien	Beschreibung	Fzg-km (Mrd. km)	Anteil der Fzg Kategorien (%) an der gesamten FL	Fzg-km der Ausländer (Mrd km)
Mot. Zweiräder	Mot. Zweiräder	17,47	2,4 %	1,6
Personenkraftwagen	Pkw ohne Anhänger	586,19	78,8 %	20,8
	Pkw mit Anhänger, auch Lkw < 3,5t zGG mit Anhänger	14,79	2,0 %	1,1
	Summe Pkw	600,98	80,8 %	22
Lkw	LNF Güterkraftfahrzeuge mit einem zGG von höchstens 3,5t ohne Anhänger + Wohnmobile	51,79	7,0 %	3
	Lkw ohne Anhänge Güterkraftfahrzeuge mit einem zGG von mehr als 3,5t	22,38	3,0 %	2
	Lkw mit Anhänger (Lastzüge)	16,61	2,2 %	4,5
	Sattelkraftfahrzeuge	26,26	3,5 %	8,4
	Summe Güterverkehr	117,0	15,7 %	17,9
Bus	Busse (mit mehr als 9 Sitzplätzen)	4,6	0,6 %	0,2
Sons. Fzg	Sonstige Fahrzeuge	3,81	0,5 %	0,3
Summe		743,86	100 %	41,8

um die Inlandsfahrleistung aus der Inländerfahrleistung abzuleiten. Dagegen erfasst die Inlandsfahrleistung 2014, wie zuletzt die Fahrleistungsuntersuchung 1993, das gesamte inländische Straßennetz. Die Ergebnisse liegen in folgender Differenzierung vor:

- Fahrzeugkategorien (Motorisierte Zweiräder, Pkw, Pkw mit Anhänger, LNF, sonstige Kfz, Busse, Lkw ohne Anhänger, Lkw mit Anhänger, Sattelzüge),
- Fahrzeugherkunft (Inland, Ausland),
- Straßentypen (Autobahn, sowie Bundes-, Landes-, Kreisstraßen, sonstige Straßen je für Außer- und Innerortsstraßen).

Insgesamt beträgt der Anteil der Pkw-Inlandsfahrleistung an der gesamten Inlandsfahrleistung mit 600 Mrd. Fzg-km mehr als 80% (siehe Tabelle 14). Ca. 16% decken Lkws inkl. LNF ab, und die restlichen 4% die Busse zusammen mit den motorisierten Zweirädern und den sonstigen Fahrzeugen. Innerhalb der Lkw-Kategorie wurden 52 Mrd. km von LNF, 39 Mrd. km von schweren Lkw mit und ohne Anhänger und 26 Mrd. Fzg-km von Sattelzügen zurückgelegt.

Die Aufteilung der Inlandsfahrleistung nach Fahrzeugkategorien -die sogenannte „8+1 Klassifizierung“- enthält wegen der Erhebungstechnik eine gewisse Unsicherheit. Zur Fahrzeugklassifizierung kommen Videokameras und Detektoren zum Einsatz, die zwischen gewissen Fahrzeugen, und der Vielfalt der Modelle, nicht perfekt unterscheiden können z.B. sind Lkw<3,5t mit Anhänger mit den Pkw mit Anhänger zusammen erfasst. Darüber hinaus enthält die Kategorie „sonstige Fahrzeuge“ leichte sowie schwere Fahrzeuge.

Ausländische Kraftfahrzeuge

Aus der Inlandsfahrleistung ergibt sich für 2014 ein Totalwert der Fahrleistung ausländischer Kraftfahrzeuge auf dem deutschen Straßennetz von knapp

42 Mrd. Fzg-km (dies entspricht einem Anteil von 5,6%). Besonders hohe Anteile ausländischer Kraftfahrzeuge finden sich bei großen Lkw und vor allem bei Zugmaschinen [IVT, / DLR, 2016].

3.1.2 Inländerfahrleistung

Die Daten der Inländerfahrleistung wurden durch eine Halterbefragung erhoben. Die Ergebnisse sind in Tabelle 15 dargestellt. Insgesamt beträgt der Anteil der Pkw an der gesamten Inländerfahrleistung ca. 85% mit 599 Mrd. Fzg-km. Die Lkw inkl. LNF decken ihrerseits 12% der Fahrleistung ab. Innerhalb dieser Kategorie wurden 44 Mrd. km von LNF, 20 Mrd. Fzg-km von Lkw und 19 Mrd. Fzg-km von Sattelzügen zurückgelegt.

Tabelle 15 Ergebnisse der Inländerfahrleistung 2014 in Mrd Fz-km

Kfz Kategorien	Beschreibung	Fzg-km (Mrd km)	Anteil der gesamten Fahrleistung (%)	Fzg-km im Ausland (Mrd km)
Mot. Zweiräder	Krafträder	12,37	1,7%	1
	Kfz mit Versicherungskennz. (Mofas/Mopeds)	4,62	0,7%	0,1
	Summe	16,99	2,4%	1,1
Personenkraftwagen	Personenkraftwagen	594,59	84,1%	
	Wohnmobile	4,12	0,6%	
	Summe	598,7	84,7%	17,8
Lkw	Lkw ≤ 3,5t zGG mit/ohne Anhänger	44,12	6,2%	1,4
	Lkw > 3,5 t zGG mit/ohne Anhänger	19,76	2,8%	0,4
	Sattelzugmaschinen	19,31	2,7%	1,3
	Sons. Zugmaschinen	0,5595	0,1%	0
	Summe	83,74	11,8%	3
Bus	Busse	3,96	0,6%	0,2
Sons. Fzg	Sonstige Fahrzeuge: Schutz- u. Rettungsfzg. Müll- u. Reinigungsfzg, Arbeitsmaschinen und Sonstige	3,63	0,5%	0,05
Summe		707,02	100	22,2

Inländerfahrleistung im Ausland

Die Auslandsfahrleistungen wurden im Rahmen der Halterbefragung mittels einer Zusatzfrage zum Auslandseinsatz des Kraftfahrzeuges gewonnen. Über alle Fahrzeugkategorien werden knapp 22 Mrd km im Ausland gefahren. Der maximale Anteil der im Ausland gefahrenen Kilometer betrifft überwiegend die Krafträder und die Sattelzüge mit ca. 6%.

3.1.3 Standardfehler und Unsicherheiten in den Erhebungen

Für die Ergebnisse der Erhebungen wurden auch die Unsicherheiten ermittelt (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16 Relativer Standardfehler für Inlands- und Inländerfahrleistung

Relativer Standardfehler		
	Inländerfahrleistung	Inlandsfahrleistung
Mot. Zweiräder	3,2%	11%
Kfz mit Vers. Kennz.	3,9%	
Pkw	0,6%	10%
Pkw m. Anh		14%
Busse	1,1%	18%
LNF	0,8%	9%
Lkw o Anh.		8%
Lkw m. Anh		14%
SZ	0,6%	9%
Sonst. Zugmaschinen	6,9%	
Sonstige Kfz	3%	12%

Die Inlandsfahrleistung inländischer Fahrzeuge passt in beiden Erhebungen 2014 und bei fast allen Fahrzeugkategorien weitestgehend gut zusammen - außer für die Fahrzeugkategorie der Lkws > 3,5 t zGM (siehe Kapitel 3.2.2 für mehr Details sowie [IVT, / DLR, 2014]). Möglicherweise ist diese Diskrepanz durch die Erfassungstechnik bei der Inlandsfahrleistungserhebung zu erklären, welche auf Kameras und Sensoren beruht. Dementsprechend werden einzelne Fahrzeugkategorien mit höherer Unsicherheit erfasst, z.B. landwirtschaftliche Zugmaschinen können möglicherweise als Lkw erfasst werden [IVT, / DLR, 2016].

3.2 Ableitung der Inlandsfahrleistung 2014 nach Straßentypen in TREMOD

In den folgenden Abschnitten wird die Ableitung der Inlandsfahrleistungen für jede Fahrzeugkategorie beschrieben. Es werden folgende Datenquellen verwendet:

- VZ (Verkehrszählung): Fahrleistungserhebung 2014 – Inlandsfahrleistung
- HB (Halterbefragung): Fahrleistungserhebung 2014 – Inländerfahrleistung
- KBA: Ermittlung der mittleren jährlichen Fahrzeugfahrleistung.

- VIZ: Inländerfahrleistung nach „Verkehr in Zahlen 2018/2019 (alte Methodik)

Für die Fahrleistung nach Straßentypen werden zusätzlich die folgenden Quellen verwendet:

- SVZ: Straßenverkehrszählungen der BASt
- VE-BFS: Verkehr auf Bundesfernstraßen

In der neuen Ausgabe von VIZ wurde die Methodik der Fahrleistungsrechnung mit neuen Daten und Ansätze ab 2017 aktualisiert. Dabei werden für einzelne Fahrzeugkategorien die durchschnittlichen Fahrleistungen entsprechend der KBA Fahrleistungsdaten übernommen. Die hier dargestellten Werte für 2014 wurden nicht aktualisiert und entsprechen daher der bisherigen Methodik.

In Anbetracht der Unterschiede zwischen den Ergebnissen der VZ zu anderen Erhebungen wird eine Methode entwickelt, die sich an den vorhandenen regelmäßigen Zählungen der BASt (SVZ und VE-BFS) orientiert und die Erkenntnisse der VZ sinnvoll ergänzt. Denn die BASt-Zählungen werden auch zukünftig die wichtigsten jährlich bzw. fünfjährlich verfügbaren Datenquellen für die Aktualisierung der Fahrleistungen in TREMOD sein. Es wird folgendes Vorgehen gewählt:

- Übernahme der durchschnittlichen Fahrleistung nach KBA-Statistik für Krafträder, Pkw, sonstige Kfz Busse und LNF.
- Ermittlung der Gesamtfahrleistungen durch Multiplikation des Bestands zur Jahresmitte mit der mittleren Fahrleistung.
- Ermittlung des Saldos Inländer- zu Inlandsfahrleistung für jede dieser Fahrzeugkategorien.
- Abschätzung der Gesamtfahrleistung der Lkw und Sattelzüge aus der SVZ und VZ; Herstellung einer Konsistenz zwischen beiden Untersuchungen.
- Aufteilung der Gesamtfahrleistung auf Basis der SVZ für Autobahnen und Bundesstraßen und auf Basis der VZ für die übrigen Straßentypen.

