



ERMITTLUNG DER FLOTTENZUSAMMENSETZUNG, EMISSIONSFAKTOREN UND DER MITTLEREN TÄGLICHEN EMISSIONEN AUS DEM KFZ-VERKEHR ANHAND VON KENNZEICHENERHEBUNGEN (EFEK 2021) Schlussbericht vom 28. Juli 2022



Schlussbericht vom 28.07.2022

**ERMITTLUNG DER FLOTTENZUSAMMENSETZUNG,
EMISSIONSFAKTOREN UND DER
MITTLEREN TÄGLICHEN EMISSIONEN
AUS DEM KFZ-VERKEHR ANHAND VON
KENNZEICHENERHEBUNGEN (EFEK 2021)**

Auftraggeber:

Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz
Abt. I Umweltpolitik, Abfallwirtschaft, Immissionsschutz – I C 501
Brückenstraße 6
10179 Berlin

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dresden

In Zusammenarbeit mit:

SVU Dresden, Planungsbüro Dr. Hunger
CAT Traffic,
Cichon Automatisierungstechnik GmbH

Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr. rer. nat. I. Düring

Juli 2022
Projekt 10240-21-10
Berichtsumfang 100 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	5
SUMMARY	9
1 AUFGABENSTELLUNG	13
2 KENNZEICHENERFASSUNG	17
2.1 Vorgehen der Kennzeichenerfassung.....	17
2.2 Auswertung der Kennzeichenerfassung	22
3 ERGEBNISSE DER KENNZEICHENERFASSUNG	24
3.1 Herkunft der Fahrzeugflotte	24
3.2 Fahrzeugkategorien.....	24
3.3 Jahr der Erstzulassung	28
3.4 Kraftstoffnutzung.....	34
3.5 Ausrüstungsgrad mit Partikelfiltern	39
3.6 Schadstoffgruppen und Plaketten.....	42
3.6.1 PKW	42
3.6.2 Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)	43
3.6.3 Linienbusse	45
3.6.4 Reisebusse.....	45
3.6.5 Schwere Nutzfahrzeuge (SNF).....	46
3.7 Fazit Flottenzusammensetzung	47
4 EMISSIONSBERECHNUNG	49
4.1 Vorgehen	49
4.1.1 Berücksichtigung der Umgebungstemperatur	49
4.1.2 Bestimmung der Euro-Abgasnorm	50
4.1.3 Berücksichtigung der DPF-Ausrüstung.....	52
4.1.4 Berücksichtigung der SCR-Ausrüstung	53
4.1.5 Berücksichtigung alternativer Antriebsarten	54
4.2 Flottenzusammensetzung nach Antriebsart und Emissionskonzept.....	55

4.3 Emissionsvergleich 2020 / 2021	62
4.3.1 Verkehrliche Eingangsdaten.....	62
4.3.2 Abgeleitete Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkategorien.....	63
4.3.3 Emissionen an den Untersuchungsstandorten	66
4.4 Emissionsvergleich Werktag / Wochenende.....	69
4.4.1 Verkehrliche Eingangsdaten.....	69
4.4.2 Abgeleitete Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkategorien.....	72
4.4.3 Emissionen an den Untersuchungsstandorten	80
4.5 Auswirkungen des Dieseldurchfahrverbotes (DFV)	82
4.6 Anteil Primärer NO ₂ -Emissionen am NO _x	90
5 LITERATUR	93
ANHANG A1: FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG	94

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz nicht, auch nicht auszugsweise, vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Namen 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 Immissionskenngößen Jahresmittelwert, 98-Perzentilwert (= Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird) und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jah-

resmittelwert 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.

Zusammenfassung

Ziel und Vorgehen

An 11 Standorten in Berlin wurden je an einem typischen Werktag und einem Wochenendtag im Oktober 2021 Kennzeichenerfassungen durchgeführt. Die erfassten (inländischen) Kennzeichen wurden durch Abfrage beim Kraftfahrt-Bundesamt und der Berliner Zulassungsbehörde 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 4.1) berechnet.

Darüber hinaus erfolgte ein Vergleich der Flottenzusammensetzungen 2021 mit den in der Vorgängeruntersuchung 2020 erfassten Flotten sowie deren emissionsseitigen Auswirkungen.

Auf der Basis dieser Auswertung wurden die Kfz-bedingten Auspuff-Emissionen (Stickoxide und Partikel) an den einzelnen Untersuchungsstandorten berechnet

Folgende wesentliche Ergebnisse wurden ermittelt:

Schadstoffgruppen und Plaketten

Ein Vergleich der Ergebnisse der Erfassungen aus den Jahren 2009, 2010, 2012, 2015, 2018, 2019, 2020 und 2021 zeigt eine deutliche Modernisierung der Fahrzeugflotten aller betrachteten Fahrzeugkategorien.

Die Fahrzeuganteile nach Schadstoffgruppe bzw. Plakette unterscheiden sich zwischen den Abschnitten innerhalb und außerhalb der Umweltzone nicht oder nur noch äußerst geringfügig.

Der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette liegt im Jahre 2021 an allen Abschnitten bei nahezu 100 %.

Emissionsberechnung - Vergleich 2020/2021

Für die Emissionsberechnungen an den einzelnen Abschnitten wurden neben den jeweils für das Jahr 2021 ermittelten Flottenzusammensetzungen aus Gründen der Vergleichbarkeit mit den Vorgängeruntersuchungen die gleichen Verkehrssituationen sowie Verkehrsstärken verwendet wie in den Untersuchungen seit 2009. Da die lokalen Flottenzusammensetzungen an den verschiedenen Abschnitten - bis auf die der Linien- und Reisebusse - keine wesentlichen Schwankungen aufweisen, sind die Verkehrsstärke und die Verkehrssituation die maßgeblichen Faktoren, die zu den unterschiedlichen Emissionsniveaus führen.

Hohe Stickoxid-Emissionen sind demnach in Alt-Biesdorf, der Frankfurter Allee und der Leipziger Straße zu verzeichnen, geringere hingegen in der Silbersteinstraße, Alt-Moabit und der Brückenstraße. Diese Unterschiede beruhen in erster Linie auf den sehr unterschiedlichen Verkehrsmengen der Straßenabschnitte.

Der Anteil der PKW-Emissionen ist mit 53 % in der Hermannstraße am niedrigsten und mit ca. 70 % in der Schildhornstraße am höchsten. Der LNF-Anteil an den NO_x-Emissionen liegt zwischen 11 % (Klosterstraße, Silbersteinstraße) und 22 % (Brückenstraße). Bei den Linienbussen liegen die Beiträge zwischen 0.02 % in der Brückenstraße und 8.3 % in der Klosterstraße in Spandau.

Wie bereits im Jahre 2020 liegen auch im Jahr 2021 die Gesamtemissionen – sowohl der Stickoxide als auch der motorbedingten Partikel – an allen Untersuchungsabschnitten mit der lokalen Flotte z.T. deutlich unter denen, die sich unter Verwendung der Standardflotte ergeben würde.

Durch die Flottenmodernisierung von 2020 auf 2021 sanken die spezifischen NO_x-Emissionen der Berliner Fahrzeugflotte (bei konstant gehaltenen Verkehrsmengen) an den meisten untersuchten Straßenabschnitten zwischen 8 % (Leipziger Straße) und 21 % (Sonnenallee).

Der Anteil der primären NO₂-Emissionen am NO_x beträgt im Jahr 2021 für den Gesamtverkehr zwischen 24 % (Silbersteinstraße) und 29 % (Sonnenallee) und damit ca. 2 - 3 Prozentpunkte niedriger als in der Standardflotte.

Emissionsberechnung - Vergleich Werktag/Wochenende

Für den Vergleich der Emissionen Werktag/Wochenende wurden zunächst die unterschiedlichen Flottenzusammensetzungen berechnet. Dabei stellte sich heraus, dass in den Flottenzusammensetzungen der PKW und LNF an den Wochenenden der Dieselanteil geringer ist. Dieser Effekt ist tendenziell emissionsmindernd. Im Gegensatz dazu ist der Anteil moderner Fahrzeuge (Euro-5, Euro-6, Elektro) am Wochenende geringer. Dieser Effekt ist hingegen emissionserhöhend.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren an Wochenendtagen zeigen, dass der geringere und damit emissionsmindernde Dieselanteil an den Wochenenden den emissionserhöhenden Effekt der schlechteren Flottenzusammensetzung nur in wenigen Einzelfällen kompensiert. Bei den PKW, wo der Dieselanteil am Wochenende deutlich stärker abnimmt als bei den LNF, ist der Kompensationseffekt dementsprechend höher, sodass die Emissionsfaktoren hier nur max. 5 % bei NO_x bzw. 15 % bei PM10 über denen an Werktagen liegen. Bei den LNF hingegen ist der Dieselrückgang an Wochenenden nur marginal, sodass sich hier die schlechtere Flotte mit einer Emissionserhöhung von bis zu 20 % bei NO_x bzw. 90 % bei PM10 auswirkt.

Zur Berechnung der Emissionsmengen wurden sowohl die Verkehrsmengen als auch die Verkehrssituationen nach Werktag und Sonntag unterschieden. Dabei zeigte sich, dass die Verkehrsmengen (DTV) sowie der Anteil SNF sonntags deutlich niedriger sind. Die Verkehrssituationen sind sonntags deutlich günstiger. Diese Effekte wirken sich beide emissionsmindernd aus.

Die Emissionsberechnung ergab, dass die Emissionen sonntags trotz ungünstigerer Flottenzusammensetzung um 40 % (Hermannstraße, Sonnenallee) bis 60 % (Alt-Moabit) niedriger sind als werktags.

Dieseldurchfahrverbot

Zur Bewertung der 2019/2020 eingerichteten Dieseldurchfahrverbote (DFV) wurden die Flottenzusammensetzungen und die Emission 2021 für die Strecken mit Dieseldurchfahrverboten (Alt-Moabit, Leipziger Straße und Silbersteinstraße) mit den Ergebnissen der übrigen Straßen sowie mit den Ergebnissen aus der Kennzeichenerhebung 2019 verglichen.

Demnach zeigt sich bei den PKW, dass die Fahrleistungsanteile der von einem DFV betroffenen Fahrzeuge 2021 im Vergleich vor Einführung des DFV 2019 an den Abschnitten mit DFV etwa 9 % niedriger sind. Bei den leichten Nutzfahrzeugen (LNF) beträgt der relative Rückgang

der Fahrleistungsanteile zwischen den Abschnitten mit und ohne DFV nach Einführung des DFV im Mittel ca. 4.5 %.

In der Vorgängeruntersuchung 2020 wurde der Effekt des DFV auf die Flottenzusammensetzung der PKW und LNF mit einer relativen Minderung der betroffenen Fahrleistungsanteile von 14 % (PKW) bzw. 6 % (LNF) abgeschätzt. Im Vergleich zu 2021 (9 % PKW / 4.5 % LNF) waren diese Anteile somit 2020 höher. Es zeigt sich demnach, dass die Wirkung des DFV auf die Flottenzusammensetzung abnimmt, da der Anteil der betroffenen Fahrzeuge (Diesel Euro-3 – Euro-5) durch die allgemeine Flottenmodernisierung unabhängig vom DFV abnimmt.

Bei den SNF sind die Unterschiede zwischen den Fahrleistungsanteilen an den verschiedenen DFV-Abschnitten unterschiedlich ausgeprägt. Gegenüber den Abschnitten ohne DFV liegen sie in Alt-Moabit und in der Leipziger Straße ca. 3 bzw. 4.5 Prozentpunkte niedriger, in der Silbersteinstraße hingegen fast 17 Prozentpunkte höher. Im Mittel beträgt der Unterschied zu den Abschnitten ohne DFV ca. 2 Prozentpunkte bzw. 7 %.

Im aktuellen Berliner Luftreinhalteplan (LRP) wird bei der Modellierung der verkehrlichen und lufthygienischen Wirkungen des Durchfahrverbots von Ausnahmen für Anlieger in einem Umfang von 20 Prozent der vom Durchfahrverbot betroffenen Fahrzeuge ausgegangen. Dies bedeutet, dass durch das DFV eine Reduktion der Fahrleistungsanteile der betroffenen Fahrzeuge von 80 % angenommen wird.

Bei Annahme einer 80 %igen Reduktion der betroffenen Fahrleistungsanteile würde die Minderung der Gesamtemissionen der Stickoxide zwischen ca. 30 % (Alt-Moabit) und 33 % (Silbersteinstraße, Hermannstraße), die des motorbedingten PM10 zwischen ca. 25 % (Leipziger Straße) und 30 % (Silbersteinstraße) betragen.

