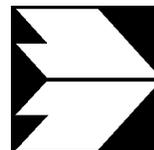




Berlin: lebenswerter

Ermittlung der täglichen Emissionen aus dem Kfz-Verkehr

Kfz-Kennzeichenerfassung 2018 an 10 Standorten in Berlin



**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Schlussbericht

ERMITTLUNG DER TÄGLICHEN EMISSIONEN AUS DEM KFZ-VERKEHR KFZ-KENNZEICHENERFASSUNG 2018 AN 10 STANDORTEN IN BERLIN

Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr. rer. nat. I. Düring

unter Mitarbeit von SVU Dresden, Planungsbüro Dr. Hunger und
CAT Traffic, Cichon Automatisierungstechnik GmbH

Juli 2019
Projekt 71555-18-10

Auftraggeber:

Senatsverwaltung für
Umwelt, Verkehr und
Klimaschutz – Referat
Immissionsschutz
Brückenstraße 6
10179 Berlin

Gefördert durch



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die Durchführung dieser
Untersuchung erfolgte im
Rahmen der Förderrichtlinie
„Digitalisierung kommunaler
Verkehrssysteme“

INHALTSVERZEICHNIS

1	AUFGABENSTELLUNG	3
2	KENNZEICHENERFASSUNG	5
	2.1 Vorgehen der Kennzeichenerfassung.....	5
	2.2 Auswertung der Kennzeichenerfassung	10
3	ERGEBNISSE DER KENNZEICHENERFASSUNG	11
	3.1 Herkunft der Fahrzeugflotte	11
	3.2 Fahrzeugkategorien.....	11
	3.3 Jahr der Erstzulassung	13
	3.4 Kraftstoffnutzung.....	19
	3.5 Ausrüstungsgrad mit Partikelfiltern	21
	3.6 Schadstoffgruppen und Plaketten.....	24
	3.6.1 PKW	24
	3.6.2 Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)	25
	3.6.3 Schwere Nutzfahrzeuge (SNF).....	27
	3.6.4 Linienbusse	27
	3.6.5 Reisebusse.....	27
	3.7 Fazit Flottenzusammensetzung	29
4	EMISSIONSBERECHNUNG	31
	4.1 Vorgehen	31
	4.2 Verkehrliche Ausgangsdaten für die Emissionsberechnung.....	38
	4.3 Flottenzusammensetzung nach Antriebsart und Emissionskonzept.....	39
	4.4 Abgeleitete Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkategorien	45
	4.5 Emissionen an den Untersuchungsstandorten	48
	4.6 Anteil Primärer NO ₂ -Emissionen am NO _x	51
5	ZUSAMMENFASSUNG	54
6	LITERATUR	58
	ANHANG A1: FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG	59

Hinweise:

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. Neununddreißigste 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 Immissionskenngrößen 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 Neununddreißigste 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.

1 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen von Wirkungsuntersuchungen zur Berliner Umweltzone wurden in den Jahren 2008, 2010, 2012 und 2015 Kennzeichenerfassungen zur Bestimmung der realen Zusammensetzung der Fahrzeugflotte im Verkehr durchgeführt. Diese Erhebungen sollen im Jahre 2018 fortgesetzt und ausgeweitet werden.

Die Kennzeichenerfassung soll an 10 repräsentativen Straßenquerschnitten jeweils in beide Fahrrichtungen für 16 bis 24 Stunden durchgeführt werden. In **Tab. 1-1** wird eine Übersicht über die Untersuchungsabschnitte 2018 gegeben.

Tab. 1-1: Übersicht über die Untersuchungsabschnitte 2018

Nr.	Messstelle	zwischen	und	Fahrrichtung	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	Körtingstraße	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	Noch in Absprache mit Auftraggeber zu klären		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	Weichselstraße	Süd-Ost	16 h
10E	Sonnenallee			Nord-West	16 h

An diesen 10 Standorten sollen die Kennzeichen an aufeinander folgenden Tagen zwischen Dienstag oder Donnerstag im Zeitraum zwischen der 38. und 42. KW (September/Okttober) 2018 vollständig erfasst werden, z. B. durch Videoerfassung. Anschließend sind die inländischen Kennzeichen herauszufiltern und aufgeteilt nach Berliner und Nicht-Berliner Kennzeichen dem Kraftfahrt-Bundesamt und der Berliner Zulassungsbehörde 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),
- CO₂-Emissionswert für Pkw (soweit vorhanden) und
- soweit vorliegend: Ausrüstung mit Partikelfilter und/oder Software-Update.

Auf der Basis dieser Auswertung sind die Kfz-bedingten Auspuff-Emissionen (NO_x, NO₂, Motor-Partikel) an diesen Standorten differenziert nach Fahrzeugkategorien und Emissionskonzept zu berechnen und mit den Emissionen zu vergleichen, die sich mit der Standardflotte des HBEFA 3.3 ergeben würden. Der Temperatureinfluss für Diesel-Pkw Euro 4 bis 6 sowie Anpassungen bei den Emissionen der leichten Nutzfahrzeuge erfolgen in Absprache mit dem Auftraggeber. Zum Vergleich mit Daten aus vorherigen Untersuchungen sind die Emissionen außerdem mit dem HBEFA der Version 3.2 zu berechnen.

Die Auswertungen sind im Einzelnen mit dem Auftraggeber abzustimmen und müssen im Wesentlichen vergleichbar sein mit den Auswertungen zur Kennzeichenerhebung 2015.

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 25. bis 27.09.2019 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					x	x																			26	24	2
		Ri West					x	x																				26	24
MQ 2	Alt Biesdorf	Ri Ost																						x	x		18	16	2
		Ri West																						x	x		18	16	2
MQ 3	Mariendorfer Damm	Ri Nord																						x	x		18	16	2
		Ri Süd																						x	x	x	19	16	3
MQ 4	Silbersteinstraße	Ri Ost																						x	x		18	16	2
		Ri West																						x	x		18	16	2
MQ 5	Schildhornstraße	Ri Ost	x	x	x	x	x	x	x	x							x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	42	16	26
		Ri West	x	x	x	x	x																	x	x	x	18	16	2
MQ 6	Leipziger Straße	Ri Ost																						x	x		18	16	2
		Ri West																						x	x		18	16	2
MQ 7	Französische Straße	Ri Ost	x	x	x	x	x																x	x	x	24	16	8	
		Ri West																						x	x		18	16	2
MQ 8	Alt-Moabit	Ri Ost																						x	x		18	16	2
		Ri West																						x	x		18	16	2
MQ 9	Brückenstraße	Ri Nord																						x	x		18	16	2
		Ri Süd																						x	x		18	16	2
MQ 10	Sonnenallee	Ri Nord																						x	x		18	16	2
		Ri Süd	x	x	x	x	x																	x	x		23	16	7
																										371	304	67	

Legende:

- Kernerhebungszeitraum
- Fehlzeiten ohne Kennzeichendaten
- x Überhangzeiten / Zusatzerfassung

Geräteausfälle / Behinderungen:

- MQ 5 am 27.09.2019 in Fahrtrichtung Westen im Zeitraum ab 8:30 Uhr
- MQ 10 in Fahrtrichtung Südosten - standortbedingt schlechte Erfassungsquote

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	27.09.2018 28.09.2018	5:00 Uhr 7:15 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
111	Frankfurter- Allee	27.09.2018 28.09.2018	5:00 Uhr 7:45 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
201	Alt-Biesdorf	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
211	Alt-Biesdorf	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
301	Mariendorfer Damm	26.09.2018 26.09.2018	4:45 Uhr 23:00 Uhr	Fahrtrichtung Norden	außerhalb
311	Mariendorfer Damm	26.09.2018 27.09.2018	4:45 Uhr 0:00 Uhr	Fahrtrichtung Süden	außerhalb
401	Silberstein- straße	26.09.2018 26.09.2018	4:45 Uhr 23:00 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
411	Silberstein- straße	26.09.2018 26.09.2018	4:45 Uhr 23:00 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
501	Schildhorn- straße	26.09.2018 28.09.2018	15:00 Uhr 9:00 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
511	Schildhorn- straße	26.09.2018 27.09.2018	15:30 Uhr 8:30 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
601	Leipziger Straße	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
611	Leipziger Straße	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
701	Französische Straße	25.09.2018 26.09.2018	0:00 Uhr 00:00 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
711	Französische Straße	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
801	Alt-Moabit	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
811	Alt-Moabit	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
901	Brücken- straße	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Norden	innerhalb
911	Brücken- straße	25.09.2018 25.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Süden	innerhalb
1001	Sonnenallee	26.09.2018 26.09.2018	4:45 Uhr 22:45 Uhr	Fahrtrichtung Nordwesten	innerhalb
1011	Sonnenallee	26.09.2018 26.09.2018	0:00 Uhr 22:45 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 Verlauf der Silbersteinstraße fanden parallel Baumaßnahmen statt. An diesen wurde der Kfz-Verkehr jedoch ohne Einschränkungen der Spuranzahl bzw. Fahrtrichtung vorbeigeführt (Fahrbahnverschwenkung). Dadurch sind keine nennenswerten Auswirkungen auf die Fahrzeugflottenzusammensetzung erfolgt.

Technikbedingte Ausfallzeiten waren lediglich für die Schildhornstraße in Fahrtrichtung Osten zu verzeichnen. Diese werden allerdings durch Überhangzeiten sowie einen deutlich längeren Erhebungszeitraum in der Gegenrichtung weitestgehend kompensiert.

Für die südöstliche Fahrtrichtung in der Sonnenallee war bereits im Rahmen der Vorbereitung der Erhebungen festzustellen, dass im entsprechenden Straßenabschnitt schwierige Rahmenbedingungen für die Kennzeichenerfassung bestehen. Standortbedingt war hier eine Vollerfassung aller im Erhebungszeitraum vorbeifahrenden Fahrzeuge nicht möglich. Es wurde lediglich eine Teilstichprobe erhoben.

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 und 2015 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 Abschattungsef-

fekte 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 entsprechenden Vorgaben hinsichtlich der Strukturierung des Abfragedatensatzes entsprechend der Ausfüllanweisung des KBA zu berücksichtigen. Die einzelnen Teilinformationen der Kennzeichen wurden den entsprechenden 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 und 2015 Linienbusse speziell gekennzeichnet.

Insgesamt wurden an den 10 Messquerschnitten 301 942 Kennzeichen erfasst und an das KBA (74 610 Kennzeichen) bzw. die Berliner Zulassungsstelle (227 332 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 93.6 %. Lediglich 19 345 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 301 942 Kennzeichen erfasst und an das KBA (74 610 Kennzeichen) bzw. die Berliner Zulassungsstelle (227 332 Kennzeichen) zum Abgleich mit den entsprechenden Fahrzeugregistern übergeben. Die Rücklaufquote der Datensätze, denen entsprechende Informationen zugeordnet werden konnten, lag bei ca. 94 %, 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	MQ 1	MQ 2	MQ 3	MQ 4	MQ 5	MQ 6	MQ 7	MQ 8	MQ 9	MQ 10	Summe	Anteil
Berliner	37.417	44.623	31.179	9.032	24.247	27.813	5.030	16.504	8.799	9.068	213.712	68,0%
auswärtige Deutsche	14.240	18.693	8.679	1.776	4.504	10.417	1.617	4.106	3.158	1.695	68.885	21,9%
erkannte Auswärtige	2.497	2.163	1.705	442	1.168	2.111	264	982	410	564	12.306	3,9%
kein Rücklauf	3.258	3.941	2.710	912	1.981	2.824	482	1.473	887	877	19.345	6,2%
Gesamt	57.412	69.420	44.273	12.162	31.900	43.165	7.393	23.065	13.254	12.204	314.248	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 in 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 3 % (Brückenstraße) und 8 % (Französische Straße). Der Anteil der leichten Nutzfahrzeuge liegt zwischen 9 % auf der Schildhornstraße und 17 % auf der Silbersteinstraße. Die Linienbusanteile liegen bei max. 3 % (Französische Straße, Sonnenallee).

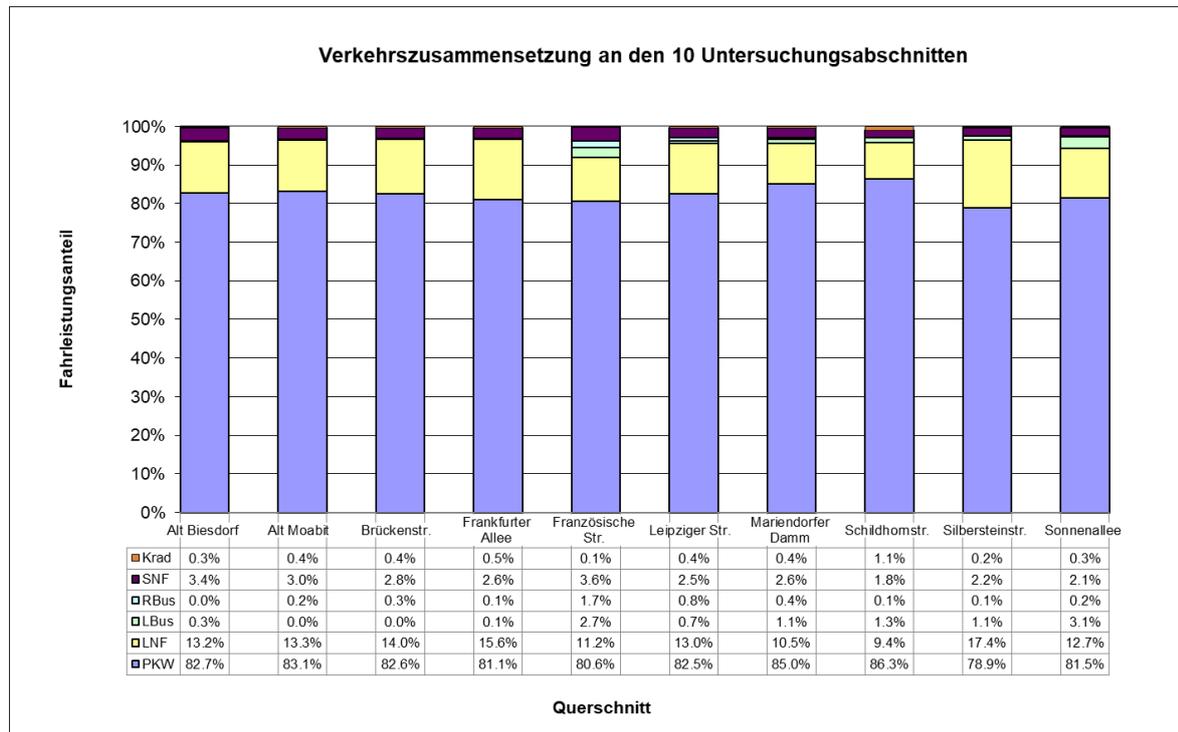


Abb. 3.1: Anteil der Fahrzeugkategorien am Gesamtverkehr nach Untersuchungsabschnitten

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

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	196	81	43	231	7	154	154	310	26	31	1 233
LBUS	210	1	2	66	179	258	423	372	116	332	1 959
LNF	8 327	2 729	1 666	8 000	743	4 961	4 159	2 704	1 877	1 363	36 529
PKW	52 012	17 037	9 797	41 585	5 326	31 364	33 727	24 706	8 493	8 721	232 768
RBUS	27	37	30	70	115	321	171	18	8	24	821
SNF	2 140	621	327	1 324	237	961	1 026	514	241	227	7 618
irrelevant	404	104	92	381	40	211	198	127	47	65	1 669
Gesamt	63 316	20 610	11 957	51 657	6 647	38 230	39 858	28 751	10 808	10 763	282 597

¹⁾ Sonderfahrzeuge, selbstfahrende Arbeitsmaschinen (SAM), Anhänger

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	453	1 233	0.4%	0.7%	0.4%
LBus	1 897	62	1 959	0.9%	0.1%	0.7%
LNF	25 963	10 566	36 529	12.1%	15.3%	12.9%
PKW	179 108	53 660	232 768	83.8%	77.9%	82.4%
RBus	601	220	821	0.3%	0.3%	0.3%
SNF	4 113	3 505	7 618	1.9%	5.1%	2.7%
irrelevant ^{**1)}	1 250	419	1 669	0.6%	0.6%	0.6%
Gesamt	213 712	68 885	282 597	75.6%	24.4%	100.0%

^{**1)} KR/MR, 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 2018 ist darauf hinzuweisen, dass auf Grund des Erfassungszeitpunktes (September 2018) für das letzte Quartal 2018 keine 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 1978	191	80	271	0.09%	0.12%	0.10%
1978-1987	339	69	408	0.16%	0.10%	0.15%
1988-1997	4 303	1 209	5 512	2.03%	1.77%	1.96%
1998	2 063	510	2 573	0.97%	0.74%	0.92%
1999	2 627	737	3 364	1.24%	1.08%	1.20%
2000	3 094	707	3 801	1.46%	1.03%	1.35%
2001	3 715	778	4 493	1.75%	1.14%	1.60%
2002	4 662	1 076	5 738	2.19%	1.57%	2.04%
2003	4 931	1 115	6 046	2.32%	1.63%	2.15%
2004	6 139	1 305	7 444	2.89%	1.91%	2.65%
2005	7 223	1 565	8 788	3.40%	2.29%	3.13%
2006	8 420	2 174	10 594	3.96%	3.18%	3.77%
2007	8 950	2 214	11 164	4.21%	3.23%	3.97%
2008	8 935	2 394	11 329	4.21%	3.50%	4.03%
2009	11 727	2 912	14 639	5.52%	4.25%	5.21%
2010	9 711	2 694	12 405	4.57%	3.93%	4.42%
2011	11 431	3 298	14 729	5.38%	4.82%	5.24%
2012	11 720	3 429	15 149	5.52%	5.01%	5.39%
2013	12 767	3 511	16 278	6.01%	5.13%	5.79%
2014	13 885	4 546	18 431	6.54%	6.64%	6.56%
2015	17 427	6 057	23 484	8.20%	8.85%	8.36%
2016	20 253	7 747	28 000	9.53%	11.32%	9.97%
2017	22 614	9 055	31 669	10.64%	13.23%	11.27%
2018	15 335	9 284	24 619	7.22%	13.56%	8.76%
Summe	212 462	68 466	280 928	75.6%	24.4%	100.00%