Das Endergebnis der Ableitung der Fahrleistung entsprechend der TREMOD-Systematik gegenüber der VZ 2014 ist in Tabelle 17 angegeben. Darüber hinaus ist diese Fahrleistung nach Straßentyp (für das Referenzjahr der SVZ 2015 [Mahmoudi, / Frenken, 2015]) in Tabelle 18 dargestellt². Die Methodik zur Ableitung der Fahrleistungskennzahlen ist in den folgenden Unterkapiteln detailliert dargestellt.

² Für 2015 wurde die Aufteilung abgeleitet, für 2014 und alle anderen Jahre zwischen den SVZ werden die Anteile nach Straßentypen interpoliert.

Tabelle 17 Abgeleitete Fahrleistung für TREMOD

	VZ 2014	FL 2014 (TREMOD)	Quelle
KKR	4,7	4,7	ViZ 2018/2019
KR	12,8	9,5	KBA mittl.FL*Bestand zur Jahresmitte
Pkw	601	622,2	KBA mittl.FL*Bestand zur Jahresmitte
Übrige leichte Kfz	1,3	1	KBA mittl.FL*Bestand zur Jahresmitte
Busse	4,6	4,3	KBA mittl.FL*Bestand zur Jahresmitte
LNF	51,8	42,5	KBA mittl.FL*Bestand zur Jahresmitte + Saldo Inländer/Ausländer nach VZ und HB
Lkw ohne Anhänger	22,4	17,1	SVZ 2015/VZ 2014
Übrige schwere Kfz	2,5	1,9	KBA mittl.FL*Bestand zur Jahresmitte
Lkw mit Anhänger	16,6	15,3	SVZ 2015/VZ 2014
Sattelzüge	26,3	26,3	VZ 2014
Summe	739,2	744,8	

Tabelle 18 Abgeleitete Fahrleistung nach Straßentypen für TREMOD in 2015

FL in Mrd Km	BAB	B	L	K	G	IO	Summe	Quelle
KR+KKR	1,3	1,2	2,6	1,6	1	6,8	14,5	SVZ 2015/KBA/Annahme ifeu
Pkw + übrige leichte Kfz	189	93	80	43	59	167	631	SVZ 2015/KBA/VZ 2014
Busse	0,9	0,5	0,5	0,3	0,7	1,5	4,5	SVZ 2015/KBA
LNF	12,7	4,2	6	3,4	4,2	14,1	44,6	SVZ 2015/KBA/VZ 2014
Lkw o. Anhänger + übrige schwere Kfz	6,5	2,9	1,7	0,9	2	5,2	19,2	SVZ 2015/KBA
Lkw mit Anhänger	10,4	1,9	0,6	0,4	0,7	1,8	15,7	SVZ 2015/KBA/VZ (Anteil Sz an SV)
Sattelzüge	17,1	3,6	1,4	0,7	1,8	2,1	26,7	SVZ 2015/KBA/VZ (Anteil Sz an SV)
Summe	237	107	92,8	47,2	66	185	756	

3.2.1 Personenverkehr

Krafträder

Die Fahrleistung der Krafträder aus der Fahrleistungserhebung 2014 stimmt gut mit der von VIZ überein. Dagegen liegen die KBA-Ergebnisse³ deutlich niedriger.

Tabelle 19 Vergleich der Krafträder-Fahrleistung nach Datenquellen

Inlandsfahrleistung (Mrd km)		Inländerfahrleistung (Mrd km)		
Quelle	VZ	HB	KBA	VIZ
Krafträder	17,47	12,37	9,5	12,6
Kfz mit Versicherungskennzeichen (Mofas/Mopeds)		4,62	nf	4,7
Summe		16,99	nf	17,3

³ Mit „KBA“ sind die bis 2018 veröffentlichten Ergebnisse gemeint, z.B. [Krafftahrbundesamt, 2017]. Eine Revision fand im August 2019 statt)

Ableitung der Inlandsfahrleistung für TREMOD

Krafträder

Die Fahrleistung der Krafträder wurde bisher aus VIZ übernommen. Da sich das neue Berechnungsverfahren von VIZ an die mittleren Fahrleistungen nach KBA anlehnt, werden für die Krafträder die KBA-Fahrleistungen in TREMOD übernommen (mittlere Fahrleistung multipliziert mit dem jahresmittleren Bestand; 2014: 9.5 Mrd. km). Für die Kfz mit Versicherungskennzeichen (Mofas/Mopeds) werden die Daten von VIZ wie bisher übernommen da keine Daten aus Tachostandsablesungen seitens des KBA vorliegen (2014: 4,7 mrd. km). Inländer- und Inlandsfahrleistung werden gleich angenommen. Damit wird dem Umstand Rechnung getragen, dass die KBA-Daten für die Fortschreibung auch zukünftig verfügbar sein werden

Die Fahrleistungen der Krafträder in TREMOD sind damit deutlich niedriger als in der Fahrleistungserhebung 2014 ermittelt.

Die Unterteilung der Fahrleistung auf die Straßentypen wird wie folgt vorgenommen: Die Fahrleistungen der Autobahnen und Bundesstraßen werden aus SVZ 2015 übernommen und auf das Jahr 2014 rückgerechnet. Für die anderen Straßentypen wurde als Referenz die VZ 2014 übernommen und auf die vorgegeben Gesamtfahrleistung abgeglichen. Der Fahrleistungsanteil der KKR an der Gesamtfahrleistung der motorisierten Zweiräder wurde je Straßentyp aus der FLU 1993 und ifeu Annahmen abgeleitet (Anteile 2014: B:10%; L:20%; K:20%; G:25%, IO:54%). Die Daten zwischen 2010 und 2015 sind linear interpoliert.

Tabelle 20 Fahrleistung der Krafträder nach Straßentyp in 2014

Mrd km	BAB	B	L	K	G	IO
KKR	0	0,1	0,5	0,3	0,3	3,5
KR	1,3	1,2	2,0	1,2	0,8	3,0

Quelle: SVZ 2015/ KBA

Personenkraftwagen

Die Fahrleistung der Pkw liegt in den verschiedenen Erhebungen nahe beieinander. Der größte Unterschied ergibt sich zwischen der Halterbefragung (HB) und Verkehr in Zahlen (VIZ),

Tabelle 21 Vergleich der Pkw Fahrleistung nach Datenquellen

Inlandsfahrleistung (Mrd km)		Inländerfahrleistung (Mrd km)		
Quelle	VZ	HB	KBA	VIZ
Pkw	586,2	594,6	611,5	627,2
Pkw und Lkw < 3,5t zGG mit Anhänger	14,8			
Summe	601			

Es ist zu beachten, dass sich die Abgrenzung der Fahrzeugmerkmale in den verschiedenen Untersuchungen unterscheidet. So sind Pkw-ähnliche Fahrzeuge unterschiedlich erfasst. In der VZ werden die Fahrleistungen der Pkw und der Pkw mit Anhänger unterschieden. Darin können jedoch auch Lkw<3,5 t zGG enthalten sein. Diese Abweichungen liegen an der Erfassungstechnik. Auf der anderen Seite werden Wohnmobile in der VZ als LNF erfasst. In Verkehr in Zahlen (VIZ) 2017/2018 sind M1 Fahrzeuge inkl. Fahrzeuge mit besonderer Zweckbestimmung z.B. Wohnmobile und Krankenwagen in den Pkw enthalten [DIW, / DLR, 2017] In der HB sind Wohnmobile getrennt betrachtet. Sie legten im Jahr 2014 entsprechend der VZ sowie HB 4 Mrd. Kilometer zurück.

Ableitung der Inlandsfahrleistung für TREMOD

Die Fahrleistung der Pkw wurde bisher in TREMOD auf die Zeitreihe von Verkehr in Zahlen (VIZ) abgestimmt. Da sich VIZ zukünftig an den KBA-Daten anlehnen wird, ist es sinnvoll, dass TREMOD diesem Vorgehen folgt. Die KBA-Daten werden daher ab 2014 auch in TREMOD übernommen. Es wird angenommen, dass die Inländerfahrleistung der Inlandsfahrleistung entspricht (in der VZ 2014 gleichen sich die Inländerfahrleistung im Ausland und die Fahrleistung der Ausländer in Deutschland in etwa aus). Die Fahrleistung der Pkw in TREMOD liegt damit etwas höher als in der VZ und in der HB mit 622,2 Mrd Km.

Die Umlegung von Fahrzeuganteilen auf die verschiedenen Straßentypen erfolgt wie folgt: die Fahrleistung auf Autobahnen und Bundesstraßen werden aus der SVZ 2015 übernommen und in der Zeitreihe interpoliert. Die Aufteilung der Fahrleistung auf die anderen Straßentypen entspricht der VZ 2014.

Tabelle 22 Pkw Fahrleistung nach Straßentyp in 2014

Mrd Km	BAB	B	L	K	G	IO
Pkw, übrige	182	93	79	42	57	168

Quelle: SVZ 2015/KBA/VZ 2014

Kraftomnibusse

Die Fahrleistung der deutschen Busse nach der HB und nach KBA-Daten zeigt eine hohe Übereinstimmung. Die Inlandsfahrleistung weist 0,6 Mrd km zusätzliche Fahrleistung aus, die teilweise an der Einbeziehung ausländischer Busse in der VZ liegen soll. In VIZ lag die Fahrleistung bisher bei 3,3 Mrd km (siehe Tabelle 23).

Tabelle 23 Vergleich der Busfahrleistung nach Datenquellen

	Inlandsfahrleistung (Mrd km)	Inländerfahrleistung (Mrd km)			
		VZ	HB	KBA	VIZ
Standardlinienbus			2,2		
Überlandlinienbus			0,6		
Lbus			2,8		
k.A			0,08		
Reisebus			0,85		
Sonstiger Bus			0,2		
Rbus			1,1		
Insgesamt	4,6	4	4,2	3,3	

Ableitung der Inlandsfahrleistung für TREMOD

Die Fahrleistung der Busse wird, analog zu Pkw und motorisierten Zweirädern, aus den KBA-Daten abgeleitet. Inländer- und Inlandsfahrleistung werden als gleich angenommen.