Es zeigt sich jedoch, dass sowohl die NO_x- als auch die PM10-Emissionen im Realfall 2021 lediglich um ca. 2 bis 5 % sinken. Die Ergebnisse der Kennzeichenerfassung zeigen somit, dass der im LRP abgeschätzte Minderungseffekt nicht in dieser Höhe eingetreten ist.

Summary

Goal and procedure

License plate recordings were carried out at 11 locations in Berlin on a typical working day and a weekend day in October 2020. The registered (German) license plates were evaluated by querying the Federal Motor Transport Authority and the Berlin registration office with regard to the following criteria:

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

The exhaust emission factors of the individual vehicle categories were calculated on the basis of the "Handbook for Emission Factors of Road Traffic" (HBEFA 4.1).

In addition, the fleet compositions in 2021 were compared with the fleets recorded in the previous study in 2020, as well as their impact on emissions.

Based on this evaluation, the vehicle-related exhaust emissions (nitrogen oxides and PM10) were calculated.

The following main results were determined:

Emissions and environmental badges

A comparison with the results of the studies from 2009, 2010, 2012, 2015, 2018, 2019 2020 und 2021 shows a significant modernization of the vehicle fleet compositions for all vehicle categories examined.

The vehicle proportions according to pollutant group or emissions badges no longer differ or only differ slightly between the locations inside and outside the low emission zone.

The proportion of vehicles with a green emissions badge was almost 100 % on all locations in 2021.

Emissions calculation - Comparison 2020/2021

In addition to the fleet compositions determined for 2021, the same traffic situations and traffic volumes as from previous studies were used for the emissions calculations at the individual locations, so that a comparison between the studies could be made. Since the local fleet composition at the various locations - with the exception of buses and coaches - does not show any significant fluctuations, the volume of traffic and the traffic situation are the decisive factors that lead to the different emission levels.

Accordingly, high nitrogen oxide emissions are recorded in Alt-Biesdorf, Frankfurter Allee and Leipziger Straße, while lower emissions are recorded in Silbersteinstraße, Alt-Moabit and Brückenstraße. With 53 %, the share of car emissions is lowest in Hermannstraße and highest in Schildhornstraße with around 70 %. The LDV contribution to NO_x emissions ranges from 11 % (Klosterstraße, Silbersteinstraße) to 22 % (Brückenstraße). For buses, the contributions range between 0.02 % in Brückenstraße and 8.3 % in Klosterstraße in Spandau.

As in 2020, in 2021 the total emissions - of both nitrogen oxides and exhaust particles - at all locations with the local fleet are lower than those that would result from using the standard fleet.

The NO₂ / NO_x ratio in 2021 for total traffic is between 24 % (Silbersteinstraße) and 29 % (Sonnenallee) and is therefore around 2 - 3 percentage points lower than in the standard fleet from HBEFA 4.1.

Emission calculation - comparison weekday / weekend

For the comparison of the emissions on weekdays and weekends, at first the different fleet compositions were calculated. It turned out that the proportion of diesel in the fleet composition of passenger cars and light commercial vehicles is lower at the weekends. Furthermore, the share of modern vehicles (Euro 5, Euro 6, electric) is lower.

The calculation of the emission factors for weekend days shows that the lower and therefore emission-reducing diesel share on weekends only compensates for the emission-increasing effect of the worse fleet composition in a few individual cases. In the case of cars, where the share of diesel decreases significantly more at the weekend than in the case of LDVs, the compensation effect is correspondingly higher, so that the emission factors here are only a maximum of 5 % for NO_x and 15 % for PM₁₀ above those on weekdays. In the case of LDVs, on the other hand, the decline in share of diesel at weekends is only marginal, so that the

poorer fleet has an effect here with an increase in emissions of up to 20 % for NO_x and 90 % for PM₁₀.

To calculate the emission levels, both the traffic volumes and the traffic situation were differentiated according to workday and Sunday. It turned out that the traffic volumes and the share of SNF on Sundays are significantly lower. The traffic situation is significantly better on Sundays. These effects reduce emissions.

The emissions calculation showed that emissions on Sundays are 40 % (Hermannstrasse, Sonnenallee) to 60 % (Alt-Moabit) lower than on weekdays, despite the worse fleet composition.

Diesel drive-through ban

To evaluate the diesel drive-through bans (DFV) established in 2019/2020, the fleet composition and emissions for the routes with diesel drive-through bans (Alt-Moabit, Leipziger Straße and Silbersteinstraße) were compared with the results of the other roads and with the results from the 2019 license plate survey.

In the case of passenger cars, it can be seen that the mileage shares of vehicles affected by a DFV in 2021 are around 9% lower in the sections with DFV than before the introduction of the DFV in 2019. In the case of light commercial vehicles (LCV), the relative decline in the mileage shares between the sections with and without DFV after the introduction of the DFV is on average approx. 4.5%.

In the previous study in 2020, the effect of the DFV on the fleet composition of cars and LDVs was estimated with a relative reduction in the affected mileage shares of 14 % (cars) and 6 % (LDV). Compared to 2021 (9 % car / 4.5 % LDV), these proportions were higher. It is therefore evident that the effect of the DFV on the fleet composition decreases, since the share of vehicles affected (diesel Euro 3 - Euro 5) decreases independently of the DFV as a result of fleet modernization.

At the HDV, the differences between the proportion of mileage in the various DFV sections are different. Compared to the sections without DFV, they are about 3 and 4.5 percentage points lower in Alt-Moabit and Leipziger Strasse, respectively, but almost 17 percentage points higher in Silbersteinstrasse. On average, the decline is around 2 percentage points or 7 %.

In the current Berlin Clean Air Plan (LRP), when modeling the traffic and emissions of the drive-through ban, exemptions for residents amounting to 20 % of the vehicles affected by the drive-through ban are assumed. This means that the DFV assumes an 80 % reduction in the mileage of the affected vehicles. The results of license plate recordings show that the reduction effect did not occur to this extent.

Assuming an 80 % reduction in the affected mileage shares, the reduction in total nitrogen oxide emissions would be between approx. 30 % (Alt-Moabit) and 32 % (Silbersteinstrasse, Hermannstraße), and that of engine-related PM10 emissions between around 25 % (Leipziger Strasse) and 30 % (Silbersteinstrasse).

However, it has been shown that the NO_x emissions in the real case in 2021 will decrease by around 2.5 % on all sections. Engine-related PM10 emissions are reduced by around 2 % in Alt-Moabit and Leipziger Strasse and by around 5 % in Silbersteinstrasse.

However, it can be seen that both NO_x and PM10 emissions only decrease by around 2 to 5 % in the real case in 2021. Thus, it can be seen that the reduction effect estimated in the LRP did not occur to this extent.

1 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen der Wirkungsuntersuchungen zur Berliner Umweltzone und zur Bewertung von weiteren Maßnahmen der Luftreinhaltung wurden seit dem Jahr 2008 wiederholt, zuletzt 2020, Kennzeichenerfassungen zur Bestimmung der realen Zusammensetzung der Fahrzeugflotte im Verkehr und zur Berechnung der Emissionen durchgeführt. Diese Erhebungen sollen im Jahre 2021 fortgesetzt werden. Dabei soll erstmals untersucht werden, ob und welche Unterschiede es in der Flottenzusammensetzung an Wochenendtagen im Vergleich zu Werktagen gibt. Zudem soll die Wirkung der streckenbezogenen Dieseldurchfahrtsverbote anhand der Flottenzusammensetzung bewertet werden.

Die Kennzeichenerfassung soll mit Videokameras an den in **Tab. 1-1** dargestellten 11 repräsentativen Straßenquerschnitten innerhalb der gleichen Woche je einmal werktags von 6:00 bis 20:00 Uhr (14 h) und einmal an einem Wochenendtag von 8:00 bis 20:00 (12 h) (an 5 Querschnitten samstags und an 6 Querschnitten sonntags) durchgeführt werden. Werktags sollen die Erhebungen an aufeinander folgenden Tagen zwischen Mittwoch und Freitag erfolgen. Die Kennzeichenerfassung soll zwischen September und Oktober 2021 außerhalb von Ferienzeiten durchgeführt werden.

Tab. 1-1: Übersicht über die Untersuchungsabschnitte 2021 (DFV: Strecke mit Dieseldurchfahrtsverbot bis einschließlich Euro 5/V)

Nr.	Messstelle	zwischen	und	Fahrtrichtung
1A	Frankfurter Allee	Finowstraße	Weichselstraße	West
1E	Frankfurter Allee			Ost
2A	Alt-Biesdorf	Blumberger Damm	Märkische Allee	auswärts
2E	Alt-Biesdorf			einwärts
3A	Mariendorfer Damm	Friedenstraße	Körtingstraße	Süd
3E	Mariendorfer Damm			Nord
4A	Silbersteinstraße (DFV)	Karl-Marx-Straße	Hertastraße	West

Nr.	Messstelle	zwischen	und	Fahrtrichtung
4E	Silbersteinstraße (DFV)			Ost
5A	Schildhornstraße	Gritznerstraße	Lepsiusstraße	auswärts
5E	Schildhornstraße			einwärts
6A	Leipziger Straße (DFV)	Friedrichstraße	Charlottenstraße	West
6E	Leipziger Straße (DFV)			Ost
7A	Hermannstraße (DFV)	Silbersteinstraße	Emser Straße	West
7E	Hermannstraße (DFV)			Ost
8A	Alt-Moabit (DFV)	Gotzkowsky Straße	Beusselstraße	West
8E	Alt-Moabit (DFV)			Ost
9A	Brückenstr.	Köpenicker Str.	Jannowitzbrücke	Süd
9E	Brückenstr.			Nord
10A	Sonnenallee	Fuldastraße	Weichselstraße	Süd-Ost
10E	Sonnenallee			Nord-West
11A	Klosterstraße Berlin Spandau	Altonaer Straße	Diedenhofer Straße	Süd
11E	Klosterstraße Berlin Spandau			Nord

Die erfassten Kennzeichen sind für den Registerabgleich aufzubereiten. Hierfür sind invalide/unplausible Datensätze und ausländische Kennzeichen zu identifizieren und aus dem Datensatz zu entfernen. Die als korrekt erkannten inländischen Kennzeichen sind aufgeteilt nach Berliner und Nicht-Berliner Kennzeichen der Berliner Zulassungsbehörde bzw. dem Kraftfahrt-

Bundesamt in der von diesen Behörden geforderten Form zwecks Kennzeichenabgleich zu übergeben.

Für die Identifizierung der Linienbusse der Berliner Verkehrsbetriebe werden vom Auftraggeber gesondert die Kennzeichen der Busse übermittelt, damit diese Fahrzeuge aus dem Datensatz der Kennzeichenerhebung gefiltert und gesondert ausgewertet werden können. Nur so lassen sich die erfolgten SCR-Nachrüstungen sachgerecht bewerten.

Im Rahmen des Registerabgleichs sind folgende Daten abzufragen:

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

und, soweit vorliegend:

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

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

- Fahrzeug-Kategorie
- Antrieb
- Alter
- Länge und Gewicht
- Euronorm (konventionell = Euro 0, Euro 1/I bis Euro 6 d/VI)
- Schadstoffgruppe nach 35. BImSchV unter Berücksichtigung der Partikelfilternachrüstung
- Fahrzeugschichten nach Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA 4.1),

- Abgasminderungssystem (Partikelfilter/SCR-Hardwareausrüstung), soweit angegeben und Darstellung als eigene Fahrzeugschichten, sofern im HBEFA nicht vorgesehen
- Software-Update zur NO_x-Minderung, soweit erkennbar.

Bei der Auswertung der Flottenzusammensetzung sind die vom Auftraggeber gelieferten Daten für die Berliner Linienbusse zu integrieren.

Die Auswertungen nach Euronorm, Fahrzeugschichten und Schadstoffgruppen ist getrennt nach Werktag und Wochenende durchzuführen und darzustellen.

Die Emissionsberechnungen sind mit HBEFA Version 4.1 unter Verwendung der ermittelten Anteile der Fahrzeugschichten durchzuführen.

Ziel der Berechnungen sind die Bestimmung gewichteter Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie für die einzelnen Straßenquerschnitte sowie die Berechnung der Emissionsdichten in g/(m*a) für NO_x, NO₂, motorbedingte Partikel und Partikel PM10 aus Abrieb und Aufwirbelung. Des Weiteren ist der Anteil der direkten NO₂-Emissionen an den NO_x-Emissionen zu bestimmen.

