



Berlin: lebenswerter

Ermittlung der täglichen Emissionen aus dem Kfz-Verkehr

Kfz-Kennzeichenerfassung 2019 an 10 Standorten in Berlin

Schlussbericht**ERMITTLUNG DER TÄGLICHEN
EMISSIONEN AUS DEM KFZ-VERKEHR
KFZ-KENNZEICHENERFASSUNG 2019
AN 10 STANDORTEN IN BELRIN**

Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr. rer. nat. I. Düring

unter Mitarbeit von SVU Dresden, Planungsbüro Dr. Hunger und
CAT Traffic, Cichon Automatisierungstechnik GmbHJuli 2020
Projekt 71679-19-01**Auftraggeber:**Senatsverwaltung für
Umwelt, Verkehr und
Klimaschutz – Referat
Immissionsschutz
Brückenstraße 6
10179 Berlin**Gefördert durch**aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen BundestagesDie Durchführung dieser
Untersuchung erfolgte im
Rahmen der Förderrichtlinie
„Digitalisierung kommunaler
Verkehrssysteme“

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	3
SUMMARY	6
1 AUFGABENSTELLUNG	9
2 KENNZEICHENERFASSUNG	12
2.1 Vorgehen der Kennzeichenerfassung.....	12
2.2 Auswertung der Kennzeichenerfassung	16
3 ERGEBNISSE DER KENNZEICHENERFASSUNG	18
3.1 Herkunft der Fahrzeugflotte	18
3.2 Fahrzeugkategorien.....	18
3.3 Jahr der Erstzulassung	20
3.4 Kraftstoffnutzung.....	27
3.5 Ausrüstungsgrad mit Partikelfiltern	29
3.6 Schadstoffgruppen und Plaketten.....	32
3.6.1 PKW	32
3.6.2 Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)	33
3.6.3 Schwere Nutzfahrzeuge (SNF).....	35
3.6.4 Linienbusse	35
3.6.5 Reisebusse.....	35
3.7 Fazit Flottenzusammensetzung	37
4 EMISSIONSBERECHNUNG	39
4.1 Vorgehen	39
4.2 Verkehrliche Ausgangsdaten für die Emissionsberechnung.....	46
4.3 Flottenzusammensetzung nach Antriebsart und Emissionskonzept.....	47
4.4 Abgeleitete Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkategorien	53
4.5 Emissionen an den Untersuchungsstandorten	56
4.6 Anteil Primärer NO ₂ -Emissionen am NO _x	59
5 LITERATUR	62
A N H A N G A1: FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG ..	63

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin nicht, auch nicht auszugsweise, vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z. B. 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngößen Jahresmittelwert, 98-Perzentilwert (= Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird) und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr

niedrige Konzentration. Der Gesetzgeber hat deshalb zusätzlich zum Jahresmittelwert so genannte Kurzzeitgrenzwerte der Konzentrationen eingeführt.

Die 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Straßentyp, Geschwindigkeitsbeschränkung, Level of Service (LOS) etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Zusammenfassung

Ziel und Vorgehen

An 10 Standorten in Berlin wurden an einem typischen Werktag im September 2018 Kennzeichenerfassungen durchgeführt. Die erfassten (inländischen) Kennzeichen wurden durch Abfrage beim Kraftfahrt-Bundesamt und der Berliner Zulassungsstelle hinsichtlich der folgenden Kriterien ausgewertet:

- Fahrzeug-Kategorie
- Antrieb
- Alter
- Schadstoffgruppe nach 35. BImSchV
- ggf. Abgasminderungssysteme (Partikelfilter),
- Fahrzeugschicht nach Handbuch der Emissionsfaktoren (HBEFA).

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkategorien wurden auf Basis des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ (HBEFA) berechnet. Zu Vergleichszwecken erfolgte dies sowohl auf Basis HBEFA 3.3 als auch mit HBEFA 4.1.

Darüber hinaus erfolgte ein Vergleich der Flottenzusammensetzungen 2019 mit den in der Vorgängeruntersuchung 2018 erfassten Flotten sowie deren emissionsseitigen Auswirkungen.

Auf der Basis dieser Auswertung wurden die Kfz-bedingten Auspuff-Emissionen (Stickoxide und Feinstaub) an den einzelnen Untersuchungsstandorten berechnet und mit den Emissionen verglichen, die sich mit den Standardflotten des HBEFA 3.3 sowie HBEFA 4.1 ergeben.

Folgende wesentliche Ergebnisse wurden ermittelt:

Schadstoffgruppen und Plaketten

Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Erfassung aus den Jahren 2009, 2010, 2012, 2015 und 2018 zeigt eine deutliche Modernisierung der Fahrzeugflotten aller betrachteten Fahrzeugkategorien.

Die Fahrzeuganteile nach Schadstoffgruppe bzw. Plakette unterscheiden sich zwischen den Abschnitten innerhalb und außerhalb der Umweltzone im Gegensatz zu früheren Untersuchungen nicht mehr oder nur noch äußerst geringfügig.

Der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette liegt im Jahre 2019 an allen Abschnitten bei nahezu 100 %.

Emissionsberechnung

Für die Emissionsberechnungen an den einzelnen Abschnitten wurden neben den jeweils für das Jahr 2019 ermittelten Flottenzusammensetzungen aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den Vorgängeruntersuchungen die gleichen Verkehrssituationen sowie Verkehrsstärken verwendet. Da die lokalen Flottenzusammensetzungen an den verschiedenen Abschnitten - bis auf die der Linien- und Reisebusse - keine wesentlichen Schwankungen aufweisen, sind die Verkehrsstärke und die Verkehrssituation die maßgeblichen Faktoren, die zu den unterschiedlichen Emissionsniveaus führen.

Hohe Stickoxid-Emissionen sind demnach in Alt-Biesdorf, Frankfurter Straße und Leipziger Straße zu verzeichnen, geringere hingegen in der Silbersteinstraße, Alt-Moabit, Brückenstraße und Französische Straße. Der Anteil der PKW-Emissionen ist mit 40 % in der Französischen Straße am niedrigsten, in Alt-Moabit, der Schildhornstraße und der Frankfurter Allee mit ca. 70 % am höchsten. Der LNF-Anteil an den NO_x-Emissionen liegt zwischen ca. 12 % (Silbersteinstraße) und 24 % (Brückenstraße).

Wie bereits im Jahre 2018 liegen auch im Jahre 2019 die Gesamtemissionen – sowohl der Sickingen als auch der motorbedingten Partikel – an allen Untersuchungsabschnitten mit der lokalen Flotte z.T. deutlich unter denen, die sich unter Verwendung der Standardflotte ergeben würden – und zwar unabhängig von der HBEFA-Version.

Allerdings bewirkt die tendenzielle Erhöhung der Emissionsfaktoren in HBEFA 4.1, dass die berechneten Emissionswerte der lokalen Flotten mit HBEFA 4.1 im Jahre 2019 nicht nur höher sind als die mit HBEFA 3.3 berechneten, sondern größtenteils auch höher als für 2018 mit HBEFA 3.3 bestimmt. Für die Bestimmung der Wirkung der Flottenmodernisierung und dem damit zu erwartenden Rückgang der Emissionen zwischen 2018 und 2019 muss der Vergleich unter Verwendung der gleichen Version des HBEFA erfolgen.

So sinken die NO_x-Emissionen bei Verwendung des HBEFA 3.3 2019 im Vergleich zum Vorjahr zwischen 12 % in Alt-Moabit und 35 % in der Französischen Straße. Gegenüber der HBEFA 3.3.-Standardflotte liegt die Emissionsreduzierung im Jahre 2019 unter Verwendung der lokalen Flotten zwischen 20 % in der Sonnenallee und 36 % am Mariendorfer Damm.

Unter Verwendung des HBEFA 4.1 ergeben sich für die lokalen NO_x-Emissionen gegenüber HBEFA 3.3 im Jahre 2019 um mindestens 23 % höhere Werte in Alt Biesdorf und bis zu 55 % höhere Werte in der Silbersteinstraße. Im Vergleich mit 2018 und HBEFA 3.3 liegen die NO_x-Emissionen im Jahre 2019 mit HBEFA 4.1 um bis zu 34 % höher, lediglich in der Französischen Straße liegen sie trotz erhöhter Emissionsfaktoren in HBEFA 4.1 immer noch 6 % unter denen des Jahres 2018.

Die motorbedingten PM10-Emissionen sinken bei Verwendung des HBEFA 3.3 2019 im Vergleich zum Vorjahr zwischen 9 % in Alt-Moabit und 27 % in der Französischen Straße. Gegenüber der HBEFA 3.3.-Standardflotte liegt die Emissionsreduzierung im Jahre 2019 unter Verwendung der lokalen Flotten zwischen 15 % in der Sonnenallee und 42 % in der Brückenstraße und der Leipziger Straße.

Unter Verwendung des HBEFA 4.1 ergeben sich jedoch gegenüber HBEFA 3.3 im Jahre 2019 um mindestens 5 % höhere Emissionen in Alt Biesdorf und bis zu 39 % höhere Emissionen am Mariendorfer Damm. Im Vergleich mit 2018 und HBEFA 3.3 ist im Jahre 2019 mit HBEFA 4.1 eine relative PM10-Emissionsänderung von -11 % (Alt Biesdorf, Französischen Straße) bis +25 % (Alt-Moabit) zu beobachten.

Der Anteil der primären NO₂-Emissionen am NO_x beträgt im Jahre 2019 für den Gesamtverkehr zwischen 25 % (Französische Straße) und 29 % (Alt-Moabit und Brückenstraße). Unter Verwendung der Standardflotte aus HBEFA 4.1 ergeben sich mit 26 bis 30 % geringfügig höhere Werte.

Summary

Goal and procedure

License plate recordings were carried out at 10 locations in Berlin on a typical working day in September 2018. The registered (German) license plates were evaluated by querying the Federal Motor Transport Authority and the Berlin registration office with regard to the following criteria:

- Vehicle category
- Technology
- Model
- Pollutant group according to 35th BImSchV
- Exhaust gas reduction systems (diesel particle filters),
- Vehicle subsegment according to the "Handbook Emission Factors for Road Transport" (HBEFA).

The exhaust emission factors of the individual vehicle categories were calculated on the basis of the "Handbook for Emission Factors of Road Traffic" (HBEFA). For comparison purposes, this was done on the basis of both HBEFA 3.3 and HBEFA 4.1.

In addition, the fleet compositions in 2019 were compared with the fleets recorded in the previous study in 2018, as well as their impact on emissions.

On the basis of this evaluation, the vehicle-related exhaust emissions (nitrogen oxides and PM10) were calculated at the locations and compared with the emissions resulting from the standard fleets of HBEFA 3.3 and HBEFA 4.1.

The following main results were determined:

Emission groups and sticker

A comparison with the results of the studies from 2009, 2010, 2012, 2015 and 2018 shows a significant modernization of the vehicle fleet compositions of all vehicle categories examined.

In contrast to earlier investigations, the vehicle shares by pollutant group no longer differ or only slightly differ between the locations inside and outside the low emission zone.

The proportion of vehicles with a green emissions sticker was almost 100 % on all locations in 2019.

Emissions calculation

In addition to the fleet compositions determined for 2019, the same traffic situations and traffic volumes were used for the emissions calculations for the individual locations for reasons of comparability with the previous studies. Since the local fleet composition on the various locations - with the exception of the buses and coaches - does not show any significant fluctuations, the volume of traffic and the traffic situation are the decisive factors that lead to the different emission levels.

Accordingly, high nitrogen oxide emissions are recorded in Alt-Biesdorf, Frankfurter Straße and Leipziger Straße, while lower emissions are recorded in Silbersteinstraße, Alt-Moabit, Brückenstraße and Französische Straße. At 40 %, the share of car emissions is lowest in Französische Straße and highest in Alt-Moabit, Schildhornstraße and Frankfurter Allee at around 70 %. The light duty vehicle (LDV) share of the NO_x emissions is between approx. 12 % (Silbersteinstraße) and 24 % (Brückenstraße).

As in 2018, in 2019 the total emissions - both of nitrogen oxides and exhaust particles - at all location with the local fleet are lower than those that would result using the standard fleet - regardless of the HBEFA version.

However, the increase in the emission factors in HBEFA 4.1 means that the calculated emissions of the local fleets with HBEFA 4.1 in 2019 are not only higher than with HBEFA 3.3, but also largely higher than in 2018 with HBEFA 3.3. The determination of the effect of the fleet modernization and the expected decrease in emissions between 2018 and 2019 therefore is only possible using the same version of the HBEFA.

For example, when using the HBEFA 3.3 in 2019, NO_x emissions fall between 12 % in Alt-Moabit and 35 % in Französische Straße compared to the previous year. Compared to the HBEFA 3.3 standard fleet, the emission reduction in 2019 using the local fleets is between 20 % in Sonnenallee and 36 % in Mariendorfer Damm.

Using HBEFA 4.1, however, compared to HBEFA 3.3, local NO_x emissions will increase in 2019 by at least 23 % in Alt Biesdorf and up to 55% in Silbersteinstraße. Compared to 2018 and HBEFA 3.3, the NO_x emissions in 2019 with HBEFA 4.1 are up to 34 % higher, only in

Französische Straße are they still 6 % below those of 2018 despite increased emission factors in HBEFA 4.1.

When using the HBEFA 3.3 2019, the PM10 exhaust gas emissions will decrease between 9 % in Alt-Moabit and 27 % in Französische Straße compared to the previous year. Compared to the HBEFA 3.3 standard fleet, the emission reduction in 2019 using local fleets is between 15 % in Sonnenallee and 42 % in Brückenstraße and Leipziger Straße.

Using HBEFA 4.1, however, compared to HBEFA 3.3, calculated local emissions in 2019 will increase by at least 5% in Alt Biesdorf and up to 39% in Mariendorfer Damm. In comparison with 2018 and HBEFA 3.3, a relative PM10 emission change of -11 % (Alt Biesdorf, Französische Straße) to +25 % (Alt-Moabit) can be observed in 2019 with HBEFA 4.1.

The NO₂ / NO_x ratio in 2019 for total traffic is between 25 % (Französische Straße) and 29 % (Alt-Moabit and Brückenstraße). Using the standard fleet from HBEFA 4.1 results in slightly higher values of 26 – 30 %.

1 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen der Wirkungsuntersuchungen zur Berliner Umweltzone wurden in den Jahren 2009, 2010, 2012, 2015 und 2018 Kennzeichenerfassungen zur Bestimmung der realen Zusammensetzung der Fahrzeugflotte im Verkehr durchgeführt. Diese Erhebungen sollen im Jahre 2019 fortgesetzt werden.

Die Kennzeichenerfassung soll an den folgenden 10 repräsentativen Straßenquerschnitten jeweils in beiden Fahrrichtungen für 16 bis 24 Stunden durchgeführt werden. In **Tab. 1-1** wird eine Übersicht über die Untersuchungsabschnitte 2019 gegeben.

Tab. 1-1: Übersicht über die Untersuchungsabschnitte 2019

Nr.	Messstelle	zwischen	und	Fahrtrichtung	Dauer
1A	Frankfurter Allee	Finowstraße	Weichselstraße	West	24 h
1E	Frankfurter Allee			Ost	24 h
2A	Alt-Biesdorf	Blumberger Damm	Märkische Allee	auswärts	16 h
2E	Alt-Biesdorf			einwärts	16 h
3A	Mariendorfer Damm	Friedenstraße	Körtlingstraße	Süd	16 h
3E	Mariendorfer Damm			Nord	16 h
4A	Silbersteinstraße	Karl-Marx-Straße	Hertastraße	West	16 h
4E	Silbersteinstraße			Ost	16 h
5A	Schildhornstraße	Gritznerstraße	Lepsiusstraße	auswärts	16 h
5E	Schildhornstraße			einwärts	16 h
6A	Leipziger Straße	Friedrichstraße	Charlottenstraße	West	16 h
6E	Leipziger Straße			Ost	16 h
7A	Französische Straße	Schloßstraße	Breite Straße	West	16 h
7E	Französische Straße			Ost	16 h
8A	Alt-Moabit	Gotzkowsky Straße	Beusselstraße	West	16 h
8E	Alt-Moabit			Ost	16 h
9A	Brückenstr.	Köpenicker Str.	Jannowitzbrücke	Süd	16 h
9E	Brückenstr.			Nord	16 h
10A	Sonnenallee	Fuldastraße	Elbestraße	Süd-Ost	16 h
10E	Sonnenallee			Nord-West	16 h

An diesen 10 Standorten sollen die Kennzeichen an aufeinander folgenden Tagen zwischen Dienstag und Donnerstag zwischen der 40. und 48. KW (Oktober/November) 2019 vollständig erfasst werden, z.B. durch Videoerfassung. Anschließend sind die inländischen Kennzeichen herauszufiltern und aufgeteilt nach Berliner und Nicht-Berliner Kennzeichen der Berliner Zulassungsbehörde bzw. dem Kraftfahrt-Bundesamt in der von diesen Behörden geforderten Form zwecks Kennzeichenabgleich zu übergeben.

Von den Zulassungsbehörden sind folgende Daten abzufragen:

- Jahr der Erstzulassung,
- Fahrzeugklasse und Aufbauart, Kraftstoff/Antrieb,
- Emissionsklasse (Emissionsschlüsselnummer),
- Hubraum,
- Motorleistung in kW,
- Leergewicht,
- Gesamtgewicht,
- Fahrzeuglänge,
- Zahl der Achsen,
- Anzahl der Sitzplätze und der Stehplätze (Busse)

und soweit vorliegend:

- CO₂-Emissionswert für Pkw,
- Ausrüstung mit Partikelfilter,
- SCR-Hardware-Nachrüstung und/oder Software-Update,
- außerdem das Stand- und Fahrgeräusch.

Die auf dieser Basis von den Behörden übermittelten technischen Fahrzeugdaten sind hinsichtlich der folgenden Kriterien auszuwerten:

- Fahrzeug-Kategorie
- Antrieb
- Alter
- Länge und Gewicht
- Schadstoffgruppe nach 35. BImSchV
- Fahrzeugschicht nach Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFa 3.3). Optional ist eine zusätzliche Einstufung nach HBEFA 4.1 anzubieten.
- Abgasminderungssystem (Partikelfilter/SCR-Hardwarenachrüstung), soweit angegeben und Darstellung als eigene Fahrzeugschichten, sofern im HBEFa nicht vorgesehen.
- Software-Update zur NO_x-Minderung

Die Auswertungen müssen im Wesentlichen vergleichbar sein mit den entsprechenden Auswertungen der Kennzeichenerhebung 2018. Die Emissionsberechnungen sind mit HBEFA Version 3.3, sowie zu Vergleichszwecken mit HBEFA 4.1 durchzuführen.

2 KENNZEICHENERFASSUNG

2.1 Vorgehen der Kennzeichenerfassung

Die Durchführung der Kennzeichenerhebung wurde innerhalb des vom Auftraggeber vorgegebenen Zeitraumes für einen repräsentativen wochenmittigen Zeitraum (Dienstag – Donnerstag) geplant, um im Rahmen der Untersuchungen die durchschnittlichen Verkehrsverhältnisse bzw. Flottenzusammensetzungen erfassen zu können. An den 10 Messquerschnitten wurde die Kennzeichenerhebung im Zeitraum vom 05. bis 07.11.2019 durchgeführt. Die konkreten Zeiten, in denen Daten erhoben wurden, sind in **Abb. 2-1** bzw. **Tab. 2.1** dargestellt.

																										Summe			
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Ist	Soll	Diff	
MQ 1	Frankfurter Allee	Ri Ost																									24	24	0
		Ri West																									24	24	0
MQ 2	Alt Biesdorf	Ri Ost																									18	16	2
		Ri West																									18	16	2
MQ 3	Mariendorfer Damm	Ri Nord																									18	16	2
		Ri Süd																									18	16	2
MQ 4	Silbersteinstraße	Ri Ost																									18	16	2
		Ri West																									18	16	2
MQ 5	Schildhornstraße	Ri Ost																									20	16	4
		Ri West																									22	16	6
MQ 6	Leipziger Straße	Ri Ost																									19	16	3
		Ri West																									19	16	3
MQ 7	Französische Straße	Ri Ost																									19	16	3
		Ri West																									18	16	2
MQ 8	Alt-Moabit	Ri Ost																									18	16	2
		Ri West																									18	16	2
MQ 9	Brückenstraße	Ri Nord																									18	16	2
		Ri Süd																									18	16	2
MQ 10	Sonnenallee	Ri Nord																									18	16	2
		Ri Süd																									18	16	2
																										345	304	41	

Legende:

- Kernerhebungszeitraum
- Fehlzeiten ohne Kennzeichendaten
- Überhangzeiten / Zusatzerfassung

Geräteausfälle / Behinderungen:

-

Abb. 2-1: Messzeiten der Datenerfassungen

Tab. 2.1: Zuordnung der Messquerschnitte zu Erfassungsdatum und Fahrtrichtung

Codierung	Standort	Datum	Erhebungs- zeitraum	Fahrt- richtung	Umwelt- zone
101	Frankfurter- Allee	07.11.2019 07.11.2019	0:00 Uhr 24:00 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
111	Frankfurter- Allee	07.11.2019 07.11.2019	0:00 Uhr 24:00 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
201	Alt-Biesdorf	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 22:00 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
211	Alt-Biesdorf	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 22:00 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
301	Mariendorfer Damm	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Norden	außerhalb
311	Mariendorfer Damm	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Süden	außerhalb
401	Silberstein- straße	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
411	Silberstein- straße	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
501	Schildhorn- straße	07.11.2019 07.11.2019	4:30 Uhr 24:00 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
511	Schildhorn- straße	07.11.2019 07.11.2019	0:00 Uhr 20:30 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
601	Leipziger Straße	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 23:15 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
611	Leipziger Straße	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 23:00 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
701	Französische Straße	05.11.2019 05.11.2019	4:30 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
711	Französische Straße	05.11.2019 05.11.2019	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
801	Alt-Moabit	06.11.2019 06.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
811	Alt-Moabit	06.11.2019 06.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
901	Brücken- straße	06.11.2019 06.11.2019	4:30 Uhr 22:00 Uhr	Fahrtrichtung Norden	innerhalb
911	Brücken- straße	06.11.2019 06.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Süden	innerhalb
1001	Sonnenallee	06.11.2019 06.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Nordwesten	innerhalb
1011	Sonnenallee	06.11.2019 06.11.2019	4:30 Uhr 22:15 Uhr	Fahrtrichtung Südosten	innerhalb

Im unmittelbaren Umfeld der Erhebungsstellen waren während der Kennzeichenerfassung keine relevanten Behinderungen durch Baumaßnahmen oder sonstige besondere Ausnahmesituationen im Verkehrsablauf zu verzeichnen. Lediglich im weiteren Umfeld der Sonnenallee existierte mit der Sperrung der Karl-Marx-Straße eine Baumaßnahme. Durch diese ist jedoch nicht von nennenswerten Auswirkungen auf die Fahrzeugflottenzusammensetzung auszugehen.

Technikbedingte Ausfallzeiten waren nicht zu verzeichnen. Zur Verbesserung der Erhebungsquote wurde im Vergleich zur Erhebung im Jahr 2018 für die südöstliche Fahrtrichtung in der Sonnenallee der Erhebungsstandort angepasst. Die Erfassung der Kennzeichen erfolgte im Abschnitt zwischen Fulda- und Elbestraße.

An allen Messquerschnitten wurden stationäre Kamerasysteme für die Kennzeichenerfassung eingesetzt. Die Kameras sowie die Erfassungseinheiten wurden dabei größtenteils an Beleuchtungs- bzw. Verkehrszeichenmasten angebracht. Zur Verbesserung der Erkennbarkeit der Kennzeichen auf den jeweils außenliegenden Fahrspuren wurden die entsprechenden Kameras leicht erhöht installiert. Eine Fotodokumentation der Erhebungsstellen ist im Anhang A1 aufgeführt.