In TREMOD wird zudem zwischen Linien- und Reisebus unterschieden. Ein separates Vorhaben wird im vierten Quartal 2019 den Busverkehr detaillierter untersuchen mit dem Ziel, den Fernlinienbusverkehr separat auszuweisen [Allekotte, 2019]. Dabei werden auch die Ergebnisse der HB verwendet. In der vorliegenden Studie wird daher auf eine vorläufige Abschätzung der Unterteilung nach Linien- und Reisebussen verzichtet und bleibt vorerst unverändert auf dem Niveau der FLU 1993 (57% Reisebus und 43% Linienbus) Die Ergebnisse der Zusatzuntersuchung werden jedoch in die nächste TREMOD-Version Ende 2019 einfließen.

Die Aufteilung auf die Straßentypen (siehe Tabelle 24) folgt der selben Methodik wie für Pkw: die Fahrleistung auf Autobahnen und Bundesstraßen

kommt aus der SVZ 2015 (mit Rückrechnung nach 2014 durch Interpolation), die Anteile der übrigen Straßentypen aus die VZ 2014, abgeglichen auf die Fahrleistungseckwerte.

Tabelle 24 Fahrleistung der Busse nach Straßentyp (2014)

Mrd Km	BAB	B	L	K	G	IO
Busse	0,9	0,5	0,6	0,3	0,7	1,4

Quelle: SVZ 2015/KBA

3.2.2 Güterverkehr

Überblick Güterverkehrsfahrleistung 2014

Die gesamte Inlandsfahrleistung des Güterverkehrs (LNF Solo-Lkw, Lastzüge und Sattelzüge) in der VZ beträgt 117 Mrd Fzg-km. Dies entspricht ca. 16% der gesamten Fahrleistung in Deutschland.

In der HB liegt die Gesamtfahrleistung bei 83,7 Mrd. km und damit deutlich niedriger als in der VZ. Der prozentuale Anteil des Güterverkehrs an der gesamten Fahrleistung aus der HB ist deshalb mit ca. 12% niedriger als in der VZ. Dieser Unterschied weist darauf hin, dass ausländische Lkw einen höheren Anteil an der Fahrleistung im Güterverkehr haben als inländische Lkw im Ausland.

Tabelle 25 Anteil der angegebenen Fahrzeugkategorien an der Güterverkehrsfahrleistung

	VZ	VZ – Inlandsfahrleistung der Inländer	VZ - Inlandsfahrleistung der Ausländer
LNF	44%	49%	17%
Lkw	33%	33%	37%
SZ	22%	18%	47%

Wie aus Tabelle 25 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zu entnehmen ist, legen LNF gemäß VZ 44% der Güterfahrleistung zurück, Lkws zwischen 33% und Sattelzüge ca. 22%.

Die Verteilung der Inlandsfahrleistung der verschiedenen Güterfahrzeugkategorien nach Inländer und Ausländer weist darauf hin, dass die Sattelzüge einen großen Anteil an die Fahrleistung der ausländischen Lkw haben (fast die Hälfte), und dass relativ wenig Kilometer von ausländischen LNF in Deutschland zurückgelegt sind.

Leichte Nutzfahrzeuge

Wie in Tabelle 26 dargestellt, unterscheiden sich die Fahrleistung je nach Datenquelle.

Tabelle 26 Vergleich der LNF Fahrleistung nach Datenquellen

Inlandsfahrleistung (Mrd km)		Inländerfahrleistung (Mrd km)		
Quelle	VZ	HB	KBA	VIZ
LNF	51,8*	48,2	40,4	+ Lkw 66,3

*inkl. Wohnmobile

Zu diesen Unterschieden gibt es verschiedene Erklärungsansätze: Die Wohnmobile werden in den Datenquellen verschieden behandelt. In der VZ sind sie den LNF zugeordnet. Das Ergebnis der HB enthält die Wohnmobile separat (LNF 44 Mrd km, Wohnmobile 4 Mrd Fzg-km). Innerhalb der KBA-Daten sind die Wohnmobile nicht separat ausgegeben und in den Pkw enthalten. In VIZ werden die Fahrleistungen der LNF nicht separat ausgewiesen, sondern sind in den Lkw mit enthalten.

Zudem sind die ausländischen LNF in der Inländerfahrleistung nicht enthalten. Wenn nur die Inlandsfahrleistung der Inländer betrachtet ist, wie in Tabelle 27 zu entnehmen, stimmen beide Quellen der Fahrleistungserhebung recht gut überein. Die Abweichung mit VIZ und KBA-Daten bleibt aber zum Teil ungeklärt.

Tabelle 27 Inlandsfahrleistung deutscher LNF

	Inlandsfahrleistung der Inländer VZ	Inlandsfahrleistung der Inländer HB
LNF + Wohnmobile	48,8	46,8*

*Wohnmobile ca. 4 Mrd. km

Ableitung der Inlandsfahrleistung für TREMOD

Die Fahrleistung der LNF wird wie folgt abgeleitet: das Produkt der mittleren Fahrleistung je Fahrzeug entsprechend der KBA-Daten und des Bestands ergibt die Inländerfahrleistung. Die gewünschte Inlandsfahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge setzt sich aus der Inländerfahrleistung (KBA Bestand * durchschnittliche FL = 41,052 Mrd. km in 2014) minus die Inländerfahrleistung im Ausland (aus der HB) +die Inlandsfahrleistung der Ausländer (aus der VZ) zusammen. Aus der Formel entsteht für die Inlandsfahrleistung der LNF 2014 einen Zuschlag von 3,5% zur Inländerfahrleistung (41,052*103,5%=42,5 Mrd. km) Die Fahrleistungen der Lkw <3,5t sind damit in TREMOD 2014 mit 42,5 Mrd km um ca. 20% niedriger als in der VZ 2014.

Die Unterteilung der Fahrleistung nach Straßentypen entspricht der Methodik bei Pkw: Die Fahrleistung auf BAB und B werden aus der SVZ 2015 übernommen; für die anderen Straßentypen werden die Ergebnisse der VZ 2014 herangezogen und die Wachstumsrate 2014/2015 aus KBA-Daten abgeleitet. Das Ergebnis ist Tabelle 30 zu entnehmen.

Tabelle 28 Fahrleistung der LNF nach Straßentyp (2014)

Mrd Km	BAB	B	L	K	G	IO
LNF	12,3	4,2	5,6	3,2	4,1	13,1

Quelle: SVZ 2015 /KBA/VZ 2014

Schwere Nutzfahrzeuge

Die Fahrleistung der Lkw (ohne und mit Anhänger) sind je nach Datenquelle sehr unterschiedlich: Wurden in der VZ für die Inlandsfahrleistung 39 Mrd Fzg-km erfasst, ergeben sich für die Inländerfahrleistung nur 19,76 Mrd Fzg-km aus der HB und rund 16 Mrd Fzg-km nach KBA-Daten und VIZ vgl. Tabelle 29.

Tabelle 29 Fahrleistung der Lkw nach Datenquellen

Inlandsfahrleistung (Mrd km)		Inländerfahrleistung (Mrd km)		
Quelle	VZ	HB	KBA	VIZ
Lkw mit Anhänger	16,6	19,76	16,4	16,9
Lkw ohne Anhänger	22,4			
Summe	39			

Um die Zahlen zu vergleichen wird die Inlandsfahrleistung der deutschen Lkw aus der VZ mit der Inländerfahrleistung auf deutschen Straßen aus der HB verglichen (siehe Tabelle 30).

Tabelle 30 Inlandsfahrleistung deutscher Lkw

	Inlandsfahrleistung der Inländer VZ	Inlandsfahrleistung der Inländer HB
Lkw mit Anhänger	12,1	19,4
Lkw ohne Anhänger	20,35	
Summe	32,4	

Die Differenz lässt sich weder durch den Betrieb ausländischer Lkws in Deutschland noch durch die Stichprobe und Standardfehler erklären. Auch ver-

glichen mit VIZ und KBA-Daten, ist das Ergebnis der VZ deutlich höher.

Die Inlandsfahrleistung der Sattelzüge (SZ) erreicht 26 Mrd Fzg-km während die Ergebnisse der Inländerfahrleistung ca. 20 Mrd Fzg-km betragen. Das Ergebnis von VIZ ist niedriger mit fast 17 Mrd Fzg-km.

Tabelle 31 Fahrleistung der SZ nach Datenquellen

Quelle	Inlandsfahrleistung (Mrd km)		Inländerfahrleistung (Mrd km)		
	VZ	HB	KBA	VIZ	
SZ	26,3	19,9	18,4	16,9	

Wie aus Tabelle 32 zu entnehmen ist, liefern die VZ und die HB ähnliche Zahlen für die Inlandsfahrleistung der deutschen SZ. Die rund 8 Mrd zusätzlichen Kilometer der Inlandsfahrleistung werden von ausländischen SZ erbracht. Dementsprechend beträgt die Fahrleistung der ausländischen Lkw 32% der SZ Fahrleistung.

Tabelle 32 Inlandsfahrleistung deutscher SZ

	Inlandsfahrleistung der Inländer VZ	Inlandsfahrleistung der Inländer HB
SZ	17,9	18,6

Ableitung der Inlandsfahrleistung für TREMOD

In der Fahrleistungserhebung 2014 wurden Inlandsfahrleistungen ermittelt, die deutlich über den Zählergebnissen der Straßenverkehrszählungen aber auch der Inländerfahrleistung 2014 liegen. Die Fahrleistung der Lkw in TREMOD wurde daher für 2014 nach unten korrigiert. Zunächst wurden

für Autobahnen und Bundesstraßen die Fahrleistungen der SVZ 2015 für 2014 rückgerechnet. Die Gesamtfahrleistung wurde berechnet, indem die Fahrleistungsdifferenz auf Autobahnen und Bundesstraßen, die zwischen den Straßenverkehrszählungen und der Fahrleistungserhebung 2014 besteht, auf die übrigen Straßentypen übertragen wurde. Die Gesamtfahrleistung ergibt sich dann als Summe der Fahrleistungen über alle Straßentypen. Mit 17,1 Mrd. km sind die Fahrleistungen der Lkw >3,5t damit in TREMOD 2014 um 23% bzw. 5,3 Mrd. km niedriger als in der VZ 2014.