Die Berechnungen sind getrennt nach Werktag und Wochenende durchzuführen und darzustellen.

Als Baustein zur Bewertung der 2019/2020 eingerichteten Dieseldurchfahrverbote sollen die Flottenzusammensetzungen und die Emission für die Strecken mit Dieseldurchfahrverboten (Leipziger Straße, Hermannstraße, Silbersteinstraße und Alt-Moabit) mit den Ergebnissen der übrigen Straßen sowie mit den Ergebnissen aus der Kennzeichenerhebung 2019 und 2020 verglichen und bewertet werden.

2 KENNZEICHENERFASSUNG

2.1 Vorgehen der Kennzeichenerfassung

Die Durchführung der Kennzeichenerhebung wurde innerhalb des vom Auftraggeber vorgegebenen Zeitfensters für einen repräsentativen Werktag sowie einen Tag am Wochenende durchgeführt. Hauptziel war es dabei, die durchschnittlichen Verkehrsverhältnisse bzw. Flottenzusammensetzungen erfassen zu können. An den 11 Messquerschnitten wurde die Kennzeichenerhebung im Zeitraum vom 30.10.2021 bis 02.11.2021 durchgeführt. Die konkreten Zeiten, in denen Daten erhoben wurden, sind in **Abb. 2-1** und **Abb. 2-2** bzw. **Tab. 2-1** dargestellt.

				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Summe				
				Ist	Soll	Diff																										
MQ 1	Frankfurter Allee	Ri Ost		x	x	x	x	x	x																x	x	x	x	24	14	10	
		Ri West		x	x	x	x	x	x																	x	x	x	x	24	14	10
MQ 2	Alt Biesdorf	Ri Ost		x	x	x	x	x	x																x	x	x	x	24	14	10	
		Ri West		x	x	x	x	x	x																	x				21	14	7
MQ 3	Mariendorfer Damm	Ri Nord		x	x	x	x	x	x																x	x	x	x	24	14	10	
		Ri Süd		x	x	x	x	x	x																	x				21	14	7
MQ 4	Silbersteinstraße	Ri Ost		x	x	x	x	x	x																x	x			22	14	8	
		Ri West		x	x	x	x	x	x																	x				21	14	7
MQ 5	Schildhornstraße	Ri Ost		x	x	x	x	x	x																x	x	x	x	24	14	10	
		Ri West		x	x	x	x	x	x																	x	x	x	x	24	14	10
MQ 6	Leipziger Straße	Ri Ost		x	x	x	x	x	x																x	x	x	x	24	14	10	
		Ri West			x	x	x	x	x																	x	x	x	x	24	14	10
MQ 7	Hermannstraße	Ri Nord		x	x	x	x	x	x																x	x			22	14	8	
		Ri Süd		x	x	x	x	x	x																	x	x			22	14	8
MQ 8	Alt-Moabit	Ri Ost			x	x	x	x	x																	x	x	x	x	24	14	10
		Ri West			x	x	x	x	x																		x				21	14
MQ 9	Brückenstraße	Ri Nord		x	x	x	x	x	x																	x	x	x	x	24	14	10
		Ri Süd		x	x	x	x	x	x																		x	x	x	x	24	14
MQ 10	Sonnenallee	Ri Nord		x	x	x	x	x	x																	x	x	x		24	14	10
		Ri Süd		x	x	x	x	x	x																					12	14	-2
MQ 11	Klosterstraße	Ri Süd		x	x	x	x	x	x																	x				21	14	7
		Ri Nord		x	x	x	x	x	x																	x				21	14	7
				492	308	184																										

Legende:

- Kernerhebungszeitraum
- Fehlzeiten ohne Kennzeichendaten
- x Überhangzeiten / Zusatzerfassung

Geräteausfälle / Behinderungen:

Abb. 2-1: Messzeiten der Datenerfassungen werktags

				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	Summe			
				Ist	Soll	Diff																									
MQ 1	Frankfurter Allee	Ri Ost																											12	12	0
		Ri West									x	x																		14	12
MQ 2	Alt Biesdorf	Ri Ost																							x	x	x	x	16	12	4
		Ri West									x	x													x	x	x	x	18	12	6
MQ 3	Mariendorfer Damm	Ri Nord										x													x	x	x	x	17	12	5
		Ri Süd									x	x													x	x	x	x	18	12	6
MQ 4	Silbersteinstraße	Ri Ost										x													x	x			15	12	3
		Ri West									x	x													x	x			16	12	4
MQ 5	Schildhornstraße	Ri Ost									x	x																	14	12	2
		Ri West									x	x													x	x	x	x	17	12	5
MQ 6	Leipziger Straße	Ri Ost									x	x																	14	12	2
		Ri West									x	x																		14	12
MQ 7	Hermannstraße	Ri Nord																							x	x			14	12	2
		Ri Süd										x													x	x			15	12	3
MQ 8	Alt-Moabit	Ri Ost									x	x													x	x	x	x	18	12	6
		Ri West									x	x													x	x	x	x	18	12	6
MQ 9	Brückenstraße	Ri Nord									x	x													x	x	x	x	18	12	6
		Ri Süd																							x	x	x	x	16	12	4
MQ 10	Sonnenallee	Ri Nord									x	x																	14	12	2
		Ri Süd									x	x																	14	12	2
MQ 11	Klosterstraße	Ri Süd									x	x													x	x	x	x	18	12	6
		Ri Nord									x	x													x	x	x	x	18	12	6
				348	264	84																									

Legende:

- Kernerhebungszeitraum
- Fehlzeiten ohne Kennzeichendaten
- x Überhangzeiten / Zusatzerfassung

Geräteausfälle / Behinderungen:

Abb. 2-2: Messzeiten der Datenerfassungen Wochenende

Tab. 2-1: Zuordnung der Messquerschnitte zu Erfassungsdatum und Fahrtrichtung

Codierung		Standort	Datum Erhebungszeitraum	Fahrt-richtung	Umwelt- zone
1E	B	Frankfurter- Allee	30.10.2021 8:00 Uhr – 20:05 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
1A	A		30.10.2021 5:55 Uhr – 20:15 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
2A	D	Alt-Biesdorf	31.10.2021 8:00 Uhr – 23:45 Uhr 02.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
2E	C		31.10.2021 5:45 Uhr – 23:55 Uhr 02.11.2021 0:00 Uhr – 21:20 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
3E	F	Mariendorfer Damm	31.10.2021 7:10 Uhr – 23:55 Uhr 02.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Norden	außerhalb
3A	E		31.10.2021 5:50 Uhr – 23:55 Uhr 02.11.2021 0:00 Uhr – 21:20 Uhr	Fahrtrichtung Süden	außerhalb
4E	G	Silberstein- straße	31.10.2021 6:00 Uhr – 22:00 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 22:00 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
4A	H		31.10.2021 7:30 Uhr – 22:00 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 21:25 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
5E	J	Schildhorn- straße	30.10.2021 6:05 Uhr – 20:20 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Osten	außerhalb
5A	I		30.10.2021 7:15 Uhr – 23:55 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Westen	außerhalb
6E	L	Leipziger Straße	30.10.2021 6:05 Uhr – 20:20 Uhr 01.11.2021 1:10 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
6A	K		30.10.2021 6:05 Uhr – 20:15 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
7E	N	Hermann- straße	30.10.2021 7:45 Uhr – 22:00 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 22:35 Uhr	Fahrtrichtung Norden	innerhalb
7A	M		30.10.2021 6:10 Uhr – 22:00 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 22:00 Uhr	Fahrtrichtung Süden	innerhalb
8E	P	Alt-Moabit	31.10.2021 5:55 Uhr – 23:55 Uhr 02.11.2021 0:50 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Osten	innerhalb
8A	O		31.10.2021 5:50 Uhr – 23:55 Uhr 02.11.2021 0:00 Uhr – 21:15 Uhr	Fahrtrichtung Westen	innerhalb
9E	R	Brückenstraße	31.10.2021 5:55 Uhr – 23:55 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Norden	innerhalb
9A	Q		31.10.2021 7:50 Uhr – 23:55 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Süden	innerhalb
10E	T	Sonnenallee	30.10.2021 6:15 Uhr – 20:20 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 23:55 Uhr	Fahrtrichtung Nordwesten	innerhalb
10A	S		30.10.2021 6:55 Uhr – 20:20 Uhr 01.11.2021 0:00 Uhr – 12:50 Uhr	Fahrtrichtung Südosten	innerhalb
11A	T	Klosterstraße	31.10.2021 5:55 Uhr – 23:55 Uhr 02.11.2021 0:00 Uhr – 21:20 Uhr	Fahrtrichtung Süden	innerhalb
11E	S		31.10.2021 6:00 Uhr – 23:55 Uhr 02.11.2021 0:00 Uhr – 21:20 Uhr	Fahrtrichtung Norden	innerhalb

Im unmittelbaren Umfeld der Erhebungsstellen waren während der Kennzeichenerfassung folgende Behinderungen durch Baumaßnahmen zu verzeichnen:

- Frankfurter Allee (MQ 1): Fahrstreifenreduktion aufgrund von Leitungsbauarbeiten
- Alt-Biesdorf (MQ 2): Umleitungsverkehr aufgrund Sperrung Märkische Allee
- Mariendorfer Damm (MQ 3): Fahrstreifenreduktion stadteinwärts aufgrund einer Hochbaumaßnahme

Die Effekte betreffen im Wesentlichen den Verkehrsfluss sowie die Verkehrsaufkommen. Von signifikanten Auswirkungen auf die Fahrzeugflottenzusammensetzung ist nicht auszugehen. Weitere Behinderungen oder sonstige besondere Ausnahmesituationen im Verkehrsablauf waren nicht festzustellen. Der Verkehr lief ansonsten behinderungsfrei.

Technikbedingte Ausfallzeiten waren in der Sonnenallee (10A) in Fahrtrichtung Süden für den Werktag ab ca. 12.50 Uhr zu verzeichnen. Diese wurden jedoch teilweise durch die Überhangzeiten zwischen 0:00 und 6:00 Uhr kompensiert.

Wie bereits in den Jahren 2019 und 2020 erfolgte in der Sonnenallee die Erfassung der Kennzeichen für die südöstliche Fahrtrichtung im Abschnitt zwischen Fulda- und Elbestraße. Im Teilabschnitt zwischen Fulda- und Weichselstraße existiert kein geeigneter Standort für die Installation der Messtechnik.

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 der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz Berlin zur Erfassung der Kennzeichen, zum Einsatz der Videotechnik sowie zum Umgang mit den erhobenen Daten. Die bereits

für die Kennzeichenerhebungen 2008, 2009, 2010, 2012, 2015, 2018, 2019 und 2020 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. Auch die Länderkennung konnte mit ausgelesen werden.

Generell wurde aufgrund der hohen Verkehrsbelegungen jeweils ein Kamerasystem pro Kfz-Fahstreifen eingesetzt, um eine möglichst vollständige Erfassung der Kennzeichen zu gewährleisten. Durch die gezielte Ausrichtung auf jeweils eine Spur sowie die erhöhte Montage

der Kamerasysteme zur Erfassung der äußeren Spuren konnten Abschattungseffekte weitestgehend vermieden werden. Die Geschwindigkeit, mit der ein Fahrzeug den Bildausschnitt durchquert, spielt für die Erkennbarkeit des Kennzeichens mit dem System V-REX in der Regel kaum eine Rolle. Die Kennzeichenerfassung erfolgte grundsätzlich von vorn.

Im Anschluss an die Erhebungen wurde eine Plausibilitätsprüfung der automatisch erfassten Kennzeichendaten vorgenommen. Hierbei wurden z. B. mehrfach und/oder nur teilweise erkannte Datensätze aus dem Gesamtdatensatz entfernt. Mehrfach- bzw. Teilerkennungen erfolgen häufig dann, wenn ein Kennzeichen, welches sich erst teilweise im Bildausschnitt befindet, durch den Erfassungsalgorithmus bereits als solches identifiziert (Retroreflexion, Form) und gelesen wird. Es wird dann nur der erkannte Teilbereich und nicht das komplette Kennzeichen entziffert. Die vollständige Erfassung dieses Kennzeichens wird jedoch i. d. R. im darauffolgenden Suchlauf gewährleistet. Mit entsprechenden Suchalgorithmen können die zusätzlich entstehenden unvollständigen Datensätze im Rahmen der Plausibilitätsprüfung identifiziert und entfernt werden.