Im Vorfeld der Erhebungen wurden bei den zuständigen Ämtern und Behörden die Randbedingungen für die Nutzung von Masten, Seitenräumen etc. und die Installation der Kamerasysteme abgestimmt und die entsprechend notwendigen Genehmigungen eingeholt.

Bereits im Rahmen der Ausschreibung der Erhebungen erfolgte durch die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz eine Abstimmung mit dem Datenschutzbeauftragten des Landes Berlin zur Erfassung der Kennzeichen, zum Einsatz der Videotechnik sowie zum Umgang mit den erhobenen Daten. Die bereits für die Kennzeichenerhebungen 2008, 2009, 2010, 2012, 2015 und 2018 vorliegende datenschutzrechtliche Genehmigung wurde hierfür erneuert bzw. bestätigt. Die damit verbundenen Vorgaben und Randbedingungen wurden im Rahmen der Erhebung berücksichtigt und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Verkehrsteilnehmer wurden vor Ort durch ein Hinweisschild sowie über Presseinformationen in der Lokalpresse über die Kennzeichenerhebung sowie die entsprechenden Hintergründe informiert.
- Ein sicherer Transport der Daten wurde mittels einer passwortgeschützten Datenaufzeichnung gewährleistet.

- Die Anonymisierung der erhobenen Daten erfolgte zum frühestmöglichen Zeitpunkt im Rahmen der Übergabe an das KBA. Die Originaldaten (Kennzeichen, etc.) wurden gelöscht.

Für die Erfassung der Kennzeichen kam das mobile automatische Kennzeichenerfassungssystem V-REX der Cichon-Automatisierungstechnik GmbH (CAT-Traffic) zum Einsatz. Dieses besteht aus einer kompakten, hochleistungsfähigen Infrarot-Kennzeichenkamera mit Wetterschutzhaube und einem angeschlossenen VideoPC mit einer entsprechenden Systemsoftware zur Kennzeichenauswertung (Video-Trigger, OCR). Bei den Kameras wurden je nach erforderlicher Reichweite verschiedene Modelle verwendet. Die jeweils integrierte Infrarot-Beleuchtung befindet sich im nicht sichtbaren Bereich. Die Kameras sind wetterfest und aufgrund der IR-Beleuchtung für einen 24h-Einsatz ausgelegt. Damit war eine zuverlässige Kennzeichenerkennung über den gesamten Tag sowie auch unter schwierigen Bedingungen (z. B. Gegenlicht, Kfz-Abblendlicht, Licht-/Sonnenspiegelungen auf den Kennzeichen etc.) gegeben.

Die Systemsoftware zur Kennzeichenerfassung arbeitet generell mit einem Video-Trigger, d. h. das System registriert automatisch Bewegungen im Bildausschnitt und analysiert daraufhin die Bilder nach speziellen Merkmalen (Kfz-Kennzeichen). Die erfassten Kennzeichen wurden mit Hilfe eines besonderen OCR Algorithmus in Klartext umgewandelt und zusammen mit weiteren Informationen (Messstelle, Kamera, Richtung, Datum, Zeit, Kennzeichen, Ortskennzeichen) verschlüsselt abgelegt. Aufgrund eines robusten Algorithmus war auch eine zuverlässige Erkennung von sehr kleinen Kennzeichen im Bildausschnitt gegeben.

Generell wurde aufgrund der hohen Verkehrsbelegungen jeweils ein Kamerasystem pro Kfz-Fahstreifen eingesetzt, um einen möglichst vollständige Erfassung der Kennzeichen zu gewährleisten. Da durch die gezielte Ausrichtung auf jeweils eine Spur sowie die erhöhte Montage der Kamerasysteme zur Erfassung der äußeren Spuren konnten Abschattungseffekte weitestgehend vermieden werden. Die Geschwindigkeit, mit der ein Fahrzeug den Bildausschnitt durchquert, spielt für die Erkennbarkeit des Kennzeichens mit dem System V-REX in der Regel kaum eine Rolle. Die Kennzeichenerfassung erfolgte grundsätzlich von vorn.

Im Anschluss an die Erhebungen wurde eine Plausibilitätsprüfung der automatisch erfassten Kennzeichendaten vorgenommen. Hierbei wurden z. B. mehrfach und/oder nur teilweise erkannte Datensätze aus dem Gesamtdatensatz entfernt. Mehrfach- bzw. Teilerkennungen erfolgen häufig dann, wenn ein Kennzeichen, welches sich erst teilweise im Bildausschnitt befindet, durch den Erfassungsalgorithmus bereits als solches identifiziert (Retroreflexion,

Form) und gelesen wird. Es wird dann nur der erkannte Teilbereich und nicht das komplette Kennzeichen entziffert. Die vollständige Erfassung dieses Kennzeichens wird jedoch i. d. R. im darauffolgenden Suchlauf gewährleistet. Mit entsprechenden Suchalgorithmen können die zusätzlich entstehenden unvollständigen Datensätze im Rahmen der Plausibilitätsprüfung identifiziert und entfernt werden.

Die erhobenen Kennzeichendaten wurden anschließend aufbereitet und für den Datenabgleich mit dem Zentralen-Fahrzeugregister (ZFZR) beim KBA bzw. bei der Berliner Zulassungsstelle zusammengestellt. Hierbei waren die Vorgaben hinsichtlich der Strukturierung des Abfragedatensatzes entsprechend der Ausfüllanweisung des KBA zu berücksichtigen. Die einzelnen Teilinformationen der Kennzeichen wurden den jeweiligen Datenfeldern zugewiesen und zusätzlich weitere, für die Datenabfrage notwendige Standardinformationen und Leerbereiche eingefügt. Weiterhin erfolgte eine Codierung der Messquerschnittsnummer, der Erhebungsrichtung sowie des Datums und der Stunde der Erhebung. Hierbei wurden die entsprechenden Anonymisierungsaufgaben des KBA berücksichtigt. Zusätzlich wurden, wie bereits im Rahmen der Kennzeichenerhebungen 2012, 2015 und 2018, Linienbusse speziell gekennzeichnet.

Insgesamt wurden an den 10 Messquerschnitten 301 260 auswertbare Kennzeichen erfasst und an das KBA (73 479 Kennzeichen) bzw. die Berliner Zulassungsstelle (227 781 Kennzeichen) zum Abgleich mit den entsprechenden Fahrzeugregistern übergeben.

2.2 Auswertung der Kennzeichenerfassung

Auf Grundlage der an das KBA bzw. die Berliner Zulassungsstelle übergebenen Kennzeichendaten wurden folgende Informationen zur Fahrzeugflotte durch das KBA anonymisiert übermittelt:

- Fahrzeugklasse und Aufbauart
- Hersteller und Typ
- Kraftstoffart
- Hubraumklassen
- Jahr der Erstzulassung
- Code der Emissionsklasse
- Leergewicht in kg
- zulässiges Gesamtgewicht in kg
- Motorleistung in KW
- CO₂ (g/km)

- Ausrüstung mit Dieselpartikelfilter (Partikelminderungsklasse)
- Datum der Ausrüstung mit Dieselpartikelfilter (nur im Datenrücklauf der Berliner Zulassungsstelle)
- Anzahl Sitzplätze / Stehplätze bei Bussen.

Die Rücklaufquote der Datensätze, denen entsprechende Informationen zugeordnet werden konnten, lag bei 94.8 %. Lediglich 16 273 Fahrzeuge konnten im Rahmen des Datenabgleichs mit dem Zentralen-Fahrzeugregister nicht zugeordnet werden. Diese wurden entweder im Zeitraum zwischen der Kennzeichenerfassung und der Datenabfrage beim KBA bzw. der Berliner Zulassungsstelle abgemeldet oder es handelte sich um nicht korrekt gelesene bzw. im Rahmen der Plausibilisierung nicht erkannte ausländische Kennzeichen.

Die Zuordnung der Fahrzeugmerkmale zu den Schadstoffgruppen/Plaketten erfolgte über die 35. BImSchV¹ anhand der Emissionsschlüsselnummern. Die Zuordnung der Fahrzeuge zu den Kategorien PKW, leichte Nutzfahrzeuge, schwere Nutzfahrzeuge und Busse erfolgte entsprechend der zugelassenen Fahrzeugart und des zulässigen Gesamtgewichtes. Hierbei werden als Nutzfahrzeuge zugelassene Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht ≤ 3.5 t als leichte Nutzfahrzeuge deklariert. Die Differenzierung der Busse nach Reise- und Linienbus erfolgte auf Basis der gegebenen Stehplatzanzahl. Danach wurden alle Busse mit einer Stehplatzzahl >0 als Linienbusse eingeordnet.

¹ Siehe hierzu z. B. auch:

http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/umweltzone_fahrzeug_plakette.shtml#u9

3 ERGEBNISSE DER KENNZEICHENERFASSUNG

3.1 Herkunft der Fahrzeugflotte

Insgesamt wurden an den 10 Messquerschnitten 301 260 auswertbare Kennzeichen erfasst und an das KBA (73 479 Kennzeichen) bzw. die Berliner Zulassungsstelle (227 781 Kennzeichen) zum Abgleich mit den entsprechenden Fahrzeugregistern übergeben. Die Rücklaufquote der Datensätze, denen entsprechende Informationen zugeordnet werden konnten, lag bei ca. 95 %, sodass für die Auswertung insgesamt 282 597 Fahrzeugdaten zur Verfügung standen. Die Aufschlüsselung der erfassten Kennzeichen nach Herkunft, Untersuchungsquerschnitt sowie Fahrtrichtung ist in **Tab. 3.1** dargestellt. Danach entfielen insgesamt ca. 68 % der Datensätze auf Fahrzeuge mit Berliner Kennzeichen.

Tab. 3.1: Anzahl und Herkunft aller erfassten Fahrzeuge

Messquerschnitt	Frankfurter Allee	Alt-Biesdorf	Mariendorfer Damm	Silbersteinstraße	Schildhornstraße	Leipziger Straße	Französische Straße	Alt-Moabit	Brückenstraße	Sonnenallee	Summe	Anteil
Berliner	30.039	40.733	33.486	9.450	25.318	27.256	5.010	16.526	11.833	16.438	216.089	69,1%
auswärtige Deutsche	12.219	17.811	8.876	1.805	5.219	10.013	1.568	4.383	3.632	3.372	68.898	22,0%
erkannte Auswärtige	2.002	2.526	1.176	419	827	1.733	303	1.057	558	736	11.337	3,6%
kein Rücklauf	3.200	3.683	951	698	1.695	2.188	382	1.559	682	1.235	16.273	5,2%
Gesamt	47.460	64.753	44.489	12.372	33.059	41.190	7.263	23.525	16.705	21.781	312.597	100,0%

3.2 Fahrzeugkategorien

Auf Basis der vorliegenden Daten zu Fahrzeugklasse und Aufbauart wurde eine Auswertung nach Fahrzeugkategorien vorgenommen. Wie in Kapitel 4 zum Vorgehen der Emissionsberechnung beschrieben, ist die Verkehrskategorie eine Gliederungseinheit der Kraftfahrzeuge im HBEFA.

Die Auswertung ergab die in **Abb. 3-1** dargestellte Verkehrszusammensetzung an den einzelnen Messquerschnitten. Demnach beträgt der Schwerverkehrsanteil, d. h. der Anteil der Fahrzeugkategorien schwere Nutzfahrzeuge (SNF), Linien- und Reisebusse (Lbus, Rbus) am Gesamtverkehr zwischen ca. 3 % (Alt-Moabit, Brückenstraße, Silbersteinstraße) und 8 % (Französische Straße). Der Anteil der leichten Nutzfahrzeuge liegt zwischen ca. 10 %

(Schildhornstraße, Französische Straße) und 18 % auf der Silbersteinstraße. Die Linienbusanteile liegen bei max. 2.7 % (Französische Straße).

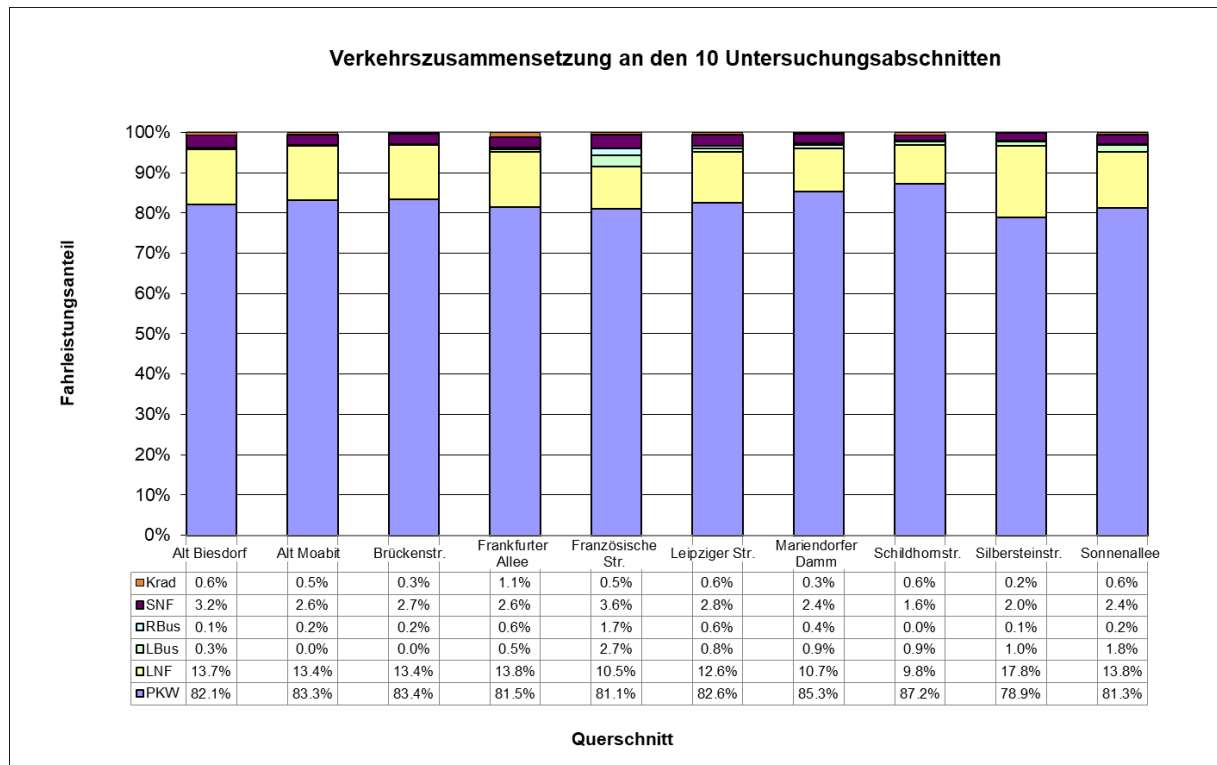


Abb. 3-1: Anteil der Fahrzeugkategorien am Gesamtverkehr nach Untersuchungsabschnitten

Die Fahrzeuganzahl nach Fahrzeugkategorie und Untersuchungsabschnitt ist in **Tab. 3-2**, die Unterteilung in Berliner und auswärtige Fahrzeuge in **Tab. 3-3** aufgeführt.

Tab. 3-2: Fahrzeuganzahl nach Fahrzeugkategorie und Untersuchungsabschnitten

Fahrzeugkategorie	Alt Biesdorf	Alt Moabit	Brückenstr.	Frankfurter Allee	Französische Str.	Leipziger Str.	Mariendorfer Damm	Schildhornstr.	Silbersteinstr.	Sonnenallee	Gesamt
Krad	328	108	45	466	30	206	122	172	20	110	1 607
LBus	199	2	6	192	174	288	353	276	114	360	1 964
LNF	7 955	2 780	2 055	5 774	685	4 674	4 224	2 965	1 995	2 701	35 808
PKW	47 737	17 318	12 814	34 136	5 299	30 593	33 642	26 491	8 821	15 962	232 813
RBus	37	43	30	238	112	234	142	8	9	36	889
SNF	1 869	547	415	1 101	232	1 050	956	485	220	464	7 339
irrelevant	419	111	100	351	46	224	231	140	76	177	1 875
Gesamt	58 544	20 909	15 465	42 258	6 578	37 269	39 670	30 537	11 255	19 810	282 295

Tab. 3-3: Fahrzeuganzahl und Anteil pro Fahrzeugkategorie differenziert in Berliner und auswärtige Fahrzeuge als Summe über alle Untersuchungsabschnitte

Fahrzeugkategorie	Anzahl			Anteil		
	Berliner	Auswärtige	Gesamt	Berliner	Auswärtige	Gesamt
Krad	780	827	1 607	0.4%	1.2%	0.6%
LBus	1 780	184	1 964	0.8%	0.3%	0.7%
LNF	25 114	10 694	35 808	11.8%	15.5%	12.7%
PKW	179 785	53 028	232 813	84.2%	77.0%	82.5%
RBus	708	181	889	0.3%	0.3%	0.3%
SNF	3 841	3 498	7 339	1.8%	5.1%	2.6%
irrelevant ^{*1)}	1 389	486	1 875	0.7%	0.7%	0.7%
Gesamt	213 397	68 898	282 295	75.6%	24.4%	100.0%

^{*1)} Sonderfahrzeuge, selbstfahrende Arbeitsmaschinen (SAM), Anhänger

3.3 Jahr der Erstzulassung

Die Altersverteilung aller erfassten Fahrzeuge ist in **Tab. 3-4** aufgeführt. Die **Abb. 3-2** differenziert dies entsprechend der Messquerschnitte. Bezüglich des Jahres 2019 ist darauf hinzuweisen, dass auf Grund des Erfassungszeitpunktes (November 2019) für das letzte Quartal 2019 keine vollständigen Daten zur Verfügung standen.

Tab. 3-4: Altersverteilung über alle Fahrzeugkategorien absolut und relativ als Summe über alle Messquerschnitte

Jahr der Erstzulassung	Anzahl			Anteil		
	Berliner	Auswärtige	Gesamt	Berliner	Auswärtige	Gesamt
vor 1979	157	139	296	0.07%	0.20%	0.11%
1979-1988	343	179	522	0.16%	0.26%	0.19%
1989-1998	4 861	1 388	6 249	2.29%	2.03%	2.23%
1999	2 230	532	2 762	1.05%	0.78%	0.98%
2000	2 402	593	2 995	1.13%	0.87%	1.07%
2001	2 994	698	3 692	1.41%	1.02%	1.32%
2002	3 616	794	4 410	1.71%	1.16%	1.57%
2003	4 404	980	5 384	2.08%	1.43%	1.92%
2004	5 170	1 088	6 258	2.44%	1.59%	2.23%
2005	6 421	1 387	7 808	3.03%	2.03%	2.78%
2006	7 205	1 655	8 860	3.40%	2.42%	3.16%
2007	7 414	1 899	9 313	3.50%	2.78%	3.32%
2008	7 835	1 900	9 735	3.70%	2.78%	3.47%
2009	10 508	2 343	12 851	4.96%	3.42%	4.58%
2010	8 939	2 393	11 332	4.22%	3.50%	4.04%
2011	10 053	2 791	12 844	4.74%	4.08%	4.58%
2012	10 263	2 842	13 105	4.84%	4.15%	4.67%
2013	11 190	2 978	14 168	5.28%	4.35%	5.05%
2014	12 019	3 686	15 705	5.67%	5.39%	5.60%
2015	14 788	4 529	19 317	6.98%	6.62%	6.89%
2016	17 191	6 051	23 242	8.11%	8.84%	8.29%
2017	21 117	7 822	28 939	9.96%	11.43%	10.32%
2018	22 539	8 865	31 404	10.63%	12.96%	11.20%
2019	18 349	10 880	29 229	8.65%	15.90%	10.42%
Summe	212 008	68 412	280 420	75.6%	24.4%	100.00%

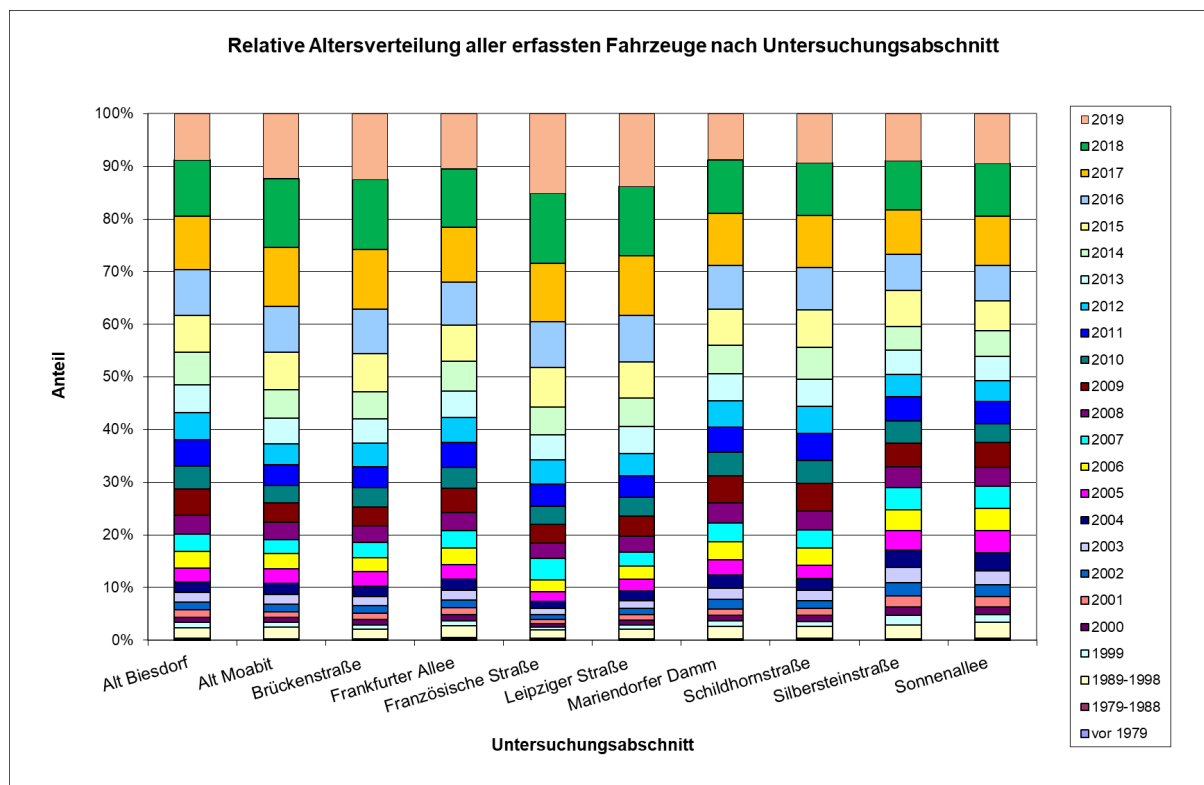


Abb. 3-2: Relative Altersverteilung über alle Fahrzeugkategorien nach Messquerschnitt

Die Altersverteilung unterscheidet sich zwischen den einzelnen Messquerschnitten nur gering. Es zeigt sich, dass die Hälfte der Fahrzeuge (im Mittel ca. 58 %) jünger als 6 Jahre sind (Erstzulassung 2013 und später), ca. 29 % der Fahrzeuge sind älter als 10 Jahre (Erstzulassung 2009 und früher).

Die **Tab. 3-5** und die **Abb. 3-3** stellen die Aufteilung der Flottenzusammensetzung nach Erstzulassungsjahr und Fahrzeugkategorie summiert über alle Messquerschnitte dar.