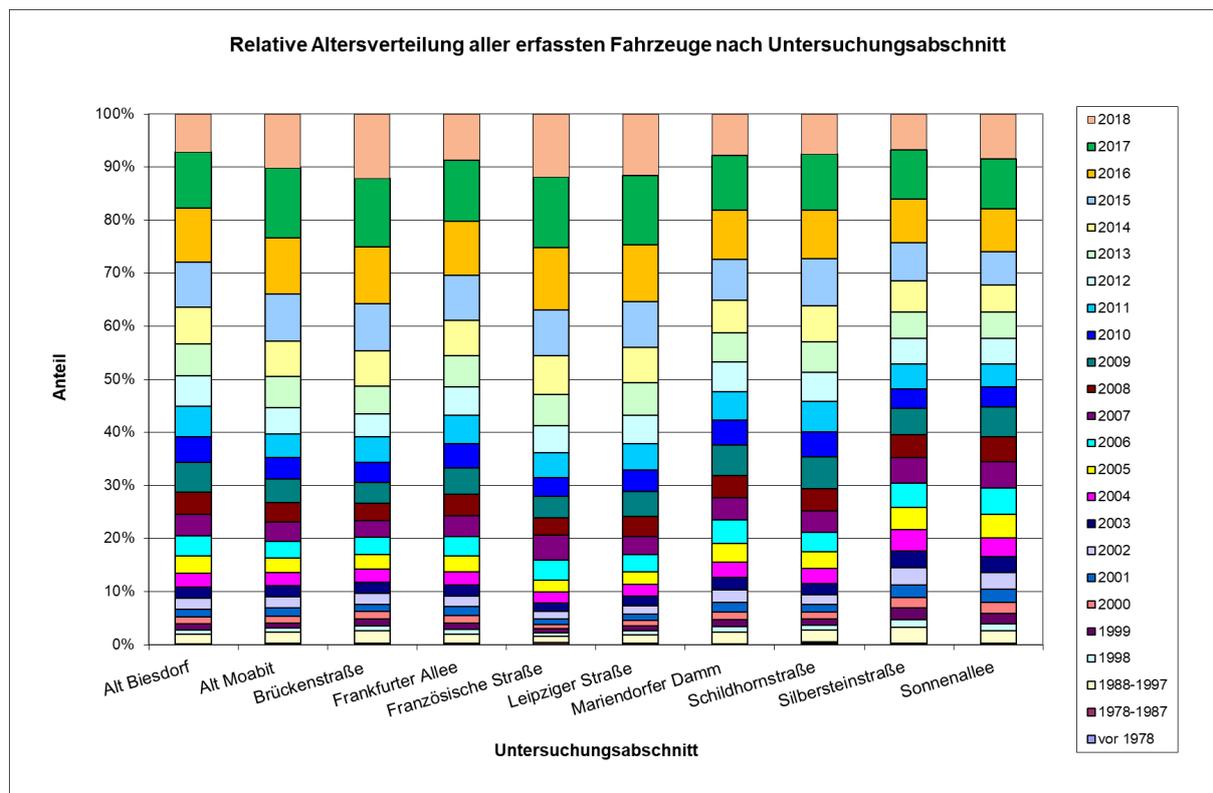


Abb. 3.2: Relative Altersverteilung über alle Fahrzeugkategorien nach Messquerschnitt

Die Altersverteilung unterscheidet sich zwischen den einzelnen Messquerschnitten nur gering. Es zeigt sich, dass die Hälfte der Fahrzeuge (im Mittel ca. 56 %) jünger als 6 Jahre sind (Erstzulassung 2012 und später), ca. 29 % der Fahrzeuge sind älter als 10 Jahre (Erstzulassung 2008 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. 37 % 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. 60 %, der Anteil mit mindestens EURO 4-Standard (2006 und später) liegt bei etwa 81%. Die verbleibenden 20 % 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. 35 % 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 1978	80	-	9	179	2	1	271
1978-1987	99	-	47	230	30	2	408
1988-1997	274	4	201	4 960	21	52	5 512
1998	33	-	53	2 457	1	29	2 573
1999	37	-	70	3 222	1	34	3 364
2000	44	-	110	3 616	4	27	3 801
2001	23	-	162	4 253	3	52	4 493
2002	45	12	223	5 409	6	43	5 738
2003	38	-	282	5 672	4	50	6 046
2004	32	2	385	6 942	9	74	7 444
2005	42	189	539	7 888	12	118	8 788
2006	33	133	810	9 453	15	150	10 594
2007	45	306	1 442	8 952	14	405	11 164
2008	44	125	1 705	8 997	43	415	11 329
2009	25	290	1 655	12 221	137	311	14 639
2010	35	70	1 841	10 027	14	418	12 405
2011	28	38	2 236	11 952	44	431	14 729
2012	27	-	2 119	12 414	119	470	15 149
2013	54	-	2 418	13 186	41	579	16 278
2014	25	4	3 015	14 703	40	644	18 431
2015	47	244	3 902	18 412	102	777	23 484
2016	51	38	4 474	22 455	53	929	28 000
2017	40	247	5 250	25 101	55	976	31 669
2018	32	257	3 581	20 067	51	631	24 619
Summe	1 233	1 959	36 529	232 768	821	7 618	280 928

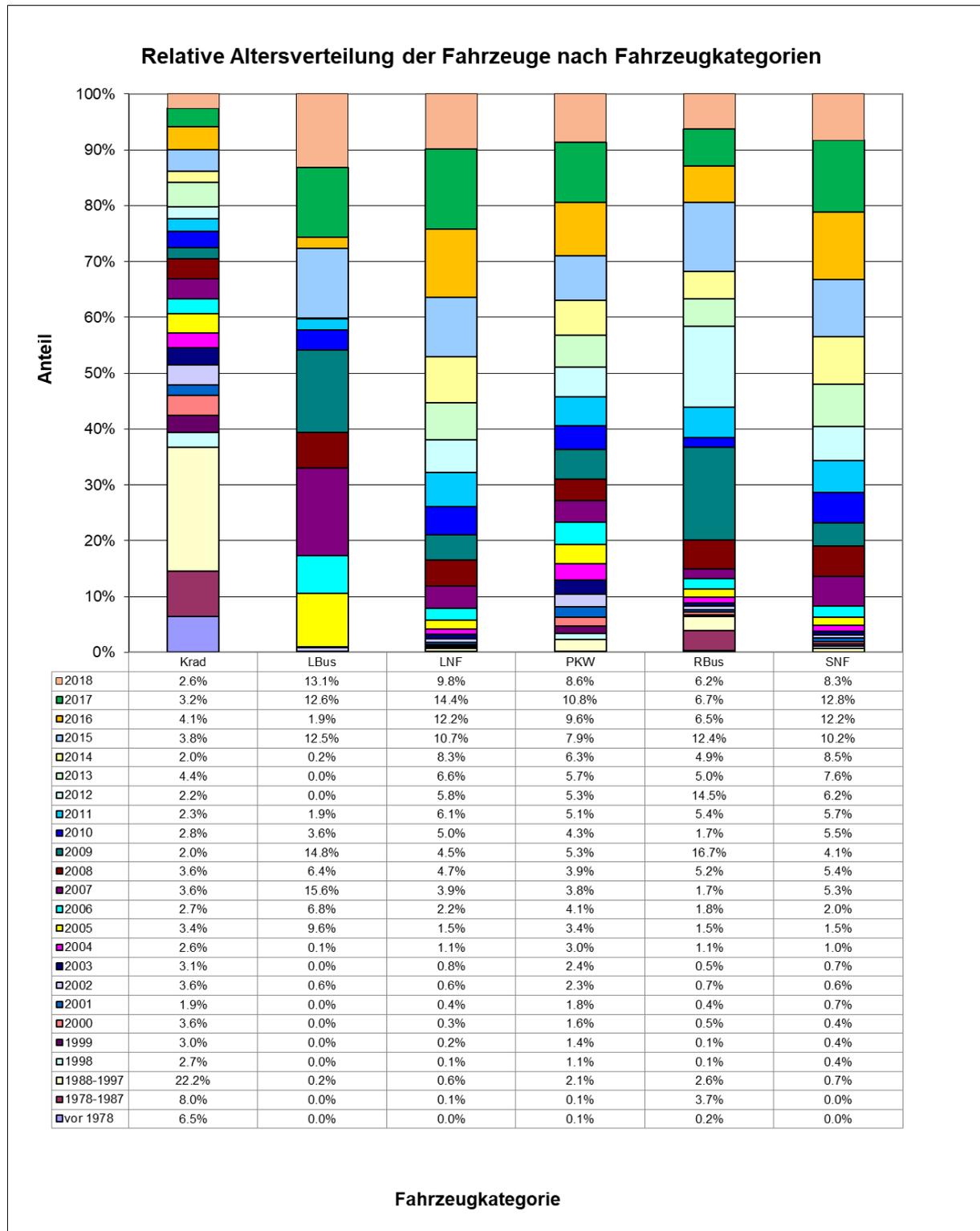


Abb. 3.3: Relative Altersverteilung der Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie

Unter den in **Tab. 3-5** dargestellten Fahrzeugen befinden sich insgesamt 500 Fahrzeuge (409 PKW, 56 LNF, 32 RBus, 3 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 500 Fahrzeugen befinden sich 418 Fahrzeuge (360 PKW, 52 LNF, 4 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

Fahrzeugkategorie / Antriebsart	Anzahl	Mittleres Alter	1.Quartil	2.Quartil	3.Quartil	4.Quartil
PKW - Benzin	137 317	8.3	3	7	13	90
PKW - Diesel	83 009	5.4	2	4	8	66
PKW - alternativ	12 442	5.0	1	3	7	37
LNF - Benzin	1 413	6.3	1	4	10	54
LNF - Diesel	34 749	5.0	2	4	8	48
LNF - alternativ	367	8.2	3.5	8	11	37
Krad - Benzin	1 222	18.1	8	16	24	89
SNF - Diesel	7 504	5.4	2	4	8	44
LBus - Diesel	1 953	6.9	1	9	11	27
RBus - Diesel	813	7.4	3	6	9	78

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.

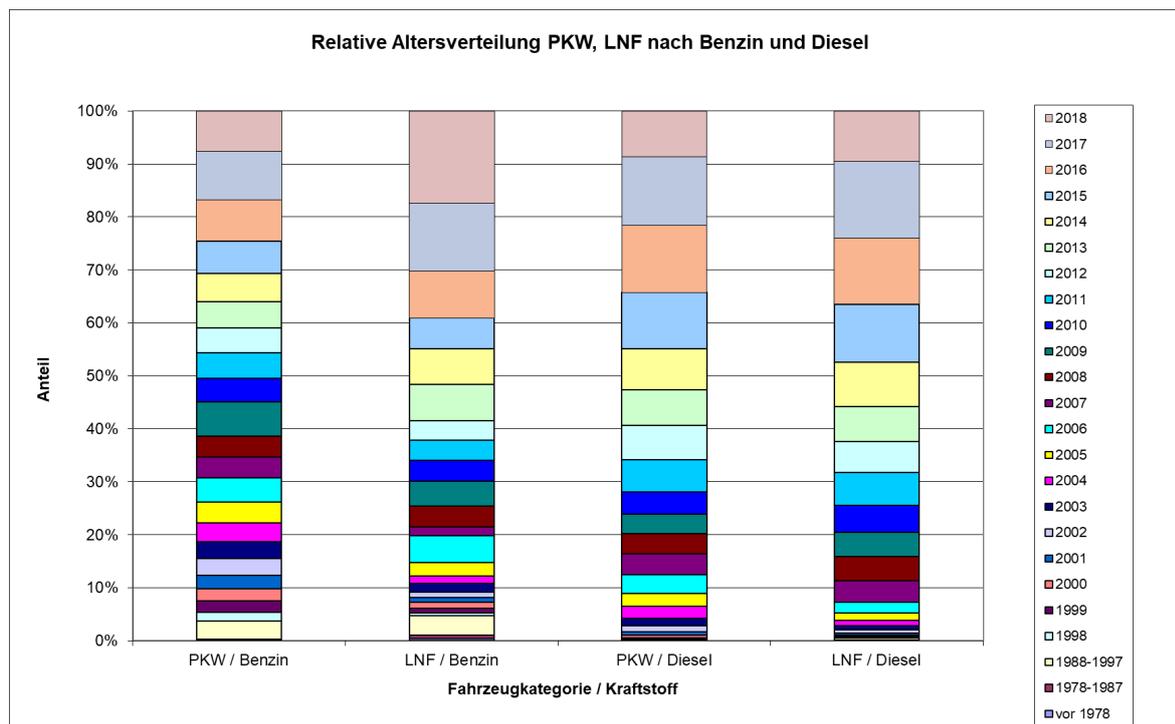


Abb. 3.4: Relative Altersverteilung der für die Emissionsberechnung zuordenbaren Fahrzeuge der Fahrzeugklassen PKW / LNF getrennt nach Benzin und Diesel

3.4 Kraftstoffnutzung

Eine Auswertung in Bezug auf die Kraftstoffnutzung ergab, dass ca. 50 % aller erfassten Fahrzeuge Benzin und ca. 46 % Diesel als Treibstoff benutzen (**Tab. 3-7**). Der Anteil der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben liegt demnach insgesamt bei ca. 4 %.

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	33 395	8 718	4 966	24 941	2 556	16 658	22 724	16 297	5 007	4 700	139 962	49.82%
Diesel	27 691	10 019	6 117	24 203	3 494	18 880	15 644	11 181	5 395	5 404	128 028	45.57%
Benzin/Ethanol	19	3	1	10	1	7	5	7	1	3	57	0.02%
Vielstoffmotor	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	0.00%
CNG / LNG	133	94	31	149	13	134	85	92	26	29	786	0.28%
Bivalenter Betrieb (Benzin/Flüssiggas)	564	192	101	462	45	311	482	275	112	119	2 663	0.95%
Bivalenter Betrieb (Benzin/kompr. Erdgas)	75	43	23	86	9	81	48	35	12	17	429	0.15%
Elektro	103	73	42	149	39	158	77	62	17	14	734	0.26%
Hybrid (Benzin/Elektro)	892	1 317	575	1 235	434	1 755	572	660	175	404	8 019	2.85%
Hybrid (Diesel/Elektro)	40	-	8	34	16	35	23	14	15	7	192	0.07%
Hybrid (LPG/Elektro)	-	47	-	2	-	-	-	-	1	1	51	0.02%
Brennstoffzelle (Wasserstoff)	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	5	0.00%
keine Angaben	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	0.00%
Gesamt Kraftstoff / Antrieb	62 912	20 506	11 865	51 276	6 607	38 019	39 660	28 624	10 761	10 698	280 928	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 % am Mariendorfer Damm und 42 % an der Brückenstraße sowie an der

Französischen Straße, im Mittel bei 36 % 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 Innenstadtgebiet durch Taxibetrieb oder Dienstfahrzeuge sein.

Der Fahrzeuganteil mit alternativen Antrieben beträgt bei den PKW im Mittel 5.3 %.

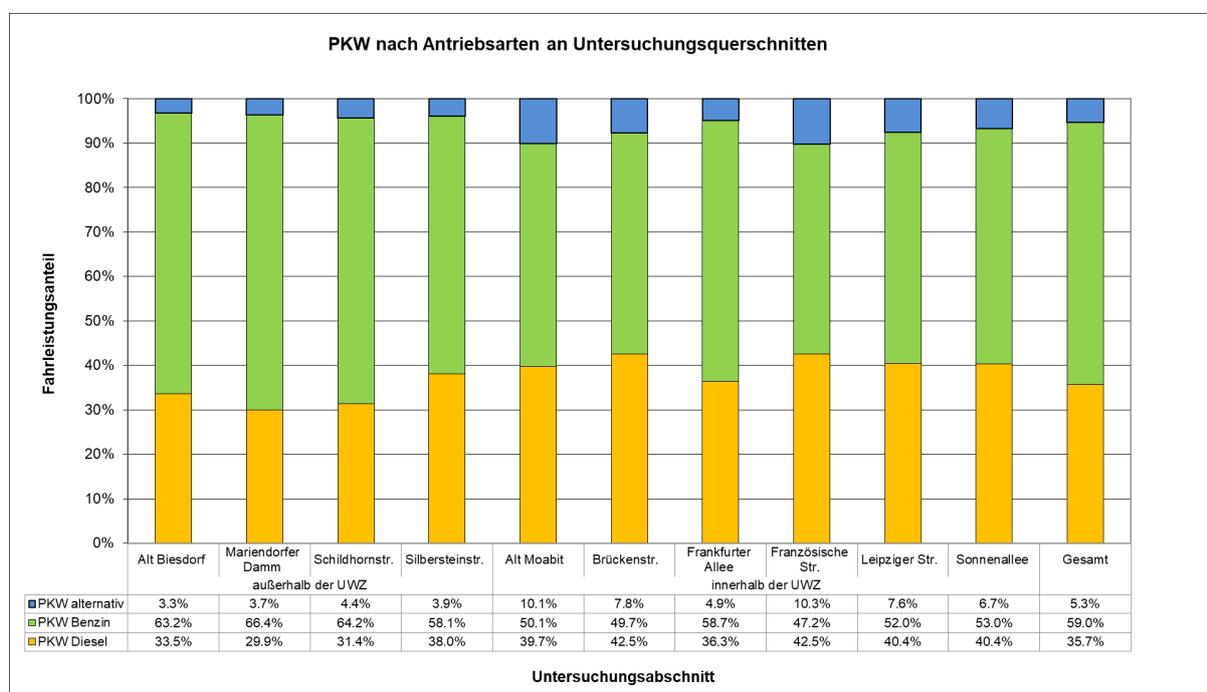


Abb. 3.5: Anteil der Kraftstoffarten für die erfassten PKW an den Messquerschnitten

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 1.0 % unter dem der PKW.