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

Insgesamt wurden an den 11 Messquerschnitten 457 416 auswertbare Kennzeichen erfasst und an das KBA (104 403 Kennzeichen) bzw. die Berliner Zulassungsstelle (353 013 Kennzeichen) zum Abgleich mit den entsprechenden Fahrzeugregistern übergeben.

2.2 Auswertung der Kennzeichenerfassung

Die Rücklaufquote der Datensätze, denen entsprechende Informationen zugeordnet werden konnten, lag bei 96.3 %. Lediglich 17 832 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

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 (nur im Datenrücklauf des KBA).

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.

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 11 Messquerschnitten 457 416 auswertbare Kennzeichen erfasst und an das KBA (104 403 Kennzeichen) bzw. die Berliner Zulassungsstelle (353 013 Kennzeichen) zum Abgleich mit den entsprechenden Fahrzeugregistern übergeben. Die Rücklaufquote der Datensätze, denen entsprechende Informationen zugeordnet werden konnten, lag bei ca. 96,3 %, sodass für die Auswertung insgesamt 439 584 Fahrzeugdaten zur Verfügung standen. Die Aufschlüsselung der erfassten Kennzeichen nach Herkunft sowie Untersuchungsquerschnitt ist in **Tab. 3-1** dargestellt. Danach entfielen insgesamt ca. 70 % der Datensätze auf Fahrzeuge mit Berliner Kennzeichen.

Tab. 3-1: Anzahl und Herkunft aller erfassten Fahrzeuge

Querschnitt	MQ 1	MQ 2	MQ 3*	MQ 4	MQ 5	MQ 6	MQ 7	MQ 8	MQ 9	MQ 10	MQ 11	Summe	Anteil
Berliner	38642	63580	42729	10503	27939	42262	29210	20598	17520	15738	29278	337999	69.6%
auswärtige Deutsche	14021	23417	10768	1984	5911	17085	6103	6061	5347	3414	7474	101585	20.9%
erkannte Auswärtige	1607	6167	3907	1819	1490	4122	4347	1251	526	695	1979	27910	5.8%
kein Rücklauf	2261	3053	2247	572	1139	2256	1570	1100	761	1143	1730	17832	3.7%
Gesamt	56531	96217	59651	14878	36479	65725	41230	29010	24154	20990	40461	485326	100.0%

3.2 Fahrzeugkategorien

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

Die Auswertung ergab die in **Abb. 3-1** dargestellte Verkehrszusammensetzung an den einzelnen Messquerschnitten für die jeweils erfassten Wochentage.

Dabei zeigt sich zunächst, dass der Wirtschaftsverkehr (leichte und schwere Nutzfahrzeuge) an den Wochenendtagen erwartungsgemäß deutlich niedriger ist als an den Werktagen. Dieser liegt an Werktagen im Bereich zwischen ca. 10.3 % und 18.2 % (Klosterstraße bzw. Silbersteinstraße), an Samstagen zwischen 5.4 % und 9.6 % (Schildhornstraße bzw. Sonnenallee) sowie an Sonntagen zwischen 4.0 % und 6.4 % (Brückenstraße bzw. Silbersteinstraße). Im Mittel über alle Abschnitte geht der Wirtschaftsverkehrsanteil von 15.3 % an Werktagen auf 7.8 % an Samstagen sowie 4.6 % an Sonntagen zurück.

Der Schwerverkehrsanteil, d. h. der Anteil der Fahrzeugkategorien schwere Nutzfahrzeuge (SNF) sowie Linien- und Reisebusse (Lbus, Rbus) geht am Wochenende ebenfalls zurück, allerdings ist hier der Unterschied nicht ganz so stark wie der Wirtschaftsverkehr. Ursache dafür ist, dass sich der Anteil der Linien- und Reisebusse zwischen Werktag und Wochenende tendenziell nicht wesentlich verändert.

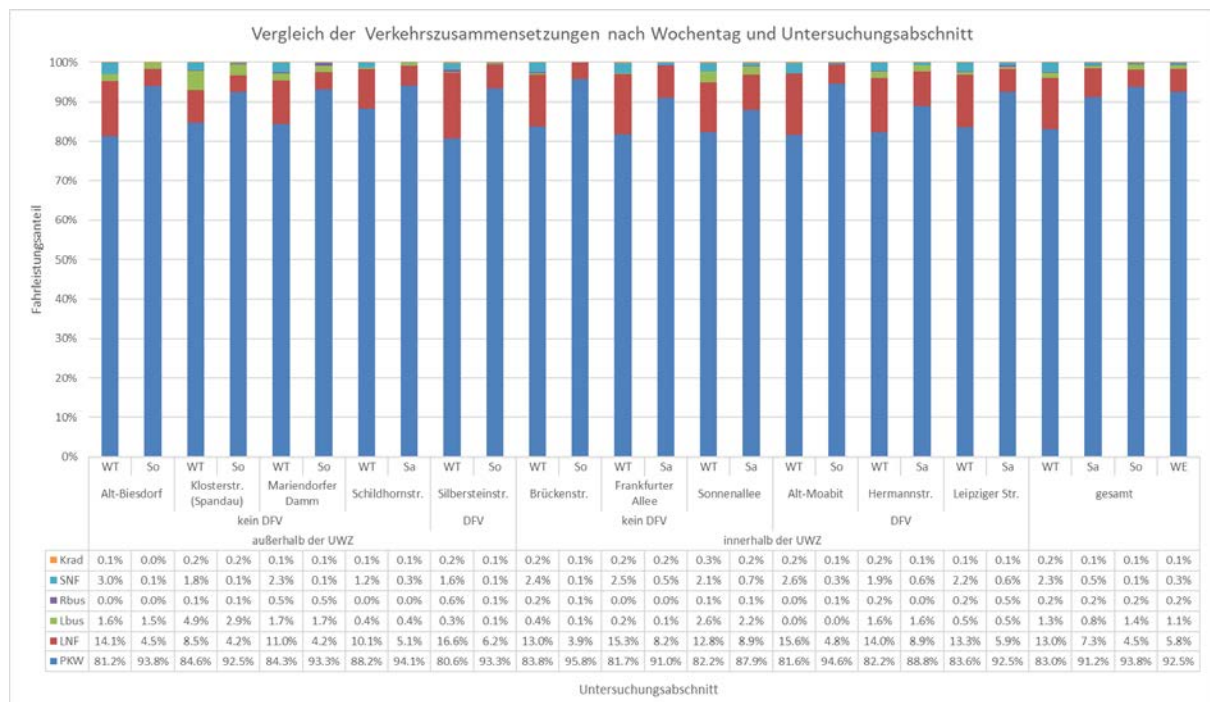


Abb. 3-1: Anteil der Fahrzeugkategorien am Gesamtverkehr nach Untersuchungsabschnitten

Die Fahrzeuganzahl nach Fahrzeugkategorie und Untersuchungsabschnitt ist in **Tab. 3-2** aufgeführt.

Tab. 3-2: Fahrzeuganzahl nach Fahrzeugkategorie und Untersuchungsabschnitten

UWZ	DFV	Untersuchungsabschnitt	Wochentag	PKW	LNF	Lbus	Rbus	SNF	Krad	irrelevant ^{*)}	gesamt
außerhalb der UWZ	kein DFV	Alt-Biesdorf	WT	42 821	7 461	832	18	1 587	36	296	53 051
			So	31 769	1 533	501	10	31	13	89	33 946
		Klosterstr. (Spanndau)	WT	19 216	1 927	1 105	29	403	44	186	22 910
			So	12 741	584	403	15	14	23	62	13 842
		Mariendorfer Damm	WT	27 338	3 580	552	151	758	38	179	32 596
			So	19 456	886	364	102	22	31	40	20 901
	Schildhornstr.	WT	17 966	2 067	75	7	243	19	88	20 465	
		Sa	12 567	687	56	2	38	10	25	13 385	
	DFV	Silbersteinstr.	WT	7 215	1 484	23	57	147	21	34	8 981
			So	3 257	218	4	3	5	4	15	3 506
innerhalb der UWZ	kein DFV	Brückenstr.	WT	11 077	1 725	52	28	322	22	114	13 340
			So	9 041	367	6	6	9	8	90	9 527
		Frankfurter Allee	WT	24 349	4 559	53	8	755	74	219	30 017
			Sa	20 492	1 837	17	6	119	40	135	22 646
		Sonnenallee	WT	8 131	1 261	261	5	203	27	86	9 974
			Sa	8 033	817	200	6	60	19	43	9 178
	DFV	Alt-Moabit	WT	13 883	2 647	3	8	441	39	98	17 119
			So	8 987	459	3	5	28	13	45	9 540
		Hermannstr.	WT	16 175	2 747	317	38	382	30	86	19 775
			Sa	13 764	1 373	248	2	89	18	44	15 538
Leipziger Str.	WT	29 313	4 671	189	84	779	47	162	35 245		
	Sa	22 198	1 418	116	111	133	34	92	24 102		
gesamt			WT	217 484	34 129	3 462	433	6 020	397	1 548	263 473
			Sa	77 054	6 132	637	127	439	121	339	84 849
			So	85 251	4 047	1 281	141	109	92	341	91 262
			WE	162 305	10 179	1 918	268	548	213	680	176 111

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

Die Unterteilung der Fahrzeuge nach Kategorie, Wochentag und Herkunft (Berliner / Auswärtige) ist in **Tab. 3-3** aufgeführt. Dabei zeigt sich, dass bei den auswärtigen Fahrzeugen der Anteil der beiden Wirtschaftsverkehrskategorien höher ist als bei denjenigen mit Berliner Zulassung. So sind in der auswärtigen Flotte die Anteile werktags sowohl bei den leichten als auch bei den schweren Nutzfahrzeugen ca. 3 Prozentpunkte höher.

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

Fahrzeugkategorie	Wochentag	Anzahl			Anteil		
		Berliner	Auswärtige	Gesamt	Berliner	Auswärtige	Gesamt
PKW	WT	168 697	48 787	217 484	83.8%	78.6%	82.5%
	Sa	58 885	18 169	77 054	91.2%	89.7%	90.8%
	So	67 263	17 988	85 251	93.4%	93.6%	93.4%
	WE	126 148	36 157	162 305	92.3%	91.6%	92.2%
LNF	WT	24 376	9 753	34 129	12.1%	15.7%	13.0%
	Sa	4 351	1 781	6 132	6.7%	8.8%	7.2%
	So	3 018	1 029	4 047	4.2%	5.4%	4.4%
	WE	7 369	2 810	10 179	5.4%	7.1%	5.8%
Lbus	WT	3 357	105	3 462	1.7%	0.2%	1.3%
	Sa	633	4	637	1.0%	0.0%	0.8%
	So	1 234	47	1 281	1.7%	0.2%	1.4%
	WE	1 867	51	1 918	1.4%	0.1%	1.1%
Rbus	WT	376	57	433	0.2%	0.1%	0.2%
	Sa	102	25	127	0.2%	0.1%	0.1%
	So	124	17	141	0.2%	0.1%	0.2%
	WE	226	42	268	0.2%	0.1%	0.2%
SNF	WT	3 099	2 921	6 020	1.5%	4.7%	2.3%
	Sa	275	164	439	0.4%	0.8%	0.5%
	So	76	33	109	0.1%	0.2%	0.1%
	WE	351	197	548	0.3%	0.5%	0.3%
Krad	WT	263	134	397	0.1%	0.2%	0.2%
	Sa	73	48	121	0.1%	0.2%	0.1%
	So	67	25	92	0.1%	0.1%	0.1%
	WE	140	73	213	0.1%	0.2%	0.1%
irrelevant	WT	1 196	352	1 548	0.6%	0.6%	0.6%
	Sa	264	75	339	0.4%	0.4%	0.4%
	So	270	71	341	0.4%	0.4%	0.4%
	WE	534	146	680	0.4%	0.4%	0.4%
Gesamt	WT	201 364	62 109	263 473	100.0%	100.0%	100.0%
	Sa	64 583	20 266	84 849	100.0%	100.0%	100.0%
	So	72 052	19 210	91 262	100.0%	100.0%	100.0%
	WE	136 635	39 476	176 111	100.0%	100.0%	100.0%

3.3 Jahr der Erstzulassung

Die Altersverteilung aller erfassten Fahrzeuge ist in **Tab. 3-4** aufgeführt. Die **Abb. 3-2** differenziert dies entsprechend der Untersuchungsabschnitte. Bezüglich des Jahres 2021 ist darauf hinzuweisen, dass auf Grund des Erfassungszeitpunktes (Ende Oktober 2021) für das letzte Quartal 2021 kein vollständiger Datensatz zur Verfügung stand.