Für die Lkw mit Anhänger wurde das Verfahren ebenfalls angewendet: Die Fahrleistung der Lastzüge (Lkw ohne Anhänger und Sattelzüge) ist in der VZ auf Autobahnen etwas höher, auf Bundesstraßen etwas niedriger als in der SVZ 2015. Um die Fahrleistungen der Lkw ohne Anhänger zu korrigieren, wurde die Fahrleistung der Lastzüge aus der SVZ in Lkw mit Anhänger und Sattelzüge unterteilt unter der Annahme, dass die Sattelzüge in der VZ direkt in TREMOD übernommen werden können. Damit lässt sich die Fahrleistung der Lkw ohne Anhänger aus der SVZ für Autobahnen und Bundesstraßen als Differenz bestimmen. Die angepasste Fahrleistung der Lkw ohne Anhänger liegt dann um 8% bzw. 1,3 Mrd. km niedriger als in der VZ. Die Ergebnisse der Fahrleistungserhebung für die Sattelzüge fügen sich gut in das gesamte Fahrleistungsgerüst für den Güterverkehr ein. Sie werden daher mit 26,3 Mrd km direkt aus der VZ übernommen.

Die entsprechende Aufteilung der Fahrleistungsanteile auf Straßentypen ist aus Tabelle 33 zu entnehmen.

Tabelle 33 Fahrleistung des Schwerverkehrs nach Straßentyp (Interpolation 2014)

Mrd Km	BAB	B	L	K	G	IO	Quelle
Lkw + Ü. schwere Fahrzeuge	6,3	2,9	1,7	0,9	2,0	5,2	SVZ 2015/KBA
LZ	10,1	1,9	0,5	0,4	0,7	1,8	SVZ 2015/KBA/VZ (Anteil LZ an SV)
SZ	16,7	3,7	1,4	0,7	1,7	2,1	SVZ 2015/KBA/VZ (Anteil LZ an SV)

3.3 Fahrleistung nach Fahrzeugalter

In TREMOD wird die Fahrleistung der verschiedenen Fahrzeuge nach Fahrzeugalter sowie nach Antriebsart gewichtet. Grund dafür ist, dass alte Fahrzeuge weniger als neuer Fahrzeuge fahren. Da die Schadstoffemissionen sich je nach Alter der Fahrzeuge (und entsprechenden Euronormen)

stark unterscheiden, spielt diese Gewichtung eine wichtige Rolle.

Die HB liefert Daten für folgende Altersstufen: jahresfein bis 12 Jahre, aggregiert von 12 bis unter 15 Jahre, von 15 bis unter 20 Jahre sowie 20 Jahre und älter. Im Unterschied dazu wird die mittlere Jahresfahrleistung in TREMOD grundsätzlich für jeden Altersjahrgang bis 30 Jahre abgebildet.

Hierzu werden die Ergebnisse der HB als Grundlage genommen und ggf. für die Modellierung angepasst d.h. interpoliert und/oder geglättet, da die Ergebnisse der HB wegen teils geringer Fallzahlen in einer Altersklasse oft Sprünge aufweisen. Dies wird in jedem Einzelfall entschieden. Die folgenden Abbildungen stellen die Originaldaten aus der HB sowie die daraus abgeleiteten geglätteten und fortgeschriebenen Funktionen dar. Die schon beschriebene Alterskategorisierung der HB gilt für alle Fahrzeugkategorien, dementsprechend ist das grundsätzliche Verfahren zur Übernahme der Werte in TREMOD für alle Fahrzeugkategorien gleich.

3.3.1 Personenverkehr

Krafträder

Für die Fahrzeuge mit Versicherungskennzeichen liegen aus der HB keine Altersverteilungen vor. Die jährliche mittlere Fahrleistung der Kleinkrafträder (bis 50 cm³) bezieht sich auf die Altersverteilung der Leichtkrafträder (50-125 cm³). Diese könnten den Kfz mit Versicherungskennzeichen zugeordnet werden. Da sie jedoch große Schwankungen je nach Alter aufweist und damit nicht plausibel erscheint, wurde dieselbe Altersverteilung wie für die Krafträder übernommen.

Abbildung 2 zeigt die mittlere jährliche Fahrleistung der Krafträder (über 125 cm³) nach Altersstufe, normiert auf die neuen Krafträder (=1). Die ursprünglichen Daten aus der HB sind in blau angezeigt, die geglätteten Daten in rot wurden in TREMOD übernommen. Die Krafträder, die ein Jahr alt sind, haben die höchste mittlere jährliche Fahrleistung mit ca. 7.000 km. Die Jahresfahrleistung nimmt mit dem Alter ab.

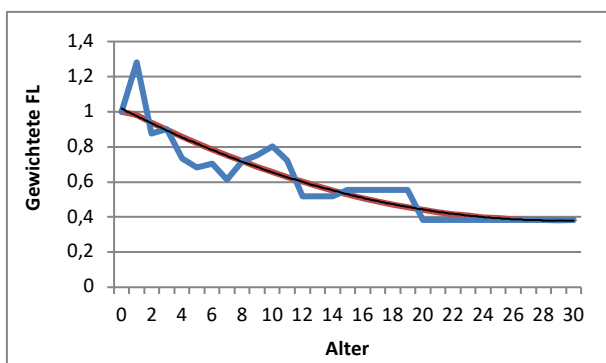


Abbildung 2 Jährliche mittlere Fahrleistung der Krafträder nach Fahrzeugalter (in rot geglättet)

In Abbildung 2 ist die geglättete Kurve (in rot) der in der HB enthaltenen Daten (in blau) zur mittleren

jährlichen Fahrleistung der Krafträder dargestellt. Nach TREMOD-systematik bekommen die neuen Fahrzeuge (Alter 0) eine Gewichtung von 1.

Personenkraftwagen

Eine Differenzierung der Fahrleistungen nach Antriebsart zeigt, dass die Diesel- und Erdgasfahrzeuge zweimal mehr, die Flüssiggas- und Hybridfahrzeuge ca. 50% mehr fahren als die Benzinfahrzeuge im Neuzustand, während die Fahrleistungen der Elektrofahrzeuge niedriger ausgewiesen wird. Generell legen mit zunehmendem Alter Fahrzeuge weniger Kilometer als die neuen Pkws zurück.

Bei einigen alternativ angetriebenen Fahrzeugen fehlt wegen geringer Fallzahlen eine repräsentative Stichprobe für bestimmte Jahrgänge, deswegen ist die mittlere Fahrleistung des letzten verfügbaren Jahrgangs in der Abbildung konstant für benachbarte Jahrgänge z.B. für Erdgas ab 16 Jahre, für BEV zwischen 4 und 11 und ab 14 Jahre, und Hybridfahrzeuge über 10 Jahre.

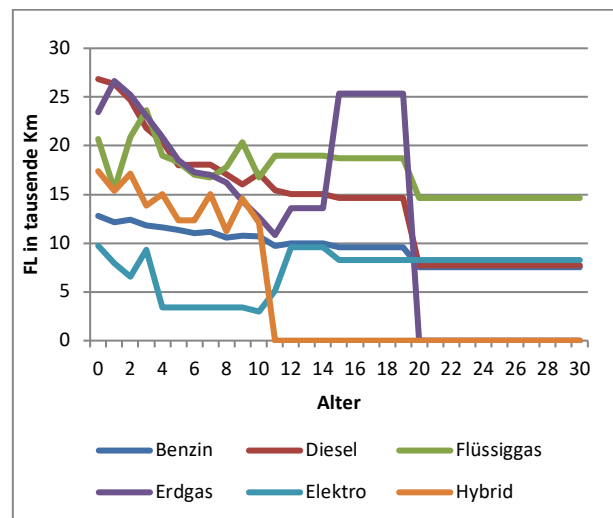


Abbildung 3 Mittlere Fahrleistung der Pkw nach Antriebsart und Fahrzeugalter (Quelle: HB)

In Anbetracht der starken und schwer nachvollziehbaren Variationen wurde entschieden die Gewichtung der Diesel- und Benzin-Fahrzeuge als Grundlage für die alternativen Antriebe zu übernehmen:

- Diesel-Pkw für D-Hybrid und Erdgasfahrzeuge, da Erdgasfahrzeuge zumindest in den ersten Jahren einen ähnlichen Verlauf aufweisen wie die Diesel-Pkw.
- Benzin-Pkw für B-Hybrid, Flüssiggas und Elektrofahrzeuge, da beide eher einen flachen Verlauf aufweisen, ähnlich den Benzin-Pkw

Aus Abbildung 4 und Abbildung 5 lässt sich der schnelle Rückgang der Fahrleistung der Diesel-Pkw nach Alter erkennen. Im Vergleich zu Dieselfahrzeugen fällt der Rückgang der Fahrleistung mit zunehmendem Fahrzeugalter bei Benzinfahrzeugen geringer aus.

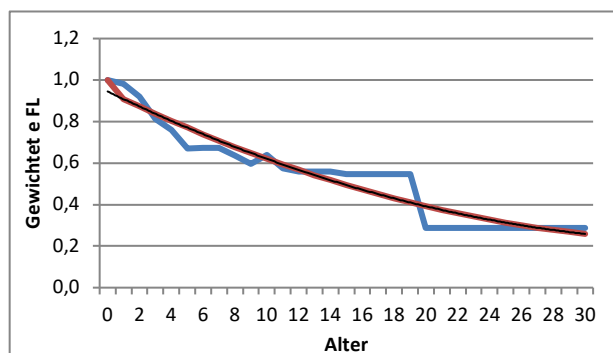


Abbildung 4 Gewichtung der jährliche mittlere Fahrleistung der Diesel-Pkw (in rot geglättet)

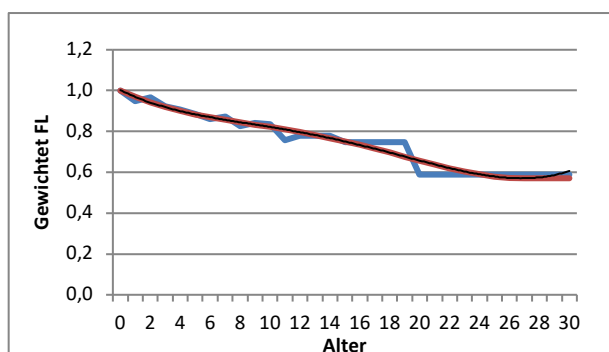


Abbildung 5 Gewichtung der jährliche mittlere Fahrleistung der Benzin-Pkw (in rot geglättet)

Kraftomnibusse

In TREMOD werden Busse nach Reise- und Linienbussen unterteilt. Die Aufteilung kann aus der HB übernommen werden. Die Kategorien „keine Angabe“ und „sonstige Busse“ sind in TREMOD dem Reisebus zugeordnet und erreichen ca. 0,3 Mrd Fzg-km pro Jahr. Wie aus Abbildung 6 zu entnehmen ist, legen Reisebusse in den ersten Jahren nach der Zulassung höhere Fahrleistungen als Linienbusse zurück. Dies gilt für Fahrzeuge mit einem Alter bis ca. 11 Jahre. Ältere Reisebusse (ab ca. 20 Jahre) sind deutlich weniger im Einsatz (ca. 11.000 km/Jahr) während die Linienbusse noch ca. 22.000 Kilometer pro Jahr gefahren werden.