Busse und schwere Nutzfahrzeuge sind nahezu 100 % dieselgetriebene Fahrzeuge.

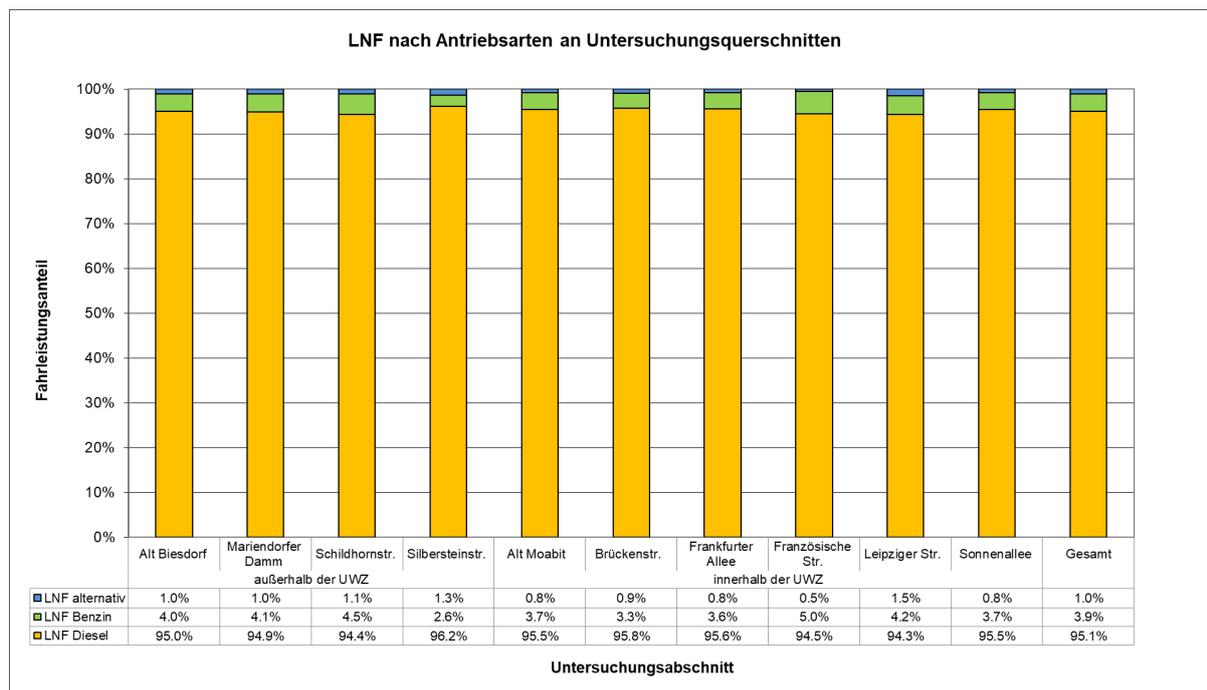


Abb. 3.6: Anteil der Kraftstoffarten für die erfassten LNF an den Messquerschnitten

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 Partikelminderungskategorie (PM für PKW/LNF 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. Dabei zeigt sich, dass ca. 67 % der Berliner Diesel-EURO-3-PKW über einen nachträglich eingebauten Partikelfilter hingegen ca. 22 % über keinen Filter verfügen. Aus dem Datenrücklauf des KBA geht hervor, dass lediglich 53 % der auswärtigen Diesel-Euro-3-PKW über einen

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

Dieselpartikelfilter verfügen. Informationen darüber, ob diese werkseitig eingebaut oder nachgerüstet wurden, liegen hierfür nicht vor.

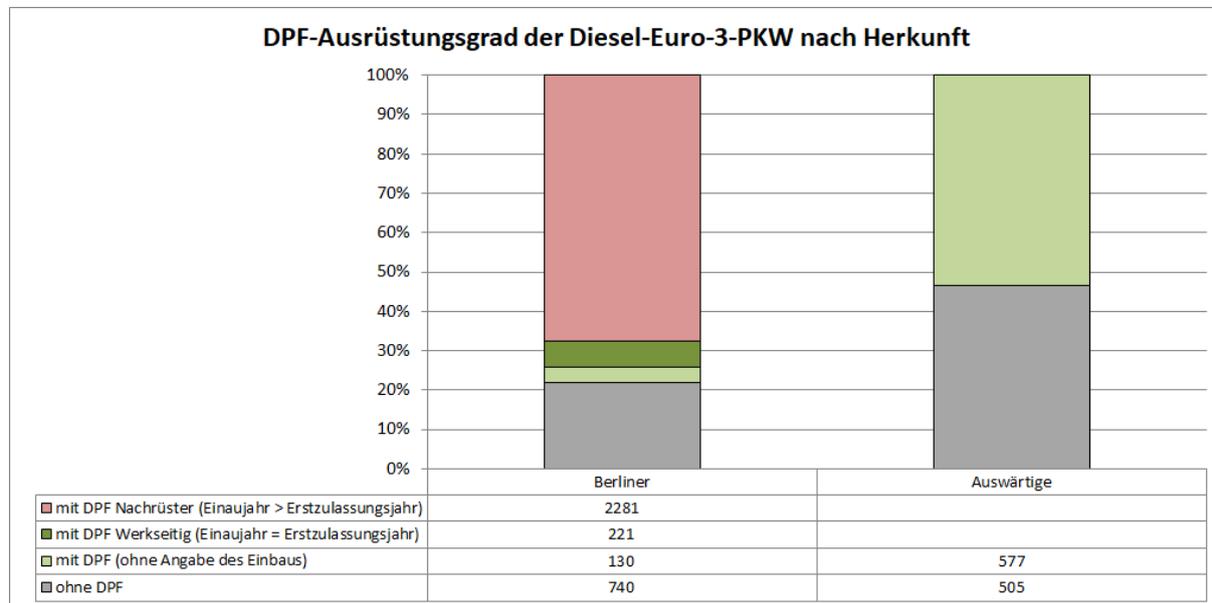


Abb. 3.7: Angaben zum Ausrüstungsgrad der Diesel-EURO-3-PKW mit Partikelfilter

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 wird und demzufolge nicht in jedem Falle ein expliziter Eintrag zur PMK vorgenommen wird.

Tab. 3-8: Ausrüstungsgrad Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern nach Fahrzeugkategorien, Euro-normen und Partikelminderungsklasse

Fahrzeugkategorie / Abgasnorm	Anteil DPF vorhanden bzgl. Kategorie	Anteil DPF vorhanden bzgl. Konzept	Partikelminderungsklasse						DPF vorhanden / keine Angaben zu PM bzw. PMK	keine Hinweise auf DPF-Ausrüstung
			PM0, PM01 / PMK0, PMK01	PM1 / PMK1	PM2 / PMK2	PM3 / PMK3	PM4 / PMK4	PM5		
LBus	85.1%									
davon										
EURO0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO1	0.2%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO2	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO3	10.3%	99.5%	0.0%	0.0%	99.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%
EURO4	1.5%	9.1%	0.0%	0.0%	4.1%	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%	90.9%
EURO5	32.9%	100.0%	0.0%	0.3%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	99.5%	0.0%
EURO6	40.1%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
LNF	83.2%									
davon										
EURO0	0.0%	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%	0.0%	100.0%
EURO2	0.1%	11.9%	1.0%	6.7%	4.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	88.1%
EURO3	3.2%	66.7%	0.5%	32.8%	32.8%	0.2%	0.2%	0.2%	0.0%	33.3%
EURO4	5.6%	28.1%	0.0%	0.0%	8.6%	0.0%	17.0%	2.5%	0.0%	71.9%
EURO5	45.2%	100.0%	0.0%	0.0%	7.2%	0.3%	39.4%	0.1%	53.0%	0.0%
EURO6	29.1%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	14.9%	0.1%	85.1%	0.0%
PKW	90.3%									
davon										
EURO0	0.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	5.0%	0.0%	95.0%
EURO1	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO2	0.2%	45.9%	1.6%	38.4%	5.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	54.1%
EURO3	3.9%	72.0%	0.2%	14.9%	53.6%	1.6%	0.1%	1.6%	0.0%	28.0%
EURO4	9.9%	55.7%	0.0%	0.0%	0.4%	1.3%	0.2%	53.7%	0.0%	44.3%
EURO5	31.4%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	66.1%	33.8%	0.0%
EURO6	45.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	42.6%	57.4%	0.0%
Rbus	90.8%									
davon										
EURO0	1.1%	56.3%	0.0%	0.0%	56.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	43.8%
EURO1	0.4%	100.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
EURO2	1.4%	68.8%	0.0%	0.0%	68.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	31.3%
EURO3	4.7%	61.3%	0.0%	0.0%	61.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	38.7%
EURO4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO5	47.8%	100.0%	0.0%	0.0%	2.1%	0.0%	0.0%	0.0%	97.9%	0.0%
EURO6	35.4%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%
SNF	87.8%									
davon										
EURO0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
EURO1	0.0%	14.3%	0.0%	0.0%	14.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	85.7%
EURO2	0.6%	35.4%	0.0%	1.5%	33.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	64.6%
EURO3	2.9%	54.2%	0.0%	0.8%	52.4%	0.0%	0.5%	0.5%	0.0%	45.8%
EURO4	0.3%	3.4%	0.0%	0.0%	2.6%	0.0%	0.2%	0.6%	0.0%	96.6%
EURO5	36.3%	100.0%	0.0%	0.0%	2.5%	0.1%	1.9%	0.1%	95.3%	0.0%
EURO6	47.7%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.1%	99.9%	0.0%

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 lag zwischen 0.01 % und 0.06 % außerhalb und bei ca. 0.07 % innerhalb der UWZ. Der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette liegt in allen Querschnitten relativ konstant zwischen 99 % und 99.5 %. Der Anteil der mit gelber Plakette ausgestatteten PKW liegt zwischen 0.4 % und 1.0 %, der mit roter Plakette bei max. 0.1 %.

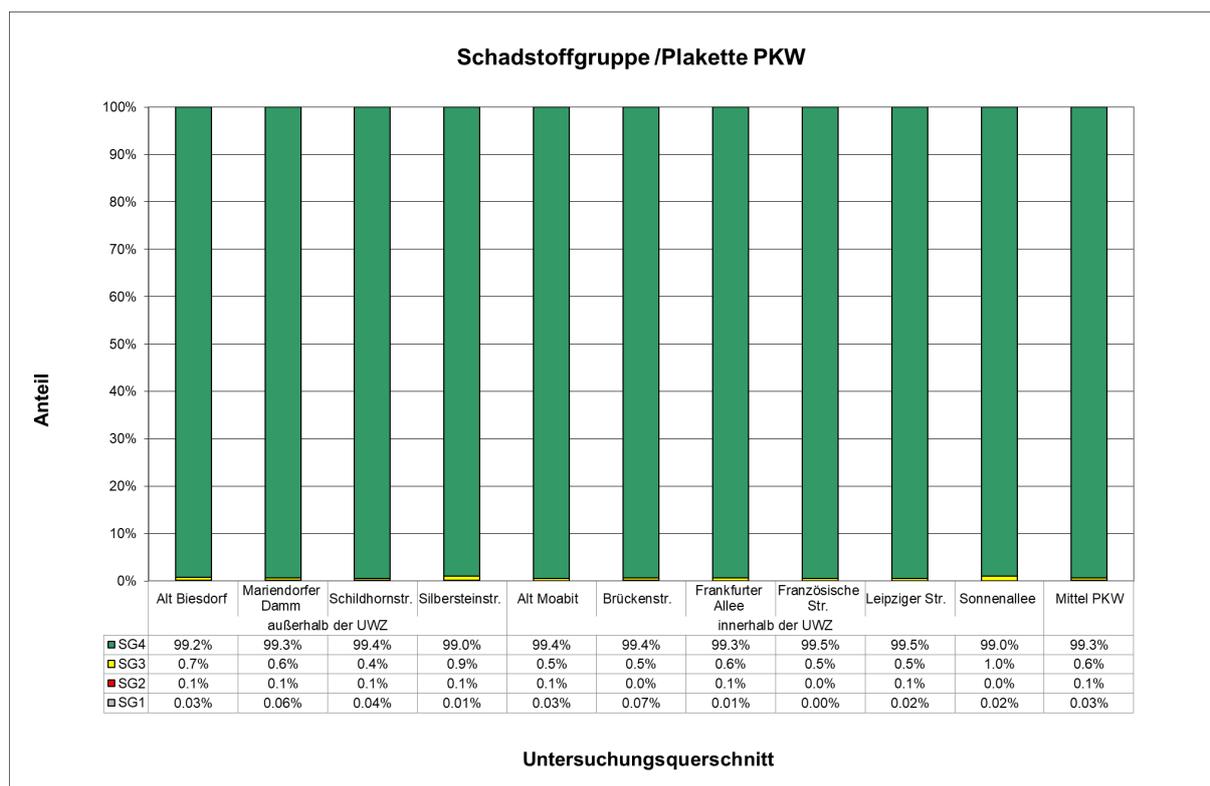


Abb. 3.8: Anteile der PKW nach Schadstoffgruppe/Plakette

Bei den Diesel-PKW liegt der Anteil der Fahrzeuge, die nicht dem Standard der grünen Plakette entsprechen, mit ca. 2.5 % außerhalb der UWZ geringfügig über den im Mittel 1.5 % innerhalb dieser (siehe **Abb. 3.9**). Der Anteil Diesel-PKW mit gelber Plakette liegt zwischen

1 % und 2.5 %, der mit roter Plakette liegt bei max. 0.3 %. Der Anteil Diesel-PKW ohne Plakette liegt bei maximal 0.1 %.

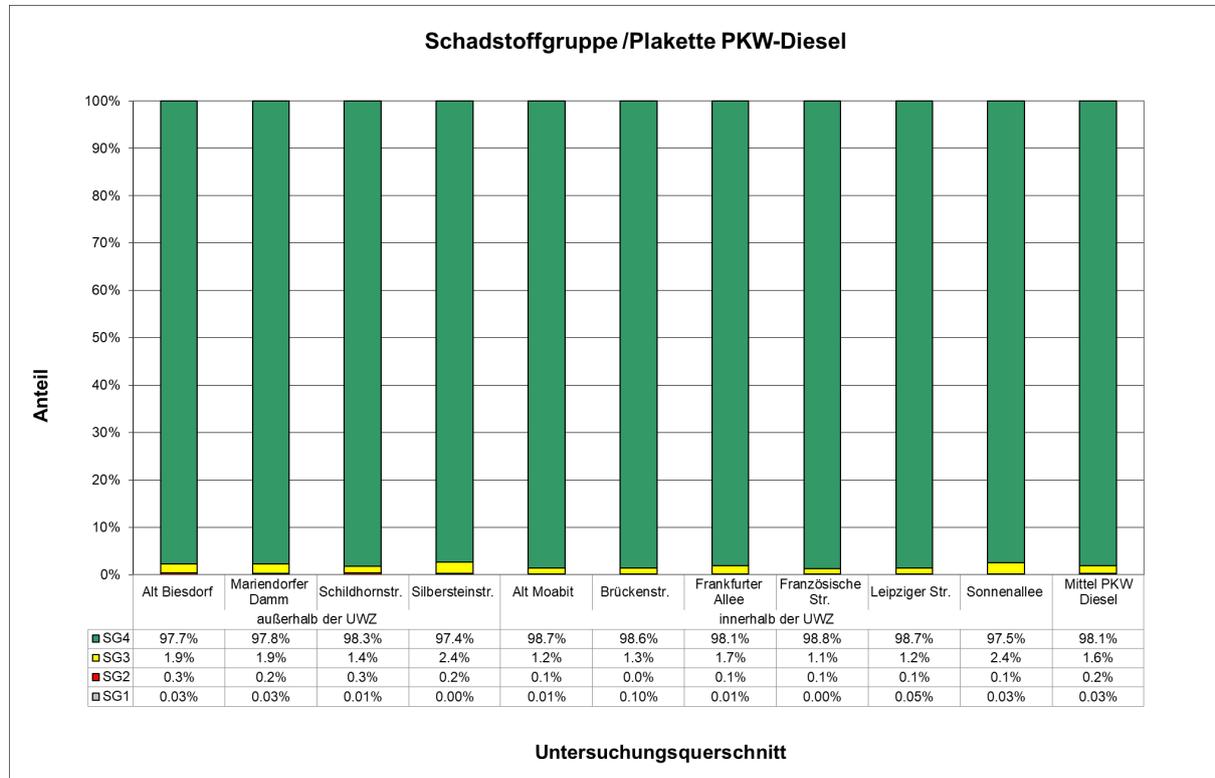


Abb. 3.9: Anteile der PKW-Dieselfahrzeuge nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.2 Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)

In der Fahrzeugkategorie LNF (**Abb. 3.10**) liegt der Anteil der Fahrzeuge ohne Plakette bei max. 0.4 %. Die Unterschiede zwischen den Querschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ sind äußerst geringfügig. Auch bei den Fahrzeuganteilen mit roter und gelber Plakette ist dieser Unterschied nur marginal. Die Anteile betragen im Mittel 0.5 % bzw. 1.6 %.