Die Altersverteilung unterscheidet sich zwischen den einzelnen Messquerschnitten nur relativ geringfügig. Es zeigt sich, dass die Hälfte der Fahrzeuge (im Mittel ca. 56 %) jünger als 6 Jahre sind (Erstzulassung 2015 und später), ca. 35 % der Fahrzeuge sind älter als 10 Jahre (Erstzulassung 2011 und früher).

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

Jahr der Erstzulassung	Anzahl			Anteil		
	Berliner	Auswärtige	Gesamt	Berliner	Auswärtige	Gesamt
älter 30 Jahre	979	289	1 268	0.29%	0.29%	0.29%
20 Jahre < Alter ≤ 30 Jahre	10 973	2 604	13 577	3.26%	2.58%	3.10%
2001	4 149	1 032	5 181	1.23%	1.02%	1.18%
2002	5 079	1 098	6 177	1.51%	1.09%	1.41%
2003	6 575	1 413	7 988	1.96%	1.40%	1.83%
2004	7 811	1 781	9 592	2.32%	1.76%	2.19%
2005	9 428	1 978	11 406	2.80%	1.96%	2.61%
2006	10 823	2 297	13 120	3.22%	2.27%	3.00%
2007	10 562	2 561	13 123	3.14%	2.53%	3.00%
2008	10 988	2 572	13 560	3.27%	2.54%	3.10%
2009	14 979	3 394	18 373	4.45%	3.36%	4.20%
2010	12 211	2 984	15 195	3.63%	2.95%	3.47%
2011	13 680	3 563	17 243	4.07%	3.52%	3.94%
2012	13 713	3 638	17 351	4.08%	3.60%	3.97%
2013	14 725	3 753	18 478	4.38%	3.71%	4.22%
2014	15 686	4 031	19 717	4.66%	3.99%	4.51%
2015	19 374	4 824	24 198	5.76%	4.77%	5.53%
2016	22 707	5 846	28 553	6.75%	5.78%	6.53%
2017	25 670	6 881	32 551	7.63%	6.81%	7.44%
2018	29 089	8 417	37 506	8.65%	8.33%	8.58%
2019	32 889	11 443	44 332	9.78%	11.32%	10.14%
2020	27 329	11 127	38 456	8.13%	11.01%	8.79%
2021	16 850	13 561	30 411	5.01%	13.42%	6.95%
Summe	336 269	101 087	437 356	100.0%	100.0%	100.00%

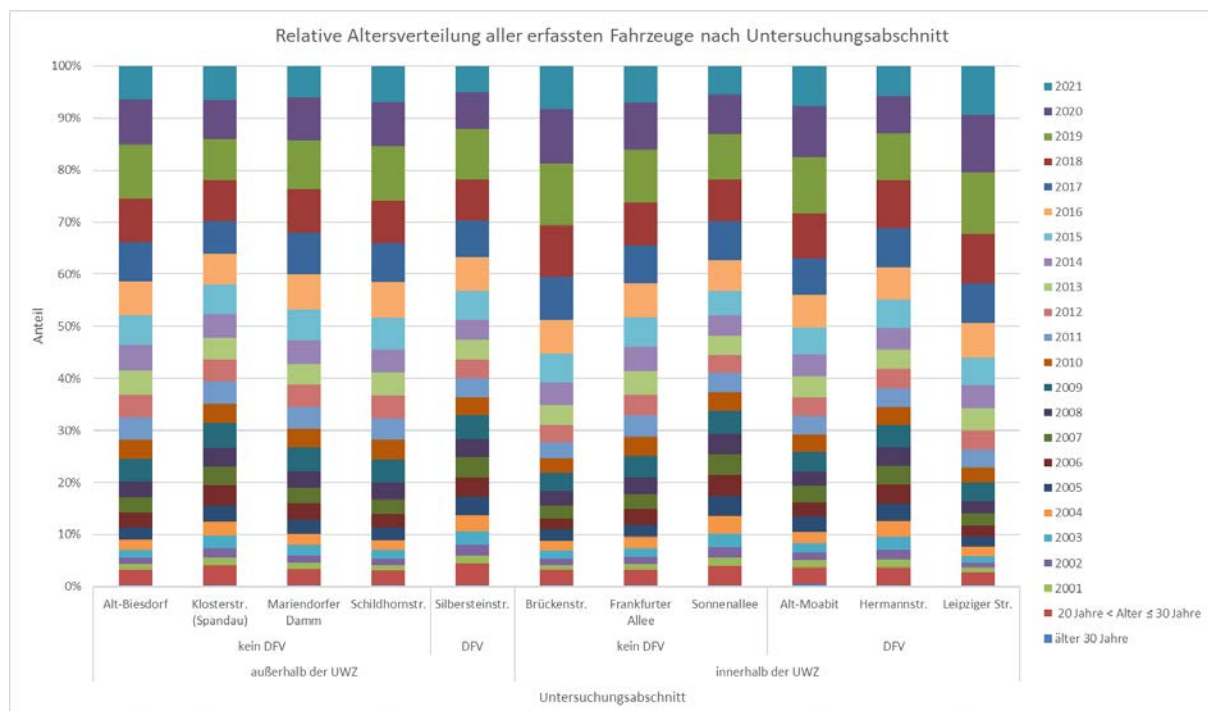


Abb. 3-2: Relative Altersverteilung über alle Fahrzeugkategorien nach Untersuchungsabschnitt

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

Dabei zeigt sich, dass ca. 52 % 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. 68 %, der Anteil mit mindestens EURO 4-Standard (2006 und später) liegt bei etwa 86 %. Ca. 24 % der PKW sind jünger als drei Jahre, ca. 20 % sind älter als 13 Jahre.

Die Altersverteilungen der leichten und schweren Nutzfahrzeuge (LNF und SNF) unterscheiden sich im Vergleich zu den übrigen Fahrzeugkategorien nur unwesentlich. Ca. 34 % der Fahrzeuge sind jünger als drei Jahre, ca. 6 % sind älter als 13 Jahre. Damit sind die Fahrzeuge dieser Kategorien jünger als die der PKW.

Unter den in **Tab. 3-5** dargestellten Fahrzeugen befinden sich insgesamt 1166 Fahrzeuge (1013 PKW, 148 LNF, 1 RBus, 4 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 1166 Fahrzeugen befinden sich 611 Fahrzeuge (522 PKW, 87 LNF, 1 RBus sowie 1 SNF), die entsprechend der Abgasschlüsselnummer tatsächlich als Oldtimer zugelassen sind.

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

Jahr der Erstzulassung	PKW	LNF	Lbus	Rbus	SNF	Krad	Gesamt
älter 30 Jahre	1 013	148	-	1	4	102	1 268
20 Jahre < Alter ≤ 30 Jahre	13 024	364	-	37	50	102	13 577
2001	5 027	118			19	17	5 181
2002	5 987	154		1	20	15	6 177
2003	7 770	180		3	17	18	7 988
2004	9 319	224	1	5	24	19	9 592
2005	11 037	322		8	20	19	11 406
2006	12 494	534	10	3	56	23	13 120
2007	11 816	1 045	29	12	195	26	13 123
2008	12 213	1 148	10	4	172	13	13 560
2009	16 648	1 221	50	220	210	24	18 373
2010	13 532	1 437	5	1	199	21	15 195
2011	15 231	1 688	48	2	267	7	17 243
2012	15 320	1 692	7	67	250	15	17 351
2013	16 238	1 943		5	271	21	18 478
2014	17 036	2 173	117	22	357	12	19 717
2015	20 736	2 578	435	24	404	21	24 198
2016	24 729	3 204	55	20	533	12	28 553
2017	26 890	4 077	796	103	672	13	32 551
2018	31 122	4 950	675	52	689	18	37 506
2019	36 748	5 966	598	105	888	27	44 332
2020	31 199	5 041	1 442	3	737	34	38 456
2021	24 660	4 101	1 102	3	514	31	30 411
Summe	379 789	44 308	5 380	701	6 568	610	437 356

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

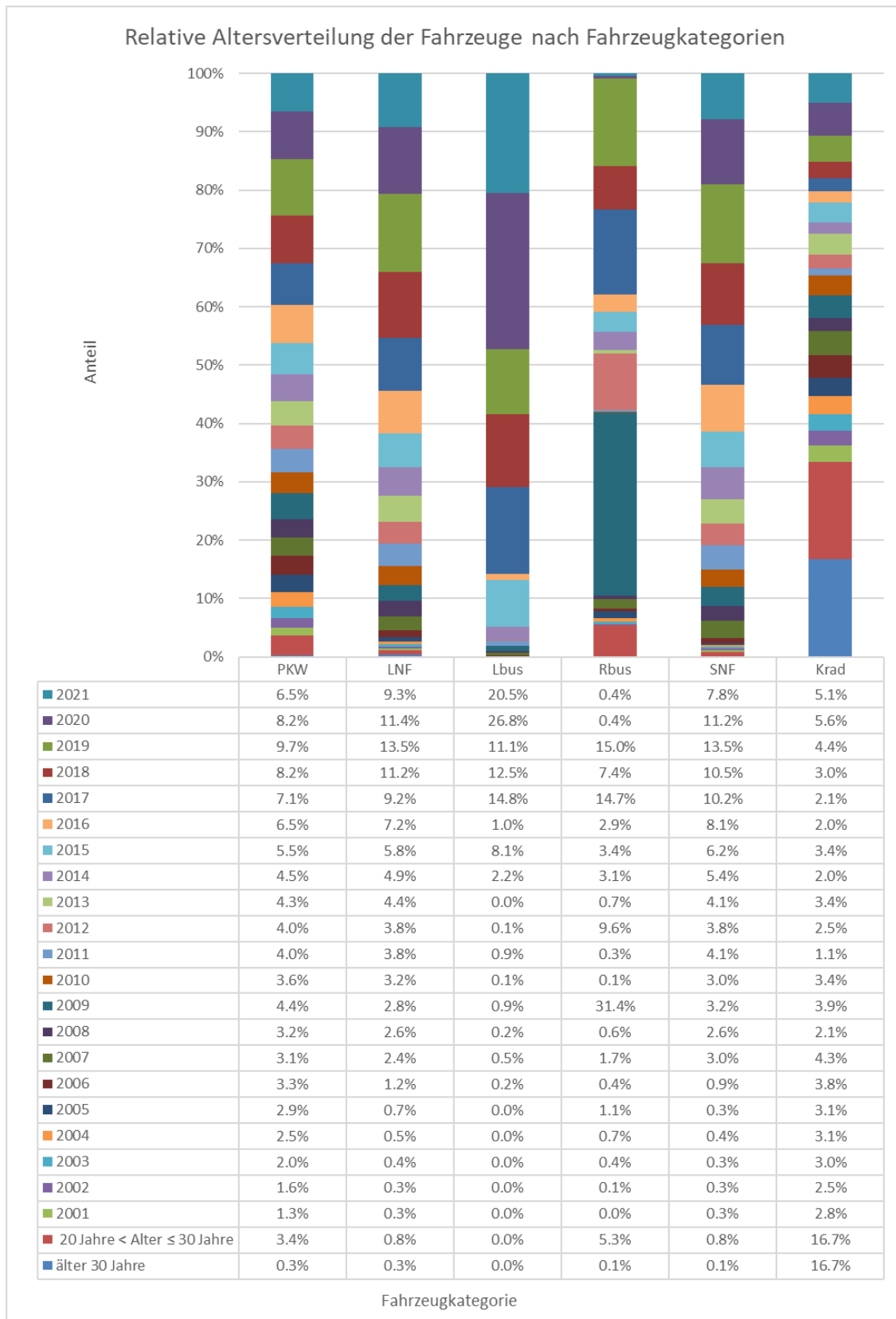


Abb. 3-3: Relative Altersverteilung der Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie

Die **Tab. 3-6** zeigt das mittlere Alter und die entsprechenden Quartile der einzelnen Fahrzeugkategorien nach Kraftstoffarten und Wochentag. Danach zeigt sich, dass die Dieselfahrzeuge (PKW, LNF) z. T. deutlich jünger sind als die Fahrzeuge, die mit Benzin betrieben werden. Die in **Abb. 3-4** dargestellte relative Altersverteilung der Fahrzeugkategorien PKW und LNF - getrennt nach Diesel und Benzin - verdeutlicht noch einmal, dass die Unterschiede weniger zwischen den Fahrzeugkategorien als vielmehr zwischen den Antriebsarten bestehen.