Darin zeigt sich, dass ca. 45 % der PKW im Jahre 2015 und später zugelassen sind und somit in der Regel mindestens dem EURO-6-Standard entsprechen. Der Anteil der PKW, die nach dem 01.01.2011 zugelassen wurden (mindestens EURO-5), liegt etwa bei ca. 65 %, der Anteil mit mindestens EURO-4-Standard (2006 und später) liegt bei etwa 84 %. Die verbleibenden 15 % entfallen auf PKW, die älter als 13 Jahre sind, und damit den Abgasstandard EURO-3 und schlechter erfüllen.

Die Altersverteilungen der leichten und schweren Nutzfahrzeuge (LNF und SNF) unterscheiden sich im Vergleich zu den übrigen Fahrzeugkategorien nur unwesentlich. Ca. 37 % der

Fahrzeuge sind jünger als drei Jahre, ca. 6 % sind älter als 13 Jahre. Damit sind die Fahrzeuge dieser Kategorien deutlich jünger als die der PKW.

Tab. 3-5: Absolute Altersverteilung der Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie

Jahr der Erstzulassung	Krad	Lbus	LNF	PKW	Rbus	SNF	Gesamt
vor 1979	103	-	11	179	1	2	296
1979-1988	161	-	46	296	16	3	522
1989-1998	358	-	231	5 580	39	41	6 249
1999	44		62	2 628	4	24	2 762
2000	43		77	2 836	22	17	2 995
2001	58	1	132	3 463	1	37	3 692
2002	57		146	4 173	1	33	4 410
2003	42		187	5 104	2	49	5 384
2004	47		258	5 891	8	54	6 258
2005	43	92	402	7 143	51	77	7 808
2006	61	34	626	7 975	27	137	8 860
2007	56	246	1 125	7 641	3	242	9 313
2008	59	38	1 270	8 007	49	312	9 735
2009	46	211	1 402	10 792	135	265	12 851
2010	42	86	1 547	9 308	9	340	11 332
2011	30	102	1 822	10 460	19	411	12 844
2012	43		1 728	10 871	37	426	13 105
2013	33		2 024	11 661	23	427	14 168
2014	32	3	2 316	12 811	48	495	15 705
2015	49	295	2 964	15 336	71	602	19 317
2016	48	28	3 782	18 568	39	777	23 242
2017	52	382	4 358	23 183	80	884	28 939
2018	43	146	4 816	25 418	104	877	31 404
2019	57	300	4 476	23 489	100	807	29 229
Summe	1 607	1 964	35 808	232 813	889	7 339	280 420

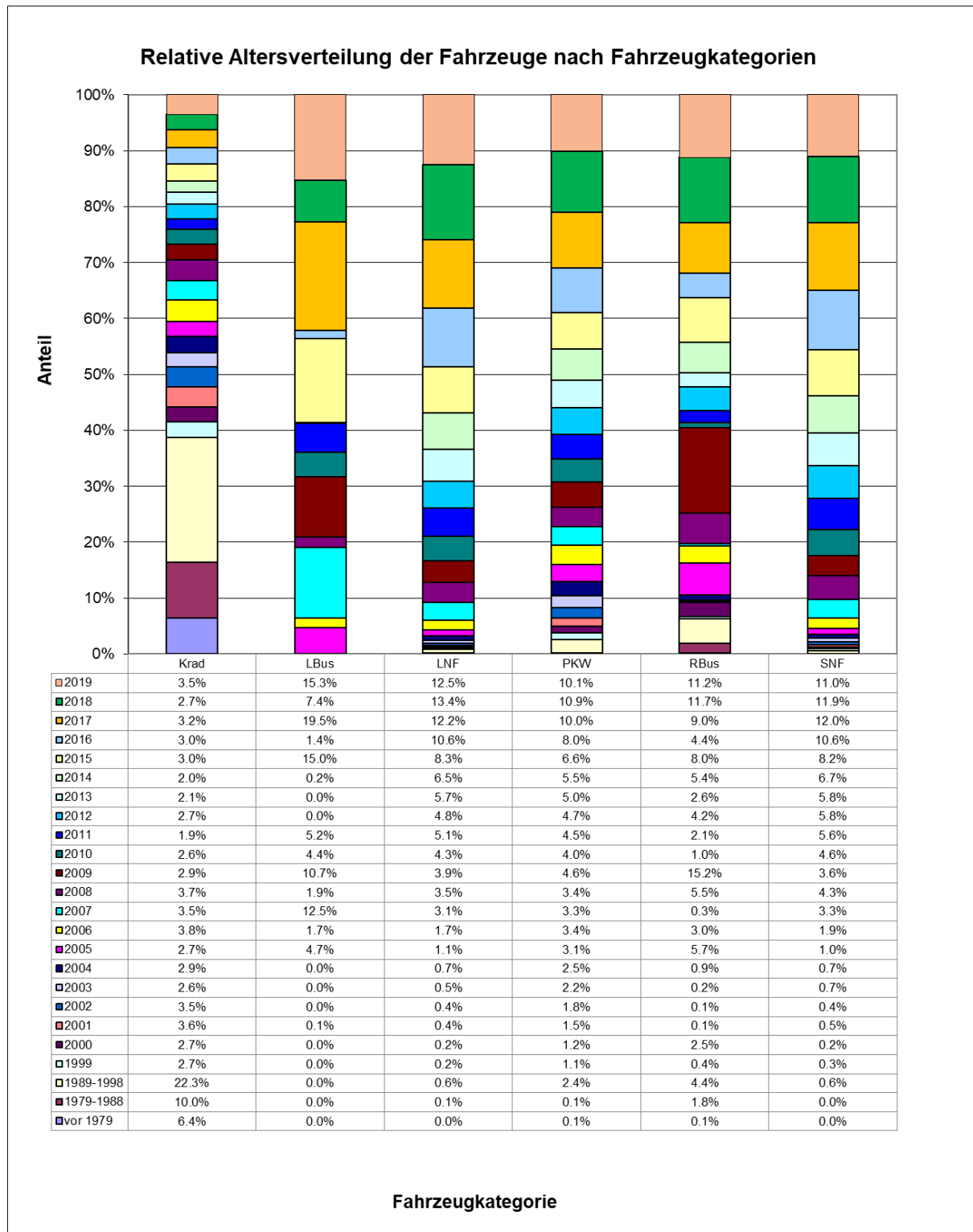


Abb. 3-3: Relative Altersverteilung der Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie

Unter den in **Tab. 3-5** dargestellten Fahrzeugen befinden sich insgesamt 554 Fahrzeuge (475 PKW, 57 LNF, 17 RBus, 5 SNF), die älter als 30 Jahre alt sind und somit theoretisch als

Oldtimer zugelassen werden könnten und nach Anhang 3 der 35. BImSchV von der Umweltzonenregelung ausgenommen wären². Unter diesen 554 Fahrzeugen befinden sich 441 Fahrzeuge (390 PKW, 48 LNF, 1 RBus sowie 2 SNF), die entsprechend der Abgas-schlüsselnummer tatsächlich als Oldtimer zugelassen sind.

Die **Tab. 3-6** zeigt das mittlere Alter und die entsprechenden Quartile der einzelnen Fahrzeugkategorien sowie bei PKW und LNF eine zusätzliche Unterscheidung nach Kraftstoffarten. Danach zeigt sich, dass die Dieselfahrzeuge (PKW, LNF) z. T. deutlich jünger sind als die Fahrzeuge, die mit Benzin betrieben werden.

Tab. 3-6: Mittleres Alter und Quartile der erfassten Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie und Kraftstoffart (2. Quartil = Median; 4. Quartil = maximal erfasstes Alter)

Fahrzeugkategorie / Antriebsart	Anzahl	Mittleres Alter	1.Quartil	2.Quartil	3.Quartil	4.Quartil
PKW - Benzin	138 368	8.1	2	7	13	86
PKW - Diesel	77 863	5.4	2	4	8	63
PKW - alternativ	16 582	4.0	0	2	6	48
LNF - Benzin	1 480	6.4	1	3	10	82
LNF - Diesel	33 956	4.9	1	4	8	42
LNF - alternativ	372	6.8	1	6	11	28
Krad - Benzin	1 598	18.8	9	17	25	89
SNF - Diesel	7 198	5.2	2	4	8	43
LBus - Diesel	1 954	5.6	2	4	10	18
RBus - Diesel	884	7.7	2	6	11	47

Die in **Tab. 3-4** dargestellte relative Altersverteilung der Fahrzeugkategorien PKW und LNF - getrennt nach Diesel und Benzin - zeigt, dass die Unterschiede nicht so sehr zwischen den Fahrzeugkategorien als vielmehr zwischen den Antriebsarten bestehen.

² Die Fahrzeugkategorie „Krad“ ist unabhängig vom Alter von der Umweltzonenregelung ausgeschlossen.

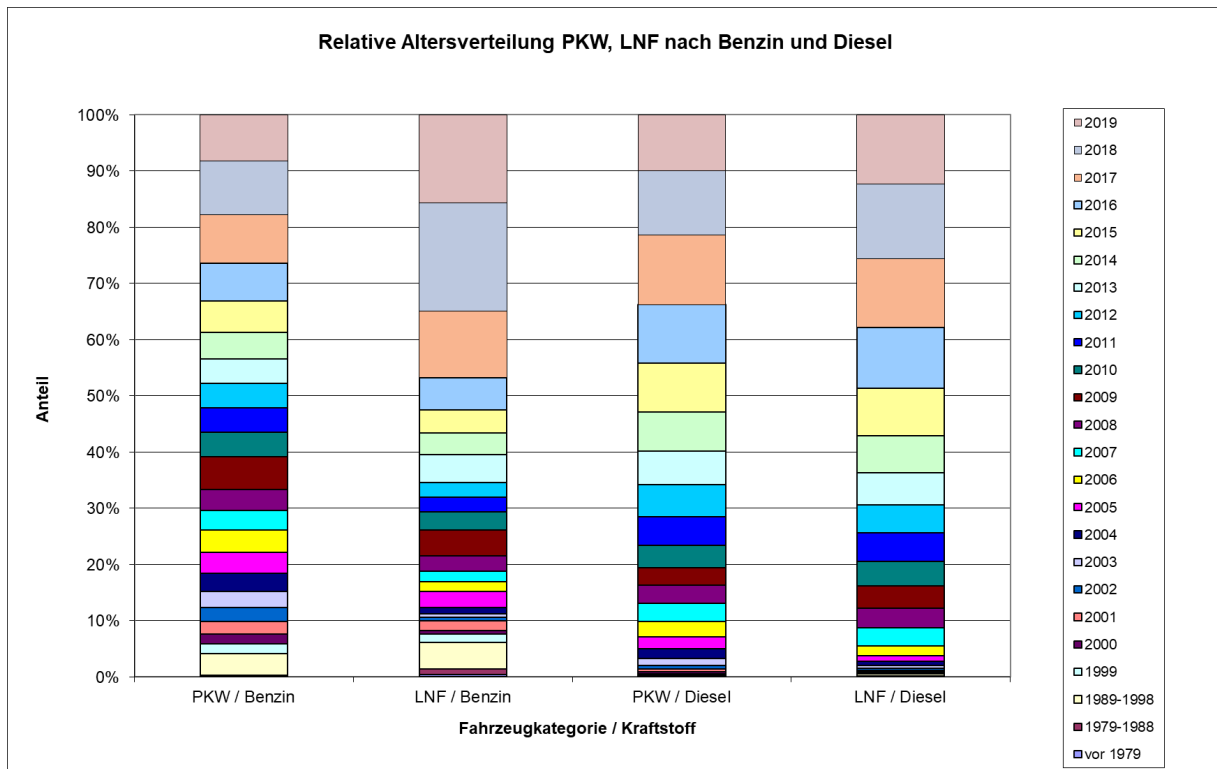


Abb. 3-4: Relative Altersverteilung der Fahrzeugkategorien PKW / LNF getrennt nach Benzin und Diesel

3.4 Kraftstoffnutzung

Eine Auswertung in Bezug auf die Kraftstoffnutzung ergab, dass ca. 50 % aller erfassten Fahrzeuge Benzin und ca. 43 % Diesel als Treibstoff benutzen (**Tab. 3-7**). Der Anteil der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben liegt insgesamt bei ca. 6 %.

Tab. 3-7: Kraftstoffnutzung der Fahrzeuge an den Messquerschnitten

Kraftstoff /Antrieb	Alt Biesdorf	Alt Moabit	Brückenstr.	Frankfurter Allee	Französische Str.	Leipziger Str.	Mariendorfer Damm	Schildhornstr.	Silbersteinstr.	Sonnenallee	Gesamt	%
Benzin	31 159	8 776	6 718	20 925	2 616	16 567	23 164	17 603	5 231	8 694	141 453	49.6%
Diesel	24 764	9 783	7 247	18 493	3 239	17 315	14 805	11 290	5 435	9 484	121 855	42.8%
Elektro	175	193	212	285	100	398	140	152	47	140	1 842	0.65%
Benzin/Ethanol	13	2	1	11		8	6	5		7	53	0.02%
bivalent LNG / Diesel	3			1							4	0.00%
bivalent: Benzin/Flüssiggas	503	176	145	369	37	272	358	268	122	220	2 470	0.87%
bivalent: Benzin/komp.Erdgas	59	39	24	55	8	60	42	44	12	35	378	0.13%
bivalenter Betrieb mit Benzin oder Methan	1									1	2	0.00%
Erdgas NG	171	93	54	111	30	90	75	90	19	62	795	0.28%
Hybrid B/E ext.aufll.	168	76	64	103	52	139	112	105	15	39	873	0.31%
Hybrid Benzin/E	981	1 547	850	1 422	418	2 019	651	759	267	883	9 797	3.44%
Hybrid D/E ext.aufll.	9	5	5	6		12	11	1			49	0.02%
Hybrid Diesel/E	117	106	45	125	32	164	73	77	31	68	838	0.29%
Hybrid LPG/E ext.aufll	2										2	0.00%
keine Angaben	1 129	475	83	1 162	127	572	321	397	94	150	4 510	1.58%
Gesamt Kraftstoff / Antrieb	59 254	21 271	15 448	43 068	6 659	37 616	39 758	30 791	11 273	19 783	284 921	100.0%

Die Differenzierung der Antriebsart nach Fahrzeugkategorien zeigt in **Abb. 3-5**, dass bei den PKW der Anteil dieselgetriebener Fahrzeuge an den einzelnen Untersuchungsabschnitten zwischen ca. 30 % (Schildhornstraße, Mariendorfer Damm) und ca. 40 % (Französische Straße), im Mittel bei 34 % liegt. Wie bereits in den früheren Untersuchungen erkennbar, ist dabei der Diesel-PKW-Anteil an den Stadtstraßenquerschnitten innerhalb der Umweltzone tendenziell höher als an den außerhalb gelegenen, sodass dadurch an den Querschnitten innerhalb der Umweltzone die spezifischen Emissionsfaktoren der PKW bei PM10 und Stickoxiden geringfügig höher sind. Die Ursache für diese höheren Dieselanteile konnte durch die vorliegenden Daten der Kennzeichenerfassung nicht gefunden werden. Ein möglicher Grund könnte der höhere Anteil an gewerblich genutzten PKW im Innenstadtbereich durch Taxibetrieb oder Dienstfahrzeuge sein.

Der Fahrzeuganteil mit alternativen Antrieben beträgt bei den PKW im Mittel 7.1 %.

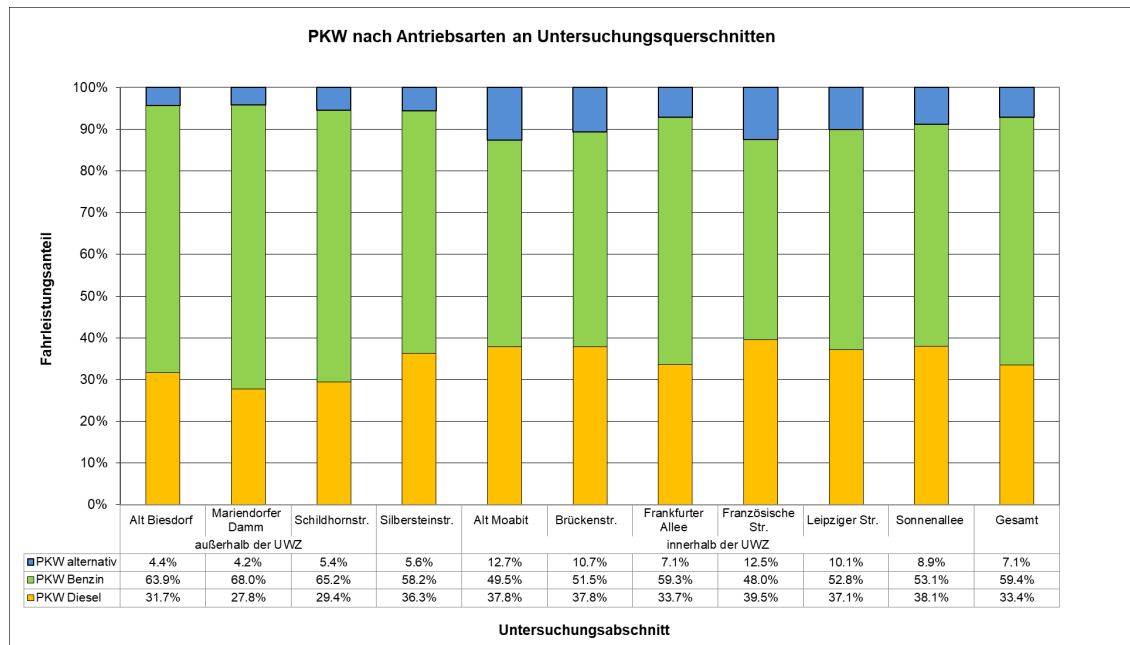


Abb. 3-5: Anteil der Kraftstoffarten für die erfassten PKW an den Messquerschnitten

Abb. 3-6 zeigt diese Darstellung für die leichten Nutzfahrzeuge. Danach liegt dort der Dieselanteil mit geringen Schwankungen im Mittel bei 95 %, der Fahrzeuganteil mit alternativen Antriebsarten liegt mit ca. 1.0 % deutlich unter dem der PKW.

Busse und schwere Nutzfahrzeuge sind nahezu 100 % dieselgetriebene Fahrzeuge.

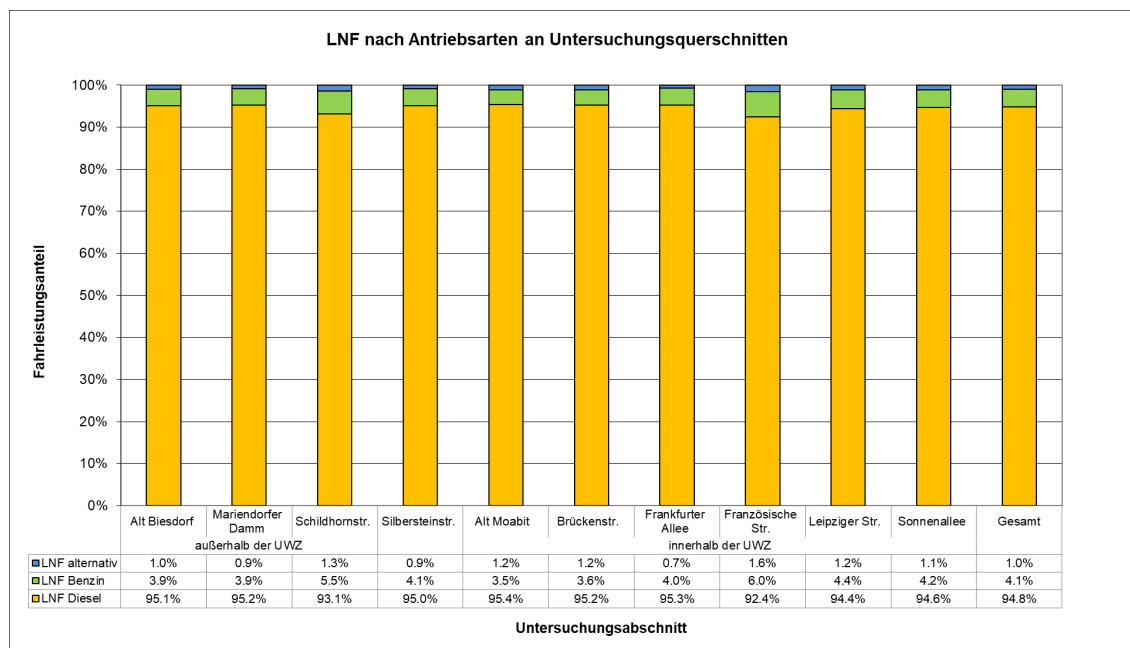


Abb. 3-6: Anteil der Kraftstoffarten für die erfassten LNF an den Messquerschnitten

3.5 Ausrüstungsgrad mit Partikelfiltern

Zum Ausrüstungsgrad mit Partikelfiltern lagen aus den Daten des KBA bzw. der Berliner Zulassungsstelle unterschiedliche Informationen vor. Während für die auswärtigen Fahrzeuge aus den KBA-Daten lediglich hervorging, ob, und wenn ja, mit welcher Partikelminderungsklasse (PM für PKW bzw. PMK für Nutzfahrzeuge)³ ein Dieselpartikelfilter eingebaut wurde, lagen für die Berliner Fahrzeuge darüber hinaus Angaben vor, wann dieser Einbau erfolgte. Berliner Fahrzeuge, bei denen das Jahr der Partikelfilterausrüstung mit dem Erstzulassungsjahr übereinstimmte, wurden als werkseitig mit DPF ausgerüstete Fahrzeuge eingeordnet, Fahrzeuge, bei denen das Jahr der Partikelfilterausrüstung jünger als das Erstzulassungsjahr war, wurden als Nachrüster eingeordnet. Bei den auswärtigen Fahrzeugen konnte die Zuordnung „werkseitig“ oder „nachgerüstet“ nicht vorgenommen werden.

Die Darstellung in **Abb. 3-7** zeigt die Datenlage zur Dieselpartikelfilter-Ausrüstung für die EURO-3-PKW aus den Rücklaufdaten der Berliner Zulassungsstelle sowie des KBA. Diese Fahrzeuge können nur mit einer Nachrüstung eine grüne Plakette für die Umweltzone bekommen. Dabei zeigt sich, dass ca. 65 % der Berliner Diesel-EURO-3-PKW über einen nachträglich eingebauten Partikelfilter, hingegen ca. 20 % über keinen Filter verfügen. Aus dem Datenrücklauf des KBA geht hervor, dass lediglich 54 % der auswärtigen Diesel-Euro-3-PKW über einen Dieselpartikelfilter verfügen. Informationen darüber, ob diese werkseitig eingebaut oder nachgerüstet wurden, liegen hierfür nicht vor.