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 Plakette bei ca. 2-3 %.

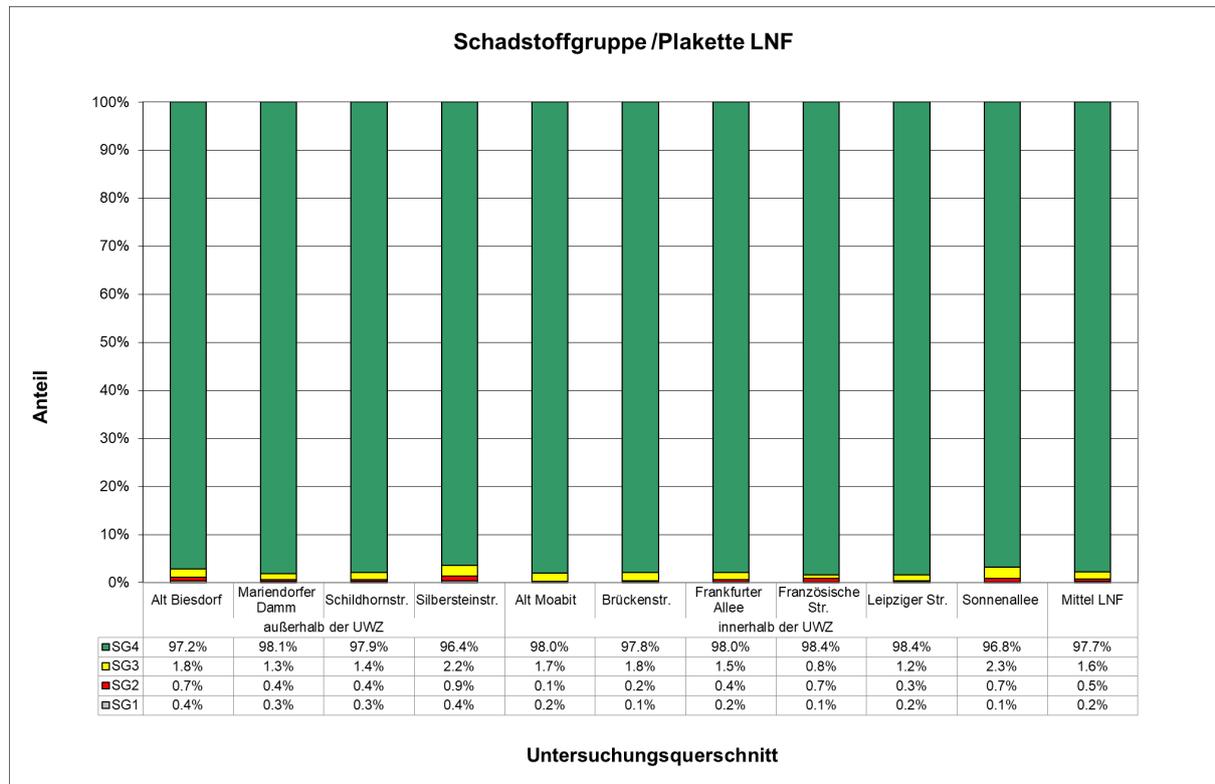


Abb. 3.10: Anteile aller LNF nach Schadstoffgruppe/Plakette

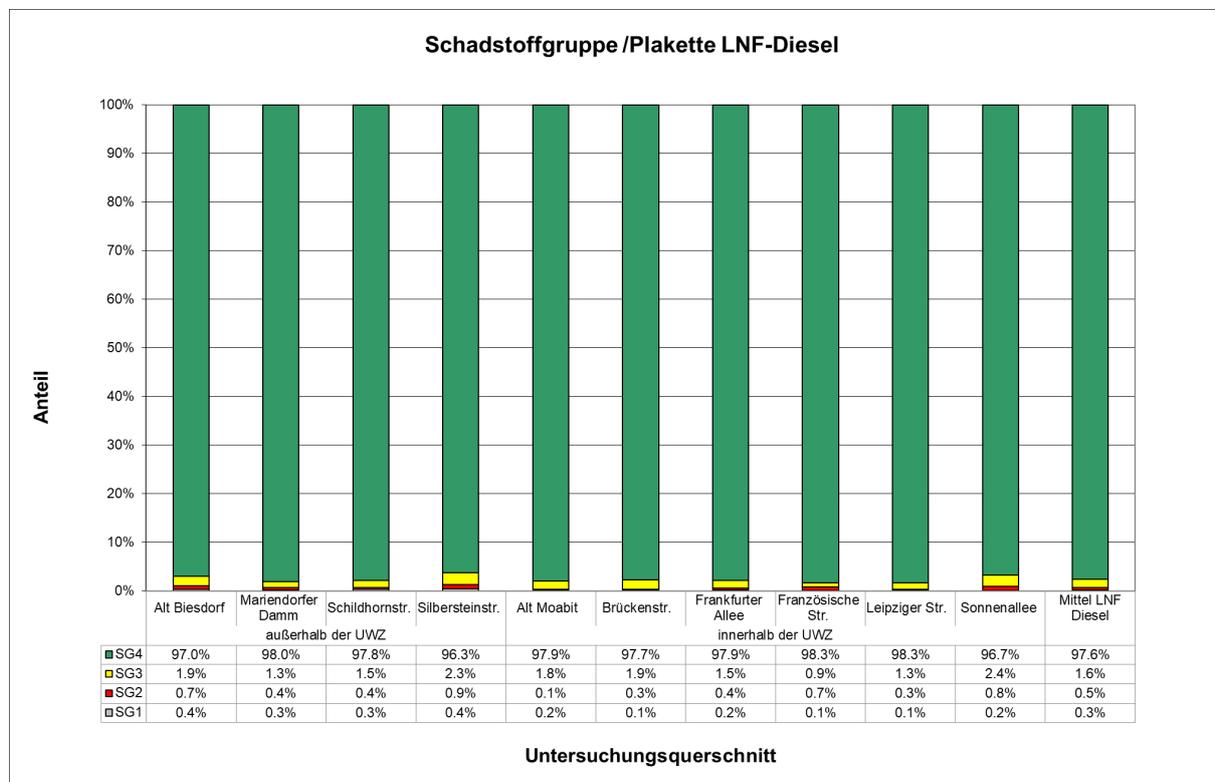


Abb. 3.11: Anteile der Diesel-LNF nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.3 Schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

Bei den SNF verfügen im Mittel ca. 96 % über eine grüne Plakette (**Abb. 3.12**). Der Anteil der Fahrzeuge ohne Plakette liegt bei max. 1.3 %, im Mittel bei 0.2 %. Relevante Unterschiede zwischen Abschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ sind nicht zu beobachten.

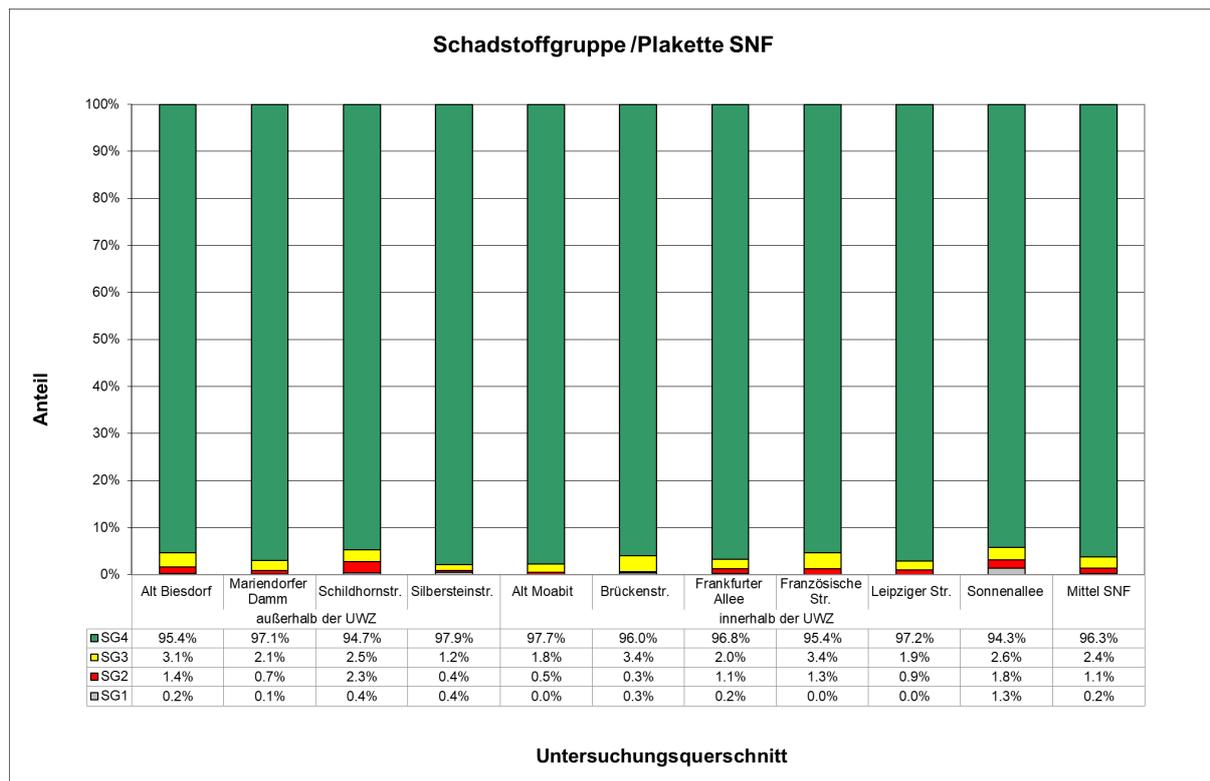


Abb. 3.12: Anteile der der SNF nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.4 Linienbusse

Die eingesetzten Linienbusse verfügen nahezu sämtlich über die grüne Plakette (siehe **Abb. 3.13**).

3.6.5 Reisebusse

Auf Grund der relativ geringen Anzahl der erfassten Reisebusse (821) sind für diese Fahrzeugkategorie die Unterschiede zwischen den Fahrleistungsanteilen nach der Schadstoffgruppe bzw. Plakette an den Untersuchungsquerschnitten am stärksten. Im Mittel beträgt der Anteil an Fahrzeugen mit grüner Plakette ca. 96 % (siehe **Abb. 3.14**).

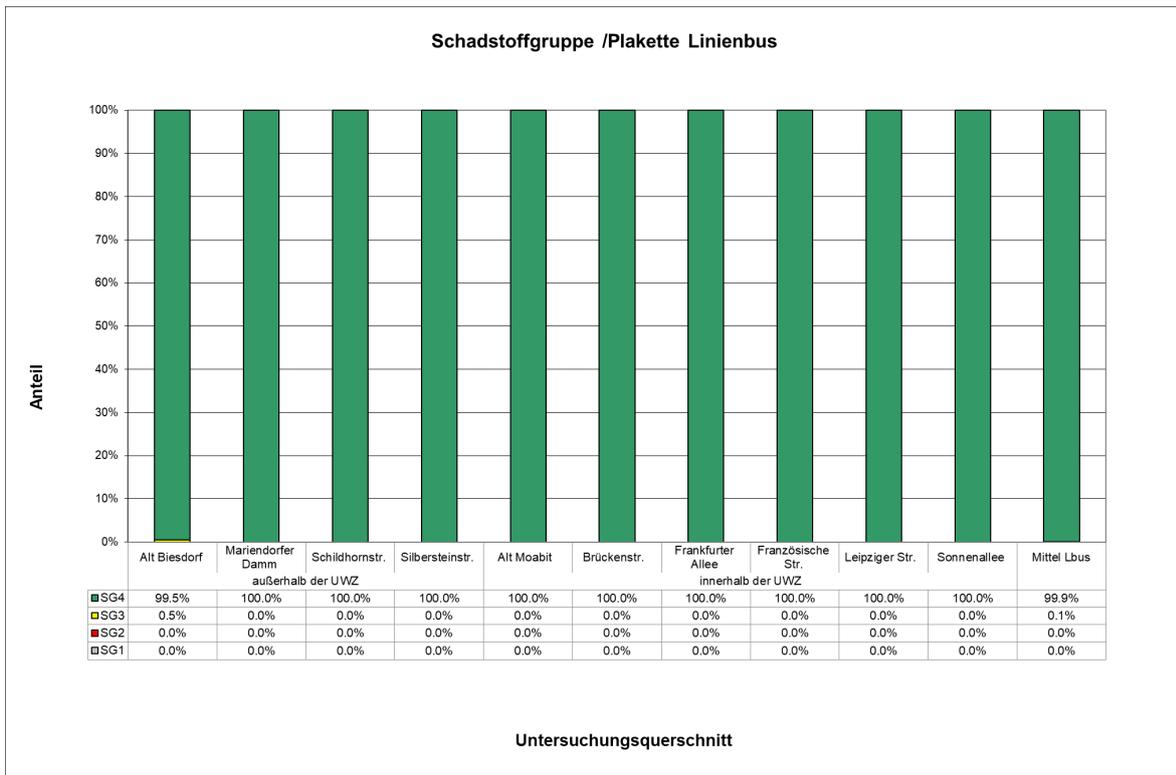


Abb. 3.13: Anteile der Linienbusse nach Schadstoffgruppe/Plakette

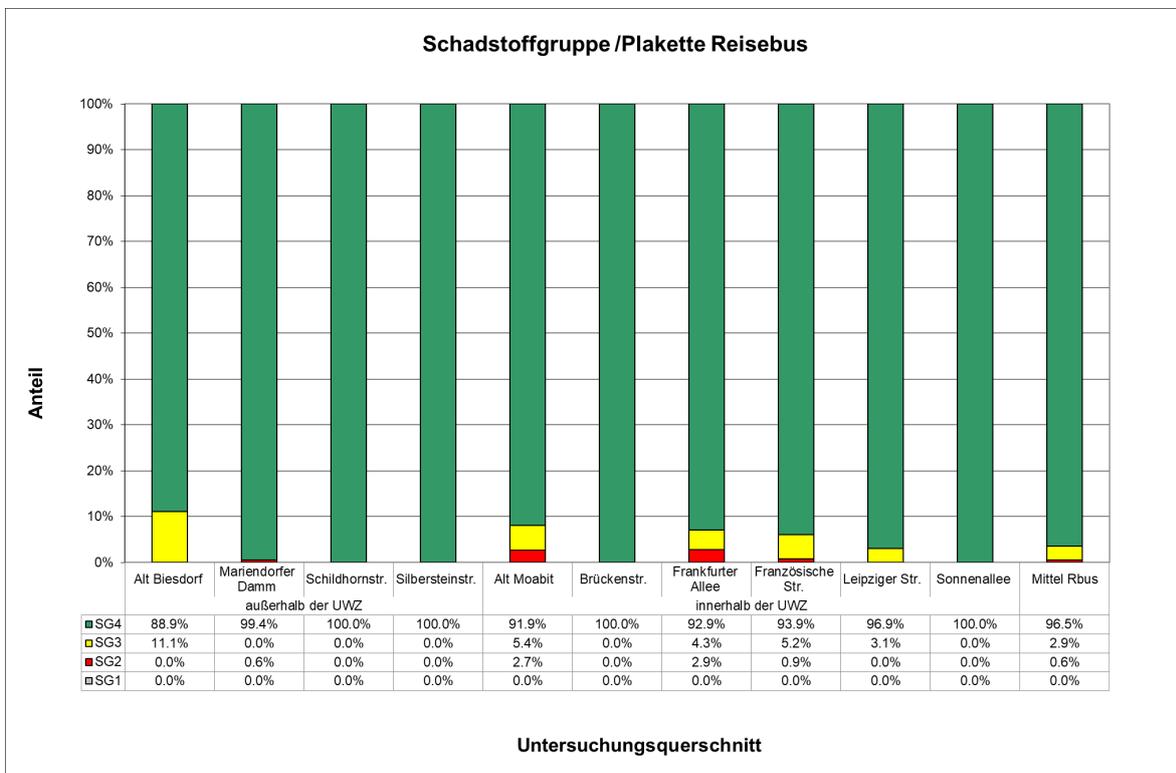


Abb. 3.14: Anteile der Reisebusse nach Schadstoffgruppe/Plakette

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.

Die Darstellung in **Abb. 3.16** zeigt die Flottenzusammensetzung aller 2018 erfassten Kfz nach Schadstoffgruppe und Untersuchungsquerschnitt. Danach zeigt sich, dass der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette an allen Abschnitten bei ca. 99 % liegt.