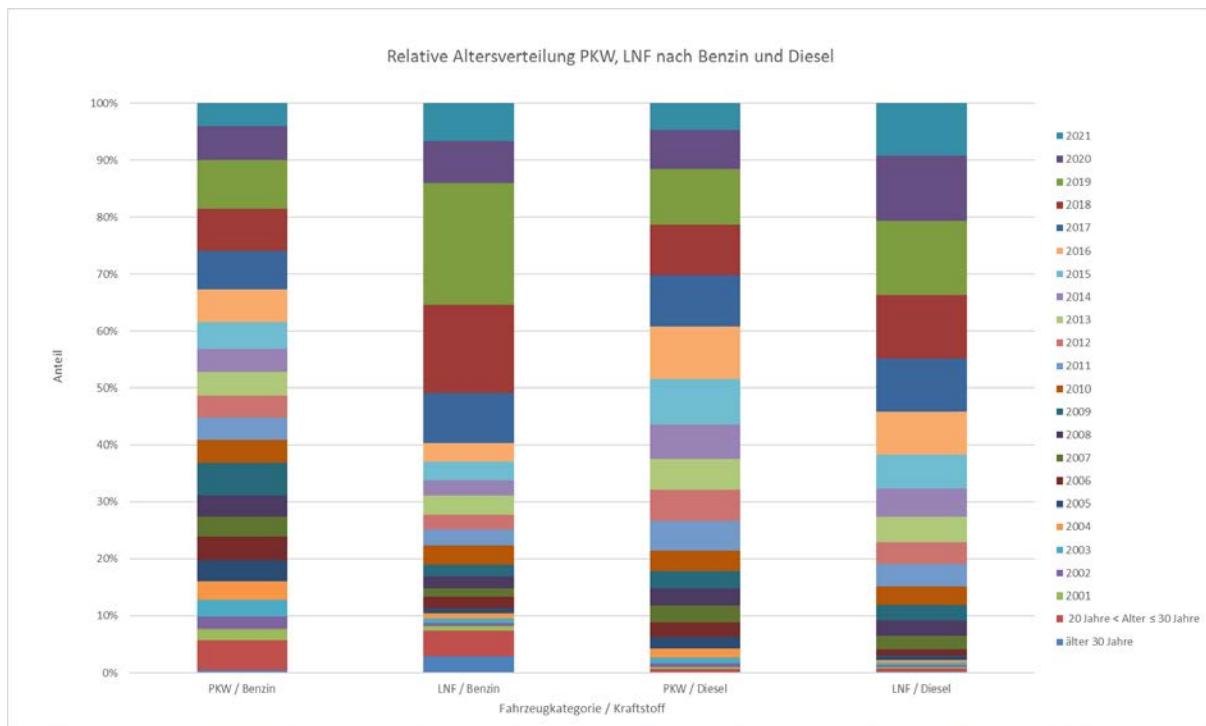


Abb. 3-4: Relative Altersverteilung der Fahrzeugkategorien PKW / LNF getrennt nach Benzin und Diesel

Die Unterschiede der Altersverteilungen zwischen den Wochentagen sind zwar relativ gering, aber doch erkennbar (siehe **Abb. 3-5**). So ist das mittlere Fahrzeugalter an den Wochenenden tendenziell höher als an Werktagen. Ein Grund hierfür könnte in der geringeren Nutzung von Dienstwagen am Wochenende liegen. Größere Unterschiede in der Altersverteilung zwischen Werktag und Wochenende sind hingegen auf die relativ geringen Stichproben (z.B. LNF / Benzin oder LBus / alternativ) und die damit verbundenen Unsicherheiten zurückzuführen.

Ein Vergleich mit der Kennzeichenerhebung von 2019, d.h. vor der Corona-Pandemie, zeigt, dass die Flotte mit Ausnahme der Linienbusse etwas niedrigere Anteile von Fahrzeugen der neusten Zulassungsjahre aufweist und somit im Durchschnitt etwas älter geworden ist.

Tab. 3-6: Mittleres Alter und Quartile der erfassten Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie, Kraftstoffart und Wochentag

Fahrzeugkategorie	Antriebsart	Wochentag	Anzahl	Alter: arithm. Mittel	1.Quartil	2.Quartil	3.Quartil	Maximum
PKW	Benzin	WT	128 212	9.0	3	8	14	69
		SA	44 374	9.5	3	9	15	71
		So	53 126	9.6	4	9	15	84
	Diesel	WT	63 931	6.6	3	5	10	56
		SA	23 104	6.9	3	6	10	37
		So	23 223	7.2	3	6	10	52
	alternativ	WT	25 341	3.3	1	2	4	49
		SA	9 576	3.3	1	2	4	34
		So	8 902	3.8	1	2	5	31
LNF	Benzin	WT	1 388	6.1	2	3	8	63
		SA	201	10.1	2	6	15	50
		So	185	10.2	2	4	14	65
	Diesel	WT	32 209	5.2	2	4	8	45
		SA	5 830	5.7	2	4	9	54
		So	3 771	6.6	2	5	10	39
	alternativ	WT	531	5.0	1	2	8	51
		SA	101	7.0	1	3	12	30
		So	91	7.1	1	3	10	36
Lbus	Diesel	WT	3 308	2.4	1	2	4	17
		SA	547	4.3	3	4	4	15
		So	1 272	2.2	0	1	3	15
	alternativ	WT	154	1.1	1	1	1	9
		SA	90	1.0	1	1	1	2
		So	9	7.6	9	9	9	11
Rbus	Diesel	WT	433	8.8	4	9	12	33
		SA	127	7.2	2	3	7	28
		So	141	9.5	9	9	12	27
SNF	Diesel	WT	5 870	5.4	2	4	8	47
		SA	408	6.3	2	5	10	52
		So	109	7.4	2	7	11	29
	alternativ	WT	148	3.8	0	2	7	25
		SA	31	1.3	0	0	2	11
		So	-	0.0				

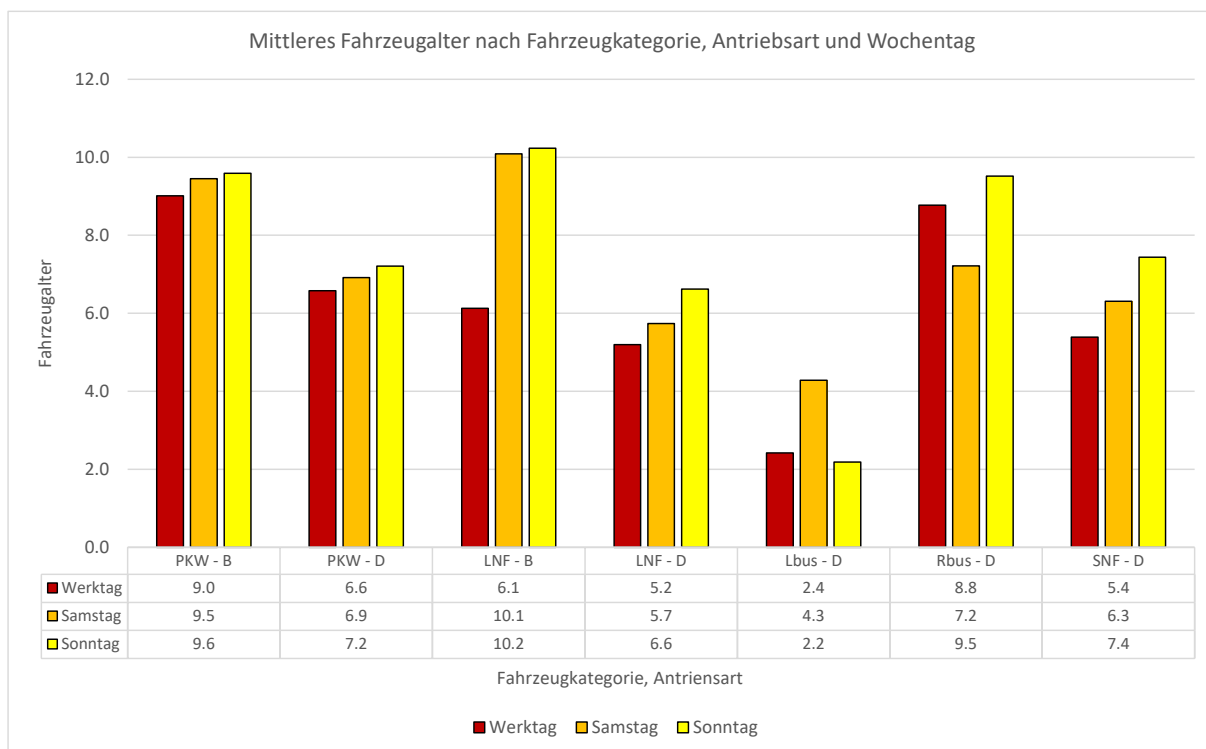


Abb. 3-5: Mittleres Fahrzeugalter nach Antriebsart (Benzin (B) / Diesel (D)) und Wochentag

3.4 Kraftstoffnutzung

Eine Auswertung in Bezug auf die Kraftstoffnutzung ergab, dass ca. 52 % aller erfassten Fahrzeuge Benzin und ca. 38 % Diesel als Treibstoff benutzen (**Tab. 3-7**). Der Anteil der Fahrzeuge mit alternativen Antrieben liegt insgesamt bei ca. 7 %.

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

Kraftstoff /Antrieb	außerhalb der UWZ						innerhalb der UWZ						Gesamt	%
	kein DFV			DFV			kein DFV			DFV				
	Alt-Biesdorf	Klosterstr. (Spandau)	Mariendorfer Damm	Schildhornstr.	Silbersteinstr.	Brückenstr.	Frankfurter Allee	Sonnenallee	Alt-Moabit	Hermannstr.	Leipziger Str.			
Benzin	47 376	20 812	30 887	19 420	6 094	10 112	26 781	8 609	13 481	17 335	27 181	228 088	52,2%	
Diesel	32 514	12 901	18 183	11 061	5 136	8 858	20 197	8 275	9 730	14 483	22 945	164 283	37,6%	
bivalent: Benzin / Ethanol	17	7	2	5	2	3	14	1	3	3	9	66	0,0%	
bivalent: Benzin / Flüssiggas	684	366	396	233	107	176	420	173	237	338	328	3 458	0,8%	
bivalent: Benzin / CNG	137	55	86	55	30	39	77	22	43	42	62	648	0,1%	
Erdgas (CNG)	202	107	152	90	31	53	138	56	94	94	116	1 133	0,3%	
Flüssiggas (LPG)	6	-	2	-	2	-	1	-	-	-	-	11	0,0%	
Elektro (BEV)	965	323	516	478	92	469	782	175	533	274	1 478	6 085	1,4%	
Plug-in Hybrid (PHEV) Benzin / Elektro	1 105	374	666	557	68	333	689	118	425	240	1 071	5 646	1,3%	
Plug-in Hybrid (PHEV) Diesel / Elektro	84	31	55	51	2	20	64	8	40	18	100	473	0,1%	
Plug-in Hybrid (PHEV) Brennstoffzelle / Elektro	4	-	-	-	-	-	5	-	1	-	6	16	0,0%	
Hybrid Benzin / Elektro	2 880	1 238	1 965	1 413	805	2 350	2 754	1 485	1 695	2 126	5 080	23 791	5,4%	
Hybrid Diesel / Elektro	633	288	367	372	69	240	383	98	232	229	709	3 620	0,8%	
Brennstoffzelle / Wasserstoff	5	2	1	2	-	10	4	3	2	1	8	38	0,0%	
Gesamt Kraftstoff / Antrieb	86 612	36 504	53 278	33 737	12 438	22 663	52 309	19 023	26 516	35 183	59 093	437 356	100,0%	
irrelevant / unbekannt	385	248	219	113	49	204	354	129	143	130	254	2 228		

Die Differenzierung der Antriebsart nach Fahrzeugkategorien zeigt in **Abb. 3-6**, dass bei den PKW der Anteil dieselgetriebener Fahrzeuge an den einzelnen Untersuchungsabschnitten zwischen ca. 26 % (Mariendorfer Damm) und ca. 35 % (Sonnenallee), im Mittel bei ca. 30 % (werktags) liegt. Diese 30 % wurden in etwa auch im Rahmen der Kennzeichenerfassung 2020 ermittelt.

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 insgesamt 12.1 % (werktags) wobei sich dies aus einem Elektrofahrzeuganteil (batteriegetriebener (BEV) und Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge (PHEV)) von 3.3 % und einem Anteil sonstiger alternativ betriebener Fahrzeuge (überwiegend Hybrid) von 8.8 % zusammensetzt. Gegenüber 2020 hat sich der PKW-Anteil mit alternativen Antrieben im Mittel damit um ca. 4.5 Prozentpunkte erhöht (Elektro 1.5 % / Hybrid 3 %).