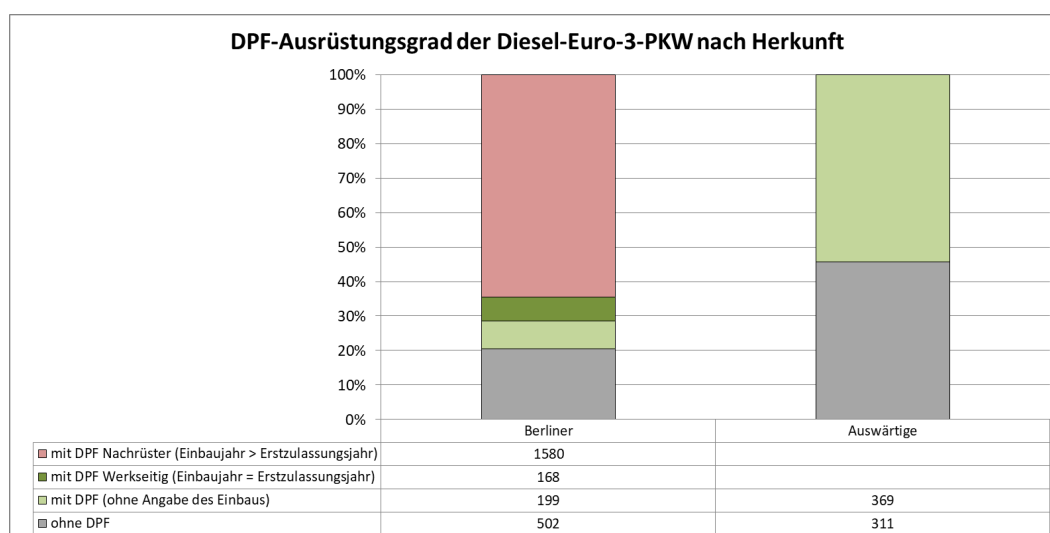


Abb. 3-7: Angaben zum Ausrüstungsgrad der Diesel-EURO-3-PKW mit Partikelfilter

³ Zur Erläuterung siehe z. B.: http://www.tuev-hessen.de/e27/e1039/e3141/index_ger.html

Die **Tab. 3-8** zeigt den Ausrüstungsgrad der Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern nach Partikelminderung bzw. Partikelminderungsklasse (PM bzw. PMK) differenziert nach Fahrzeugkategorie und Abgasnorm. Für die Berechnung des Anteils der Fahrzeuge mit Partikelfilter innerhalb einer Fahrzeugkategorie wurde angenommen, dass alle Fahrzeuge der Abgasnorm EURO-5 und EURO-6 standardmäßig mit einem Filter ausgerüstet sind, auch wenn dies nicht explizit aus den Rücklaufdaten der Zulassungsbehörden hervorging.

Danach zeigt sich, dass bei den älteren Fahrzeugen der Abgasnorm EURO-2 und EURO-3 die DPF-Anteile mit z. T. weit über 50 % relativ hoch sind. Demgegenüber ist der DPF-Anteil bei den EURO-4-Fahrzeugen auffallend niedrig. Dies liegt vermutlich daran, dass hierbei wie auch bei den EURO-5- und EURO-6-Fahrzeugen die DPF-Ausrüstung in den Zulassungsstellen teilweise als Standard betrachtet und demzufolge nicht in jedem Falle ein expliziter Eintrag zur PMK in der Fahrzeugzulassung vorgenommen wird.

Tab. 3-8: Ausrüstungsgrad Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern nach Fahrzeugkategorien, Euronormen und Partikelminderungsklasse gemäß Fahrzeugzulassungsdaten

Fahrzeugkategorie / Abgasnorm	Anteil DPF vorhanden bzgl. Kategorie	Anteil DPF vorhanden bzgl. Konzept	Partikelminderungsklasse						keine Hinweise auf DPF-Ausrüstung
			PM0, PM01 / PMK0, PMK01	PM1 / PMK1	PM2 / PMK2	PM3 / PMK3	PM4 / PMK4	PM5 / PMK5	
LBus	6.3%								
davon									
EURO0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO2	0.1%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO3	4.7%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO5	1.6%	5.1%	0.0%	0.8%	4.2%	0.0%	0.0%	0.0%	94.9%
EURO6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
LNF	29.1%								
davon									
EURO0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO1	0.0%	1.4%	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	98.6%
EURO2	0.1%	18.9%	0.0%	7.4%	10.8%	0.0%	0.7%	0.0%	81.1%
EURO3	2.2%	64.8%	0.8%	33.4%	30.3%	0.1%	0.0%	0.3%	35.2%
EURO4	4.3%	27.4%	0.0%	0.0%	8.1%	0.0%	17.4%	1.9%	72.6%
EURO5	17.8%	47.6%	0.0%	0.0%	7.9%	0.2%	39.4%	0.1%	52.4%
EURO6	4.6%	10.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	10.8%	0.0%	89.1%
PKW	51.7%								
davon									
EURO0	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	4.8%	0.0%	0.0%	0.0%	95.2%
EURO1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO2	0.1%	44.2%	2.4%	36.5%	5.2%	0.0%	0.0%	0.0%	55.8%
EURO3	3.0%	74.0%	0.1%	15.2%	55.9%	1.5%	0.0%	1.3%	26.0%
EURO4	8.4%	56.6%	0.0%	0.0%	0.6%	1.3%	0.1%	54.6%	43.4%
EURO5	18.9%	68.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	68.8%	31.2%
EURO6	21.3%	40.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.0%	60.0%
Rbus	9.3%								
davon									
EURO0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO1	1.2%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO2	2.7%	52.2%	0.0%	0.0%	52.2%	0.0%	0.0%	0.0%	47.8%
EURO3	3.7%	35.5%	0.0%	0.0%	35.5%	0.0%	0.0%	0.0%	64.5%
EURO4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO5	1.6%	4.7%	0.0%	0.0%	4.4%	0.3%	0.0%	0.0%	95.3%
EURO6	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
SNF	4.5%								
davon									
EURO0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO2	0.4%	34.7%	0.0%	0.0%	34.7%	0.0%	0.0%	0.0%	65.3%
EURO3	2.3%	53.6%	0.0%	0.3%	53.3%	0.0%	0.0%	0.0%	46.4%
EURO4	0.3%	4.4%	0.0%	0.0%	3.4%	0.0%	0.6%	0.4%	95.6%
EURO5	1.5%	4.8%	0.0%	0.0%	2.1%	0.4%	2.2%	0.1%	95.2%
EURO6	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	99.9%

3.6 Schadstoffgruppen und Plaketten

Die Zuordnung der Abgasschlüsselnummern zu den Schadstoffgruppen erfolgte nach 35. BImSchV, die die Grundlage für die Plakettenverordnung der Umweltzone ist.

3.6.1 PKW

Für die Fahrzeugkategorie PKW (**Abb. 3-8**) ergaben die Auswertungen, dass nahezu alle Fahrzeuge der Schadstoffgruppe (SG) 2-4 zugeordnet wurden und somit über eine Plakette verfügen. Der Anteil der Fahrzeuge der SG1 unterscheidet sich an den Querschnitte innerhalb der Umweltzone (UWZ) praktisch nicht mehr. Er liegt bei maximal 0.05 % außerhalb und bei maximal 0.09 % innerhalb der UWZ. Der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette liegt an allen Querschnitten über 99 %. Der Anteil der mit gelber Plakette ausgestatteten PKW liegt zwischen 0.1 % und 0.7 %, der mit roter Plakette bei max. 0.1 %.

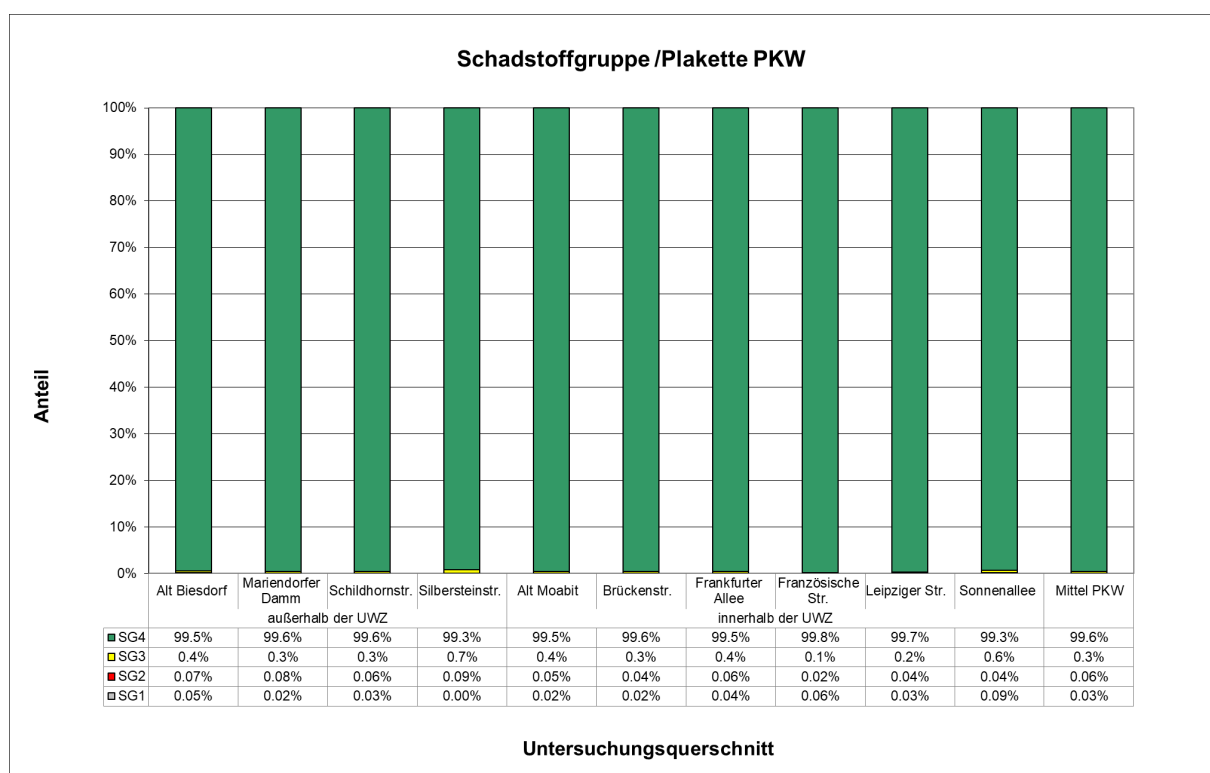


Abb. 3-8: Anteile der PKW nach Schadstoffgruppe/Plakette

Bei den Diesel-PKW liegt der Anteil der Fahrzeuge, die nicht dem Standard der grünen Plakette entsprechen, mit ca. 1.5 % außerhalb der UWZ nur unwesentlich über den im Mittel 1.1 % innerhalb dieser (siehe **Abb. 3-9**). Der Anteil Diesel-PKW ohne Plakette liegt bei maximal 0.1 %.

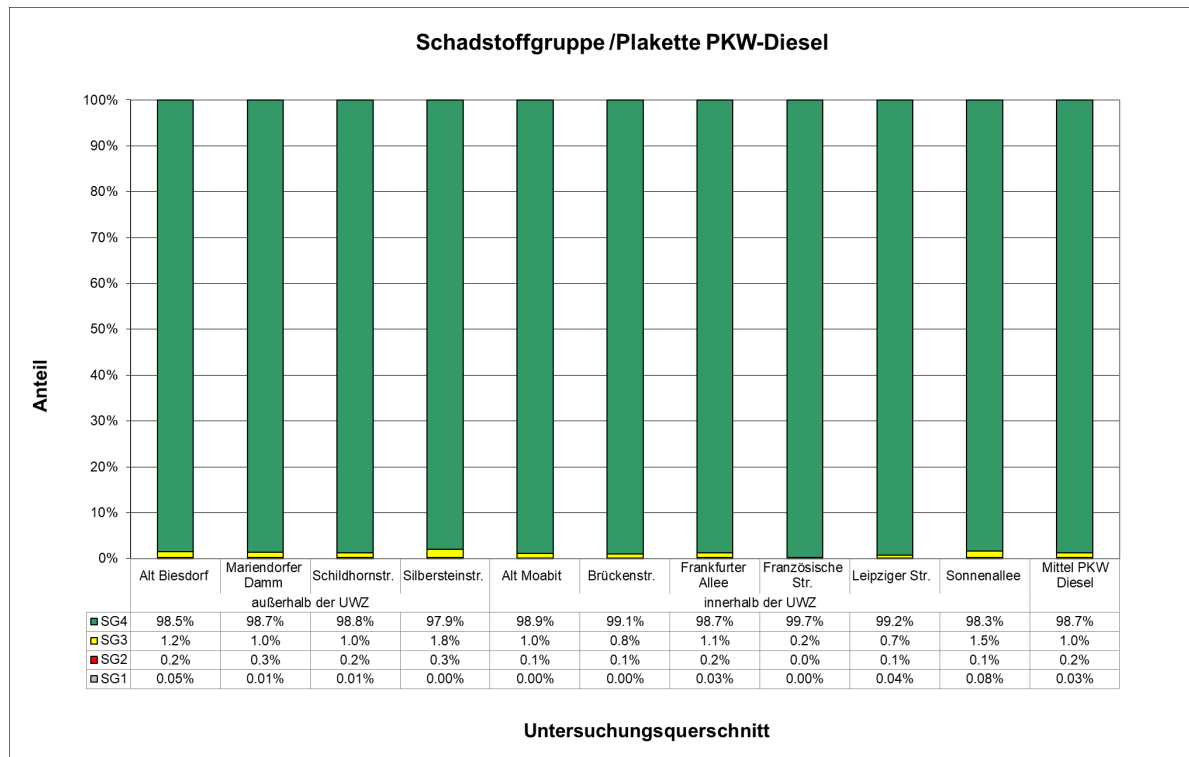


Abb. 3-9: Anteile der PKW-Dieselfahrzeuge nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.2 Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)

In der Fahrzeugkategorie LNF (**Abb. 3-10**) liegt der Anteil der Fahrzeuge ohne Plakette bei maximal 0.4 %. Die Unterschiede zwischen den Querschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ sind äußerst geringfügig. Bei den Fahrzeuganteilen mit roter und gelber Plakette ist dieser Unterschied ebenfalls nur marginal. Die Anteile betragen im Mittel 0.3 % bzw. 1.1 %.

Auch bei Betrachtung der Diesel-LNF (**Abb. 3-11**) zeigt sich, dass die Plakettenverteilung zwischen den Querschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ nur geringfügig voneinander abweicht. So liegt der Anteil der Diesel-Fahrzeuge ohne grüne Plakette bei max. 2 bis 3 %.

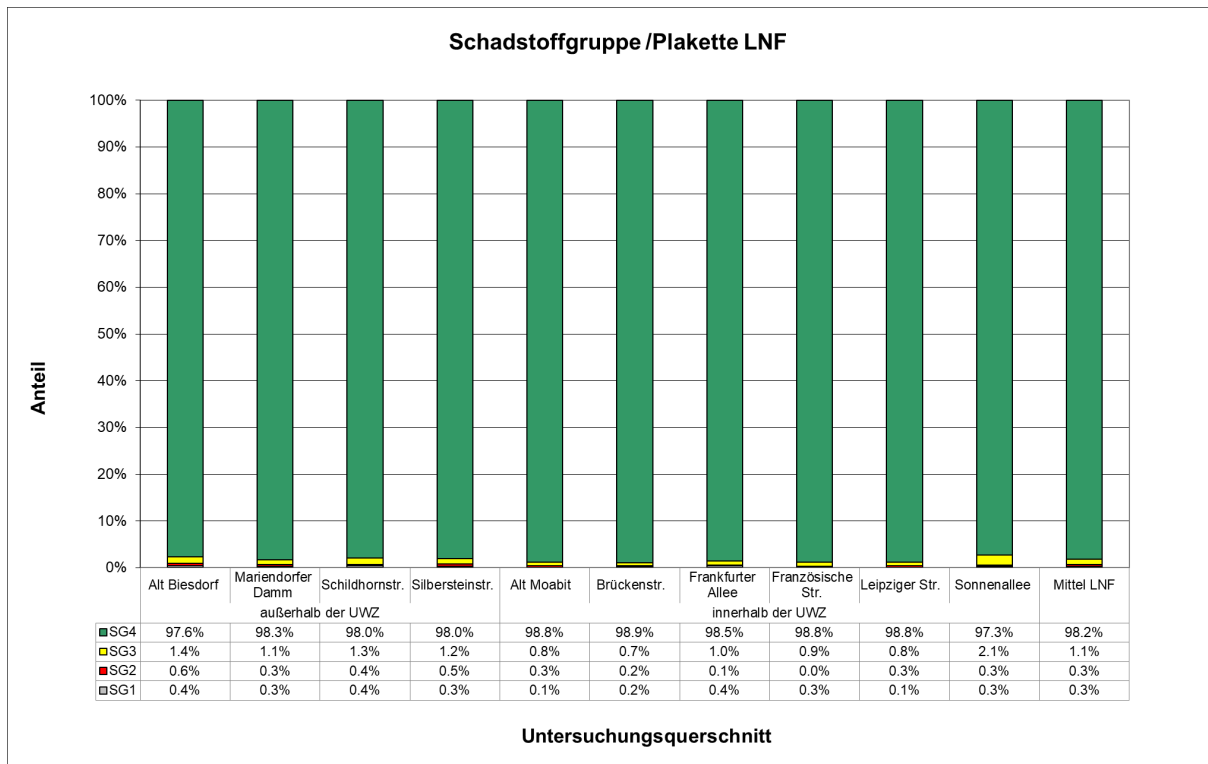


Abb. 3-10: Anteile aller LNF nach Schadstoffgruppe/Plakette

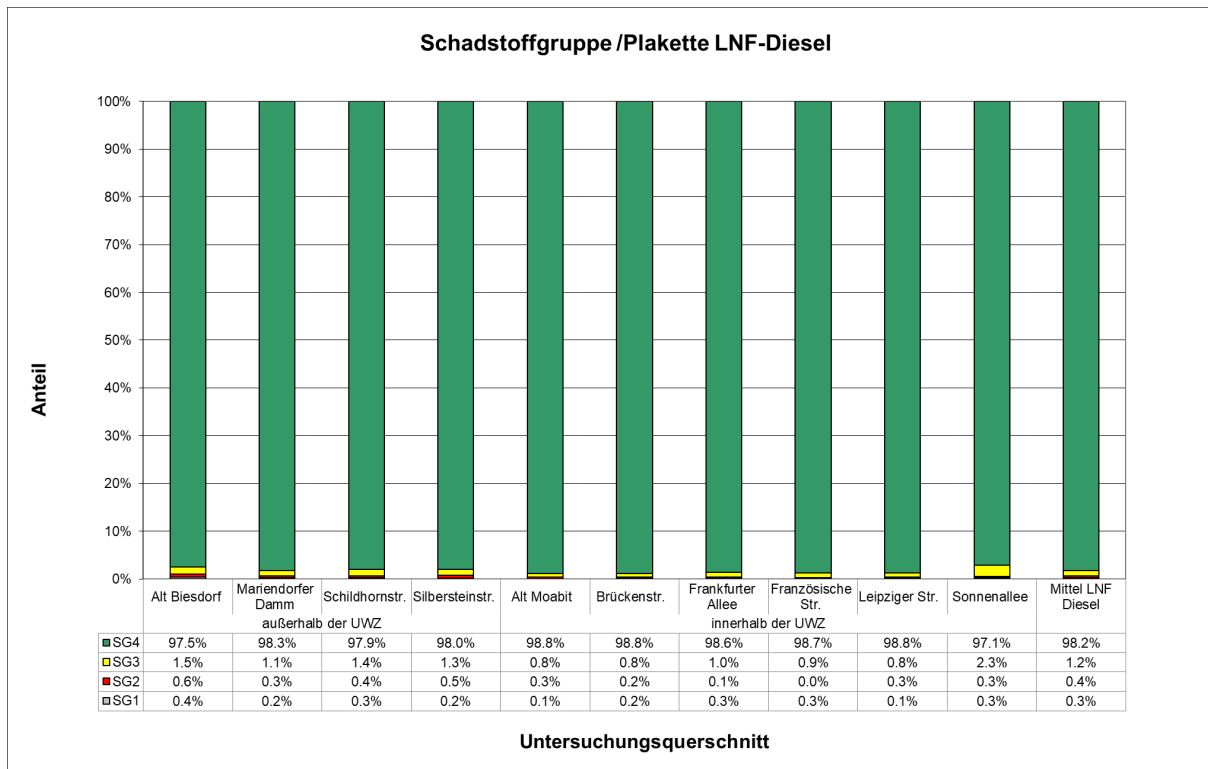


Abb. 3-11: Anteile der Diesel-LNF nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.3 Schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

Bei den SNF verfügen im Mittel ca. 97 % über eine grüne Plakette – am Querschnitt Französische Straße sogar 100 % (**Abb. 3-12**). Der Anteil der Fahrzeuge ohne grüne Plakette liegt bei maximal 0.6 %, im Mittel bei 0.2 %. Systematische Unterschiede zwischen Abschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ sind nicht zu beobachten.

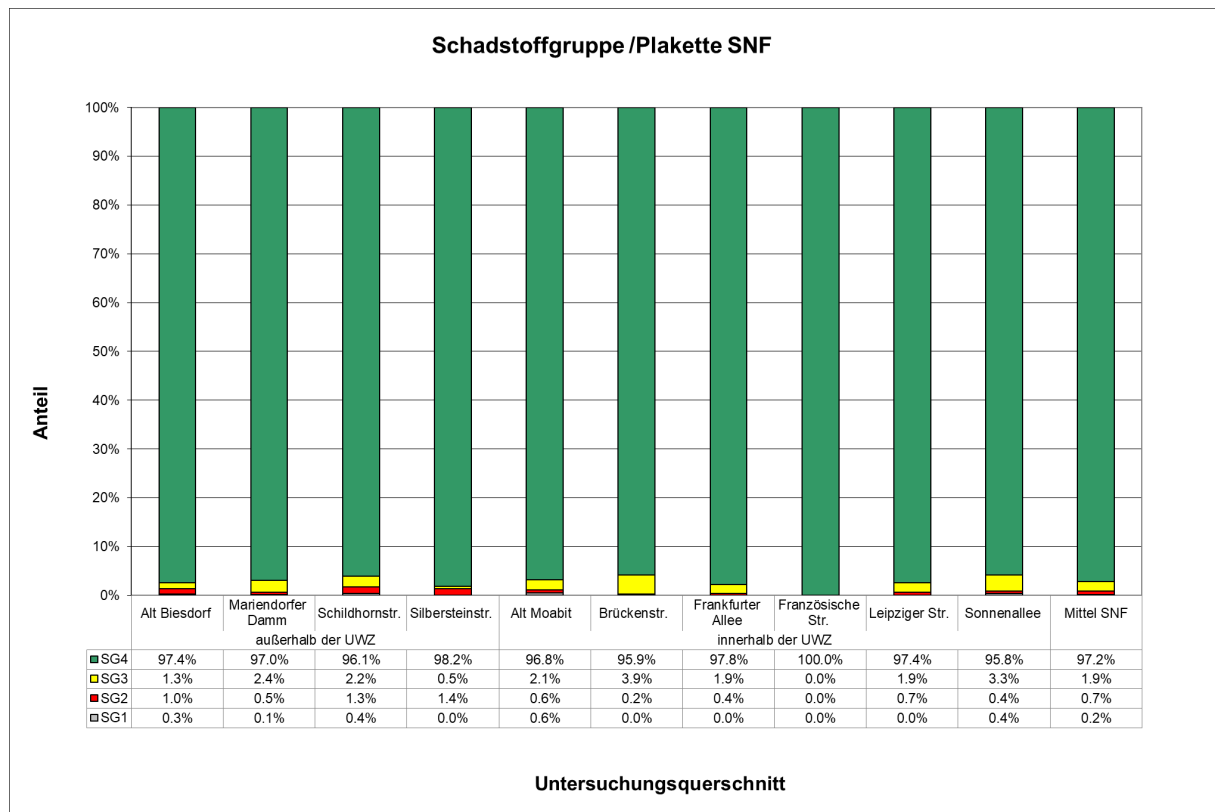


Abb. 3-12: Anteile der der SNF nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.4 Linienbusse

Die eingesetzten Linienbusse verfügen sämtlich über die grüne Plakette (siehe **Abb. 3-13**).

3.6.5 Reisebusse

Auf Grund geringen Anzahl der erfassten Reisebusse (884) sind für diese Fahrzeugkategorie die Unterschiede zwischen den Fahrleistungsanteilen nach der Schadstoffgruppe bzw. Plakette an den Untersuchungsquerschnitten am stärksten. Auffällig ist der hohe Anteil von Fahrzeugen mit gelber und roter Plakette am innerhalb der Umweltzone gelegenen Querschnitt Frankfurter Allee. An drei von vier außerhalb der Umweltzone gelegenen

Querschnitten wurden ausnahmslos Fahrzeuge mit grüner Plakette erfasst. Im Mittel beträgt der Anteil an Fahrzeugen mit grüner Plakette ca. 90 % (siehe **Abb. 3-14**).