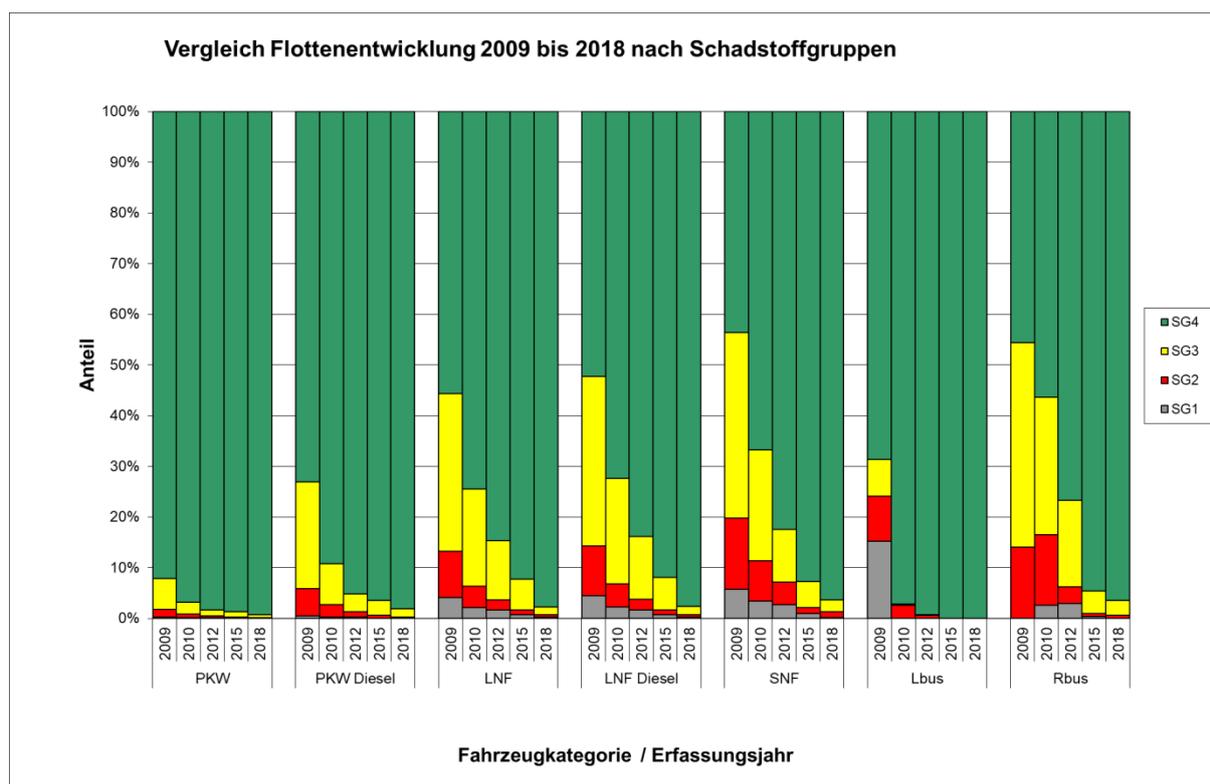


Abb. 3.15: Vergleich Flottenentwicklung 2009 bis 2018 nach Schadstoffgruppen

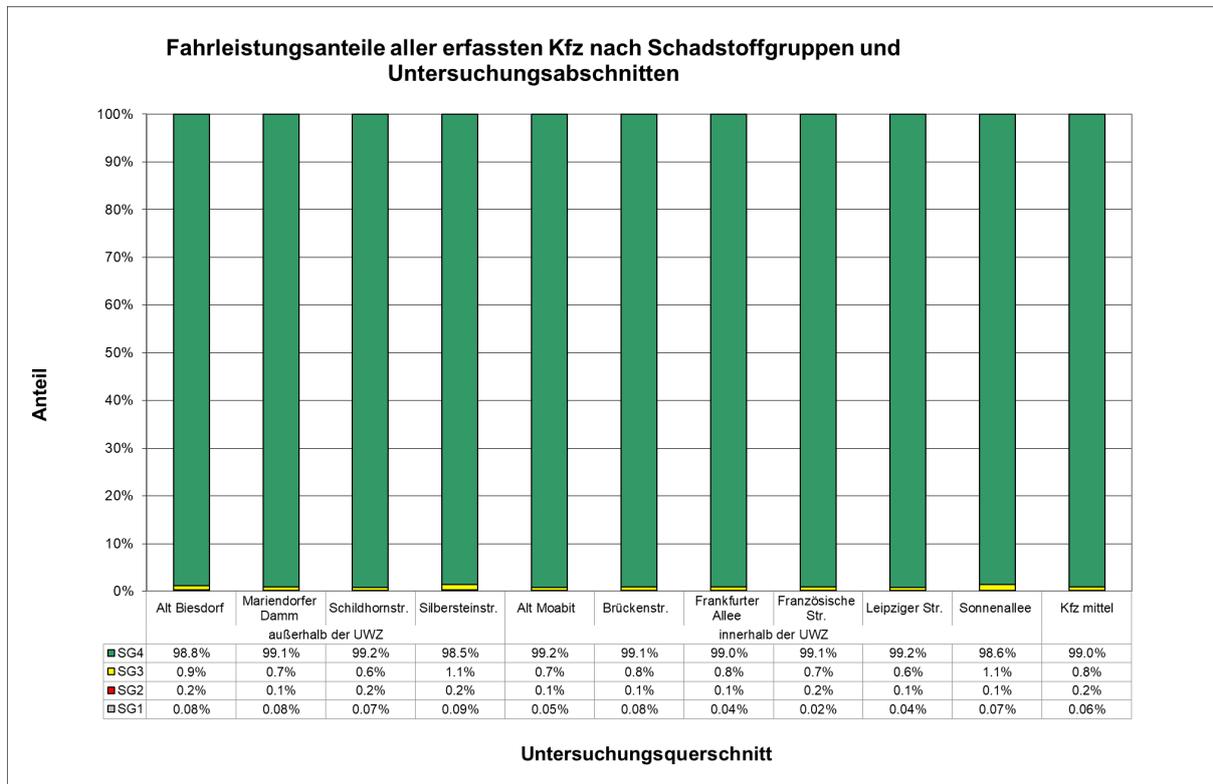


Abb. 3.16: Flottenzusammensetzung aller 2018 erfassten Kfz nach Schadstoffgruppe und Untersuchungsquerschnitt

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. Zum Vergleich mit Daten aus vorherigen Untersuchungen wurden die Emissionen außerdem auf Basis HBEFA 3.2 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 3.3 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 wird 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 allerdings ausschließlich für PKW.

Es ist jedoch davon auszugehen, dass die für die genannten Diesel-PKW vorgenommenen Änderungen im HBEFA 3.3 in gleicher Weise auch für die entsprechenden Emissionsstufen der LNF gelten. In Absprache mit dem AG wurden die im HBEFA 3.3 eingeführten Änderungen bei Diesel-PKW der o.g. Abgasnormen in der vorliegenden Emissionsberechnung auch für die LNF übernommen. Als Umgebungstemperatur wurde in Absprache mit dem AG die deutsche Jahresmitteltemperatur entsprechend HBEFA 3.3 angenommen. Die entsprechenden Faktoren zur Erhöhung der NO_x und NO₂-Emissionsfaktoren sind in **Tab. 4-1** dargestellt.

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

Fahrzeugkategorie / Antriebsart	Abgasnorm	Größenklasse	Erhöhungsfaktor
LNF / Diesel	Euro-4	M+N1-I	1.17
		N1-II	1.17
		N1-III	1.17
	Euro-5	M+N1-I	1.34
		N1-II	1.34
		N1-III	1.34
	Euro-6	M+N1-I	2.11
		N1-II	2.11
		N1-III	2.11
	Euro-6c	M+N1-I	1.1
		N1-II	1.1
		N1-III	1.1

Der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW und LNF wird entsprechend HBEFA angesetzt. Die Verkehrssituationen im Untersuchungsgebiet werden entsprechend den Gegebenheiten auf den einzelnen Streckenabschnitten und den Charakterisierungen aus HBEFA 3.3 zugeordnet.

Für die Ermittlung der Flottenzusammensetzung erfolgte eine Zuordnung der Fahrzeugdaten aus den Rückläufen des KBA bzw. der Berliner Zulassungsstelle zu den Fahrzeugschichten des HBEFA (siehe Abschnitt 2.2). Zu Vergleichszwecken wurde eine Berechnung unter Verwendung der Standardflotte für 2018 aus HBEFA 3.3 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 15) wurde anhand des Erstzulassungsjahres vorgenommen (siehe **Tab. 4-2**).

Dieses Vorgehen ist bei PKW relativ verlässlich, da dort der gesetzlich vorgeschriebene Stichtag für die Erstzulassung eines Fahrzeuges nach einer „neuen“ EURO-Norm stets am 01.01. eines Jahres liegt. Bei LKW ist dieser Stichtag jedoch am 30.09. eines Jahres, sodass auf Grund der Datenlage keine eindeutige Zuordnung erfolgen konnte. Es wurde deshalb alle LKW und Busse der Jahre 1996, 2001 und 2006, 2009 und 2013 den Normen EURO1, EURO2, EURO3, EURO4 bzw. EURO5 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.

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	456 - 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 Partikelminde- rungsklasse (PM bzw. PMK). In den Fahrzeugschichten des HBEFA sind jedoch nicht alle dieser Kombinationen enthalten, wie z. B. SNF EURO1 mit DPF. Fahrzeuge, deren Emis- sionsfaktoren durch die Kombinationen aus EURO-Norm und DPF-Ausrüstung nicht in den Standardfahrzeugschichten des HBEFA 3.3 abgebildet werden, wurden über zusätzlich ein- geführte 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 nach HBEFA 3.3 für die Verkehrssituation „Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt“. Die bezugsjahrunabhängige HBEFA-Flotte enthält Fahrzeugschichten, die über die in der mittleren deutschen Flottenzusammensetzung ent- haltenen Fahrzeuge hinausgeht (z.B. LNF EURO-3 mit DPF). Die Minderung ergibt sich somit

⁴

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

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.

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 AG 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 Partikelfilterart EGR und SCR unterschieden. Da diese Unterteilung auf Grund der Datenlage nicht möglich war, 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 AG 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 AG 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%		

HBEFA 3.3 weist in der deutschen Standardflotte keine Fahrzeugschichten mit alternativen Antriebsarten aus, 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. 5 % relativ hoch, sodass hier eine z. T. näherungsweise Zuordnung erfolgte.

Neben der Standardflotte enthält HBEFA 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 wurden den Fahrzeugschichten der entsprechenden Verbrenner zugeordnet.

Die lokalen Stickoxid- und PM10-Motoremissionen der reinen Elektrofahrzeuge sowie der Fahrzeuge mit Wasserstoffantrieb wurden in der Emissionsberechnung mit Null angenommen, sodass diese Fahrzeuge zwar einen Fahrleistungsanteil innerhalb der PKW-Flottenzusammensetzung haben, allerdings keinerlei (lokale) Emissionen verursachen.

In **Tab. 4-5** ist die Zuordnung der alternativen Antriebsarten der PKW zu den HBEFA-Antriebsarten dargestellt.

Tab. 4-5: Berücksichtigung der alternativen Antriebsarten der PKW in der Flottenzusammensetzung

Antriebsart entsprechend Datenrücklauf	Antriebsart der zugeordneten HBEFA-Schicht	Datenlage in HBEFA 3.3
Benzin/Ethanol	flex-fuel E85	Bezugsjahresunabhängige Flotte
Benzin/Flüssiggas	LPG	
Benzin/komprimiertes Erdgas	bifuel CNG/petrol	
Erdgas NG	bifuel CNG/petrol	
Flüssiggas	LPG	
Hybrid Flüssiggas/Elektro	LPG	
Hybrid Benzin/Elektro	Benzin	Standardflotte
Hybrid Diesel/Elektro	Diesel	
Brennstoffzelle/Wasserstoff	Elektro	Nicht in HBEFA enthalten
Elektro	Elektro	

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%

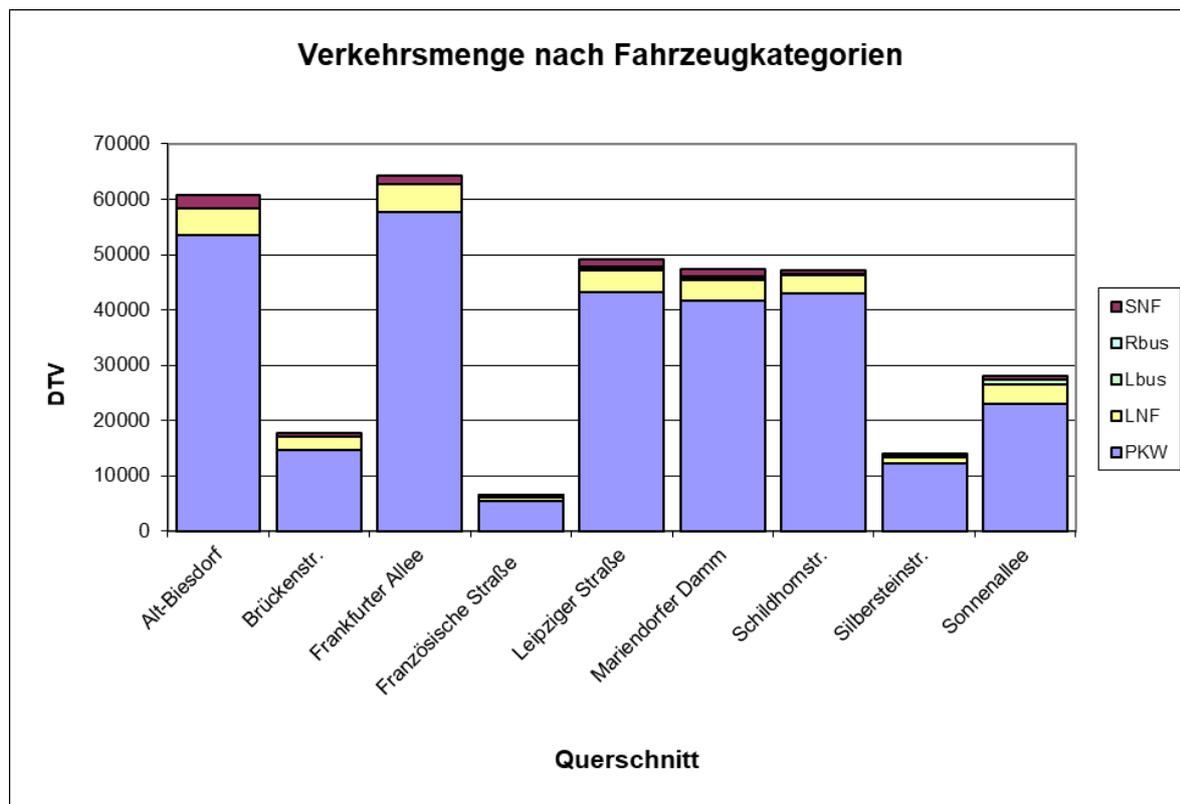


Abb. 4.1: Verkehrsmenge nach Fahrzeugkategorien an den Untersuchungsquerschnitten

4.3 Flottenzusammensetzung nach Antriebsart und Emissionskonzept

Die aus der Kennzeichenerfassung abgeleiteten Flottenzusammensetzungen für die untersuchten Abschnitte im Vergleich zur Standardflotte Innerorts 2018 des HBEFA 3.3 sind in der **Abb. 4.2** bis **Abb. 4.5** dargestellt. Die Abbildungen stellen neben den Flottenzusammensetzungen nach Emissionskonzepten entsprechend der Abgasschlüsselnummern auch die Ausrüstung der Diesel-Fahrzeuge mit Partikelfilter dar.

Bei den PKW ist im Vergleich zur HBEFA-Innerorts-Standardflotte 2018 zunächst ein - im Mittel über alle Untersuchungsabschnitte - um 15 Prozentpunkte geringerer Diesel-Anteil zu beobachten. Auf Grund der tendenziell höheren Emissionsfaktoren von Dieselmotoren – sowohl bei Stickoxiden als auch bei motorbedingtem PM10 - wirkt sich dieser geringere Diesel-Anteil 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 entspricht der mittlere Anteil der Euro-3-Fahrzeuge in Berlin mit

ca. 5 % in etwa dem der Diesel-Standardflotte. Allerdings ist innerhalb der Diesel-Euro-3-PKW der Anteil der mit einem DPF ausgestatteten Fahrzeuge mit ca. 75 % deutlich höher als der in der Standardflotte (ca. 15 %). Der Anteil der Euro-6-Diesel-PKW ist an den Querschnitten innerhalb der UWZ tendenziell höher als außerhalb, im Mittel liegt er geringfügig über dem der Standardflotte. Innerhalb der Diesel-PKW ist der Anteil der Fahrzeuge der Abgasnorm EURO-3 ohne DPF und älter im Berliner Mittel mit ca. 2 % geringer als in HBEFA (ca. 6 %).

Bei den LNF entspricht der Berliner Benzin-Anteil mit ca. 4 % dem der Standardflotte. Die Anteile der Dieselfahrzeuge mit Abgasstandard EURO-3 und älter sind an den Berliner Querschnitten im Mittel mit knapp 6 % niedriger als in der Standardflotte (18 %). Der Anteil Berliner EURO-4- und EURO-5-Diesel-LNF ist gegenüber der Standardflotte im Mittel mit 21 % bzw. 45 % höher als der in der Standardflotte (16 % Euro-4, 34 % Euro-5). Der Diesel-Euro-6-Anteil ist bei den Berliner LNF hingegen etwas niedriger als in der Standardflotte.

Für die Busse zeigen sich sehr unterschiedliche Flottenzusammensetzungen. Dies resultiert bei den Reisebussen aus der geringen Anzahl erfasster Fahrzeuge. Sie liegt bei ca. 300 Reisebussen am Querschnitt Leipziger Straße und zwischen 8 und 171 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 deutlich geringer als in der Standardflotte, in der Silbersteinstraße und in Alt-Moabit beträgt der Euro-VI-Anteil hingegen nahezu 100 %. Im Gegensatz zur Standardflotte sind in der Berliner Flotte praktisch 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.