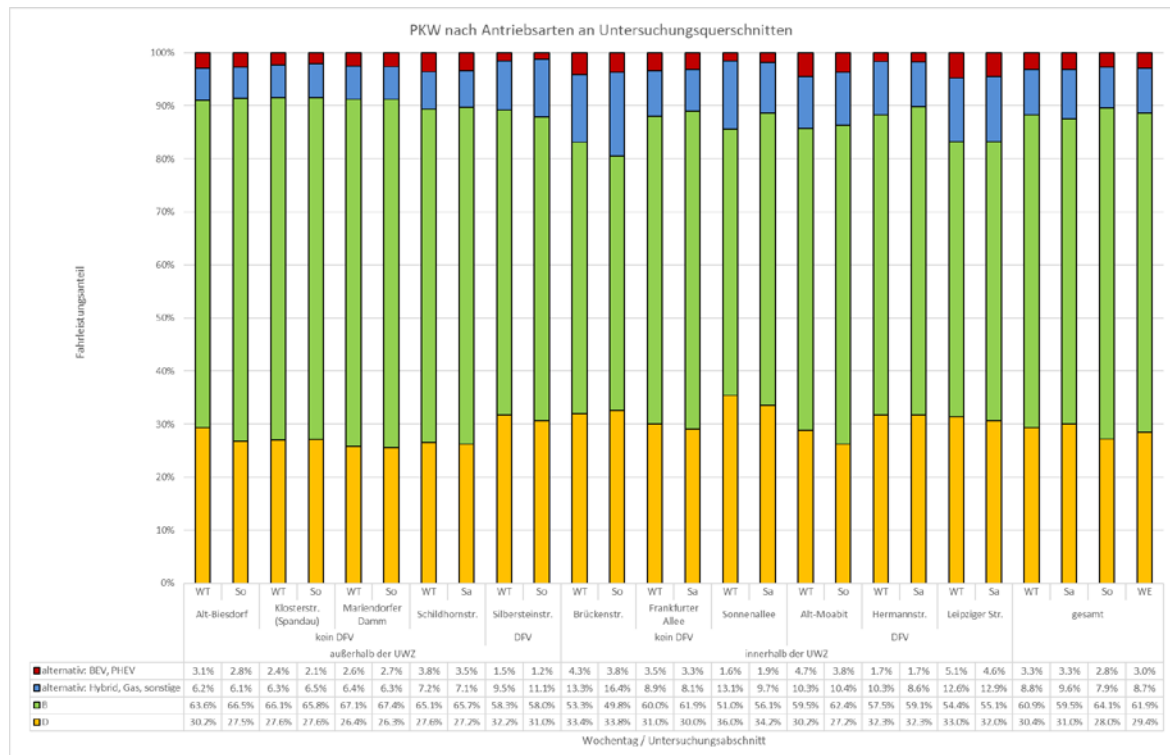


Abb. 3-6: Anteil der Kraftstoffarten für die erfassten PKW an den Untersuchungsabschnitten

Abb. 3-7 zeigt diese Darstellung für die leichten Nutzfahrzeuge. Danach liegt dort der Dieselanteil mit geringen Schwankungen im Mittel bei ca. 95 %, der Fahrzeuganteil mit alternativen Antriebsarten liegt mit 1.6 % deutlich unter dem der PKW.

Wie bereits in der Kennzeichenerfassung 2020 ermittelt, wurden in den Flottenzusammensetzungen der Linienbusse wiederum relevante Anteile elektrisch betriebener Fahrzeuge erfasst. Der Einsatz der Elektrobusse erfolgt jedoch nicht auf allen Strecken gleichermaßen. Wie in Abb. 3-8 dargestellt, liegt der Elektroanteil in der Leipziger Straße je nach Wochentag bei 60 % - 80 %, in der Frankfurter Allee und Brückenstraße bei 10 % - 30 %. An den übrigen Untersuchungsabschnitten wurden keine erfasst. Die dort eingesetzten Fahrzeuge sind im Wesentlichen dieselgetrieben.

Reisebusse und schwere Nutzfahrzeuge sind nahezu 100 % dieselgetriebene Fahrzeuge.

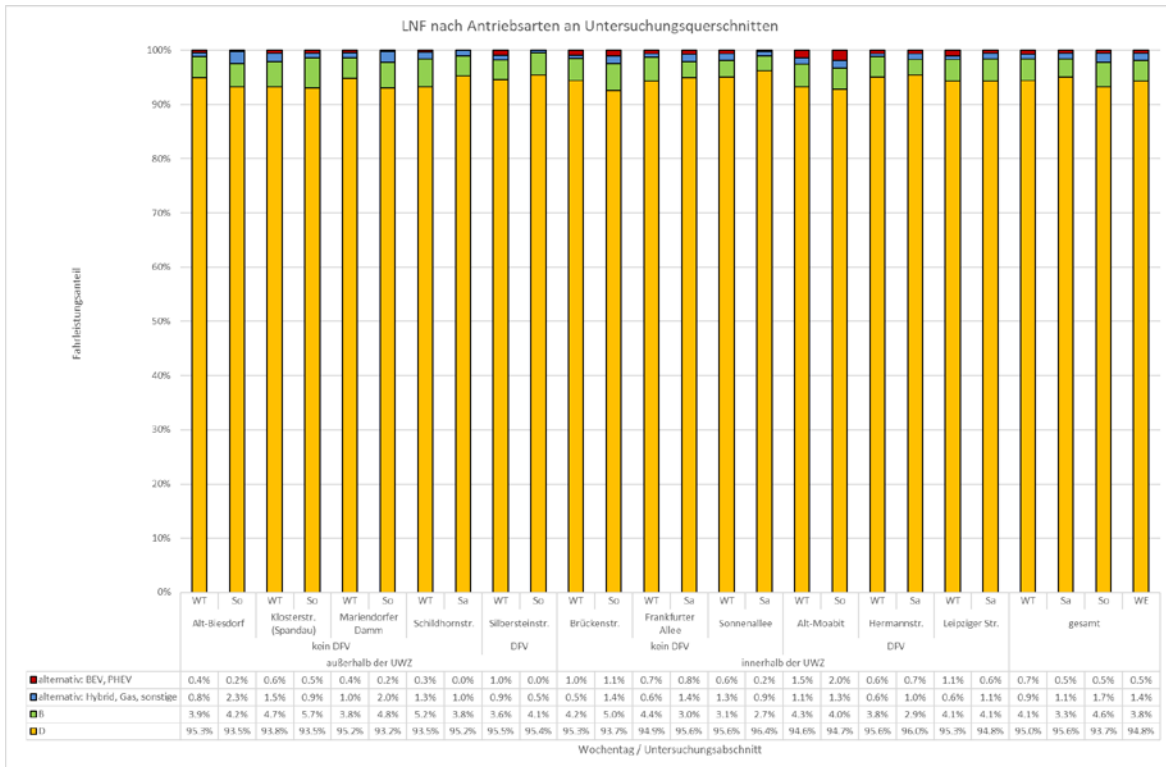


Abb. 3-7: Anteil der Kraftstoffarten für die erfassten LNF an den Untersuchungsabschnitten

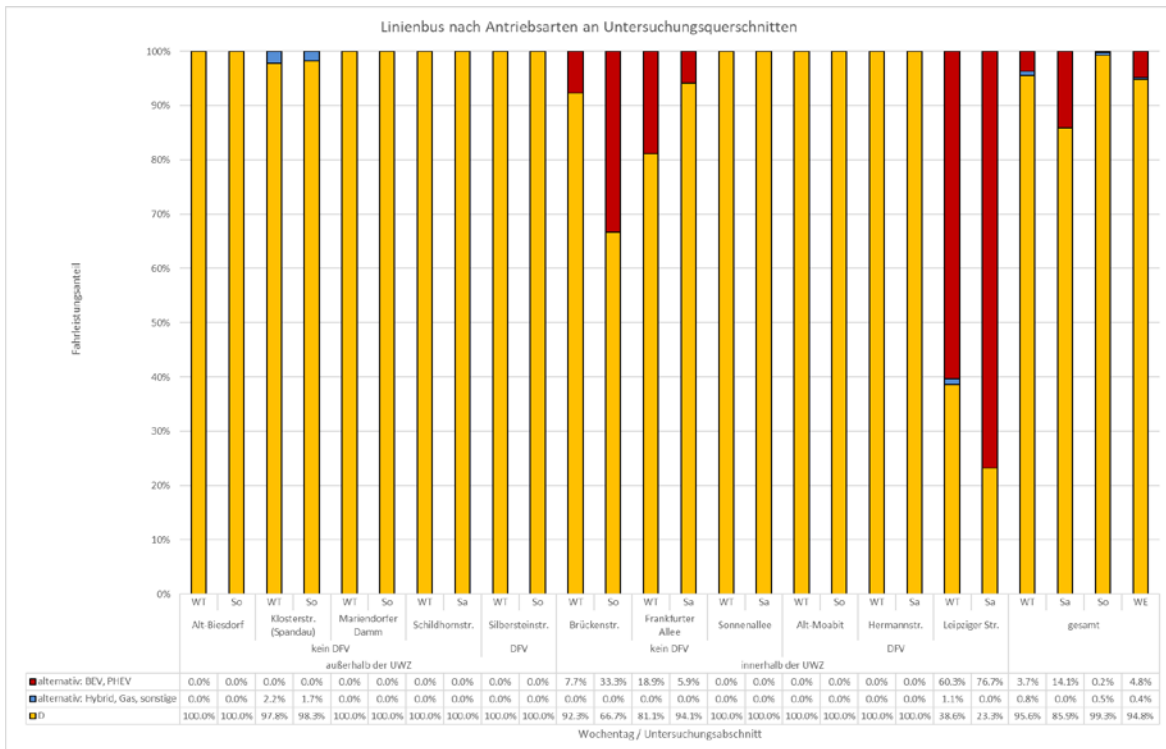


Abb. 3-8: Anteil der Kraftstoffarten für die erfassten Linienbusse an den Untersuchungsabschnitten

3.5 Ausrüstungsgrad mit Partikelfiltern

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

Die Darstellung in **Abb. 3-9** zeigt am Beispiel der EURO-3-PKW die unterschiedliche Datenlage zur Dieselpartikelfilter-Ausrüstung aus den Rücklaufdaten der Berliner Zulassungsstelle sowie des KBA. Dabei zeigt sich, dass ca. 55 % der Berliner Diesel-EURO-3-PKW über einen nachträglich eingebauten Partikelfilter, hingegen ca. 25 % über keinen Filter verfügen. Aus dem Datenrücklauf des KBA geht hervor, dass lediglich 54 % der auswärtigen Diesel-Euro-3-PKW über einen Dieselpartikelfilter verfügen. Informationen darüber, ob diese werkseitig eingebaut oder nachgerüstet wurden, liegen hierfür nicht vor.

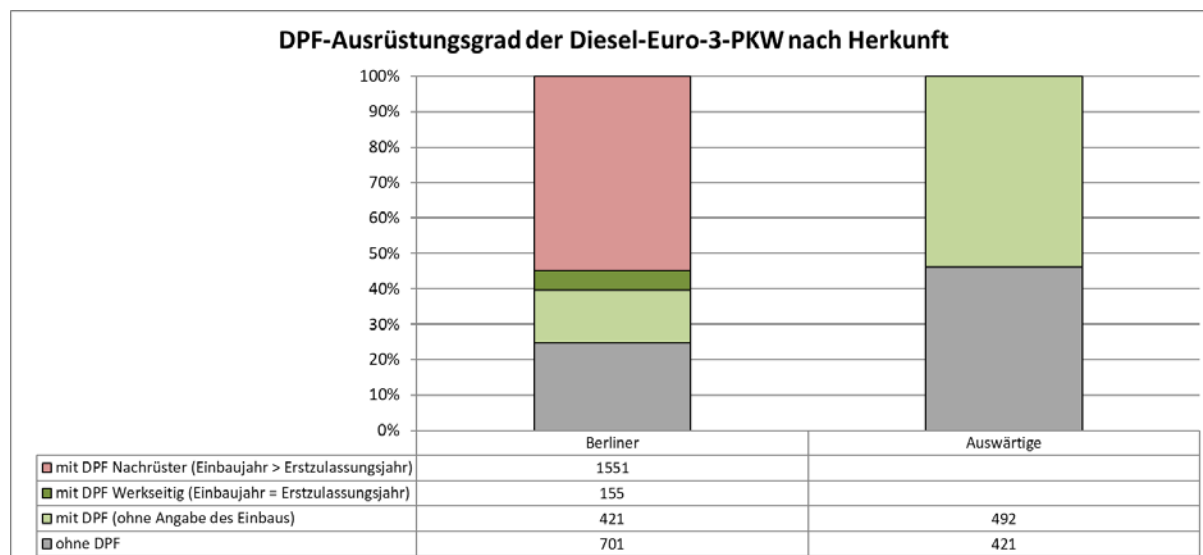


Abb. 3-9: Angaben zum Ausrüstungsgrad der Diesel-EURO-3-PKW mit Partikelfilter

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

Auf Grund dieser unterschiedlichen Datenlage zur DPF-Ausrüstung wurde in der weiteren Auswertung keine Differenzierung bzgl. werkseitig/nachgerüstet vorgenommen. Weiterhin wurde davon ausgegangen, dass sämtliche Diesel-Fahrzeuge der Abgasnorm Euro-5 und Euro-6 standardmäßig werkseitig mit einem DPF ausgestattet sind, auch wenn dies nicht explizit aus den Rücklaufdaten der Zulassungsbehörden hervorging. In den Fahrzeugschichten des HBEFA 4.1 werden für Diesel-Euro-5- und -Euro-6-Fahrzeuge auch keine Schichten ohne DPF ausgewiesen.