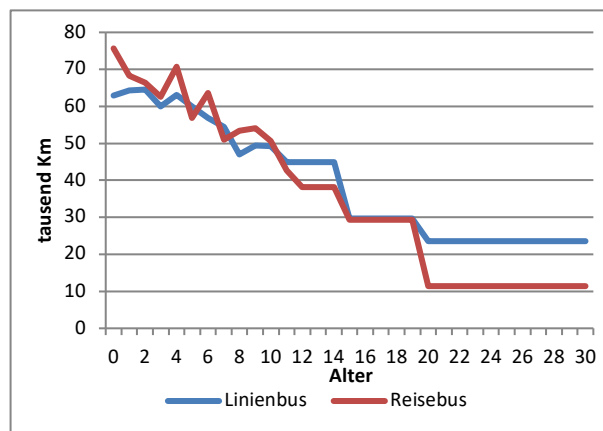


Abbildung 6 Mittlere jährliche Fahrleistung der deutschen Busse nach Alter

Die Fahrleistung wird für die zwei Bus-Kategorien Linien- und Reisebusse geglättet und gewichtet wie aus Abbildung 7 und Abbildung 8 zu entnehmen ist.

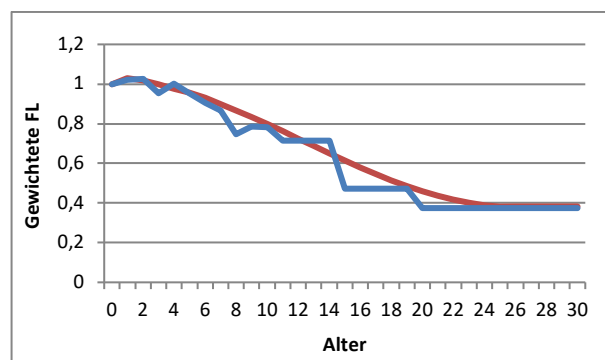


Abbildung 7 Gewichtete mittlere jährliche Fahrleistung der Linienbusse nach Fahrzeugalter (in rot geglättet)

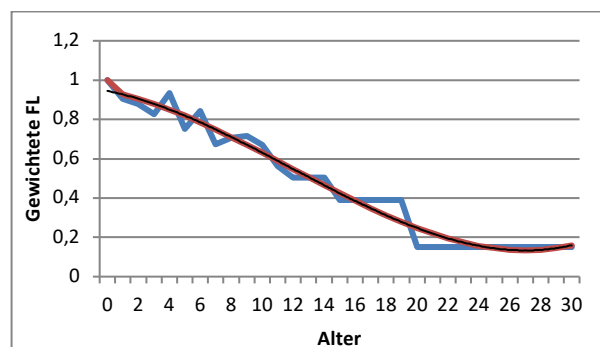


Abbildung 8 Gewichtete mittlere jährliche Fahrleistung der Reisebusse nach Fahrzeugalter (in rot geglättet)

3.3.2 Güterverkehr

LNF

Die altersabhängige Fahrleistungsrelation der Fahrzeugkategorie LNF (Lkw<3,5 t zGG) wird entsprechend der Methode für Pkw ermittelt. Die fehlenden jahresfeinen Daten wurden fortgeschrieben (zwischen 13 und 14, 16 und 19 sowie ab 20 Jahren Fahrzeugalter). Hieraus ergibt sich die FL-Fahrzeugalter Relation in Abbildung 9. Die höchste jährliche Fahrleistung von 29.000 Fzg-km wird von neuen Fahrzeugen erreicht, während die mittlere Jahresfahrleistung mit dem Alter der Fahrzeuge kontinuierlich abnimmt.

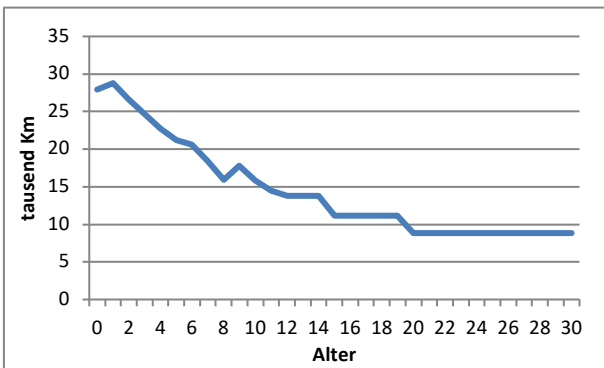


Abbildung 9 Jährliche mittlere Fahrleistung der LNF nach Fahrzeugalter (Lkw<3,5t)

Das Ergebnis der Gewichtung und Glättung ist in Abbildung 10 abgebildet.

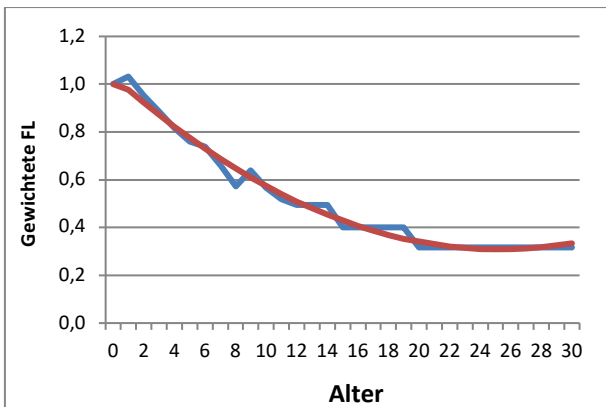


Abbildung 10 Gewichtete mittlere jährliche Fahrleistung der LNF nach Fahrzeugalter (in rot geglättet)

Schwere Nutzfahrzeuge

Die höchste jährliche mittlere Fahrleistung der deutschen Lkws beträgt 60.000 Fzg-km für Fahrzeuge im Neuzustand. Diese nimmt kontinuierlich bis auf weniger als 10.000 km für Fahrzeuge mit einem Alter von ca. 21 Jahre ab. Die in Abbildung

11 gezeigte mittlere Fahrleistung gilt für Lkws aller Größenklassen.

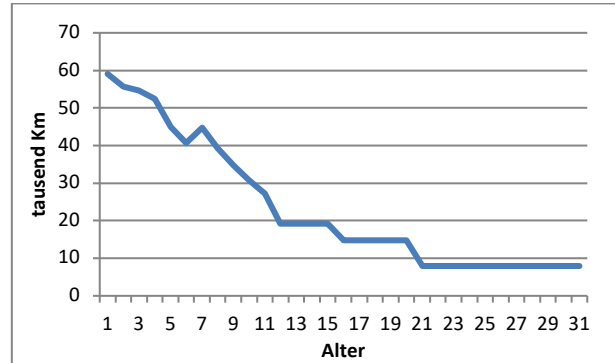


Abbildung 11 Jährliche mittlere Fahrleistung der deutschen Lkws nach Fahrzeugalter

Die gewichtete und geglättete Fahrleistung ist aus Abbildung 12 zu entnehmen.

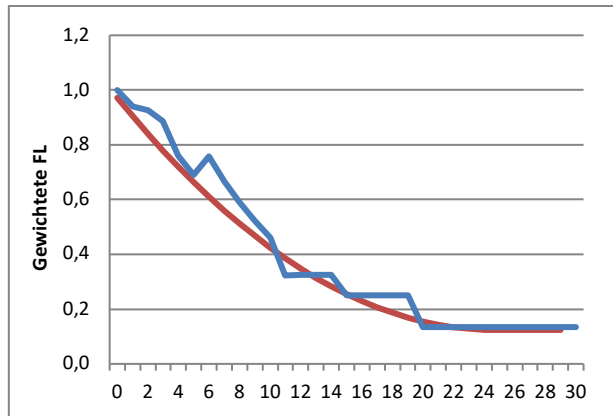


Abbildung 12 Gewichtete jährliche mittlere Fahrleistung der deutschen Lkws nach Fahrzeugalter (in rot geglättet)

Die jährliche mittlere Fahrleistung der neuen SZ beträgt laut den Ergebnissen der Inländerfahrleistung 107.000 Fzg-km. Sie geht mit den Jahren stark zurück, sodass 8 Jahre alte Fahrzeuge nur die Hälfte der FL neuer Fahrzeuge zurücklegen, wie in Abbildung 13 dargestellt.

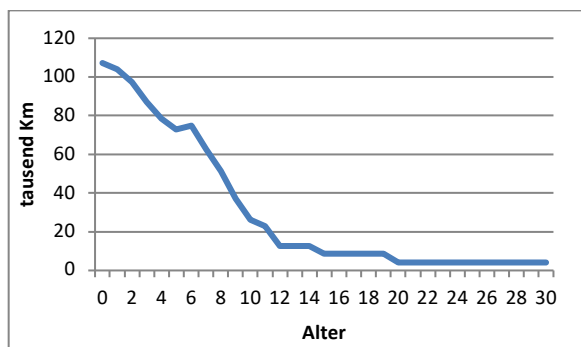


Abbildung 13 Jährliche mittlere Fahrleistung der Sattelzüge nach Fahrzeugalter

Die jährliche durchschnittliche Fahrleistung der Sattelzüge wurde geglättet, wie in Abbildung 14 abgebildet.