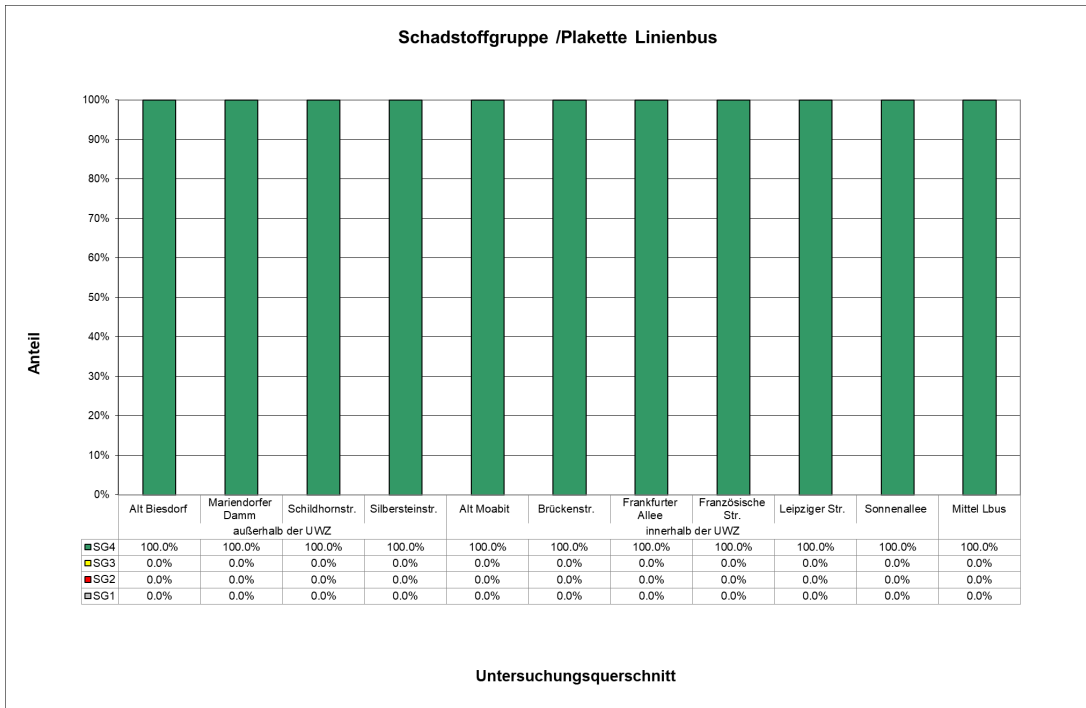


Abb. 3-13: Anteile der Linienbusse nach Schadstoffgruppe/Plakette

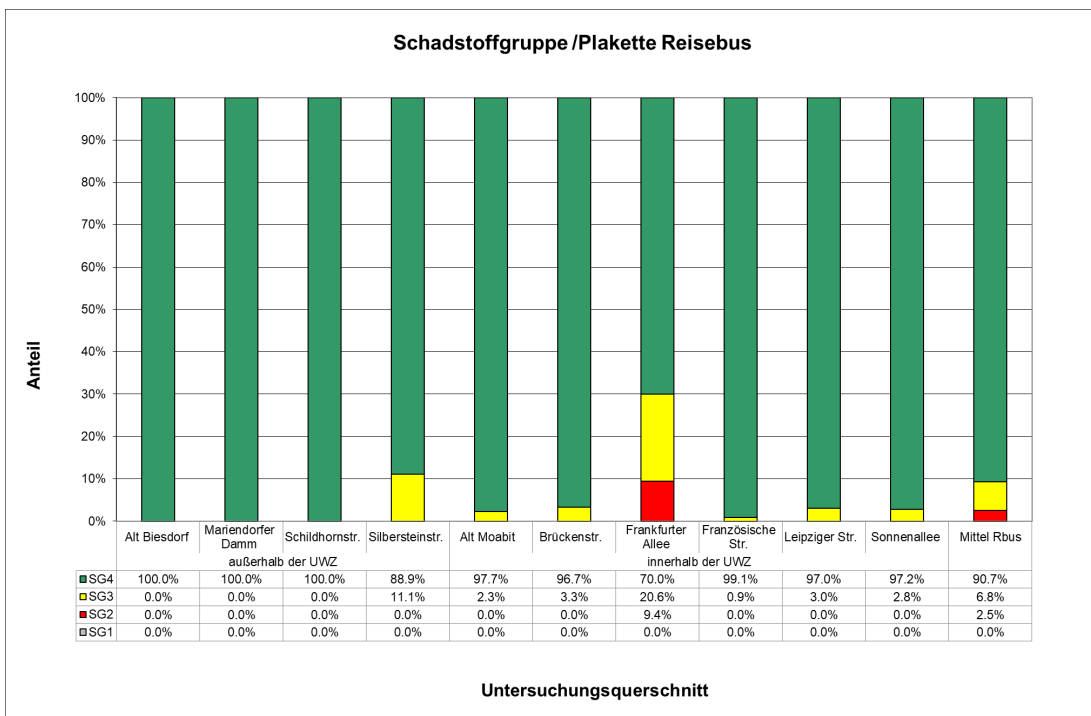


Abb. 3-14: Anteile der Reisebusse nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.7 Fazit Flottenzusammensetzung

Es können anhand der Auswertungen der erhobenen Fahrzeugdaten folgende Schlussfolgerungen zur Flottenzusammensetzung gezogen werden:

Die Fahrzeuganteile nach Schadstoffgruppe bzw. Plakette unterscheiden sich zwischen den Abschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ im Gegensatz zu früheren Untersuchungen nicht mehr oder nur noch äußerst geringfügig.

Der Vergleich mit den Ergebnissen der Erfassungen früherer Jahre weist auf eine deutliche Modernisierung der Fahrzeugflotten aller betrachteten Kategorien (**Abb. 3-15**) hin. Einzig bei den Reisebussen wurde im Jahr 2019 eine Verschlechterung beobachtet, die aufgrund der geringen Zahl der Fahrzeuge aber eine hohe Unsicherheit aufweist.

Die Darstellung in **Abb. 3-16** zeigt die Flottenzusammensetzung aller 2019 erfassten Kfz nach Schadstoffgruppe und Untersuchungsquerschnitt. Danach zeigt sich, dass der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette an allen Abschnitten bei nahezu 100 % liegt.

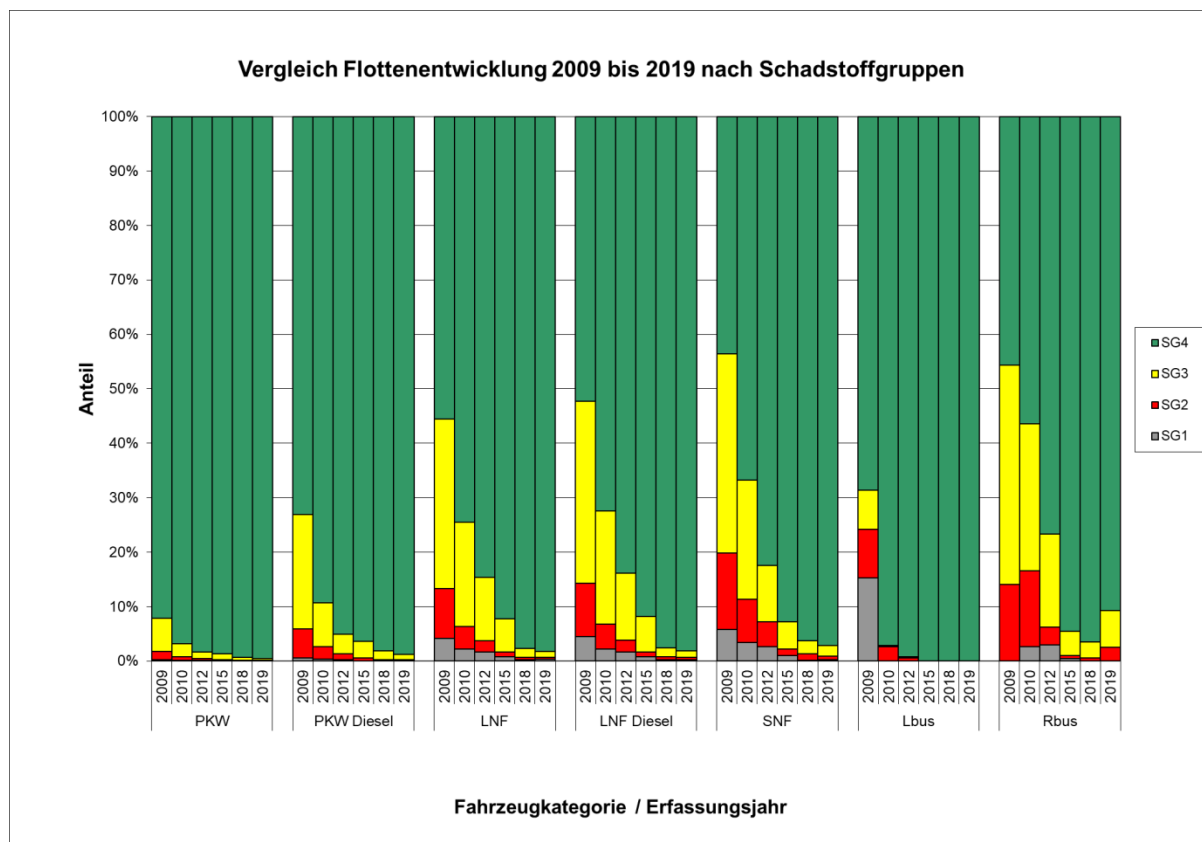


Abb. 3-15: Vergleich der Flottenentwicklung 2009 bis 2018 nach Schadstoffgruppen

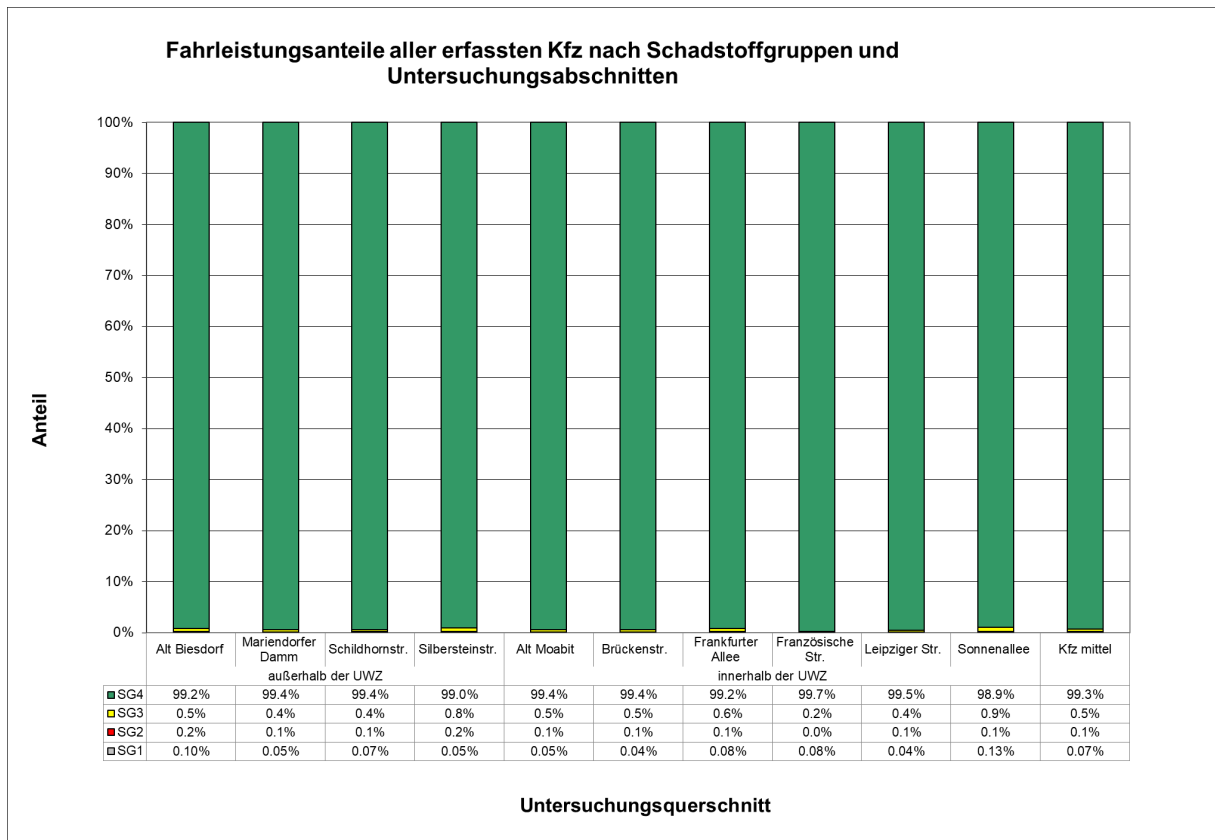


Abb. 3-16: Flottenzusammensetzung aller 2019 erfassten Kfz nach Schadstoffgruppe und Untersuchungsquerschnitt

4 EMISSIONSBERECHNUNG

4.1 Vorgehen

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkategorien wurden auf Basis des „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) berechnet. Zu Vergleichszwecken wurden die Emissionen darüber hinaus auf Basis der Version HBEFA 4.1 (UBA, 2019) berechnet.

Die motorbedingten Emissionen hängen im Wesentlichen ab von

- der Verkehrszusammensetzung (Fahrleistungsanteile der einzelnen Fahrzeugkategorien am Gesamtverkehr),
- der Flottenzusammensetzung (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge gleichen Emissionsverhaltens „Fahrzeugschicht“ - innerhalb einer Fahrzeugkategorie, Kriterien für die Schichtzuordnung sind v.a. Antriebsart, Emissionskonzept sowie Hubraum- bzw. Gewichtsklasse),
- der Verkehrssituation (in HBEFA über Reisegeschwindigkeit, Standanteil und RPA (relative positive Beschleunigung) beschrieben),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab),
- dem Fahrleistungsanteil der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben und
- der Umgebungstemperatur.

In HBEFA 3.3 wurde erstmals explizit berücksichtigt, dass die Stickoxid-Emissionen eines Motors bzw. die Funktion der Abgasnachbehandlungsanlage, eine deutliche Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur aufweisen. In früheren HBEFA-Versionen wurde davon ausgegangen, dass ein betriebswarmer Motor auch bei kalten Temperaturen ein stabiles Emissionsverhalten aufweist. Dieser Temperatureinfluss wird im HBEFA 3.3 durch Korrekturfaktoren berücksichtigt, mittels derer die Stickoxidemissionsfaktoren – ausgehend von einem Basisemissionsfaktor für Temperaturen über 20°C – im Temperaturbereich zwischen 20°C und 0°C erhöht werden. Die Berücksichtigung erfolgt in HBEFA 3.3 allerdings ausschließlich für Diesel-PKW der Abgasnorm Euro-4 bis Euro-6.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass die für die genannten Diesel-PKW vorgenommenen Temperaturkorrekturen in gleicher Weise auch für die entsprechenden Emissionsstufen der LNF gelten. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden die im HBEFA 3.3 eingeführten Änderungen bei Diesel-PKW in der vorliegenden Emissionsberechnung auch für die LNF übernommen. Als Umgebungstemperatur wurde die deutsche Jahresmitteltemperatur entsprechend HBEFA 3.3 angenommen.

In HBEFA 4.1 erfolgt die Temperaturkorrektur standardmäßig sowohl für PKW als auch für LNF. Die entsprechenden Erhöhungsfaktoren wurden bei der Emissionsberechnung berücksichtigt. Die Faktoren zur Erhöhung der NO_x- und NO₂-Emissionsfaktoren sind in **Tab. 4-1** dargestellt. Dabei zeigt sich zum einen, dass die Temperaturkorrektur in HBEFA 4.1 auch bei den EURO-3-Fahrzeugen vorgenommen wird. Zum anderen wurden die Erhöhungsfaktoren bei den EURO-4- und -5-Fahrzeugen nach oben korrigiert. Für die leichten Nutzfahrzeuge (LNF) sind die Korrekturfaktoren des HBEFA 4.1 für den Abgasstandard Euro 6 deutlich niedriger als bei der Anwendung der Version 3.3 auf der Basis der Pkw-Daten angenommen worden war.

Tab. 4-1: Korrekturfaktoren für Stickoxid-Emissionsfaktoren der Diesel-PKW und -LNF

Fahrzeugschicht	NO _x -Erhöhungsfaktoren D-mittel/Basis (20°C)	
	HBEFA3.3	HBEFA4.1
PKW Diesel Euro-3	keine Temperaturkorrektur	1,17
PKW Diesel Euro-3 (DPF)	keine Temperaturkorrektur	1,17
PKW Diesel Euro-4	1,17	1,31
PKW Diesel Euro-4 (DPF)	1,17	1,31
PKW Diesel Euro-5	1,34	1,46
PKW Diesel Euro-6ab	1,40	1,40
PKW wDiesel Euro-6c	keine Standardschicht	1,40
PKW Diesel Euro-6d-temp	1,01	1,01
PKW Diesel Euro-6d	1,00	1,00
LNF Diesel Euro-3	keine Temperaturkorrektur	1,17
LNF Diesel Euro-4	keine Temperaturkorrektur / LOH-Ansatz: 1,17	1,31
LNF Diesel Euro-5	keine Temperaturkorrektur / LOH-Ansatz: 1,34	1,31
LNF Diesel Euro-6ab	keine Temperaturkorrektur / LOH-Ansatz: 1,40	1,17
LNF Diesel Euro-6c	keine Temperaturkorrektur / LOH-Ansatz: 1,40	1,17
LNF Diesel Euro-6d-temp	keine Standardschicht	1,01
LNF Diesel Euro-6d	keine Standardschicht	1,00

Für die Ermittlung der Flottenzusammensetzung erfolgte eine Zuordnung der Fahrzeugdaten aus den Rückläufen des KBA bzw. der Berliner Zulassungsstelle zu den Fahrzeugschichten des HBEFA 3.3 bzw. HBEFA 4.1 (siehe Abschnitt 2.2). Zu Vergleichszwecken wurde eine Berechnung unter Verwendung der jeweiligen HBEFA-Standardflotte durchgeführt.

Die Zuordnung zu den Emissionskonzepten (EURO-Normen) erfolgte prinzipiell auf der Basis der Emissionsschlüsselnummern. In einigen Rücklaufdatensätzen fehlten die Informationen zur Emissionsschlüsselnummer, sodass die betreffenden Fahrzeuge nicht direkt einer Euro-Norm zugeordnet werden konnten. Die Zuordnung dieser Fahrzeuge (insgesamt 27) wurde anhand des Erstzulassungsjahres vorgenommen (siehe **Tab. 4-2**).

Dieses Vorgehen ist bei PKW ausreichend verlässlich, da dort der gesetzlich vorgeschriebene Stichtag für die Erstzulassung eines Fahrzeuges nach einer „neuen“ EURO-Norm stets am 1. Januar eines Jahres liegt. Bei LKW ist dieser Stichtag jedoch am 30. September eines Jahres, sodass auf Grund der Datenlage keine eindeutige Zuordnung erfolgen konnte. Es wurde deshalb alle LKW und Busse der Jahre 1996, 2001, 2006, 2009 und 2013 den Normen EURO-1, EURO-2, EURO-3, EURO-4 bzw. EURO-5 zugeordnet.

Tab. 4-2: Zuordnungssystematik bei nicht vorliegender Abgasschlüsselnummer

EURO-Norm	Erstzulassung PKW	Erstzulassung LKW / Bus
EURO-1	1993 - 1996	1993 - 1996
EURO-2	1997 - 2000	1997 - 2001
EURO-3	2001 - 2005	2002 - 2006
EURO-4	2006 - 2010	2007 - 2009
EURO-5	2011 - 2014	2010 - 2013
EURO-6	ab 2015	ab 2014

Aber auch bei vorliegender Abgasschlüsselnummer konnte die Zuordnung nicht in jedem Falle eindeutig erfolgen, da es zunächst Unterschiede in der Zuordnungsmethodik des KBA, der 35. BImSchV sowie der in HBEFA gibt.

Tab. 4-3 zeigt die Unterschiede in den verschiedenen Zuordnungen. In Abstimmung mit dem Auftraggeber erfolgte die Zuordnung zu den HBEFA-Schichten nach 35. BImSchV. Alle anderen Abgasschlüsselnummern konnten eindeutig zugeordnet werden⁴.

4

https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/fz_methodische_erlaeueterungen_201901_pdf.pdf;jsessionid=180D54B369B71FB7D584D7EF4B4853A9.live21303?__blob=publicationFile&v=6 (Januar 2019)

Tab. 4-3: Unterschiedliche Zuordnungen der Abgasschlüsselnummern zu den EURO-Normen

Fzg-Kat	Abgasschlüsselnummer	Abgasnorm_Klartext	Zuordnung			
			KBA	HBEFA (IFEU)	35.BImSchV	Plakettenverordnung
NFZ	643; 653	96/69/EG II-III	EURO1	EURO1	EURO2	SG2 / rot
NFZ	644; 654	96/69/EG III; A	EURO2	EURO2	EURO3	SG3 / gelb
NFZ	645; 655	98/69/EG II-III; B	EURO3	EURO3	EURO4	SG4 / grün
PKW	428; 429	96/69/EG II-III	EURO1	EURO1	EURO2	SG2 / rot
PKW	449; 450 - 452	98/69/EG II-III; A	EURO2	EURO2	EURO3	SG3 / gelb
PKW	430 - 431; 436 - 437; 442	D3 / D3I	EURO2	EURO3	EURO3	SG3 / gelb
PKW	467 - 470	98/69/EG I-III; A / D4I	EURO3	EURO3	EURO4	SG4 / grün
PKW	455 - 461	98/69/EG I-III; A / D4I	EURO3	EURO4	EURO4	SG4 / grün
PKW	432 - 433; 438 - 439; 443	D4 / D4I	EURO3	EURO4	EURO4	SG4 / grün
PKW	453 - 455	EURO3 / D4	EURO3	EURO4	EURO4	SG4 / grün

Eine weitere Unsicherheit bestand bei den Fahrzeugen mit nachgerüstetem Dieselpartikelfilter (DPF). Wie in **Tab. 3-8** dargestellt, gibt es bei Dieselfahrzeugen eine Vielzahl von Kombinationen aus EURO-Norm und einer DPF-Ausrüstung einer bestimmten Partikelminderungsklasse (PM bzw. PMK). In den Fahrzeugschichten des HBEFA sind jedoch nicht alle dieser Kombinationen enthalten, wie z. B. SNF EURO-1 mit DPF. Fahrzeuge, deren Emissionsfaktoren durch die Kombinationen aus EURO-Norm und DPF-Ausrüstung nicht in den Standardfahrzeugschichten des HBEFA 3.3 oder HBEFA 4.1 abgebildet werden, wurden über zusätzlich eingeführte Fahrzeugschichten in der Emissionsberechnung berücksichtigt.

Für jede dieser neu eingeführten Schichten wurden entsprechend der PMK reduzierte PM10-Emissionsfaktoren berechnet. Basis für die Berechnung der Minderungsraten waren die bezugsjahrunabhängigen PM10-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Agglo/FernStr-City/50/gesättigt“. Die bezugsjahrunabhängige HBEFA-Flotte enthält Fahrzeugschichten, die über die in der mittleren deutschen Flottenzusammensetzung enthaltenen Fahrzeuge hinausgeht (z.B. LNF EURO-3 mit DPF). Die Minderung ergibt sich somit aus dem PM10-Emissionsfaktor der Fahrzeugschicht ohne Berücksichtigung des Partikelfilters im Verhältnis zu dem PM10-Emissionsfaktor einer Fahrzeugschicht, die dem Emissionsniveau der Partikelminderungsklasse des DPF entspricht. Für jede Fahrzeugkategorie wurde dazu eine mittlere Größenklasse gewählt.