Bei den schweren Nutzfahrzeugen ist gegenüber der Standardflotte vor allem ein geringerer Anteil an Euro-V- und Euro-VI-Fahrzeugen sowie demgegenüber ein höherer Anteil an Euro-IV-Fahrzeugen ersichtlich.

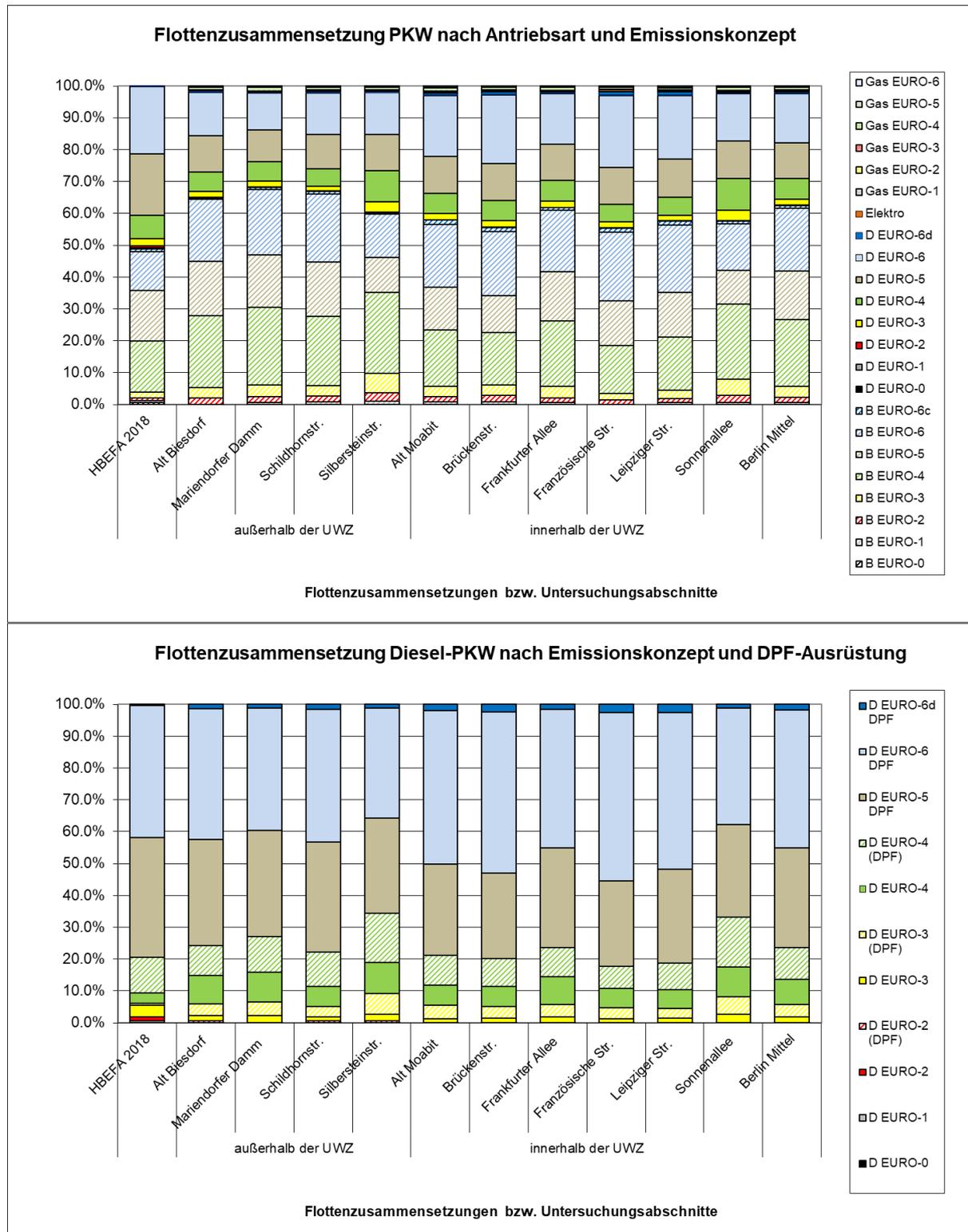


Abb. 4.2: Flottenzusammensetzung PKW nach Antriebsart und Emissionskonzept an Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 für das Bezugsjahr 2018

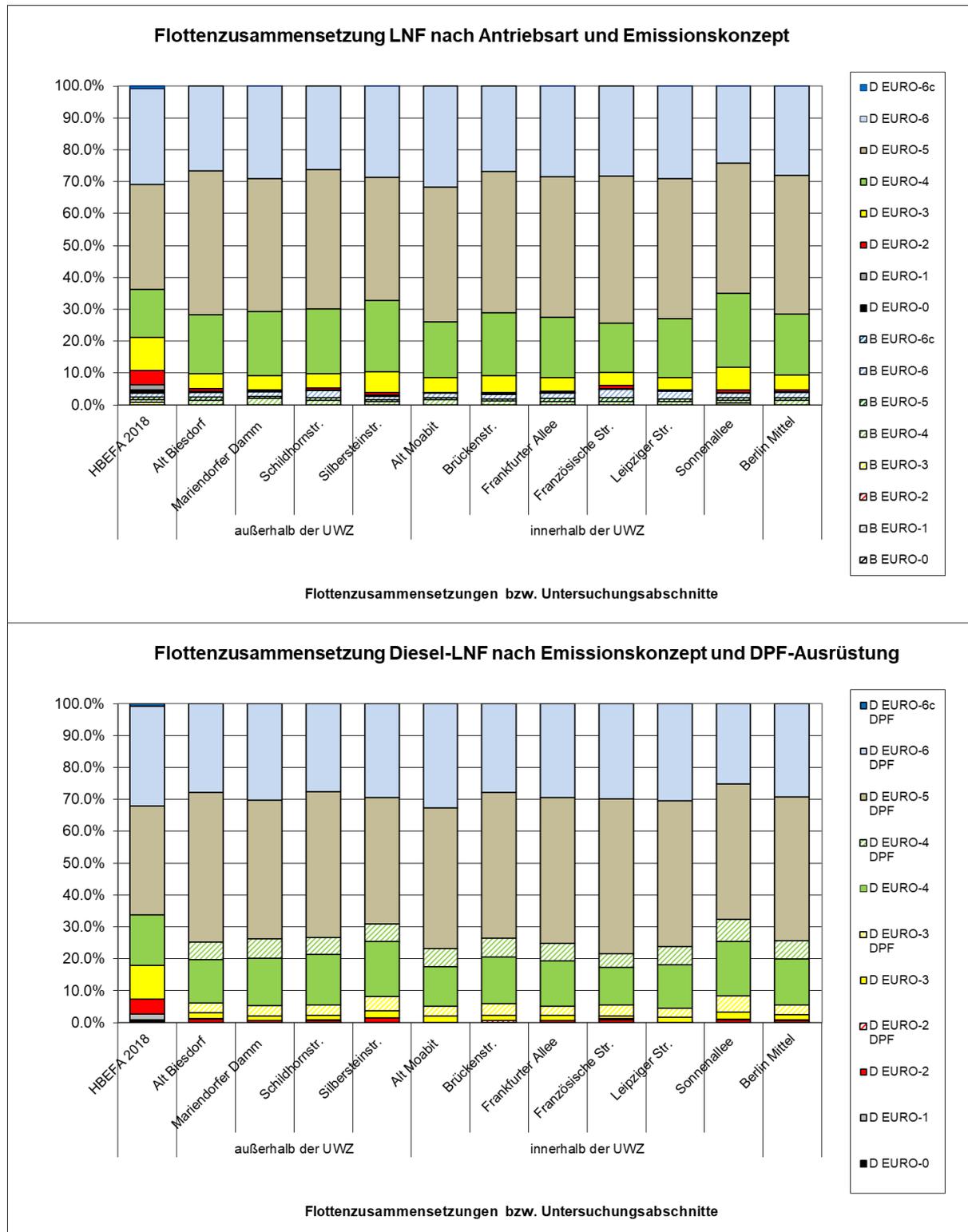


Abb. 4.3: Flottenzusammensetzung LNF nach Antriebsart und Emissionskonzept an Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 für das Bezugsjahr 2018

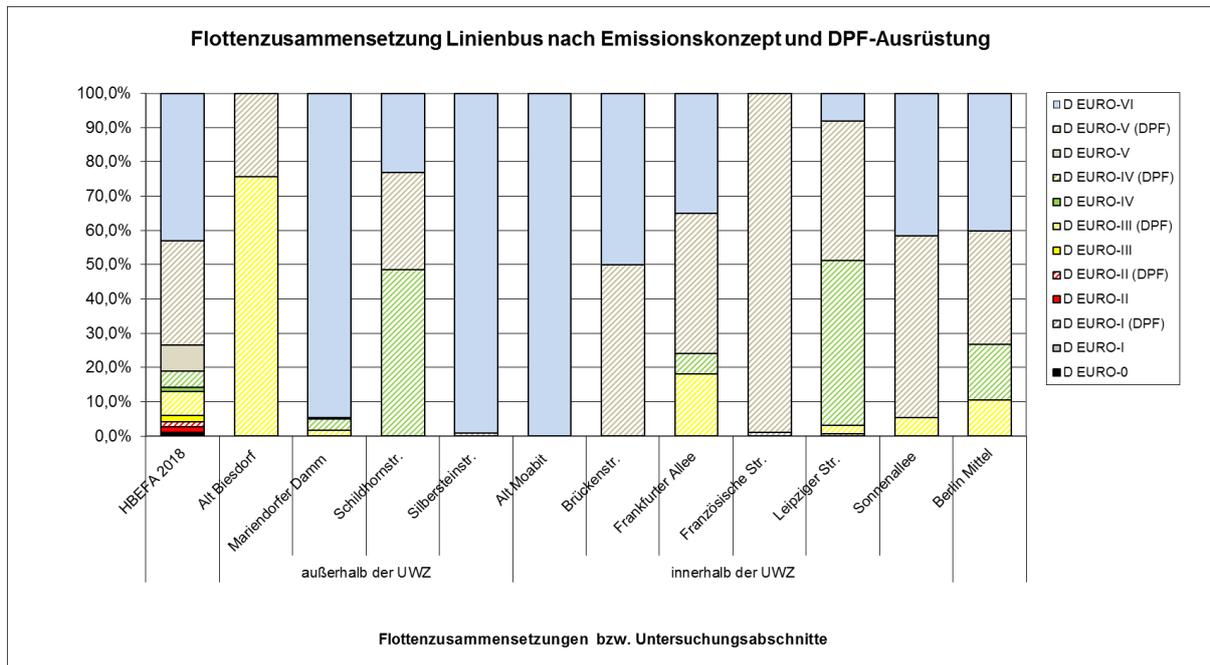


Abb. 4.4: Flottenzusammensetzung Linienbusse nach Antriebsart und Emissionskonzept an Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 für das Bezugsjahr 2018

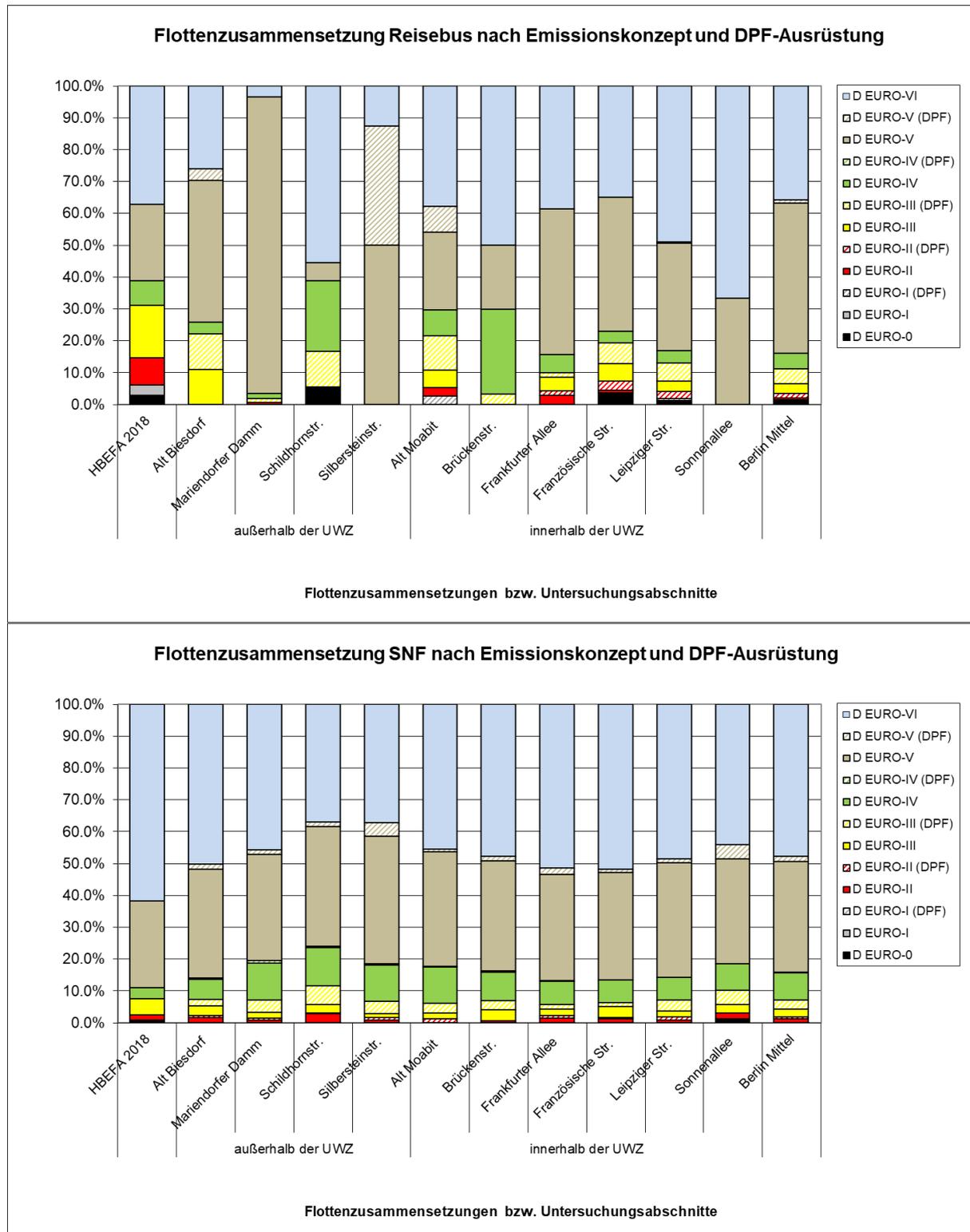


Abb. 4.5: Flottenzusammensetzung RBus und SNF nach Emissionskonzept an Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 3.3 für das Bezugsjahr 2018

4.4 Abgeleitete Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkategorien

Grundlage für die Wichtung der Emissionsfaktoren waren neben den in Abschnitt 4.3 dargestellten Flottenzusammensetzungen nach Emissionskonzepten die in

dargestellten Minderungen der PM10-Motoremissionen entsprechend der Ausrüstung mit Dieselpartikelfilter.

Bei SNF und Bussen der Abgasnormen EURO-IV und EURO-V erfolgt in HBEFA 3.3 eine Unterscheidung nach Abgasnachbehandlungstechnologie (EGR / SCR). Wie in Abschnitt 4.1 erläutert, war diese Unterteilung im Rahmen der Kennzeichenauswertung nicht möglich war, 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 AG 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 AG 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, das NO₂/NO_x-Verhältnis jedoch mit 7 % bei SCR gegenüber 21 % bei EGR deutlich anders ist. Somit wirken sich die Unsicherheiten in der Zuordnung zu den Fahrzeugen mit EGR- / SCR - Technologie auf die Höhe der gewichteten Emissionsfaktoren der Stickoxide aus.

Entsprechend der in Abschnitt 4.3 dargestellten Berliner Flottenzusammensetzungen, wirken sich die Unterschiede gegenüber der Standardflotte in den gewichteten Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkategorien aus. In den **Abb. 4.6** bis **Abb. 4.8** sind exemplarisch die gewichteten Emissionsfaktoren am Querschnitt Leipziger Straße („Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt“ / Stop&Go-Anteil 25.5 %) denen mit der Standardflotte gewichteten gegenübergestellt. Zur Verdeutlichung der Auswirkungen der in HBEFA 3.3 vorgenommenen Temperaturkorrektur für PKW und LNF erfolgte die Wichtung sowohl mit den Emissionsfaktoren HBEFA 3.2 (ohne Temperaturkorrektur) als auch mit denen aus HBEFA 3.3.

Bei den PKW liegen die Emissionsfaktoren, insbesondere auf Grund des geringeren Dieselannteils, in der Leipziger Straße unter denen der Standardflotte. Die Berücksichtigung des

Temperatureinflusses in HBEFA 3.3 führt sowohl bei der Flottenzusammensetzung in der Leipziger Straße als auch in der Standardflotte gegenüber HBEFA 3.2 zu einer Erhöhung der Stickoxidemissionen um ca. 40 %.

Die Emissionsfaktoren der leichten Nutzfahrzeuge sind für NO₂ und PM₁₀ auf Grund des gegenüber der Standardflotte höheren Anteils an Euro-4- bis Euro-6-Fahrzeugen sowie der DPF-Ausrüstung niedriger als in der Standardflotte, für NO_x liegen sie in der gleichen Größenordnung. Auf Grund der höheren Euro-4- bis Euro-6-Anteile wirkt sich in der Leipziger Straße auch die Temperaturkorrektur stärker aus. Demnach führt die Berücksichtigung des Temperatureinflusses in der Leipziger Straße gegenüber HBEFA 3.2 zu einer Erhöhung der Stickoxidemissionen um ca. 35 %, in der Standardflotte hingegen nur um ca. 30 %.