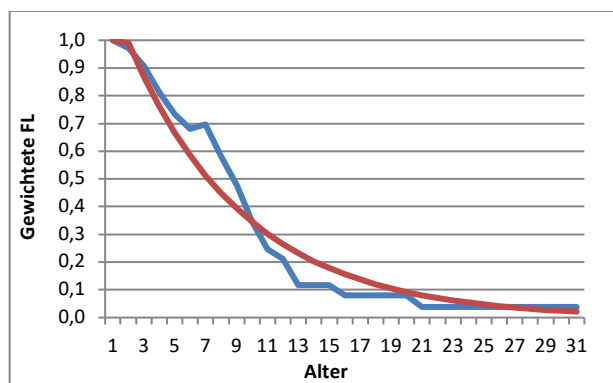


Abbildung 14 Gewichtete jährliche mittlere Fahrleistung der Sattelzüge nach Fahrzeugalter

3.4 Fahrleistung nach Antriebsart und Größenklasse

In TREMOD wird die Fahrleistung der verschiedenen Fahrzeuge auch nach Antriebsart und Größenklasse gewichtet. Dies bezieht sich darauf, dass Diesel- und Benzinfahrzeuge sowie Fahrzeuge mit alternativen Antrieben anders benutzt werden. Typischerweise legen Elektrofahrzeuge weniger Kilometer als konventionelle Fahrzeuge zurück. Da der Kraftstoffverbrauch sowie die Schadstoffemissionen sich je nach Antrieb und Größenklasse der Fahrzeuge stark unterscheiden, spielt diese Gewichtung wie auch die Gewichtung nach Fahrzeugalter eine wichtige Rolle.

3.4.1 Personenverkehr

Krafträder

Die Hubraumklassen der Krafträder in TREMOD und in der Inländerfahrleistung sind unterschiedlich. In Tabelle 34 ist die ausgewählte Zuordnung zusammengestellt.

Tabelle 34 Zuordnung und mittlere FL für die Krafträder nach Größenklasse in TREMOD und in der HB

TREMOD Unterkategorien	HB Unterkategorien	FL Gewichtung der Benzin-krafträder
Kleinkrafträder $\leq 50 \text{ cm}^3$	KR $<125 \text{ cm}^3$	1
KR Zwei-Takt $\leq 250 \text{ cm}^3$	$125 \leq \text{KR} < 500 \text{ cm}^3$	1
KR Vier-Takt $\leq 250 \text{ cm}^3$	$125 \leq \text{KR} < 500 \text{ cm}^3$	1
KR Vier-Takt $> 250 \text{ cm}^3$	KR $\Rightarrow 500 \text{ cm}^3$	2

Aufgrund unzureichender Datenlage werden die Fahrleistungen der E-Krafträder gleich den Benzin-Krafträdern gesetzt. Alle Unterkategorien sind mit 1 gewichtet außer die Krafträder über 500 cm^3 , die eine zweimal höhere Fahrleistung zurücklegen.

Personenkraftwagen

Da die Größenklassen in TREMOD nicht mehr unterschieden werden, wird in Tabelle 35 nur die Gewichtung der mittleren Fahrleistung nach Antrieb dargestellt. Diesel Pkw legen ca zweimal mehr km zurück als Benzinler, die etwa 10.700 km jährliche Fahrleistung erbringen, gefolgt von Erdgas- und Flüssiggasfahrzeugen. Elektrofahrzeuge fahren durchschnittlich 8.700 km pro Jahr. In Tabelle 35 Gewichtung der mittleren FL der Pkw nach Antriebsart ist die Gewichtung der mittleren jährlichen Fahrleistung der Pkw unterschiedlicher Antriebsarten bezogen auf Benzinfahrzeuge dargestellt.

Tabelle 35 Gewichtung der mittleren FL der Pkw nach Antriebsart

Pkw nach Antriebsart	Mittlere FL Gewichtung
Benzin	1
Diesel	1,9
Flüssiggas	1,7
Erdgas	1,8
Elektro	0,8
Hybrid	1,4

Kraftomnibusse

Die Größe der Busse lässt sich in der HB nur nach Anzahl von Plätzen unterscheiden. Diese Unterteilung wurde für Reise- und Linienbusse übernommen. Reisebusse über 18t legen fast zwei Mal mehr Kilometer zurück als Reisebusse $\leq 18t$. Der Unterschied nach Größenklasse für die Linienbusse ist deutlich geringer, wie aus Tabelle 36 zu entnehmen ist.

Tabelle 36 Gewichtung der FL nach Größenklasse laut TREMOD und HB für Busse

TREMODO Unterka- tegorien	HB Unterkate- gorien	FL Gewichtung
Reisebus $\leq 18t$	Bis 40 Plätze	1
Reisebus $> 18t$	Ab 41 Plätze	1,8
Linienbus $\leq 15t$	9 bis 16 Plätze	1
15t \leq Linien- bus $\leq 18t$	17 bis 31 Plätze	1,2
Linienbus $> 18t$	Über 32 Plätze	1,2

3.4.2 Güterverkehr

Leichte Nutzfahrzeuge

Bei den leichten Nutzfahrzeugen können die Fahrleistungen nach Antrieb und Größe basierend auf den Ergebnissen der HB unterschieden werden. Die mittleren Fahrleistungen der CNG- und Dieselfahrzeuge liegen etwa auf gleichem Niveau, während die Fahrleistung der Elektrofahrzeuge ca. die Hälfte der Fahrleistung der Dieselfahrzeuge ausmacht vgl. Tabelle 37.

Tabelle 37 Gewichtung der FL nach Größenklasse laut TREMOD und HB für LNF

TREMODO Unter- tegorien	HB Unter- tegorien	Diesel	CNG	BEV
LNF M+N1-I	0 bis 2t	1	1,1	0,4
LNF N1-II	$>2t$ bis 2,8t	1,2	0,9	0,6
LNF N1-III	$>2,8t$ bis 3,5t	1,5	1,4	0,6 ⁴

Schwere Nutzfahrzeuge

Mit einer zusätzlichen Auswertung der Ergebnisse der HB durch IVT wurden Fahrleistungen nach Größenklassen in der TREMOD-Struktur bereitgestellt. Die Ergebnisse der Fahrleistungsgewichtung nach Antriebsart und Größenklasse sind in Tabelle 38 abgebildet.

Tabelle 38 Gewichtung der FL nach Größenklasse und Antriebsart für Lkw ohne Anhänger

TREMODO Unterka- tegorien	Diesel	CNG	BEV
Solo Lkw $\leq 7,5t$	1	-	0,5
Solo Lkw $>7,5-12t$	1,8	0,9	-
Solo Lkw $>12-14t$	0,8	0,9	-
Solo Lkw $>14-20t$	1,7	-	-
Solo Lkw $>20-26t$	2,8	-	-
Solo Lkw $>26-28t$	2,4	-	-
Solo Lkw $>28-32t$	1,6	-	-
Solo Lkw $>32t$	1,8	-	-

Es wird die Annahme getroffen, dass die mittlere Fahrleistung der Lkw mit Anhänger und Sattelzüge auf gleichem Niveau liegen. Die in Tabelle 39 dargestellte Gewichtung zeigt, dass die großen Sattelzüge (über 34 t) fast 100.000 km pro Jahr erbringen (ca. 3,5 Mal mehr als die Fahrleistung der übrigen Gewichtsklassen von SZ).

⁴ Wegen einer geringeren Stichprobe wurde für diese Kategorie die Fahrleistung der LNF N1-II übernommen

Tabelle 39 Gewichtung der mittleren FL nach Größenklasse der Lkw mit Anhänger und Sattelzüge

TREMOD Unterkategorien	Diesel
LZ/SZ >20-28t	1
LZ/SZ >28-34t	1
LZ/SZ >34-40t	3,5
LZ/SZ CNG	1
LZ/SZ LNG	1

Da keine alternativen Antriebe in der HB für die Sattelzüge erhoben wurden, wird die Fahrleistung der Diesel-Sattelzüge angenommen.

4 Aktualisierung der Fahrleistungszeitreihe in TREMOD

Mit der FLU 1993 und den in Kapitel 3 abgeleiteten Fahrleistungen für 2014 liegen Eckwerte für die vollständigen Fahrleistungen in der Differenzierung nach Fahrzeug- und Straßentypen für 1993 und 2014 vor. Für die Zwischenjahre gibt es keine vollständigen Informationen. Daher muss die Zeitreihe mit Hilfe der vorliegenden Informationen ermittelt und mit plausiblen Annahmen ergänzt werden. Das Vorgehen ist wie folgt:

- Ermittlung der Gesamtfahrleistung für einzelne Fahrzeugkategorien aus der Inländerfahrleistung, im Wesentlichen abgestützt auf die Zeitreihe nach VIZ und [Kalinowska, et al., 2005] (Pkw, motorisierte Zweiräder), der Entwicklung des Fahrzeugbestands und der Interpolation der durchschnittlichen Fahrleistung je Fahrzeug zwischen 1993, 2002 und 2014 (LNF, übrige Kfz) und der Interpolation der Fahrleistung zwischen 1993, 2002 [Hautzinger, et al., 2002] und 2014 (Busse). Bei diesen Fahrzeugkategorien besteht keine oder nur eine geringe Differenz zwischen der Inländer- und Inlandsfahrleistung: bei den Pkw wurde wie bisher das Fahrleistungssaldo aus [Kalinowska, et al., 2005] berücksichtigt. Bei den LNF wurde der Saldo bis 2002 als ausgeglichen und zwischen 2002 und 2014 als zunehmend (Inlandsfahrleistung > Inländerfahrleistung) angenommen. Bei den motorisierten Zweirädern und Bussen wurde der Saldo als ausgeglichen angenommen.
- Übernahme der Fahrleistungen auf Autobahnen und Bundesstraßen aus den SVZ 1995, 2000, 2005, 2010 und 2015.
- Ergänzung der Zwischenjahre mit den Ergebnissen der VE-BFS; Aufteilung nach Fahrleistungsanteilen in den Zwischenjahren durch Interpolation der Ergebnisse der SVZ.

- Übernahme der Fahrleistungen auf Landesstraßen aus den SVZ 1995, 2000 und 2005; Interpolation der Zwischenjahre; da ab 2010 keine Fahrleistungsangaben aus der SVZ mehr vorliegen, wurden die Fahrleistungen zwischen 2005 und 2014 interpoliert.
- Übernahme der Fahrleistungen auf Kreisstraßen aus den SVZ 1995, 2000 und 2005; da in den Erhebungen nur Ergebnisse für die alten Bundesländer vollständig vorliegen, wurden die Fahrleistungen in den neuen Bundesländern über Zuschlagsfaktoren abgeschätzt (siehe Kapitel 2.2.2); Interpolation der Zwischenjahre; da ab 2010 keine Fahrleistungsangaben aus der SVZ mehr vorliegen, wurden die Fahrleistungen zwischen 2005 und 2014 interpoliert.
- Bei den sonstigen außerörtlichen Straßen wurden 1993 die Gemeindestraßen separat erfasst. In der VZ 2014 wurde der Erfassungsumfang um das gesamte nicht-qualifizierte Straßennetz erweitert. Da jedoch keine Möglichkeit besteht, zwischen beiden Erhebungen eine saubere Abgrenzung herzustellen und die Fahrleistungsanteile gemessen an der Gesamtfahrleistung gering sind, werden die beiden Kategorien zusammen betrachtet und die Fahrleistungen zwischen 1993 und 2014 interpoliert.