Tab. 4-4 zeigt die Minderungen, die für die Dieselfahrzeuge der verschiedenen Euro-Normen entsprechend der Partikelminderungsklasse des DPF angenommen wurden. Dabei wurde angenommen, dass der PM10-Emissionsfaktor einer Schicht auf Grund einer DPF-Ausrüstung nicht höher ist als der, der sich entsprechend der Euro-Norm ohne DPF ergibt. So liegt

beispielsweise der PM10-Emissionsfaktor der SNF-EURO-V EGR ca. 8 % über dem der SNF-EURO-IV EGR. Ist nun ein SNF-EURO-IV EGR mit einem DPF der Minderungsklasse PM5 ausgerüstet, d.h. mit einem DPF, der die EURO-V-Abgasnorm erfüllt, so wird das Fahrzeug auf Grund dessen nicht schlechter eingestuft.

Bei den Linienbussen wurde in Absprache mit dem Auftraggeber angenommen, dass diese zu 100 % mit einem DPF ausgerüstet sind.

Für die Berechnung der NO_x-Emissionen wurden die Emissionsfaktoren verwendet, die die Ausrüstung mit DPF nicht berücksichtigt, also ausschließlich auf Basis der Abgasschlüsselnummer.

Bei den EURO-IV- und EURO-V-Schichten der SNF sowie der Busse wird in HBEFA nach den Abgasnachbehandlungstechnologien „Abgasrückführung“ (EGR) und „Selektive Katalytische Reduktion“ (SCR) unterschieden. Da diese Information aus den Rücklaufdaten nicht vorlagen, wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber alle SNF und Reisebusse der Abgasnorm EURO-IV den EURO-IV-EGR-Schichten sowie die der Abgasnorm EURO-V den EURO-V-SCR-Schichten zugeordnet.

Bei den Linienbussen wurde in Absprache mit dem Auftraggeber angenommen, dass 70 % der Fahrzeuge der Abgasnorm Euro-IV sowie alle Fahrzeuge der Abgasnorm Euro-V und Euro-VI mit einem SCR ausgerüstet sind. Die Minderung der SCR- gegenüber den EGR-Fahrzeugen wurde in Absprache mit dem Auftraggeber auf Grund vorliegender messtechnischer Untersuchungen an Berliner Linienbussen mit 70 % angenommen.

Tab. 4-4: Minderungsraten zur Berücksichtigung der Partikelminderungsklassen der DPF

Fahrzeugkategorie	Größenklasse	Abgasnorm	PM10 EFA Basis (ohne DPF-Berücksichtigung)	PM/PMK des DPF	Zuordnung Emissionskonzept PM/PMK	PM10 EFA Emissionskonzept PM/PMK	Minderung
LBus	Standard >15-18t	Euro-I	0.452	PMK2	Euro-IV EGR	0.054	-88%
LNF	M+N1-I	Euro-2	0.071	PM01, PM1, PMK0, PMK1	Euro-3	0.030	-58%
				PMK2	Euro-4	0.038	-46%
		Euro-3	0.030	PM1, PMK01, PMK1	Euro-3	0.030	0%
				PMK4, PM5	Euro-5	0.0013	-96%
				PM2, PMK2, PMK3	Euro-3 (DPF)	0.021	-30%
		Euro-4	0.038	PMK1, PM2, PMK2	Euro-4	0.038	0%
				PM3	Euro-4	0.019	-50%
PM4, PMK4, PM5, PMK5	Euro-5			0.0013	-97%		
PKW	1,4-<2L	Euro-2	0.095	PM1, PM01	Euro-2 (DPF)	0.067	-30%
				PM2	Euro-4	0.043	-55%
RBus	Standard <=18t	Euro-I	0.470	PMK2	Euro-IV EGR	0.053	-89%
		Euro-II	0.235	PMK2	Euro-IV EGR	0.053	-77%
		Euro-III	0.254	PM2, PMK2	Euro-IV EGR	0.053	-79%
		Euro-V SCR	0.066	PMK2	Euro-IV EGR	0.053	-20%
SNF	SoloLkw >12-14t	Euro-I	0.269	PMK2	Euro-IV EGR	0.027	-90%
		Euro-II	0.141	PMK1	Euro-III	0.131	-7%
				PMK2	Euro-IV EGR	0.027	-81%
		Euro-III	0.131	PM2, PMK2, PMK4	Euro-IV EGR	0.027	-80%
				PM5	Euro-V EGR	0.029	-78%
				PMK1	Euro-III	0.131	0%
		Euro-IV EGR	0.027	PM2, PMK2, PMK4	Euro-IV EGR	0.027	0%
				PM5	Euro-V EGR	0.029	8% (0%)
Euro-V SCR	0.033	PM2, PMK2	Euro-IV EGR	0.027	-19%		
		PMK1, PMK3, PMK4, PM5	Euro-V SCR	0.033	0%		

Im Gegensatz zum HBEFA 4.1 werden in HBEFA 3.3 in der deutschen Standardflotte keine Fahrzeugschichten mit alternativen Antriebsarten ausgewiesen, sondern ausschließlich Benzin- und Dieselfahrzeuge. Wie in **Abb. 3-5** dargestellt, ist jedoch bei den PKW der Anteil der erfassten Fahrzeuge mit alternativen Antrieben mit ca. 7 % relativ hoch, sodass für die Auswertung nach HBEFA 3.3 eine z. T. näherungsweise Zuordnung erfolgte. In HBEFA 4.1 werden die alternativen Antriebsarten größtenteils als Standardschichten ausgewiesen.

Neben der Standardflotte für Deutschland enthält HBEFA 3.3 einen Datensatz bezugsjahresunabhängiger Emissionsfaktoren. In diesem werden neben den Benzin- und Dieselfahrzeugen auch Fahrzeuge mit Gasantrieb bzw. bivalentem Antrieb ausgewiesen. Ein Teil der Fahrzeuge konnte somit direkt zugeordnet werden.

Fahrzeuge mit Elektro/Verbrenner-Hybridantrieb (mit oder ohne Plug-in) wurden in HBEFA 3.3 den Fahrzeugschichten der entsprechenden Verbrenner (Benzin oder Diesel) zugeordnet. Fahrzeuge mit Elektro/Verbrenner-Hybridantrieb (ohne Plug-in) werden in HBEFA 4.1 den Fahrzeugschichten der entsprechenden Verbrenner (Benzin oder Diesel) zugeordnet. Für Plug-in-Hybridfahrzeuge gibt es in HBEFA 4.1 entsprechende Fahrzeugschichten.

In **Tab. 4-5** ist die Zuordnung der alternativen Antriebsarten der PKW zu den HBEFA-Antriebsarten entsprechend der Datenlage in HBEFA 3.3 und HBEFA 4.1 dargestellt.

Tab. 4-5: Berücksichtigung der alternativen Antriebsarten der PKW in der Flottenzusammensetzung HBEFA 3.3 und HBEFA 4.1.

Antriebsart entsprechend Datenrücklauf	HBEFA 3.3		HBEFA 4.1	
	Zugeordnete Antriebsart	Datenlage in HBEFA	Zugeordnete Antriebsart	Datenlage in HBEFA
Benzin/Ethanol	flex-fuel E85	ja, bezugsjahr- unabhängig	flex-fuel E85	ja, bezugsjahr- unabhängig
bivalent: Benzin/Flüssiggas	LPG		bifuel LPG/B	ja
bivalent: Benzin/komp.Erdgas	bifuel CNG/petrol		bifuel CNG/petrol	ja
Erdgas NG	bifuel CNG/petrol		bifuel CNG/petrol	ja
Hybr.Benzin/E	Benzin	ja	Benzin	ja
Hybr.Diesel/E	Diesel	ja	Diesel	ja
Hybr.B/E ext.aufl.	Benzin	ja	Plug-in Hybrid petrol/elektrisch	ja
Hybr.D/E ext.aufl.	Diesel	ja	Plug-in Hybrid diesel/elektrisch	ja
Hybr.BZ/E ext.aufl.	Elektro	nein	electricity	ja
BZ/Wasserstoff	Elektro	nein	electricity	ja
Elektro	Elektro	nein	electricity	ja

4.2 Verkehrliche Ausgangsdaten für die Emissionsberechnung

Die Emissionsberechnung erfolgte unter Verwendung der in **Tab. 4-6** aufgeführten, vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Eingangsdaten. Diese Daten sind identisch mit denen aus den vorangegangenen Untersuchungen. Evtl. Änderungen der verkehrlichen Eingangsdaten wurden dabei bewusst nicht berücksichtigt, da es in der vorliegenden Untersuchung weniger um die genaue Berechnung der absoluten Emissionen als vielmehr um die Quantifizierung des Einflusses der Flottenveränderung ging. Die **Abb. 4-1** zeigt die Verkehrszusammensetzung nach Fahrzeugkategorien entsprechend der Werte aus **Tab. 4-6** grafisch auf.

Tab. 4-6: Verkehrliche Eingangsdaten für die Emissionsberechnung

	Alt-Biesdorf	Brückenstr.	Frankfurter Allee	Französische Straße	Leipziger Straße	Mariendorfer Damm	Schildhornstr.	Silbersteinstr.	Sonnenallee
DTV	60789	17611	64260	6600	49044	47432	47138	13892	28079
davon:									
LNF	4742	2482	5076	743	3874	3605	3158	1125	3588
PKW	53555	14594	57705	5326	43257	41693	43084	12225	22956
Lbus	58	3	62	179	236	637	181	147	874
Rbus	2	45	3	115	402	27	8	117	63
SNF	2432	487	1414	237	1275	1470	707	278	598
Verkehrssituation	Agglo/FernStr-City/50/dicht	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	Agglo/HVS/50/gesaettigt	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt
Stop&Go-Verkehrssituation	Agglo/FernStr-City/50/stop+go	Agglo/FernStr-City/50/stop+go	Agglo/FernStr-City/50/stop+go	Agglo/HVS/50/stop+go	Agglo/FernStr-City/50/stop+go	Agglo/FernStr-City/50/stop+go	Agglo/FernStr-City/50/stop+go	Agglo/FernStr-City/50/stop+go	Agglo/FernStr-City/50/stop+go
Stgo-Anteil	18.61%	15.44%	9.21%	0.00%	25.50%	3.90%	15.92%	2.00%	55.89%
Längsneigung	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%

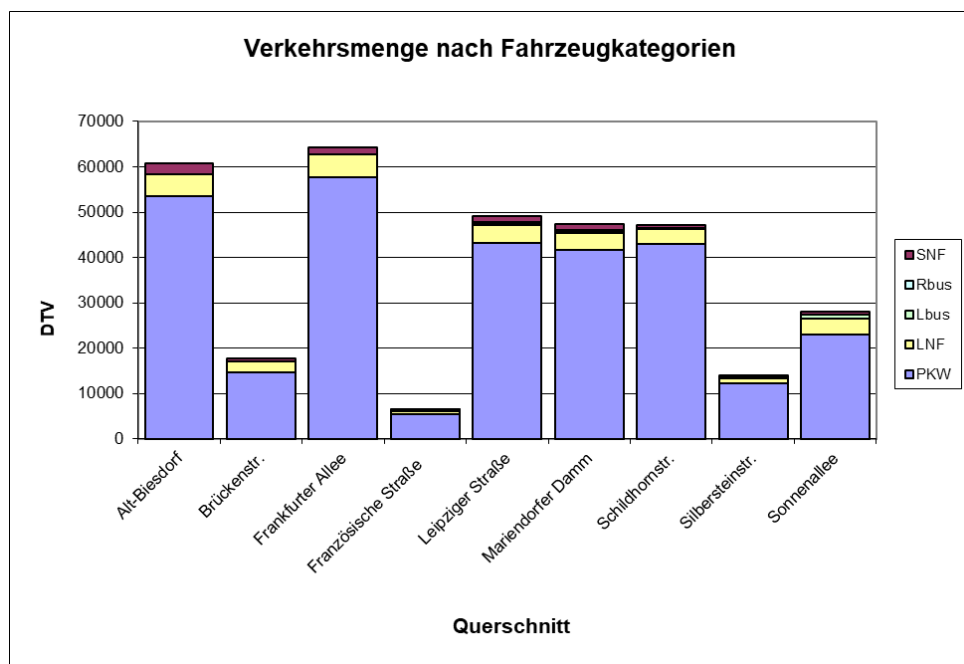


Abb. 4-1: Verkehrsmenge nach Fahrzeugkategorien an den Untersuchungsquerschnitten für die Emissionsberechnung

4.3 Flottenzusammensetzung nach Antriebsart und Emissionskonzept

Die aus der Kennzeichenerfassung abgeleiteten Flottenzusammensetzungen für die untersuchten Abschnitte im Vergleich zur Standardflotte Innerorts 2019 des HBEFA 3.3 sowie HBEFA 4.1 sind in den **Abb. 4.2** bis **Abb. 4-7** dargestellt. Entsprechend der in HBEFA 4.1 ausgewiesenen alternativen Antriebsarten wurden diese auch bei der Berechnung der Berliner Flottenzusammensetzungen berücksichtigt. Für die Darstellung in den o.g. Abbildungen wurde LNG- und LPG-Antriebe unter „Gas“ zusammengefasst. Unter „Elektro“ wurden alle Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb sowie alle Plug-in-Hybridfahrzeuge zusammengefasst.

Bei den PKW ist im Vergleich zur HBEFA-Innerorts-Standardflotte 2019 zunächst ein - im Mittel über alle Untersuchungsabschnitte - um 15 Prozentpunkte geringerer Diesel-Anteil zu beobachten, wobei der Diesel-Anteil in HBEFA 4.1 gegenüber HBEFA 3.3 etwas niedriger ist. Auf Grund der tendenziell höheren Emissionsfaktoren von Dieselmotoren – sowohl bei Stickoxiden als auch bei motorbedingtem PM10 - wirkt sich dieser geringere Diesel-Anteil in Berlin gegenüber der Standardflotte bereits unabhängig von der Flottenmodernisierung reduzierend auf das Emissionsniveau der Berliner PKW aus.

Wie in Abschnitt 3.4 bereits gezeigt, ist der Diesel-PKW-Anteil an den Stadtstraßenquerschnitten innerhalb der Umweltzone tendenziell höher als an den außerhalb gelegenen. Innerhalb der Diesel-PKW ist der Anteil der Euro-6-Diesel-PKW an den Querschnitten innerhalb der UWZ tendenziell höher als außerhalb. Im Mittel erreichen mit einem Anteil von 54 % mehr als die Hälfte der Diesel-Pkw den Abgasstandard Euro 6, davon etwa 22 % den sauberen Standards Euro 6d-temp, für den die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte im realen Straßenverkehr nachgewiesen werden muss. Im Vergleich zur Standardflotte des HBEFA 4.1 ist der Anteil der Euro-6-Fahrzeuge in Berlin deutlich höher. Der Anteil der Dieselfahrzeuge der Abgasnorm Euro-3 und älter liegt bei allen Untersuchungsabschnitten in der gleichen Größenordnung und entspricht in etwa dem der Standardflotte.

Die Anteile der Gas- und Elektrofahrzeuge ist in den Abschnitten innerhalb der UWZ etwas höher als außerhalb. Er liegt insgesamt auf einem relativ geringen Niveau und liegt in Berlin bei max. 4 % in der Französischen Straße (1.2 % Gas, 2.8 % Elektro) und 2 % in Alt Biesdorf (1.2 % Gas, 0.7 % Elektro) – im Berliner Mittel bei 2.5 % (1.4 % Gas, 1.1 % Elektro). In HBEFA 4.1 liegt dieser Anteil bei 1.9 % (1.2 % Gas, 0.7 % Elektro).

Bei den LNF wurde in HBEFA 4.1 der Anteil der Euro-5-Dieselfahrzeuge gegenüber HBEFA 3.3 nach oben korrigiert, sodass sich der Anteil Euro-3 und älter in etwa halbiert hat.

Die Berliner LNF-Flotte weist an den einzelnen Untersuchungsabschnitten keine wesentlichen Unterschiede auf und entspricht im Mittel ungefähr der Standardflotte nach HBEFA 4.1. Demnach beträgt der Anteil der Diesel-Euro-5 Fahrzeuge ca. 35 %, der der Euro-6-Fahrzeuge ca. 40 %.

Für die Busse zeigen sich sehr unterschiedliche Flottenzusammensetzungen. Dies resultiert bei den Reisebussen aus der geringen Anzahl erfasster Fahrzeuge (insgesamt 889 Fahrzeuge). Sie liegt bei ca. 240 Reisebussen (am Querschnitt Leipziger Straße und Frankfurter Allee) und zwischen 8 und 142 Reisebussen an den übrigen Querschnitten (vgl. **Tab. 3-2**).

Auch die Linienbusflotte ist an den verschiedenen Querschnitten teilweise sehr unterschiedlich. So ist an den Abschnitten in der Leipziger Straße und der Schildhornstraße der Anteil der Euro-V- und Euro-VI-Fahrzeuge etwas geringer als in der Standardflotte. In der Silbersteinstraße, Mariendorfer Damm und in Alt-Moabit beträgt der Euro-VI-Anteil hingegen 100 %. Im Gegensatz zur Standardflotte sind in der Berliner Flotte keine Fahrzeuge der Abgasnorm EURO-2 und älter mehr zu finden. Die Busse der EURO-3-Abgasnorm sind sämtlich mit einem Partikelfilter ausgerüstet. Systematische Unterschiede in den Flottenzusammensetzungen zwischen den Abschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ sind nicht zu erkennen. Im Mittel ist die Berliner Linienbusflotte auf Grund des höheren Euro-V- und Euro-VI-Anteils emissionsseitig etwas günstiger als die Standardflotte.

Bei den schweren Nutzfahrzeugen wurde in HBEFA 4.1 der Diesel-Euro-V-Anteil zu Lasten des Euro-VI-Anteils etwas nach oben korrigiert. Die Anteile Euro-IV und älter sind im Wesentlichen gleichgeblieben.

In der Berliner SNF-Flotte sind zwischen den Flotten innerhalb und außerhalb der UWZ keine systematischen Unterschiede erkennbar. Gegenüber der Standardflotte ist vor allem ein geringerer Anteil an Euro-VI-Fahrzeugen sowie demgegenüber ein höherer Anteil an Euro-IV- und -V-Fahrzeugen ersichtlich.

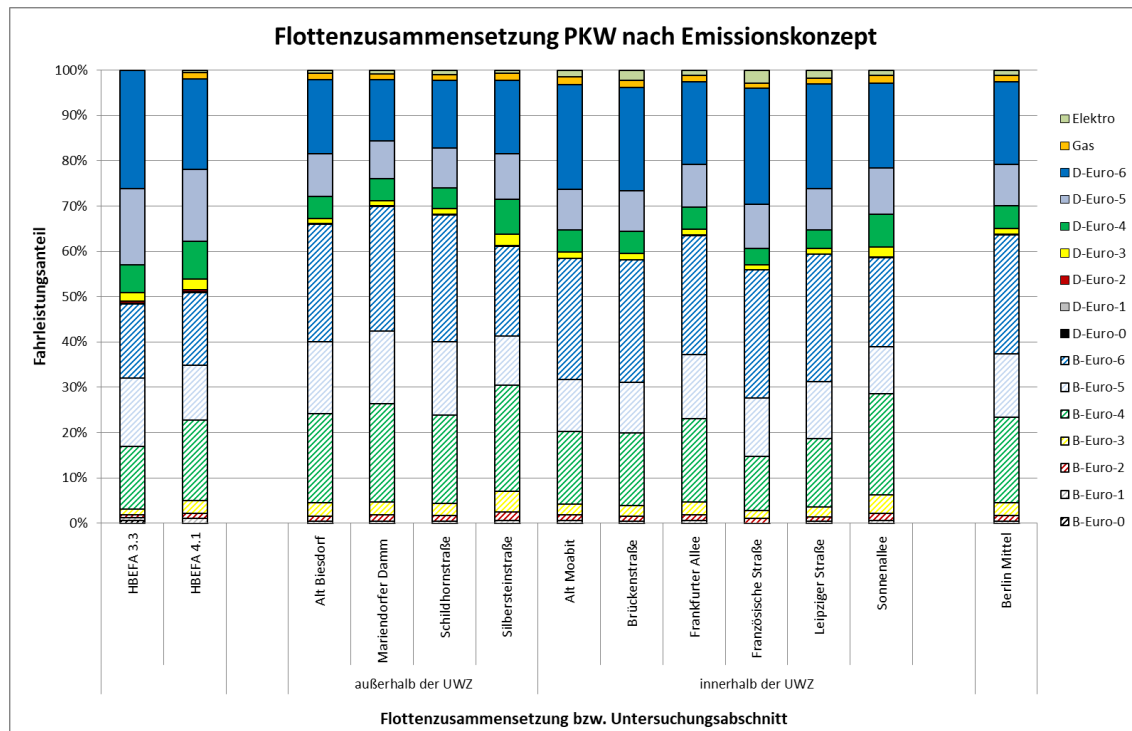


Abb. 4-2: Flottenzusammensetzung PKW nach Emissionskonzept an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 und 4.1 für das Bezugsjahr 2019

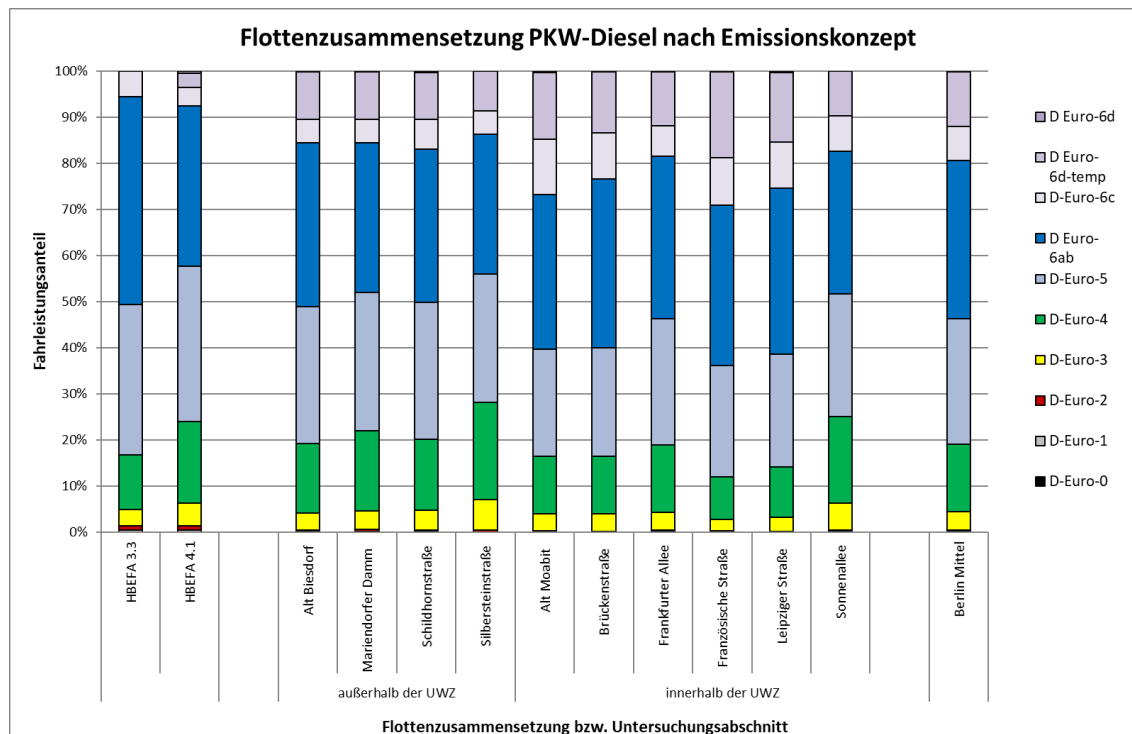


Abb. 4-3: Flottenzusammensetzung Diesel-PKW nach Emissionskonzept an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 und 4.1 für das Bezugsjahr 2019