Bei den schweren Nutzfahrzeugen wirken sich die Unterschiede in den Flottenzusammensetzungen (geringerer Euro-VI-, höherer Euro-V-Anteil) dahingehend aus, dass die NO₂-Emissionsfaktoren leicht unter, die NO_x-Emissionsfaktoren leicht über denen der Standardflotte liegen. An dieser Stelle kommen jedoch die oben beschriebenen Unsicherheiten bzgl. der EGR- / SCR-Zuordnung zum Tragen. Die PM₁₀-Faktoren sind, insbesondere durch die DPF-Ausrüstung niedriger als in der Standardflotte.

Die Emissionsfaktoren der Linienbusflotte liegen auf Grund der DPF- und SCR-Ausrüstung sowohl bei den Stickoxiden als auch beim motorbedingten PM₁₀ in der Leipziger Straße deutlich unter denen der Standardflotte.

Am Querschnitt Leipziger Straße wurden mit 300 Fahrzeugen bzgl. aller untersuchten Abschnitte die meisten Reisebusse erfasst. Die Flottenzusammensetzung zeigte einen deutlich höheren Anteil an Euro-V- und Euro-VI-Fahrzeugen als in der Standardflotte. Dementsprechend liegen die Emissionsfaktoren aller betrachteten Schadstoffe unter denen der Standardflotte.

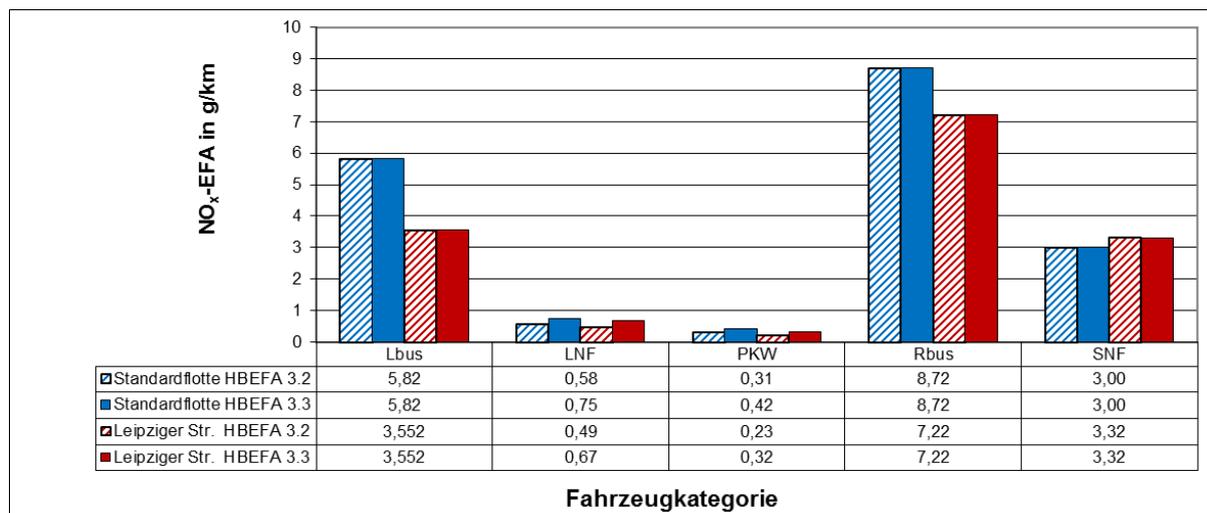


Abb. 4.6: Vergleich gewichteter NO_x-Emissionsfaktoren am Beispiel Leipziger Straße

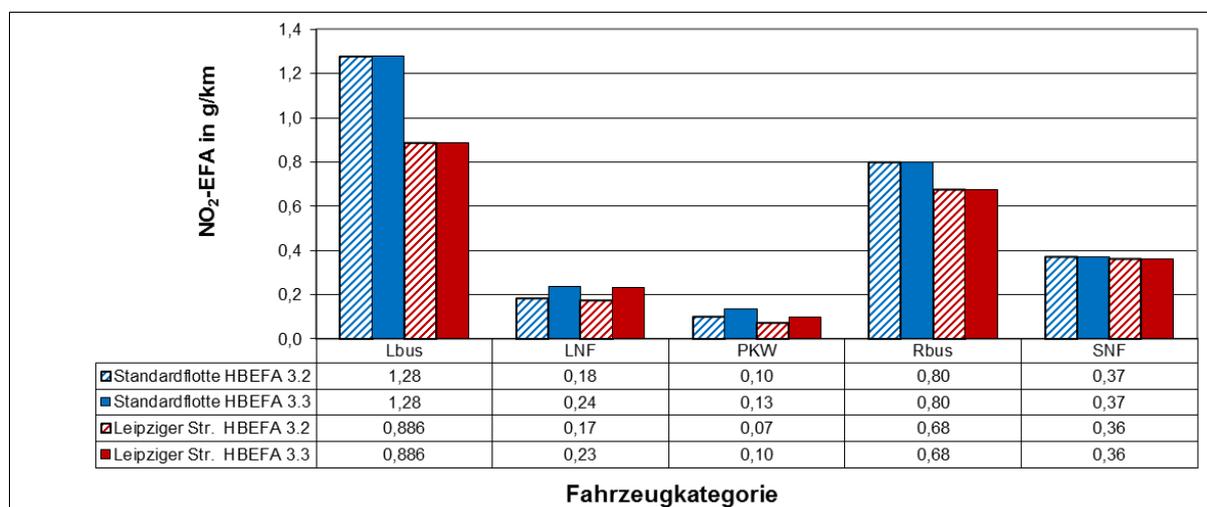


Abb. 4.7: Vergleich gewichteter NO₂-Emissionsfaktoren am Beispiel Leipziger Straße

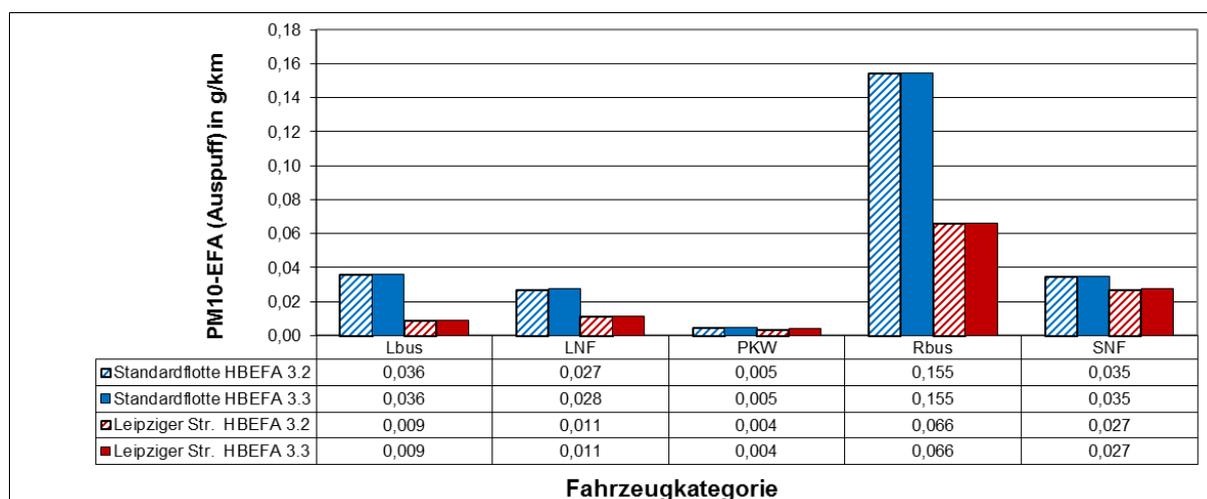


Abb. 4.8: Vergleich gewichteter motorbedingter PM10-Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung der DPF-Ausrüstung am Beispiel Leipziger Straße

4.5 Emissionen an den Untersuchungsstandorten

Aus den vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten 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. 4.9** bis **Abb. 4.11** dargestellt.

Die aus der Kennzeichenerfassung bestimmten Emissionen sind mit „LOH 2015“ bzw. „LOH 2018“ gekennzeichnet. Die zum Vergleich angeführten Emissionsdichten entsprechend der Standardflotte des HBEFA werden mit „HBEFA 2015“ bzw. „HBEFA 2018“ bezeichnet. Zur Verdeutlichung des Einflusses der Temperaturkorrektur in HBEFA 3.3 wurden die Emissionen sowohl auf Basis HBEFA 3.2 als auch HBEFA 3.3 berechnet und in den Darstellungen entsprechend 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 45 % bei NO_x bzw. 59 % bei NO_2 in der Französischen Straße am niedrigsten, in Alt Moabit mit 71 % bei NO_x bzw. 76 % bei NO_2 am höchsten.

Im Bezugsjahr 2018 liegen die mit der lokalen Flotte ermittelten Stickoxid-Emissionen zwischen 13 % bis 32 % niedriger als die aus der Standardflotte abgeleiteten.

Unter Verwendung der Emissionsfaktoren aus HBEFA 3.2, d.h. ohne Temperaturkorrektur (Vergleich „HBEFA 3.2 2018“ / „LOH HBEFA 3.2 2018“) ist der Unterschied zwischen lokaler Flotte und Standardflotte in Alt Moabit mit -35 % sowohl bei NO_x als auch bei NO_2 am deutlichsten. Bei NO_2 liegen die Gesamtemissionen der lokalen Flotten zwischen 35 % (Alt Moabit und Mariendorfer Damm) und 17 % (Brückenstraße) unter denen der Standardflotte.

Unter Verwendung der Emissionsfaktoren aus HBEFA 3.3, d.h. unter Berücksichtigung des Temperatureinflusses (Vergleich „HBEFA 3.3 2018“ / „LOH HBEFA 3.3 2018“) betragen die relativen Unterschiede zwischen den lokalen Flotten und der Standardflotte mit geringfügigen Abweichungen in etwa denen, die sich aus den Emissionsfaktoren HBEFA 3.2 (Vergleich „HBEFA 3.2 2018“ / „LOH HBEFA 3.2 2018“) ergeben.

Die Temperaturkorrektur in HBEFA 3.3 wirkt sich in den Stickoxidemissionen deutlich aus (Vergleich „LOH HBEFA 3.3 2018“ / „LOH HBEFA 3.2 2018“). Demnach führt die Temperaturberücksichtigung bei den NO_x-Emissionen zu einer Erhöhung um 17 % (Sonnenallee) bis 33 % (Alt Moabit). Die NO₂-Emissionen erhöhen sich um 22 % (Sonnenallee) und 39 % (Alt Moabit).

Der Vergleich der emissionsseitigen Auswirkungen der Flottenzusammensetzungen 2018 gegenüber denen, die im Rahmen der Kennzeichenerfassung 2015 ermittelt wurden, zeigt bei Verwendung der Emissionsfaktoren HBEFA 3.2 (Vergleich „LOH HBEFA 3.2 2018“ / „LOH HBEFA 3.2 2015“) auf Grund der Flottenmodernisierung einen Rückgang um 26 % bis 40 % bei NO_x bzw. 20 % bis 32 % bei NO₂. Die temperaturbedingte Erhöhung der Stickoxidemissionsfaktoren der PKW und LNF in HBEFA 3.3 führt jedoch dazu, dass die Flottenmodernisierung gegenüber den 2015 berechneten Emissionen (Vergleich „LOH HBEFA 3.3 2018“ / „LOH HBEFA 3.2 2015“) nur zu einer NO_x-Reduzierung um 11 % bis 27 % führt. Bei NO₂ führt dies zu einem Rückgang von maximal 11 % (Leipziger Straße), in der Silbersteinstraße werden die Effekte der Flottenmodernisierung durch die Temperaturberücksichtigung sogar überkompensiert, sodass hier die Gesamt-NO₂-Emissionen 2018 / HBEFA 3.3 gegenüber 2015 / HBEFA 3.2 um ca. 3 % höher sind.

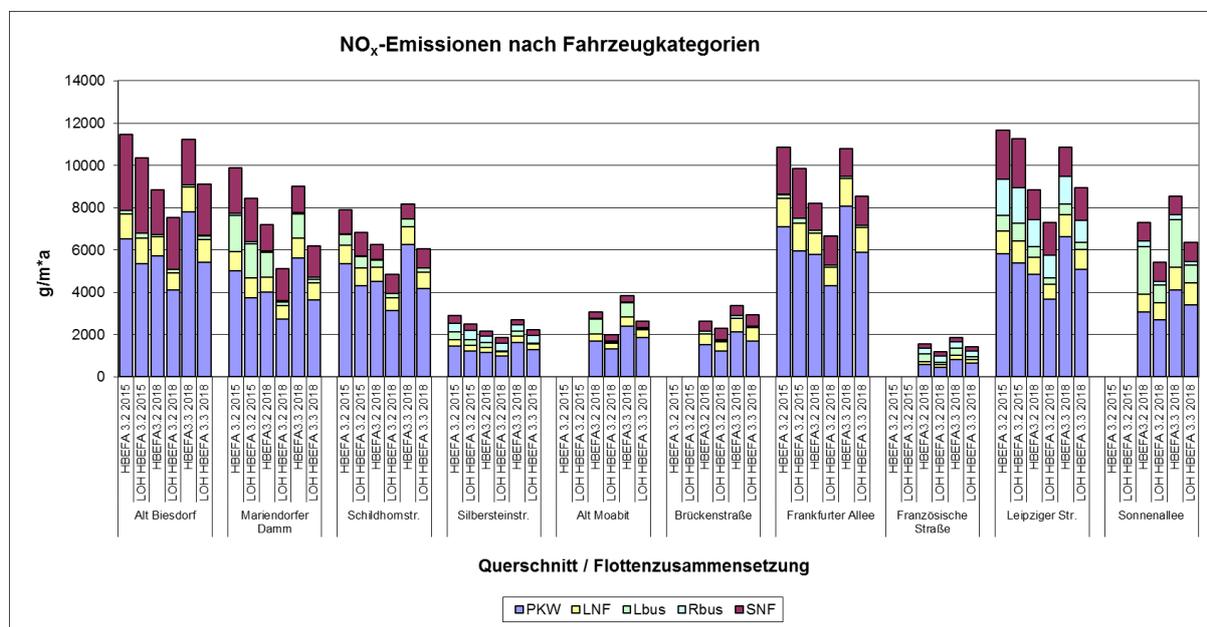


Abb. 4.9: Vergleich NO_x-Emissionsdichten 2015 / 2018 zwischen Standardflotte (= HBEFA) und Querschnittsflotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

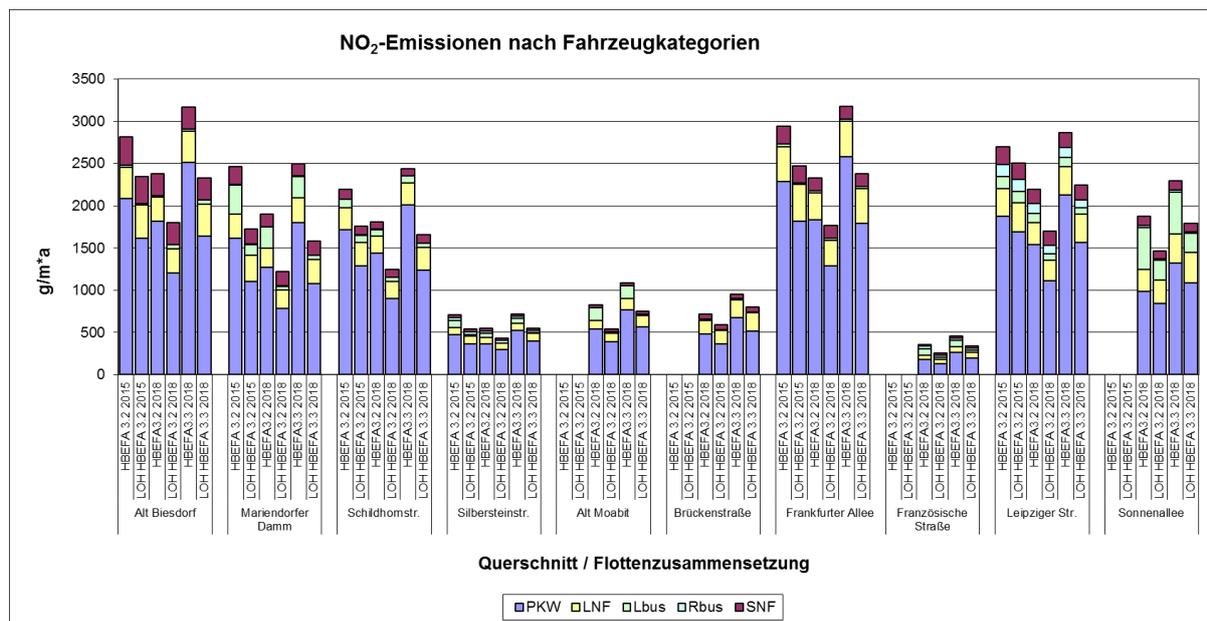


Abb. 4.10: Vergleich NO₂-Emissionsdichten 2015 / 2018 zwischen Standardflotte (= HBEFA) und Querschnittsflotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

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 47 % in der Französischen Straße am niedrigsten, in Alt Moabit und der Frankfurter Allee mit 70 % am höchsten. Der LNF-Anteil motorbedingter PM₁₀-Emissionen liegt zwischen ca. 16 % und 29 %.