Zur Ableitung der Innerortsfahrleistung gibt es je nach Fahrzeugkategorie unterschiedlich Ansätze:

- Innerortsfahrleistung als Differenz zwischen der Gesamtfahrleistung und den Fahrleistungen auf den Autobahnen und Außerortsstraßen. Dieses Verfahren wurde bei den Fahrzeugkategorien angewandt, bei denen die Gesamtfahrleistung vorgegeben war: Pkw, motorisierten Zweiräder, LNF, Busse und übrige Kfz.
- Interpolation der Innerortsfahrleistung zwischen 1993 und 2014; dieses Verfahren wurde bei den Fahrzeugkategorien verwendet, für die keine anderweitigen Informationen zur Gesamtfahrleistung vorlagen: Lkw und Sattelzüge. Bei diesen Fahrzeugkategorien ergibt sich die Gesamtfahrleistung aus der Summe der nach den beschriebenen Ansätzen ermittelten Fahrleistungen für jeden Straßentyp.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Zeitreihen der Fahrleistung für Pkw sowie für Lkw und Sattelzüge von 1994 bis 2014.

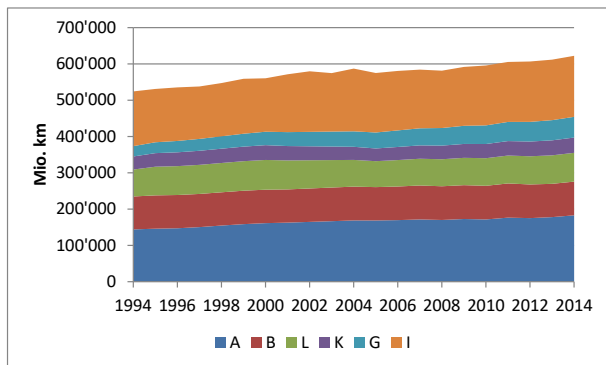


Abbildung 15: Fahrleistungen der Pkw nach Straßentypen 1994-2014⁵

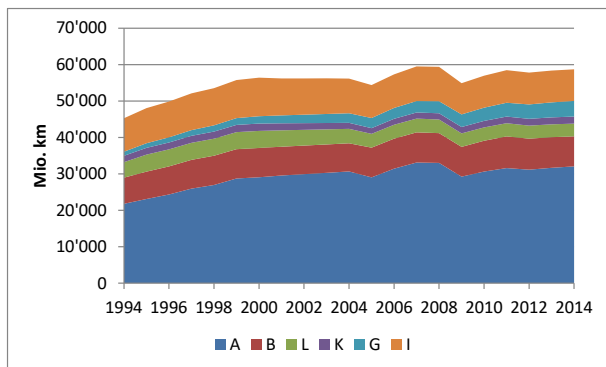


Abbildung 16: Fahrleistungen der Lkw und Sattelzüge nach Straßentypen 1994-2014

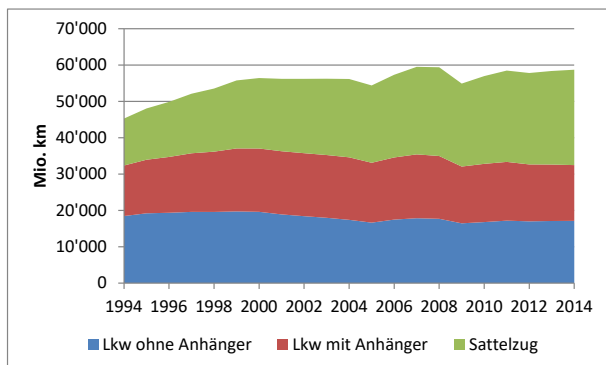


Abbildung 17: Fahrleistungen des Schwerververkehrs nach Fahrzeugkategorie 1994-2014

Folgende Entwicklungen sind zu beobachten:

- Die Entwicklung der Fahrleistungen bei Pkw ist geprägt von einer stärkeren Zunahme bis Anfang der 2000er Jahre, gefolgt von einer Phase mit stagnierenden Fahrleistungen. Seit 2010 steigen die Fahrleistungen wieder an. Insgesamt hat der innerörtliche Verkehr am wenigsten zugenommen.

Der Güterverkehr hatte die größte Wachstumsphase ebenfalls bis Anfang der 2000er Jahre, danach wechselten sich Wachstum und Stagnation bzw. Rückgang ab. Die mit Abstand stärksten Zunahmen gab es bei den Sattelzügen auf den Bundesfernstraßen, die damit einen Großteil der Verkehrsleistungszunahme im Güterverkehr übernahmen.

- Der Güterverkehr hatte die größte Wachstumsphase ebenfalls bis Anfang der 2000er Jahre, danach wechselten sich Wachstum und Stagnation bzw. Rückgang ab. Die mit Abstand stärksten Zunahmen gab es bei den Sattelzügen auf den Bundesfernstraßen, die damit einen Großteil der Verkehrsleistungszunahme im Güterverkehr übernahmen.

5 Bewertung der Ergebnisse und Forschungsbedarf

Ziel der Studie war die Erstellung einer konsistenten Zeitreihe der Fahrleistungen in Deutschland in der Differenzierung nach Fahrzeugkategorien und Straßentypen für die Emissionsberechnung in TREMOD sowie nach weiteren emissionsrelevanten Merkmalen. Mit der Fahrleistungserhebung 2014 und der Ermittlung der Jahresfahrleistung der Kraftfahrzeuge durch das KBA lagen aktuelle Datenquellen für die Aktualisierung vor. Dennoch mussten an zahlreichen Stellen weitere Annahmen und Abschätzungen getroffen werden, die nicht durch empirische Daten gedeckt sind und damit mit Unsicherheiten in TREMOD verbunden sind. Wesentliche Gründe hierfür waren folgende:

- Die Fahrleistungserhebung 2014 unterscheidet sich methodisch von der Fahrleistungserhebung 2002, insbesondere bei der Ermittlung der Inlandsfahrleistung. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse der beiden Erhebungen nur bedingt vergleichbar. So lassen sich insbesondere die Differenzen bei der Güterverkehrsleistung nicht abschließend erklären, da sie nicht durch die Entwicklung der Güterverkehrsleistung zwischen 2002 und 2014 und auch nicht durch die Fahrleistungsentwicklung auf Bundesfernstraßen bestätigt werden.
- Die VZ der Fahrleistungserhebung 2014 unterscheidet sich bei einzelnen Fahrzeugkategorien, insbesondere bei den Fahrleistungen der Lkw, von den Ergebnissen der SVZ 2010 bzw. 2015, aber auch von den Ergebnissen der HB 2014 um Größenordnungen, die im Kontext der Bedatung des TREMOD-Fahrleistungsgerüsts nicht vollständig erklärt werden können (siehe Kapitel 3.2.2).

In dieser Studie wurde das Fahrleistungegerüst für TREMOD weiterentwickelt und alle verfügbaren Fahrleistungsquellen aufeinander abgestimmt. Es wurde festgelegt, dass die Datenquellen, die auch zukünftig für die Fortschreibung der Fahrleistungen

⁵ A: Autobahn, B: Bundesstraße, L: Landstraße; K: Kreisstraße, G: Gemeindestraße, I: Innerortsstraße

zur Verfügung stehen, als primäre Grundlage genommen werden und alle anderen Quellen ergänzend verwendet werden. Mit dieser Konvention ist es möglich, eine konsistente Zeitreihe der Fahrleistungen auch zukünftig fortzuschreiben.

Unsicherheiten bestehen aus unserer Sicht insbesondere bei der Fahrleistung des Güterverkehrs, da hier die Abweichung zwischen den relevanten Quellen am stärksten ausgeprägt ist. Bei der Aufteilung der Fahrleistungen nach Straßentypen steigt die Unsicherheit beginnend mit der Fahrleistung auf Autobahnen über die außerörtlichen Bundes-, Landes-, Kreis- und Gemeinde-, bzw. übrigen Straßen bis zu den Innerortsstraßen. Dies gilt insbesondere für die Zwischenjahre zwischen 1993 und 2014, die durch Interpolation vorhandener Eckdaten ermittelt wurden.

Nachteilig für die Erstellung einer konsistenten Zeitreihe stellte sich auch der Umstand dar, dass bei den SVZ seit 1995 immer weniger Zählungen des nachgeordneten Straßennetzes erfasst wurden. So sind in der vorliegenden Entwurfsfassung der SVZ 2015 nur noch Ergebnisse für Autobahnen und Bundesstraßen vollständig enthalten. Darüber hinaus wurden Pkw und Lkw <3,5t nicht mehr unterschieden.

Aus diesen Erfahrungen heraus sehen wir für zukünftige Verfahren zur Erhebung der Fahrleistungen folgende Verbesserungsmöglichkeiten:

- Fortführung der Erhebung der jährlichen Inländerfahrleistung nach Fahrzeugkategorien durch das KBA.
- Durchführung von Halterbefragungen wie in der Fahrleistungserhebung 2014 in regelmäßigen Abständen; Abstimmung der Ergebnisse auf die jährlichen Erhebungen des KBA.
- Ergänzung der Straßenverkehrszählungen um eine Vollerhebung der Inlandsfahrleistung wie in der Fahrleistungserhebung 2014; hierbei Herstellung der Konsistenz der Ergebnisse aus der Verkehrszählung des Gesamtnetzes mit der Straßenverkehrszählung.

Weiterhin liegen keine aktuellen Erkenntnisse über die Fahrleistungen nach Verkehrssituationen vor. Hierzu müssten die Fahrleistungen nach Straßenmerkmalen (Höchstgeschwindigkeit, Bebauungssituation, Längsneigung) und dem Verkehrsfluss (frei, gebunde, gesättigt, Stop+Go) differenziert erhoben werden. Eine geeignete Methodik, die alle heutzutage nutzbaren Datenquellen einbezieht, ist dafür zu entwickeln.