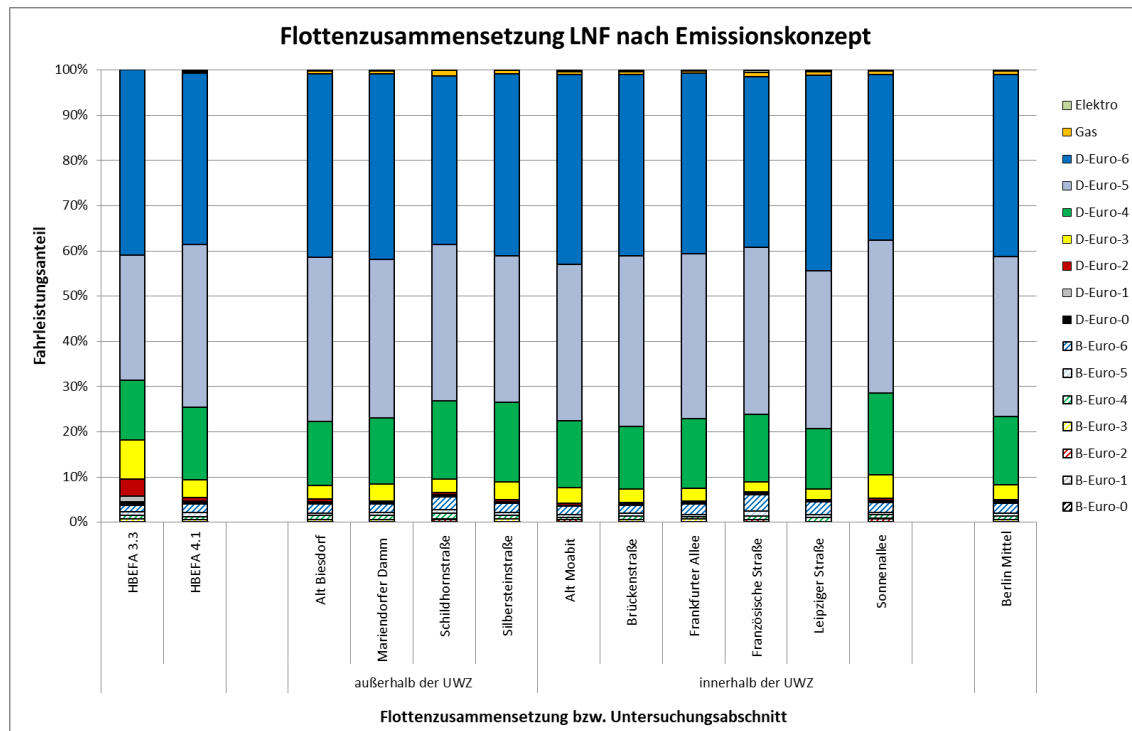


Abb. 4-4: Flottenzusammensetzung LNF nach Emissionskonzept an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 und 4.1 für das Bezugsjahr 2019

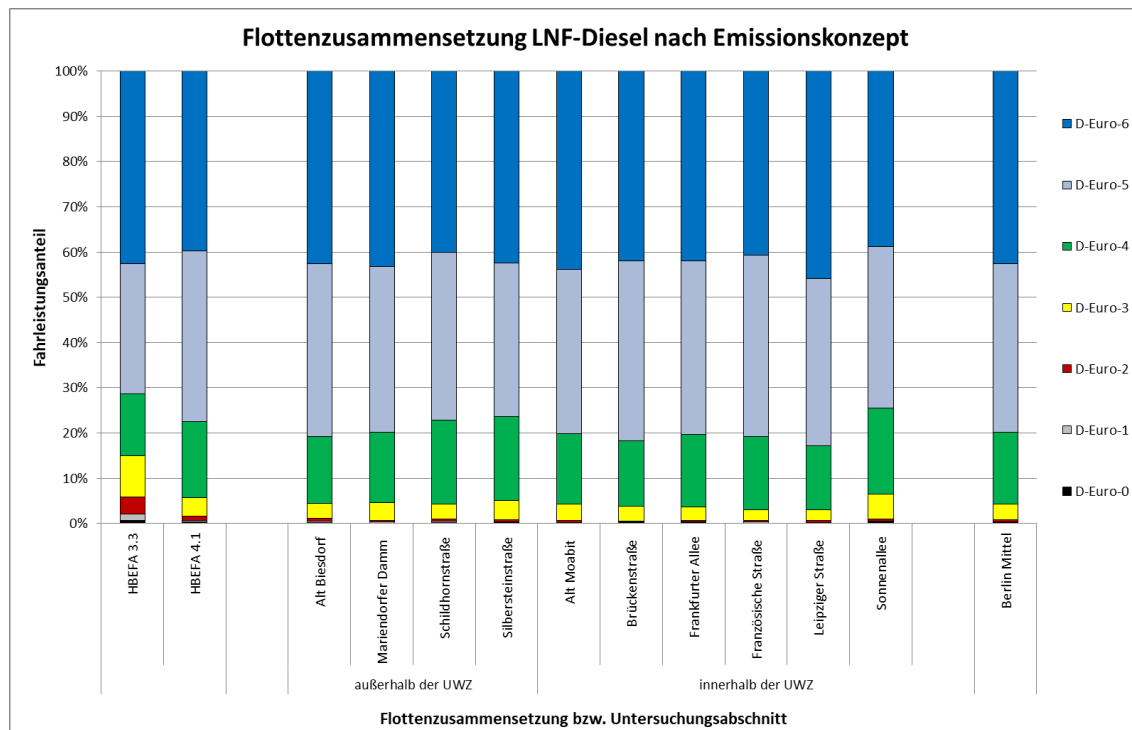


Abb. 4-5: Flottenzusammensetzung LNF-Diesel nach Emissionskonzept an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 und 4.1 für das Bezugsjahr 2019

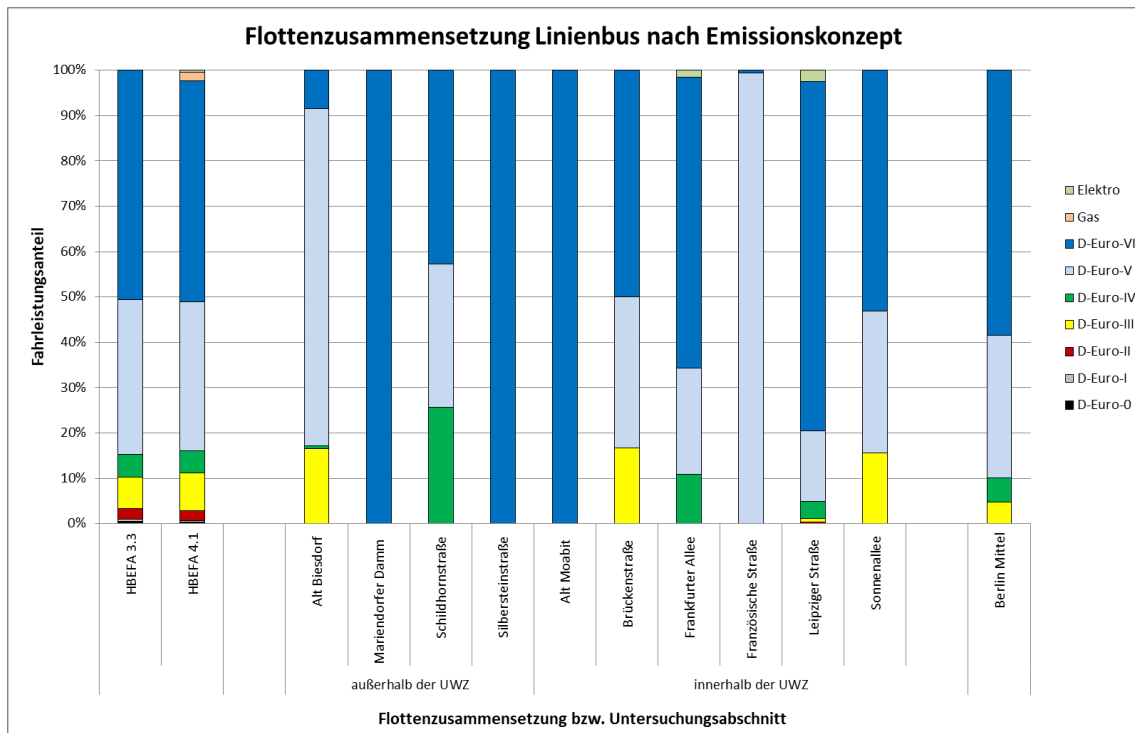


Abb. 4-6: Flottenzusammensetzung Linienbus nach Emissionskonzept an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 und 4.1 für das Bezugsjahr 2019

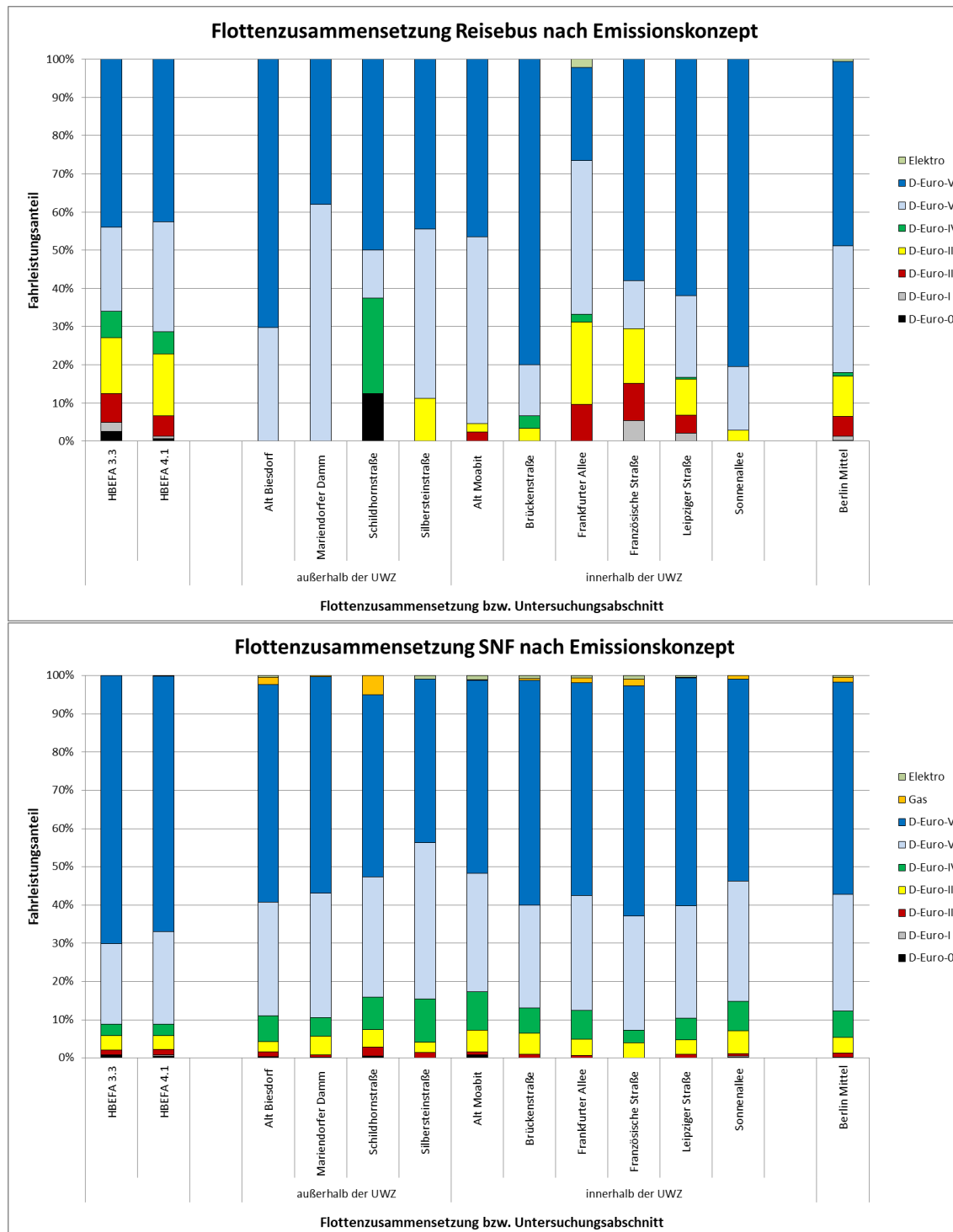


Abb. 4-7: Flottenzusammensetzung RBus und SNF nach Emissionskonzept an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 und 4.1 für das Bezugsjahr 2019

4.4 Abgeleitete Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkategorien

Grundlage für die Wichtung der Emissionsfaktoren waren neben den in Abschnitt 4.3 dargestellten Flottenzusammensetzungen die in **Tab. 4-4** dargestellten Minderungen der PM10-Motoremissionen entsprechend der Ausrüstung mit Dieselpartikelfilter.

Bei SNF und Bussen der Abgasnormen EURO-IV und EURO-V erfolgt in HBEFA (Version 3.3 und 4.1) eine Unterscheidung nach Abgasnachbehandlungstechnologie (EGR / SCR). Wie in Abschnitt 4.1 erläutert, war diese Unterteilung im Rahmen der Kennzeichenauswertung nicht möglich, sodass in Abstimmung mit dem Auftraggeber alle SNF und Reisebusse der Abgasnorm EURO-IV den EURO-IV-EGR-Schichten sowie die der Abgasnorm EURO-V den EURO-V-SCR-Schichten zugeordnet wurden.

Bei den Linienbussen wurde in Absprache mit dem Auftraggeber angenommen, dass 70 % der Fahrzeuge der Abgasnorm Euro-IV sowie alle Fahrzeuge der Abgasnorm Euro-V und Euro-VI mit einem SCR ausgerüstet sind. Die Stickoxidminderung der SCR- gegenüber den EGR-Fahrzeugen wurde in Absprache mit dem Auftraggeber auf Grund vorliegender messtechnischer Untersuchungen an Berliner Linienbussen mit 70 % angenommen.

Dabei ist zu beachten, dass sich zwar bei PM10 das Emissionsverhalten von Fahrzeugen mit EGR-/ SCR-Technologie nicht wesentlich unterscheidet, jedoch Fahrzeuge mit EGR-Technologie höhere NO_x-Emissionsfaktoren aufweise. Auch das NO₂/NO_x-Verhältnis ist mit 7 % bei SCR gegenüber 21 % bei EGR deutlich anders. Somit wirken sich die Unsicherheiten in der Zuordnung zu den Fahrzeugen mit EGR- / SCR - Technologie auf die Höhe der gewichteten Emissionsfaktoren der Stickoxide aus.

In HBEFA 4.1 wurden bei den Diesel-Euro-5-PKW neben den „normalen“ Euro-5-Fahrzeugen zwei weitere Schichten eingeführt, die Fahrzeuge umfassen, die mit einem EA 189 -Motor und somit werkseitig mit einer manipulierten Steuerungssoftware bzgl.- der Abgasnachbehandlung ausgestattet sind („VW-Diesel-Skandal“). Die beiden Schichten beziehen sich auf diese Fahrzeuge jeweils vor und nach einem Softwareupdate. In HBEFA 4.1 wird davon ausgegangen, dass das Softwareupdate im Jahre 2019 bei allen betreffenden Fahrzeugen abgeschlossen ist. Dementsprechend ist die Fahrzeugschicht „PKW-Diesel-Euro-5 vor softwareupdate“ ab 2019 nicht mehr Bestandteil der HBEFAS 4.1- Standardflotte. Im Rücklaufdatensatz lagen – weder vom KBA noch von der Berliner Zulassungsstelle - keine diesbezüglichen Informationen vor, sodass sämtliche erfassten Diesel-Euro-5-PKW als „normale“, d.h. nicht vom Dieselskandal betroffene Euro-5-Fahrzeuge, betrachtet wurden.

Die Unterschiede zwischen den lokalen Flottenzusammensetzungen und der Standardflotte sind bei den einzelnen Fahrzeugkategorien unterschiedlich ausgeprägt. Dies führt dazu, dass auch die Unterschiede in den gewichteten Emissionsfaktoren bei den einzelnen Fahrzeugkategorien mehr oder weniger groß sind. In den **Abb. 4-8** bis **Abb. 4-10** sind exemplarisch die gewichteten Emissionsfaktoren am Querschnitt Leipziger Straße („Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt“ / Stop&Go-Anteil 25.5 %) denen mit der Standardflotte HBEFA 3.3 sowie HBEFA 4.1 gewichteten gegenübergestellt.

Dabei zeigt sich, dass sich bei der Berechnung mit HBEFA 4.1 insbesondere das Emissionsniveau der Stickoxide gegenüber HBEFA 3.3 z.T. deutlich erhöht. Ursachen dafür sind neben einer Aktualisierung der Flottenzusammensetzung vor allem eine Überarbeitung der Emissionsfaktoren einzelner Emissionskonzepte sowie die stärkere Erhöhung der Stickoxidemissionen der Diesel-PKW und LNF bei Temperaturen unterhalb 20°C. Diese Erhöhung spiegelt sich tendenziell auch beim Vergleich der Emissionsfaktoren HBEFA 3.3 / 4.1 in der Leipziger Straße wider. Da die Aktualisierungen in HBEFA 4.1 nicht pauschal, sondern fahrzeugschichtspezifisch vorgenommen wurden, wirken sich diese je nach Flottenzusammensetzung (z.B. PKW-Dieselanteil) und Verkehrszusammensetzung (z.B. SNF- oder Linienbusanteil) an den einzelnen Untersuchungsabschnitten unterschiedlich stark aus.

Bei den PKW liegen die Emissionsfaktoren, insbesondere auf Grund des geringeren Dieselanteils, in der Leipziger Straße unter denen der Standardflotte. Die aktualisierten Emissionsfaktoren in HBEFA 4.1 führen in der Leipziger Straße gegenüber HBEFA 3.3 zu einer Erhöhung der Stickoxid-Emissionsfaktoren um ca. 35 %. In der Standardflotte beträgt die Erhöhung ca. 28 %.

Die Emissionsfaktoren der leichten Nutzfahrzeuge liegen bei Stickoxiden auf Grund der ähnlichen Flottenzusammensetzung in der gleichen Größenordnung wie in der Standardflotte. Auf Grund der DPF-Ausrüstung sind die PM10-Emissionsfaktoren in der Leipziger Straße etwas niedriger als in der Standardflotte.

Bei den schweren Nutzfahrzeugen und Bussen liegen die Emissionsfaktoren sowohl bei Stickoxiden als auch beim motorbedingten PM10 z.T. unter denen der Standardflotte. Insbesondere die Stickoxidemissionsfaktoren der Linienbusflotte liegen auf Grund der DPF- und SCR-Ausrüstung deutlich unter denen der Standardflotte.

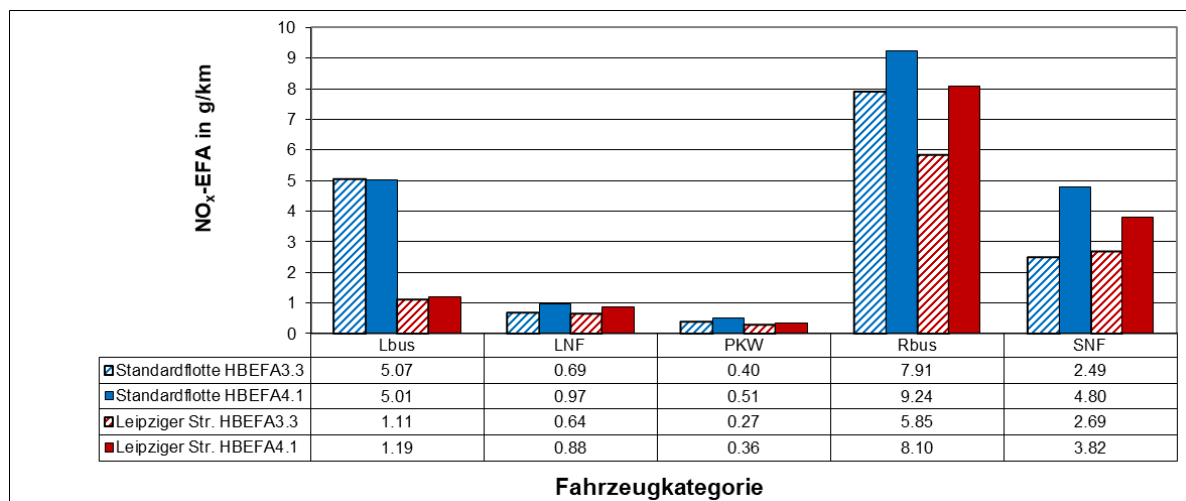


Abb. 4-8: Vergleich gewichteter NO_x-Emissionsfaktoren am Beispiel Leipziger Straße

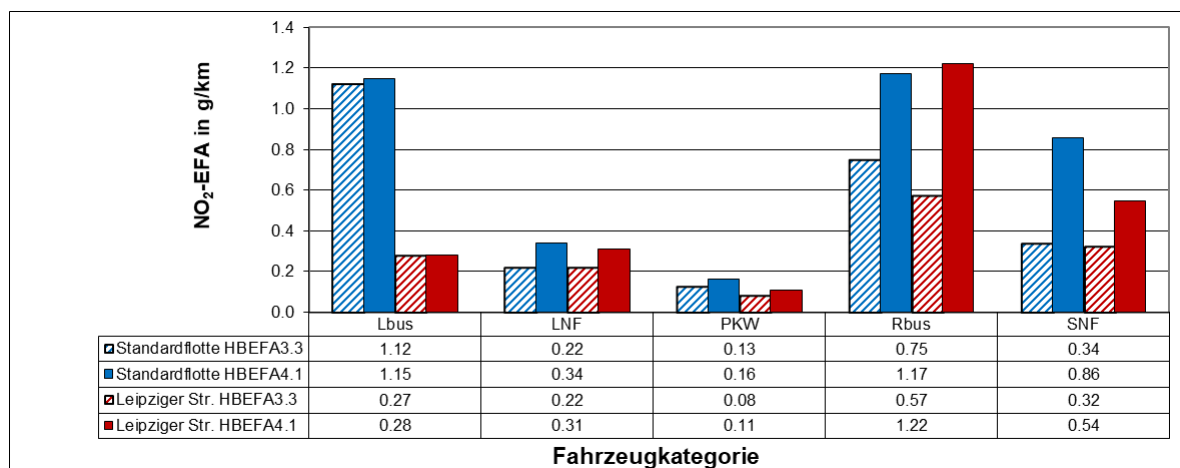


Abb. 4-9: Vergleich gewichteter NO₂-Emissionsfaktoren am Beispiel Leipziger Straße

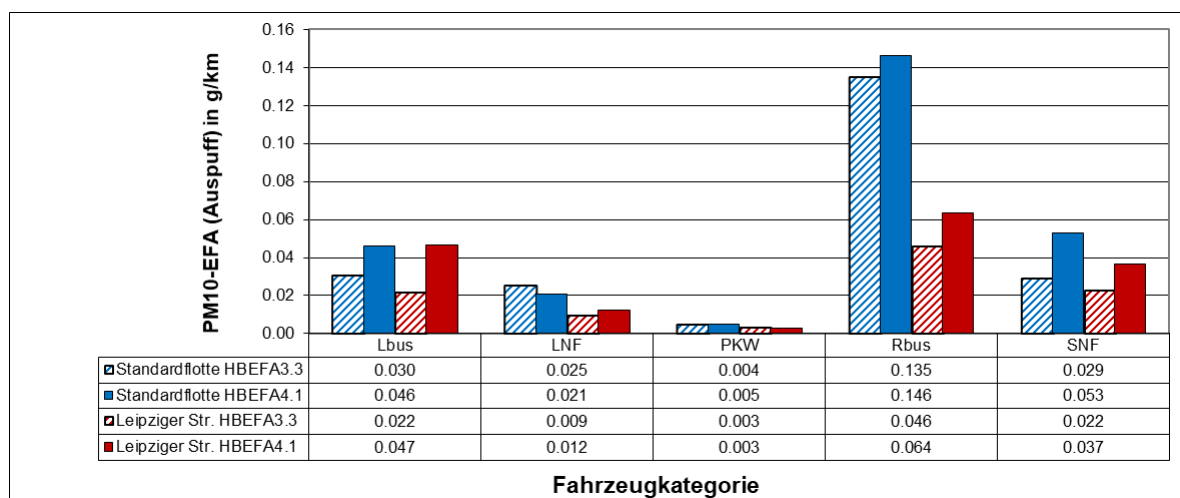


Abb. 4-10: Vergleich gewichteter motorbedingter PM10-Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung der DPF-Ausrüstung am Beispiel Leipziger Straße

4.5 Emissionen an den Untersuchungsstandorten

Aus den Verkehrsdaten (**Tab. 4-6**) und den unter Verwendung der verschiedenen Flottenzusammensetzung gewichteten Emissionsfaktoren wurden für die Straßenabschnitte die Emissionsdichten, differenziert nach den Fahrzeugkategorien, berechnet. Diese sind in den **Abb. 4-11** bis **Abb. 4-13** dargestellt.