Im Bezugsjahr 2018 liegen die mit der lokalen Flotte ermittelten motorbedingten PM₁₀-Emissionen an allen Straßenabschnitten niedriger als die aus der Standardflotte abgeleiteten. Die in HBEFA 3.3 vorgenommene Emissionsfaktorenerhöhung auf Grund des Temperatureinflusses bezieht sich ausschließlich auf Stickoxide. Die PM₁₀-Emissionsfaktoren in HBEFA 3.3 sind deshalb identisch mit denen des HBEFA 3.2. Aus diesem Grunde sind auch die Emissionsmengen in den Szenarien „LOH HBEFA 3.3 2018“ / „LOH HBEFA 3.2 2018“ sowie „HBEFA 3.3 2018“ / „HBEFA 3.2 2018“ identisch.

Die motorbedingten PM₁₀-Emissionen sind von 2018 zu 2015 um 36 % (an der Silbersteinstraße) bis 43 % (an der Schildhornstraße) zurückgegangen (Vergleich „LOH HBEFA 3.3 2018“ / „LOH HBEFA 3.2 2015“). Im Vergleich zur HBEFA 3.3-Standardflotte 2018 (Vergleich „HBEFA 3.3 2018“ / „LOH HBEFA 3.3 2018“) sind die motorbedingten PM₁₀-Emissionen um 23 % bis 38 % niedriger.

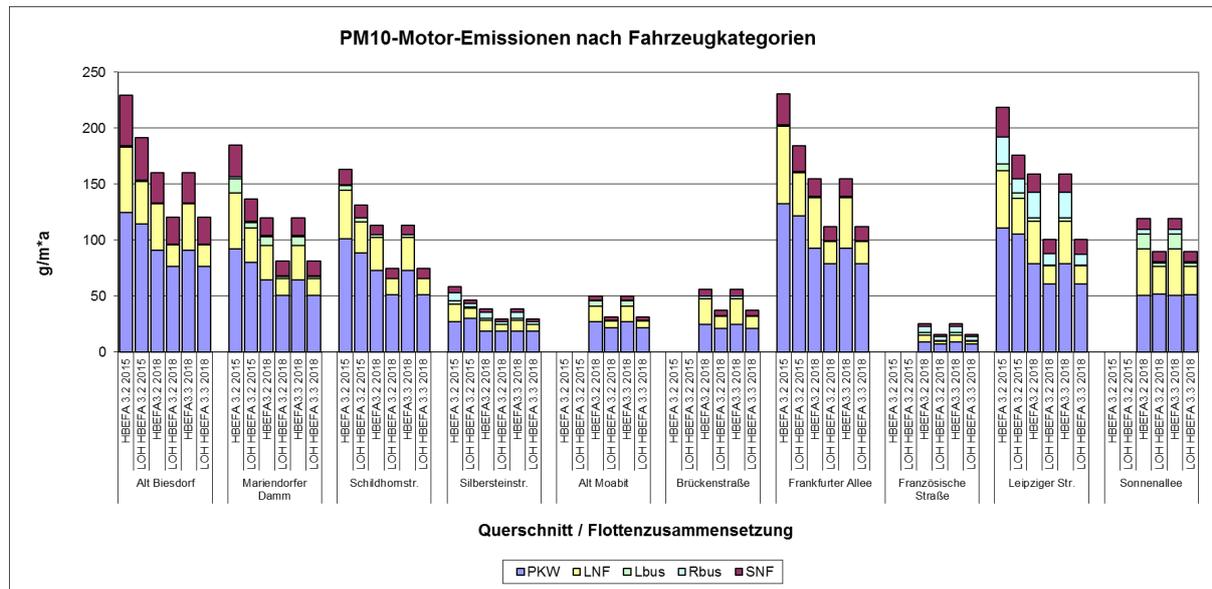


Abb. 4.11: Vergleich motorbedingte PM10-Emissionsdichten 2015 / 2018 zwischen Standardflotte (= HBEFA) und Querschnittsflotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

4.6 Anteil Primärer NO₂-Emissionen am NO_x

Der Anteil primärer NO₂-Emissionen an den NO_x-Emissionen ist differenziert nach Fahrzeugkategorien für die verschiedenen Flottenzusammensetzungen in der **Abb. 4.12** dargestellt. Der Anteil NO₂/NO_x liegt nach HBEFA 3.3 bei Otto-Motoren bei ca. 5 %. Bei Diesel-Fahrzeugen ist dieser Anteil mit 30 bis 50 % bei EURO3- und EURO4-Leichtverkehrsfahrzeugkategorien (PKW und LNF) sowie 7 bis 30 % bei Schwerverkehrsfahrzeugen zum Teil deutlich höher. Im Vergleich zu HBEFA 3.2 sind diese Anteile unverändert geblieben.

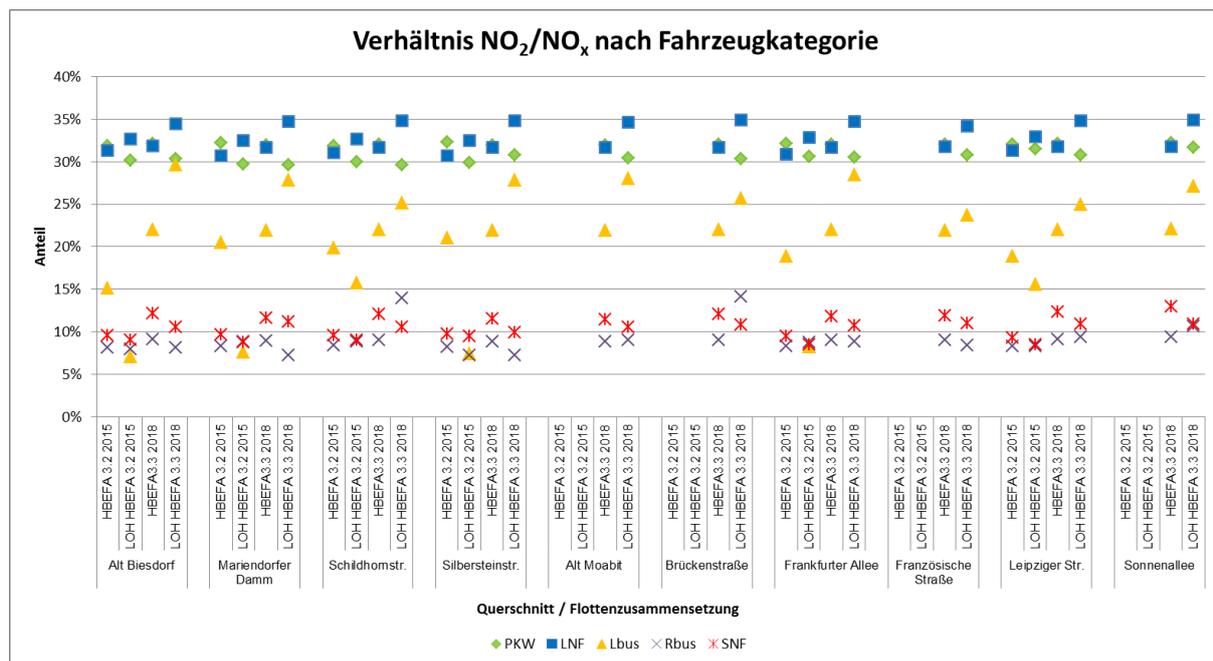


Abb. 4.12: Vergleich Anteil primärer NO_2 -Emissionen am NO_x 2015 / 2018 zwischen Standardflotte HBEFA 3.2 bzw. HBEFA 3.3 (= HBEFA) und Querschnittsflotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

Die Auswertung zeigt, dass im Jahre 2018 der Anteil NO_2/NO_x für die schweren Nutzfahrzeuge sowohl in der Berliner Flotte als auch in HBEFA bei ca. 10 % liegt.

Für die PKW liegt dieser Anteil in der Berliner Flotte zwischen 30 % und 31 % und damit ca. 2 Prozentpunkte unter denen der Standardflotte. Dies resultiert u. a. aus den geringeren Diesel-Anteilen gegenüber der HBEFA-Flotte.

Für die LNF liegt der NO_2/NO_x -Anteil an allen Abschnitten bei ca. 34 % (lokale Flotte) gegenüber 32 % (Standardflotte).

Der Anteil NO_2/NO_x der Linienbusse ist stark vom Fahrzeugeinsatz abhängig und reicht von 24 % bis zu 30 % in der Berliner Flotte gegenüber 22 % in der HBEFA-Flotte.

Bei den Reisebussen entsprechen die NO_2/NO_x -Anteile in den meisten Abschnitten mit ca. 8-9 % ungefähr denen der HBEFA-Flotte. Lediglich in der Brückenstraße und Schildhornstraße sind die NO_2 -Anteile der lokalen Flotten mit 14 % höher.

Der Mittelwert des Anteils der primären NO_2 -Emissionen am NO_x (**Abb. 4.13**) liefert 2018 Werte zwischen 24 % (Französische Straße) und 28 % (Alt Moabit und Frankfurter Allee). Die HBEFA-Flotte liefert mit 24 bis 30 % leicht höhere Werte.

Im Vergleich zu 2015 ist das NO₂/NO_x-Verhältnis sowohl in der Berliner Flotte als auch in der HBEFA-Flotte im Jahre 2018 um 2 bis 5 Prozentpunkte gestiegen.

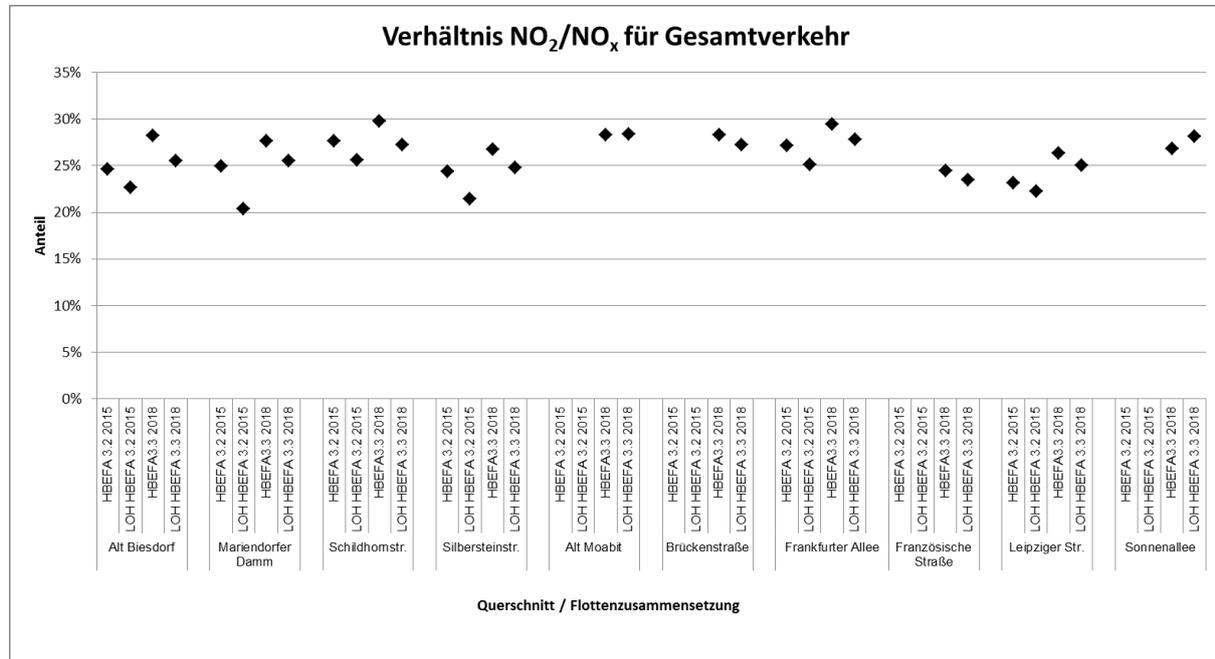


Abb. 4.13: Vergleich mittlerer Anteil primärer NO₂-Emissionen am NO_x 2015/2018 zwischen Standardflotte (= HBEFA) und Querschnittsflotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

5 ZUSAMMENFASSUNG

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“ Version 3.3 (UBA, 2017) berechnet. Zum Vergleich mit Daten aus vorherigen Untersuchungen wurden die Emissionen außerdem auf Basis HBEFA 3.2 berechnet.

In HBEFA 3.3 wird 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 allerdings ausschließlich für PKW.

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

Darüber hinaus erfolgte ein Vergleich der Flottenzusammensetzungen 2018 mit den in der Vorgängeruntersuchung 2015 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 der Standardflotte des HBEFA ergeben.

Folgende wesentliche Ergebnisse wurden ermittelt:

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

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 hin.

Der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette liegt im Jahre 2018 an allen Abschnitten bei ca. 99 %.

Für die Emissionsberechnungen an den einzelnen Abschnitten wurden neben den jeweils für das Jahr 2018 ermittelten Flottenzusammensetzungen aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den Vorgängeruntersuchungen die gleichen Verkehrssituationen sowie Verkehrsstärken verwendet. Da die Flottenzusammensetzungen, wie oben beschrieben, bis auf die Linienbusse und die auf Grund ihrer geringen Verkehrsstärke für die absolute Emissionshöhe relativ irrelevanten Reisebusse, an den verschiedenen Abschnitten keine großen 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. 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 45 % bei NO_x bzw. 59 % bei NO_2 in der Französischen Straße am niedrigsten, in Alt Moabit mit 71 % bei NO_x bzw. 76 % bei NO_2 am höchsten.

Im Bezugsjahr 2018 liegen die mit der lokalen Flotte ermittelten Stickoxid-Emissionen um 13 bis 32 % niedriger als die aus der Standardflotte abgeleiteten.

Unter Verwendung der Emissionsfaktoren aus HBEFA 3.2, d.h. ohne Temperaturkorrektur ist der Unterschied zwischen lokaler Flotte und Standardflotte in Alt Moabit mit -35 % sowohl bei NO_x als auch bei NO₂ am deutlichsten. Bei NO₂ liegen die Gesamtemissionen der lokalen Flotten zwischen 35 % (Alt Moabit und Mariendorfer Damm) und 17 % (Brückenstraße) unter denen der Standardflotte.

Unter Verwendung der Emissionsfaktoren aus HBEFA 3.3, d.h. unter Berücksichtigung des Temperatureinflusses betragen die relativen Unterschiede zwischen den lokalen Flotten und der Standardflotte mit geringfügigen Abweichungen in etwa denen, die sich aus den Emissionsfaktoren HBEFA 3.2 ergeben.

Die Temperaturkorrektur in HBEFA 3.3 wirkt sich in den Stickoxidemissionen deutlich aus. Demnach führt die Temperaturberücksichtigung bei den NO_x-Emissionen zu einer Erhöhung um 17 % (Sonnenallee) bis 33 % (Alt Moabit). Die NO₂-Emissionen erhöhen sich um 22 % (Sonnenallee) und 39 % (Alt Moabit).

Der Vergleich der emissionsseitigen Auswirkungen der Flottenzusammensetzungen 2018 gegenüber denen, die im Rahmen der Kennzeichenerfassung 2015 ermittelt wurden, zeigt bei Verwendung der Emissionsfaktoren HBEFA 3.2 auf Grund der Flottenmodernisierung einen Rückgang um 26 % bis 40 % bei NO_x bzw. 20 % bis 32 % bei NO₂. Die temperaturbedingte Erhöhung der Stickoxidemissionsfaktoren der PKW und LNF in HBEFA 3.3 führt jedoch dazu, dass die Flottenmodernisierung gegenüber den 2015 berechneten Emissionen nur zu einer NO_x-Reduzierung um 11 % bis 27 % führt. Bei NO₂ führt dies zu einem Rückgang von maximal 11 % (Leipziger Straße), in der Silbersteinstraße werden die Effekte der Flottenmodernisierung durch die Temperaturberücksichtigung sogar überkompensiert, sodass hier die Gesamt-NO₂-Emissionen 2018 / HBEFA 3.3 gegenüber 2015 / HBEFA 3.2 um ca. 3 % höher sind.

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 47 % in der Französischen Straße am niedrigsten, in Alt Moabit und der Frankfurter Allee mit 70 % am höchsten. Der LNF-Anteil motorbedingter PM10-Emissionen liegt zwischen ca. 16 % und 29 %.

Im Bezugsjahr 2018 liegen die mit der lokalen Flotte ermittelten motorbedingten PM10-Emissionen an allen Straßenabschnitten niedriger als die aus der Standardflotte abgeleiteten. Die

in HBEFA 3.3 vorgenommene Emissionsfaktorenerhöhung auf Grund des Temperatureinflusses bezieht sich ausschließlich auf Stickoxide. Die PM10-Emissionsfaktoren in HBEFA 3.3 sind deshalb identisch mit denen des HBEFA 3.2.

Die motorbedingten PM10-Emissionen sind von 2018 zu 2015 um 36 % (an der Silbersteinstraße) bis 43 % (an der Schildhornstraße) zurückgegangen. Im Vergleich zur HBEFA 3.3-Standardflotte 2018 sind die motorbedingten PM10-Emissionen um 23 % bis 38 % niedriger.

Der Mittelwert des Anteils der primären NO₂-Emissionen am NO_x liefert 2018 Werte zwischen 24 % (Französische Straße) und 28 % (Alt Moabit und Frankfurter Allee). Die HBEFA-Flotte liefert mit 24 bis 30 % leicht höhere Werte.

Im Vergleich zu 2015 ist das NO₂/NO_x-Verhältnis sowohl in der Berliner Flotte als auch in der HBEFA-Flotte im Jahre 2015 um 2 bis 5 Prozentpunkte gestiegen.

6 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 (2014): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2/Juli 2014. 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 (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>.

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 Weichselstraße