6 Literaturverzeichnis

Allekotte, M. et al. (2019): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. Im Auftrag des Umweltbundesamtes; Veröffentlichung in Vorbereitung.

Bast (1993): Fahrleistungserhebung 1990.

Bast (2015): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen.

Bundesamt für Güterverkehr (2018): Mautstatistik Jahrestabelle 2017.

DIW / DLR (2017): Verkehr in Zahlen 2017/2018.

Hautzinger, H. / Stock, W. / Mayer, K. / Schmidt, J. / Heidemann, D. (2002): Fahrleistungserhebung 2002.

Heusch-Boesefeldt (1996): Ermittlung der Pkw- und Nfz-Jahresfahrleistungen 1993 auf allen Straßen in der Bundesrepublik Deutschland. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Aachen.

Heusch, H. / Boesefeld, J. (1996): Ermittlung der Pkw und Nfz Jahresfahrleistung 1993 auf allen Straßen in der Bundesrepublik Deutschland.

IVT / DLR (2014): Fahrleistungserhebung 2014 : Begleitung und Auswertung_Schlussbericht zur Inlandsfahrleistung.

IVT / DLR (2016): Fahrleistungserhebung 2014 : Begleitung und Auswertung_Schlussbericht zur Inlandsfahrleistung.

Kalinowska, D. / Kloas, J. / Kuhfeld, H. / Kunert, U. (2005): Aktualisierung und Weiterentwicklung der Berechnungsmodelle für die Fahrleistungen von Kraftfahrzeugen und für das Aufkommen und für die. In: *Endbericht, Berlin*. <http://www.diw->

berlin.de/documents/dokumentenarchiv/17/44116/ModellaktEndbericht.368122.pdf.

Kathmann, T. / Ziegler, H. / Thomas, B. (2007): Straßenverkehrszählung 2005. Ergebnisse.

KBA (2019): Statistik Verkehr in Kilometern (VK) Revisionsbericht.

Kraffahrtbundesamt (2017): Kurzbericht - Verkehr in Kilometern 2017.

https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/2017_vk_kurzbericht_pdf.pdf;jsessionid=408D15B651BA80F20F1B167749AB2555.live21303?__blob=publicationFile&v=14.

Lensing (1997): Straßenverkehrszählung 1995 - Jahresfahrleistungen und mittlere DTV-Werte. Büro für angewandte Statistik, Aachen. Erschienen in der Schriftenreihe Verkehrstechnik, Heft V 41 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

Lensing, N. (1997): Straßenverkehrszählung 1995 - Jahresfahrleistungen und mittlere DTV-.

Lensing, N. (2003): Straßenverkehrszählung 2000-Ergebnisse.

Lensing, N. (2013): Straßenverkehrszählung 2010: Ergebnisse.

Mahmoudi, S. / Frenken, T. (2015): Straßenverkehrszählung 2015 Ergebnisse.

Notter, B. / Cox, B. / Jamet, M. / Keller, M. / Cox, B. (2019): HBEFA 4.1 Development Report.

RWTÜV (1993a): Ermittlung des Abgasemissionsverhaltens von Nutzfahrzeugen mit Dieselmotor über 3,5 t zul. Gesamtgewicht im Bezugsjahr 1986. Im Auftrag des TÜV Rheinland.

RWTÜV (1993b): Verdampfungs- und Verdunstungsemissionen. Rheinisch-Westfälischer TÜV. Im Auftrag des BUWAL. In der Reihe: Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz 1990-2010, Arbeitsunterlage 13, Bern.

RWTÜV / TÜV Rheinland (1993): Ermittlung der Emissionsfaktoren für Motorräder in der Bundesrepublik Deutschland (Ergänzungsmessungen). Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Abschlussbericht.

TÜV Rheinland (1994): Abgas-Emissionsfaktoren von PKW in der Bundesrepublik Deutschland; - Abgasemissionen von Fahrzeugen der Baujahre 1986 bis 1990. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Bericht 8/94, Berlin.

TÜV Rheinland (1995): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland - Abgasemissionsfaktoren von Dieselmotoren bis Baujahr 1990. Im Auftrag des Umweltbundesamtes.

ViZ BMVI (n.d.): Verkehr in Zahlen. Bearbeitet von DIW. Erscheinungsweise jährlich, Bonn, Berlin.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Fahrleistungsentwicklung auf Autobahnen und Bundesstraßen an den automatischen Dauerzählstellen 1993 bis 2015.....	18
Abbildung 2 Jährliche mittlere Fahrleistung der Krafträder nach Fahrzeugalter (in rot geglättet).....	30
Abbildung 3 Mittlere Fahrleistung der Pkw nach Antriebsart und Fahrzeugalter (Quelle: HB)	30
Abbildung 4 Gewichtung der jährliche mittlere Fahrleistung der Diesel-Pkw (in rot geglättet)	31
Abbildung 5 Gewichtung der jährliche mittlere Fahrleistung der Benzin-Pkw (in rot geglättet).....	31
Abbildung 6 Mittlere jährliche Fahrleistung der deutschen Busse nach Alter	31
Abbildung 7 Gewichtete mittlere jährliche Fahrleistung der Linienbusse nach Fahrzeugalter (in rot geglättet).....	31
Abbildung 8 Gewichtete mittlere jährliche Fahrleistung der Reisebusse nach Fahrzeugalter (in rot geglättet).....	31
Abbildung 9 Jährliche mittlere Fahrleistung der LNF nach Fahrzeugalter (Lkw<3,5t).....	32
Abbildung 10 Gewichtete mittlere jährliche Fahrleistung der LNF nach Fahrzeugalter (in rot geglättet) ..	32
Abbildung 11 Jährliche mittlere Fahrleistung der deutschen Lkws nach Fahrzeugalter.....	32
Abbildung 12 Gewichtete jährliche mittlere Fahrleistung der deutschen Lkws nach Fahrzeugalter (in rot geglättet).....	32

Abbildung 13 Jährliche mittlere Fahrleistung der Sattelzüge nach Fahrzeugalter	33
Abbildung 14 Gewichtete jährliche mittlere Fahrleistung der Sattelzüge nach Fahrzeugalter	33
Abbildung 15: Fahrleistungen der Pkw nach Straßentypen 1994-2014.....	36
Abbildung 16: Fahrleistungen der Lkw und Sattelzüge nach Straßentypen 1994-2014.....	36
Abbildung 17: Fahrleistungen des Schwerverkehrs nach Fahrzeugkategorie 1994-2014.....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Straßenkategorien und Straßentypen in TREMOD	13
Tabelle 2 Definition und Zuordnung der Fahrzeugkategorien	14
Tabelle 3 Fahrleistungen in Deutschland 1993 differenziert nach Fahrzeugkategorien(in Mio. km) [Heusch, / Boesefeld, 1996].....	15
Tabelle 4 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland sowie den Kreisstraßen in den alten Bundesländern 1995 [N. Lensing, 1997]	16
Tabelle 5 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland 2000 [Lensing, 2003].....	16
Tabelle 6 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland 2005 [Kathmann, et al., 2007].....	16
Tabelle 7 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland 2010 [Lensing, 2013].....	17
Tabelle 8 Fahrleistungen auf den freien Strecken der Autobahnen, Bundes- und Landesstraßen in Deutschland 2015 [Mahmoudi, / Frenken, 2015]	17
Tabelle 9 Inländerfahrleistung 1993 und 2002	18
Tabelle 10 Inlandsfahrleistung 1993 und 2002 nach Fahrzeugarten.....	19
Tabelle 11 Inländer- und Inlandsfahrleistung nach Fahrzeugarten 2002.....	19
Tabelle 12 Mittlere Jahresfahrleistung der Fahrzeuge in Deutschland 2013 bis 2017 nach KBA-Daten (Stand November 2018, [Krafftfahrtbundesamt, 2017])	20
Tabelle 13 Fahrleistungsentwicklung der mautpflichtigen Fahrzeuge	21
Tabelle 14 Ergebnisse der Inlandsfahrleistung 2014 in Mrd Fzg-km.....	22
Tabelle 15 Ergebnisse der Inländerfahrleistung 2014 in Mrd Fz-km	23
Tabelle 16 Relativer Standardfehler für Inlands- und Inländerfahrleistung	24
Tabelle 17 Abgeleitete Fahrleistung für TREMOD	25
Tabelle 18 Abgeleitete Fahrleistung nach Straßentypen für TREMOD in 2015.....	25
Tabelle 19 Vergleich der Krafträder-Fahrleistung nach Datenquellen	25
Tabelle 20 Fahrleistung der Krafträder nach Straßentyp in 2014.....	26
Tabelle 21 Vergleich der Pkw Fahrleistung nach Datenquellen	26
Tabelle 22 Pkw Fahrleistung nach Straßentyp in 2014.....	27
Tabelle 23 Vergleich der Busfahrleistung nach Datenquellen.....	27
Tabelle 24 Fahrleistung der Busse nach Straßentyp (2014).....	27
Tabelle 25 Anteil der angegebenen Fahrzeugkategorien an der Güterverkehrsfahrleistung	27
Tabelle 26 Vergleich der LNF Fahrleistung nach Datenquellen	28
Tabelle 27 Inlandsfahrleistung deutscher LNF	28
Tabelle 28 Fahrleistung der LNF nach Straßentyp (2014).....	28
Tabelle 29 Fahrleistung der Lkw nach Datenquellen.....	28
Tabelle 30 Inlandsfahrleistung deutscher Lkw	28
Tabelle 31 Fahrleistung der SZ nach Datenquellen.....	29
Tabelle 32 Inlandsfahrleistung deutscher SZ	29
Tabelle 33 Fahrleistung des Schwerverkehrs nach Straßentyp (Interpolation 2014).....	29
Tabelle 34 Zuordnung und mittlere FL für die Krafträder nach Größenklasse in TREMOD und in der HB	33
Tabelle 35 Gewichtung der mittleren FL der Pkw nach Antriebsart.....	34
Tabelle 36 Gewichtung der FL nach Größenklasse laut TREMOD und HB für Busse.....	34
Tabelle 37 Gewichtung der FL nach Größenklasse laut TREMOD und HB für LNF	34
Tabelle 38 Gewichtung der FL nach Größenklasse und Antriebsart für die Lkw ohne Anhänger.....	34
Tabelle 39 Gewichtung der mittleren FL nach Größenklasse der Lkw mit Anhänger und Sattelzüge	35