Die aus der Kennzeichenerfassung bestimmten Emissionen sind mit „LOH 2018“ bzw. „LOH 2019“ gekennzeichnet. Die zum Vergleich angeführten Emissionsdichten entsprechend der Standardflotte des HBEFA werden mit „HBEFA 2018“ bzw. „HBEFA 2019“ bezeichnet. Die verschiedenen Versionen des HBEFA wurden mit HBEFA 3.3 und HBEFA 4.1 gekennzeichnet.

Hohe Stickoxid-Emissionen sind demnach in Alt-Biesdorf, Frankfurter Straße und Leipziger Straße zu verzeichnen, geringere hingegen in der Silbersteinstraße, Alt-Moabit, Brückenstraße und Französische Straße. Diese Unterschiede liegen insbesondere in den großen Unterschieden in den Verkehrsmengen, z.T. aber auch in den unterschiedlich hohen Stop&Go-Anteilen. Der Anteil der PKW-Emissionen ist mit 40 % in der Französischen Straße am niedrigsten, in Alt-Moabit, der Schildhornstraße und der Frankfurter Allee mit ca. 70 % am höchsten. Der LNF-Anteil an den NO_x-Emissionen liegt zwischen ca. 12 % (Silbersteinstraße) und 24 % (Brückenstraße), berechnet mit den in Tabelle 4-6 angegebenen Verkehrsdaten.

Wie bereits im Jahre 2018 liegen auch im Jahre 2019 die Gesamtemissionen – sowohl der Stickoxide als auch der motorbedingten Partikel – an allen Untersuchungsabschnitten mit der lokalen Flotte z.T. deutlich unter denen, die sich unter Verwendung der Standardflotte ergeben würden – und zwar unabhängig von der HBEFA-Version. Allerdings bewirkt die in Abschnitt 4.4 beschriebene tendenzielle Erhöhung der Emissionsfaktoren in HBEFA 4.1, dass die Emissionen der lokalen Flotten mit HBEFA 4.1 im Jahre 2019 nicht nur höher sind als mit HBEFA 3.3, sondern größtenteils auch höher als 2018 mit HBEFA 3.3. Die Flottenmodernisierung und der damit eigentlich zu erwartende Rückgang der Emissionen zwischen 2018 und 2019 werden also durch die Aktualisierung der HBEFA 4.1-Emissionsfaktoren überkompensiert.

So sinken die NO_x-Emissionen bei Verwendung des HBEFA 3.3 2019 im Vergleich zum Vorjahr zwischen 12 % in Alt-Moabit und 35 % in der Französischen Straße. Gegenüber der HBEFA 3.3.-Standardflotte liegen die Emissionsreduzierungen im Jahre 2019 unter

Verwendung der lokalen Flotten zwischen 20 % in der Sonnenallee und 36 % am Mariendorfer Damm.

Unter Verwendung des HBEFA 4.1 steigen jedoch gegenüber HBEFA 3.3 die lokalen NO_x-Emissionen im Jahre 2019 um mindestens 23 % in Alt Biesdorf und bis zu 55 % in der Silbersteinstraße. Im Vergleich mit 2018 und HBEFA 3.3 liegen die NO_x-Emissionen im Jahre 2019 mit HBEFA 4.1 um bis zu 34 % höher, lediglich in der Französischen Straße liegen sie trotz erhöhter Emissionsfaktoren in HBEFA 4.1 immer noch 6 % unter denen des Jahres 2018.

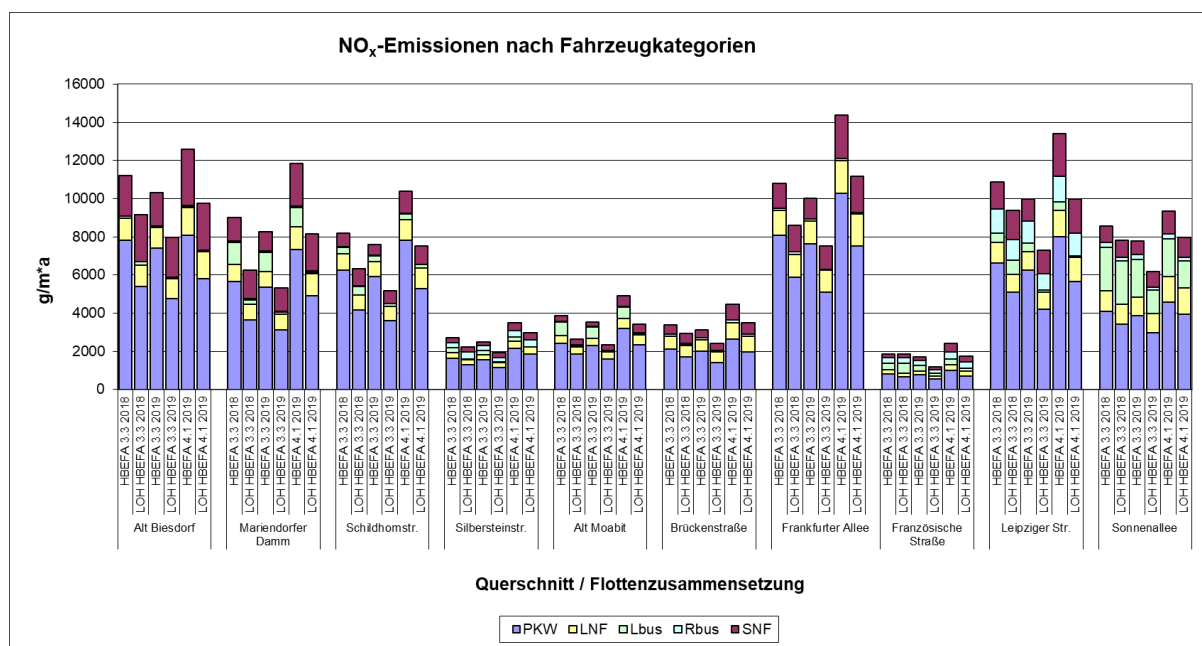


Abb. 4-11: Vergleich der NO_x-Emissionen 2018 / 2019 zwischen Standardflotte (HBEFA 3.3 und HBEFA 4.1) und lokaler Flotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

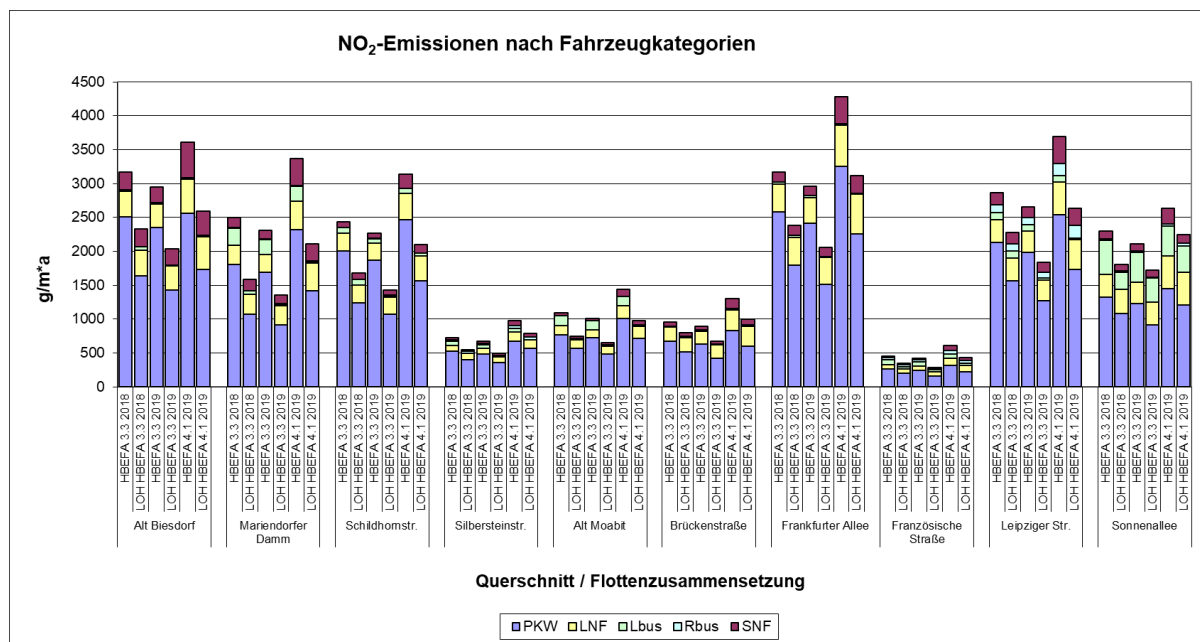


Abb. 4-12: Vergleich NO₂- Emissionen 2018 / 2019 zwischen Standardflotte (HBEFA 3.3 und HBEFA 4.1) und lokaler Flotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

Bei den motorbedingten PM₁₀-Emissionen treten die höchsten Emissionsmengen - wie auch bei den Stickoxid-Emissionen in Alt-Biesdorf, Frankfurter Straße und Leipziger Straße auf, geringere hingegen in der Silbersteinstraße, Alt-Moabit, Brückenstraße und Französische Straße. Der Anteil der PKW-Emissionen ist mit 29 % in der Französischen Straße am niedrigsten, in der Schildhornstraße und der Frankfurter Allee mit 63 % am höchsten. Der LNF-Emissionsbeitrag liegt zwischen ca. 18 % und 32 %.

Die PM₁₀-Emissionen sinken bei Verwendung des HBEFA 3.3 2019 im Vergleich zum Vorjahr zwischen 9 % in Alt-Moabit und 27 % in der Französischen Straße. Gegenüber der HBEFA 3.3.-Standardflotte liegt die Emissionsreduzierung im Jahre 2019 unter Verwendung der lokalen Flotten zwischen 15 % in der Sonnenallee und 42 % in der Brückenstraße und der Leipziger Straße.

Unter Verwendung des HBEFA 4.1 steigen jedoch gegenüber HBEFA 3.3 die lokalen Emissionen im Jahre 2019 um mindestens 5 % in Alt Biesdorf und bis zu 39 % am Mariendorfer Damm. Im Vergleich mit 2018 und HBEFA 3.3 ist im Jahre 2019 mit HBEFA 4.1 eine relative Emissionsänderung von -11 % (Alt Biesdorf, Französische Straße) bis +25 % (Alt-Moabit) zu beobachten.

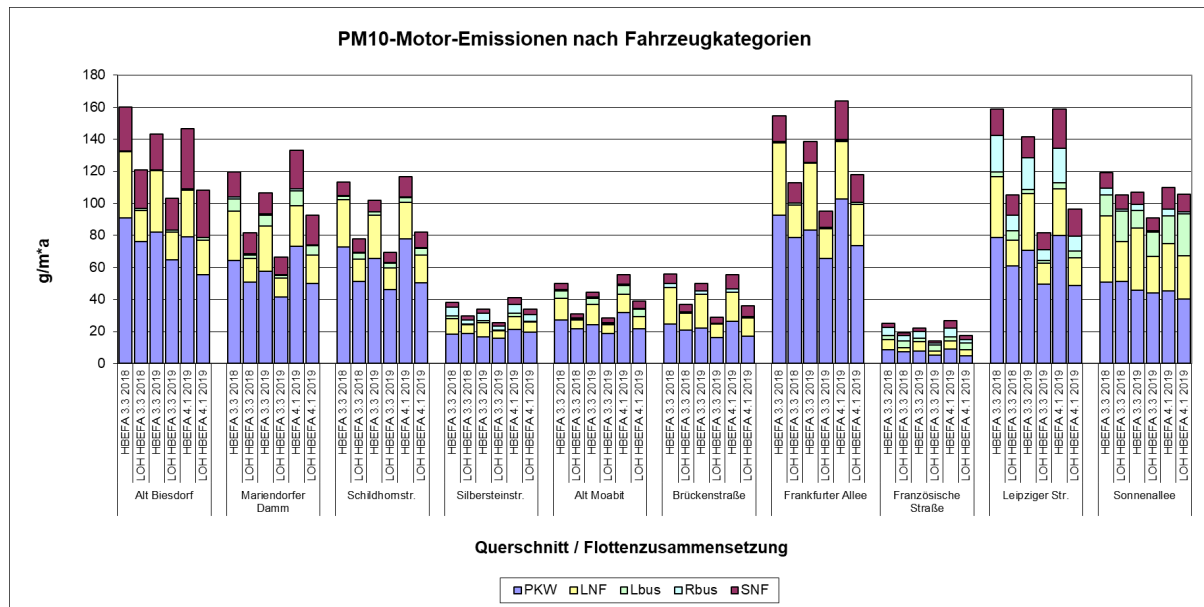


Abb. 4-13: Vergleich der motorbedingten PM10- Emissionen 2018 / 2019 zwischen Standardflotte (HBEFA 3.3 und HBEFA 4.1) und lokaler Flotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

4.6 Anteil Primärer NO₂-Emissionen am NO_x

Der Anteil primärer NO₂-Emissionen an den NO_x-Emissionen ist in **Abb. 4-14** für das Jahr 2019 nach HBEFA 4.1 an den verschiedenen Untersuchungsabschnitten differenziert nach Fahrzeugkategorien dargestellt. Der Anteil NO₂/NO_x liegt nach HBEFA 4.1 bei Otto-Motoren bei ca. 5 %. Bei Diesel-Fahrzeugen ist dieser Anteil mit 30 bis 50 % bei EURO-3- und EURO-4-Leichtverkehrsfahrzeugkategorien (PKW und LNF) sowie 7 bis 30 % bei Schwerverkehrsfahrzeugen zum Teil deutlich höher. Im Vergleich zu HBEFA 3.3 sind diese Anteile unverändert geblieben.

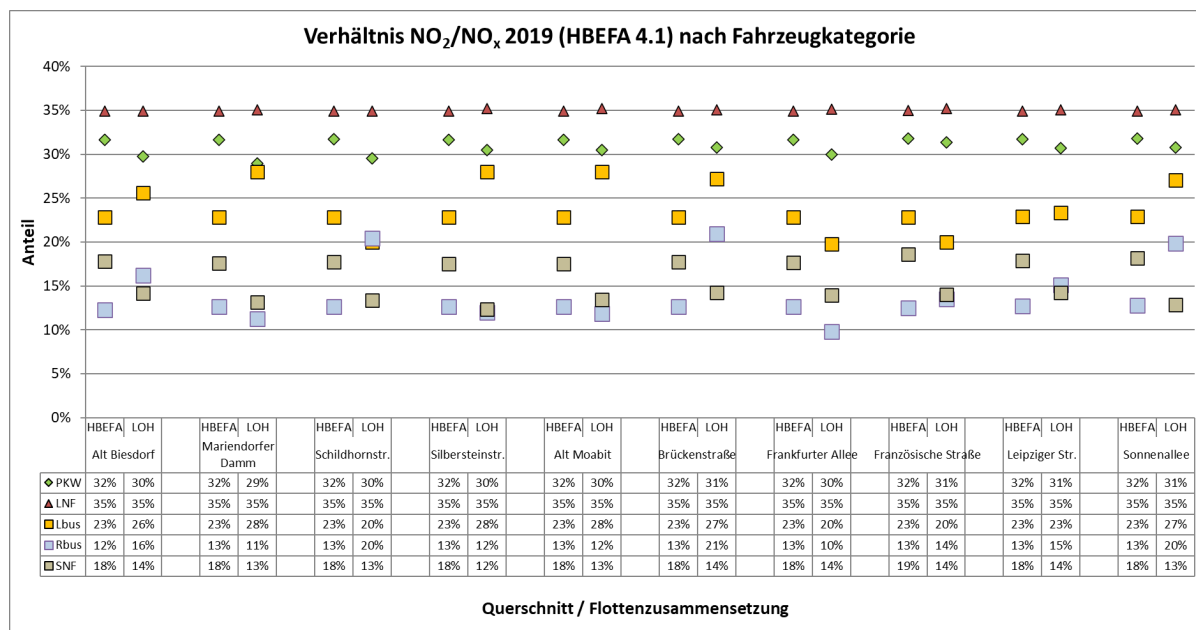


Abb. 4-14: Vergleich Anteil primärer NO₂-Emissionen am NO_x 2019 zwischen Standardflotte HBEFA 4.1 (= HBEFA) und Querschnittsflotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

Die Auswertung zeigt, dass der NO₂/NO_x-Anteil der LNF an allen Untersuchungsabschnitten nahezu gleich ist (ca. 35 %) und auch dem der Standardflotte entspricht. Dies liegt an den sehr ähnlichen LNF-Flottenzusammensetzungen sowohl bzgl. der Untersuchungsabschnitte als auch im Vergleich mit der Standardflotte.

Bei den PKW beträgt der NO₂/NO_x-Anteil der lokalen Flotte ca. 30 % und ist ausnahmslos 1-2 Prozentpunkte niedriger als in der Standardflotte. Dies liegt im Wesentlichen an dem niedrigeren Dieselanteil der Berliner PKW-Flotte.

Der NO₂/NO_x-Anteil der schweren Nutzfahrzeuge ist in der Berliner Flotte ca. 5 % niedriger als in der Standardflotte. Dies liegt u.a. daran, dass der Euro-V-Anteil der Berliner SNF-Flotte höher ist als in der Standardflotte und dass in der Auswertung sämtliche EURO-V-SNF als mit einem SCR ausgerüstet betrachtet wurden. SCR-SNF ohne DPF haben mit 7 % einen deutlich geringeren NO₂-Anteil als EGR-SNF ohne DPF (21 %).

Für Linien- und Reisebusse ist keine eindeutige Tendenz erkennbar. Dies liegt in den inhomogenen Flottenzusammensetzungen an den unterschiedlichen Untersuchungsabschnitten. Während in der Standardflotte der NO₂-Anteil bei Linienbussen ca. 23 % und bei den Reisebussen ca. 13 % beträgt, liegt der Anteil in den lokalen Flotten bei den Linienbussen zwischen 20 % und 28 %, bei den Reisebussen zwischen 10 % und 20 %.

Für den Gesamtverkehr führt dies dazu, dass der primäre NO₂-Anteil der Kfz in den lokalen Flotten zwischen 25 % (Französische Straße) und 29 % (Alt-Moabit und Brückenstraße) liegt und damit ca. 1 bis 2 Prozentpunkte niedriger ist als in der Standardflotte (siehe **Abb. 4-15**).

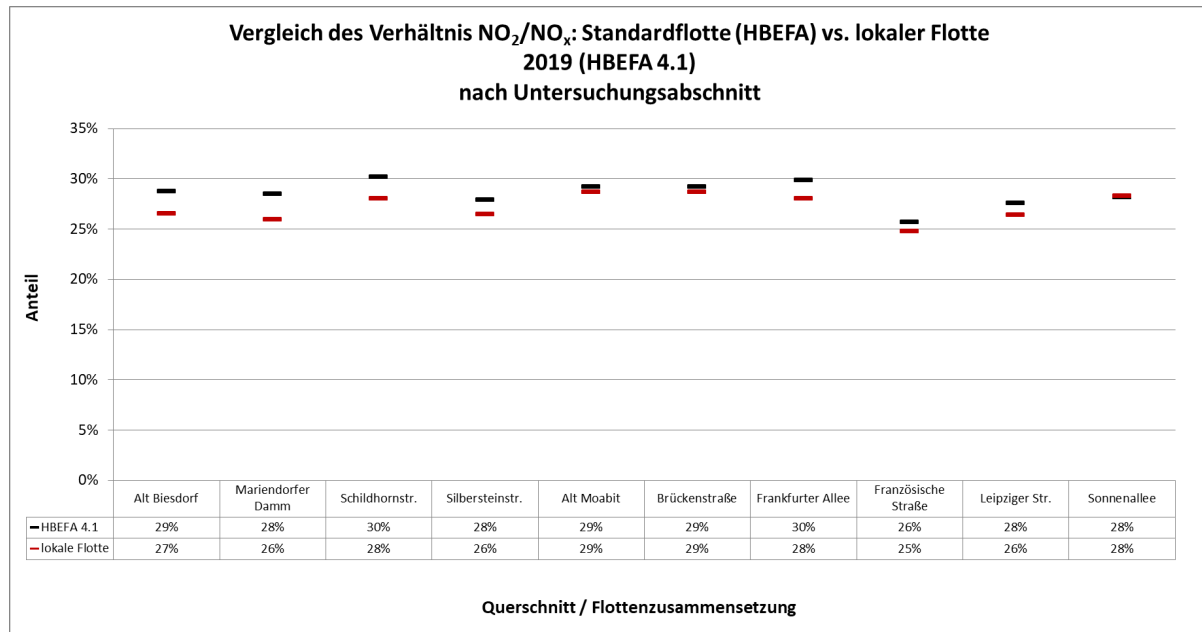


Abb. 4-15: Vergleich mittlerer Anteil primärer NO₂-Emissionen am NO_x 2019 zwischen Standardflotte (= HBEFA) und lokaler Flotte aus der Kennzeichenerfassung

5 LITERATUR

35. BImSchV (2006): Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung - 35. BImSchV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nr. 46, ausgegeben zu Bonn am 16. Oktober 2006 sowie Änderungsverordnungen.
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) Vom 2. August 2010. S. 1065-1104. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2010 Teil I Nr. 40, ausgegeben zu Bonn am 5. August 2010.
- UBA (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3/April 2017. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin.
<http://www.hbefa.net/d/start.html>.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1/Augst 2019. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin.
<http://www.hbefa.net/d/start.html>.

A N H A N G A 1:
FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG



MQ 1 Frankfurter Allee zwischen Finowstraße und Weichselstraße



MQ 2 Alt-Biesdorf zwischen Blumberger Damm und Märkische Allee

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG



MQ 3 Mariendorfer Damm zwischen Friedensstraße und Körtingstraße



MQ 4 Silbersteinstraße zwischen Walterstraße und Bruno-Bauer-Straße

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG



MQ 5 Schildhornstraße zwischen Gritznerstraße und Lepsiusstraße



MQ 6 Leipziger Straße zwischen Friedrichstraße und Charlottenstraße

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG



MQ 7 Französische Straße zwischen Schloßplatz und Breite Straße



MQ 8 Alt-Moabit zwischen Gotzkowsky Straße und Beusselstraße

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG



MQ 9 Brückenstraße zwischen Köpenicker Straße und Rungestraße



MQ 10 Sonnenallee zwischen Fuldastraße und Elbestraße