In **Abb. 3-10** und **Abb. 3-11** ist die DPF-Ausrüstung der Diesel-Fahrzeuge der Abgasnorm Euro-2 bis Euro-4 absolut und relativ dargestellt. Demnach beträgt der DPF-Anteil bei Euro-2-Fahrzeugen zwischen 20 % (LNF) und 76 % (RBus). Bei den Euro-3-Fahrzeugen liegt der DPF-Anteil mit Werten zwischen 46 % (SNF) und 70 % (PKW) tendenziell höher. Der DPF-Anteil der EURO-4-Fahrzeuge ist gegenüber Euro-2- und Euro-3-Fahrzeugen auffallend niedrig. Dies liegt vermutlich daran, dass hierbei wie auch bei den EURO-5- und EURO-6-Fahrzeugen die DPF-Ausrüstung in den Zulassungsstellen teilweise als Standard betrachtet und demzufolge nicht in jedem Falle ein expliziter Eintrag zur PMK in der Fahrzeugzulassung vorgenommen wird.

Bei den Linienbussen wurde auf Grund der Angaben der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) davon ausgegangen, dass die an den betrachteten Untersuchungsabschnitten eingesetzten Fahrzeuge sämtlich mit einem DPF ausgerüstet sind.

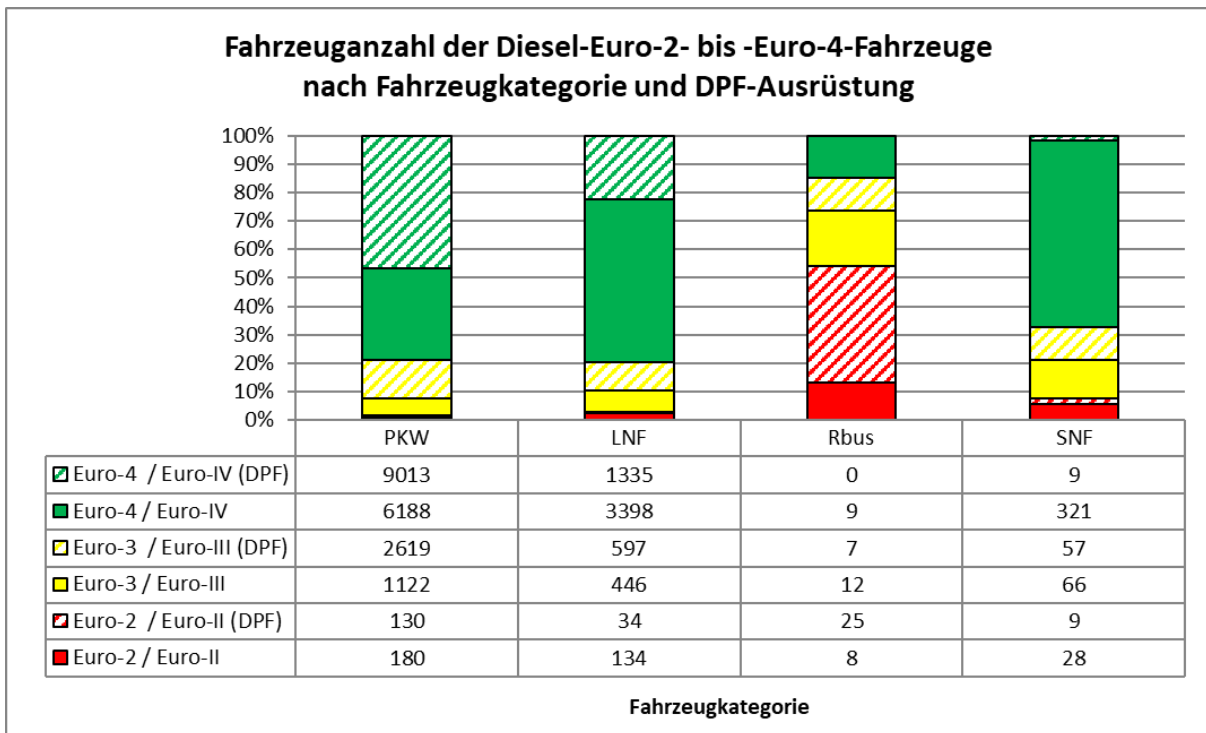


Abb. 3-10: Fahrzeuganzahl der Diesel-Euro-2- bis -Euro-4-Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie und DPF-Ausrüstung

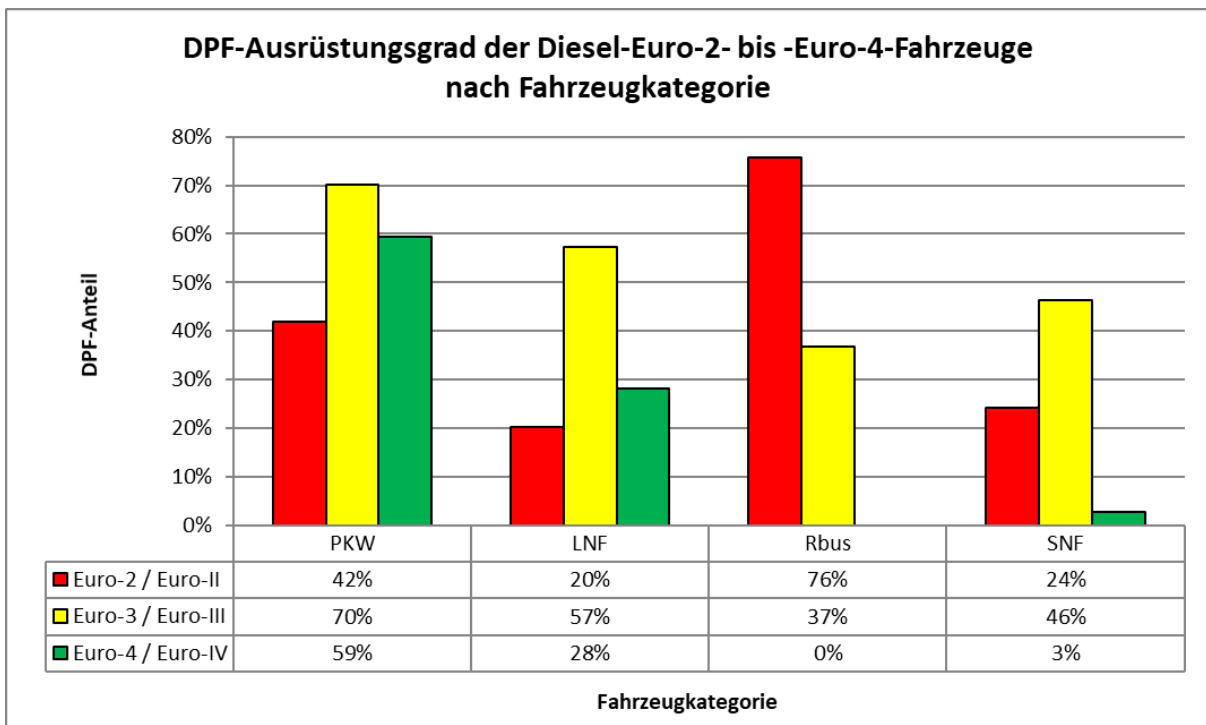


Abb. 3-11: DPF-Ausrüstungsgrad der Diesel-Euro-2- bis -Euro-4-Fahrzeuge nach Fahrzeugkategorie

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. 3-12**) 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. Der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette liegt in allen Abschnitten relativ konstant bei über 99 %. Der Anteil der mit gelber Plakette ausgestatteten PKW liegt zwischen 0.3 % und 0.5 %, der mit roter Plakette bei max. 0.1 %. Wesentliche Unterschiede bzgl. der Wochentage sind nicht erkennbar.

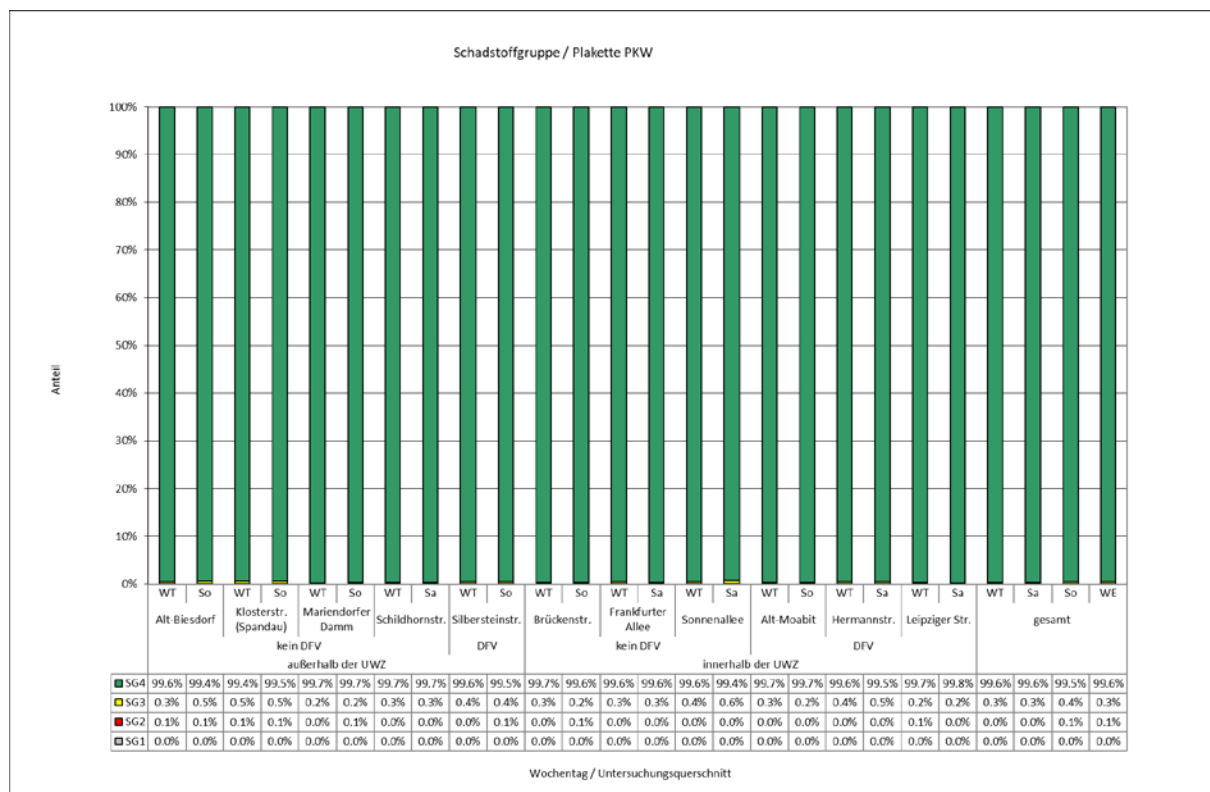


Abb. 3-12: Anteile der PKW nach Schadstoffgruppe/Plakette

Bei den Diesel-PKW liegt der Anteil der Fahrzeuge, die nicht dem Standard der grünen Plakette entsprechen, sowohl innerhalb als auch außerhalb der UWZ bei maximal ca. 2 % (siehe **Abb. 3-13**). Der Anteil Diesel-PKW ohne Plakette liegt bei maximal 0.1 %.

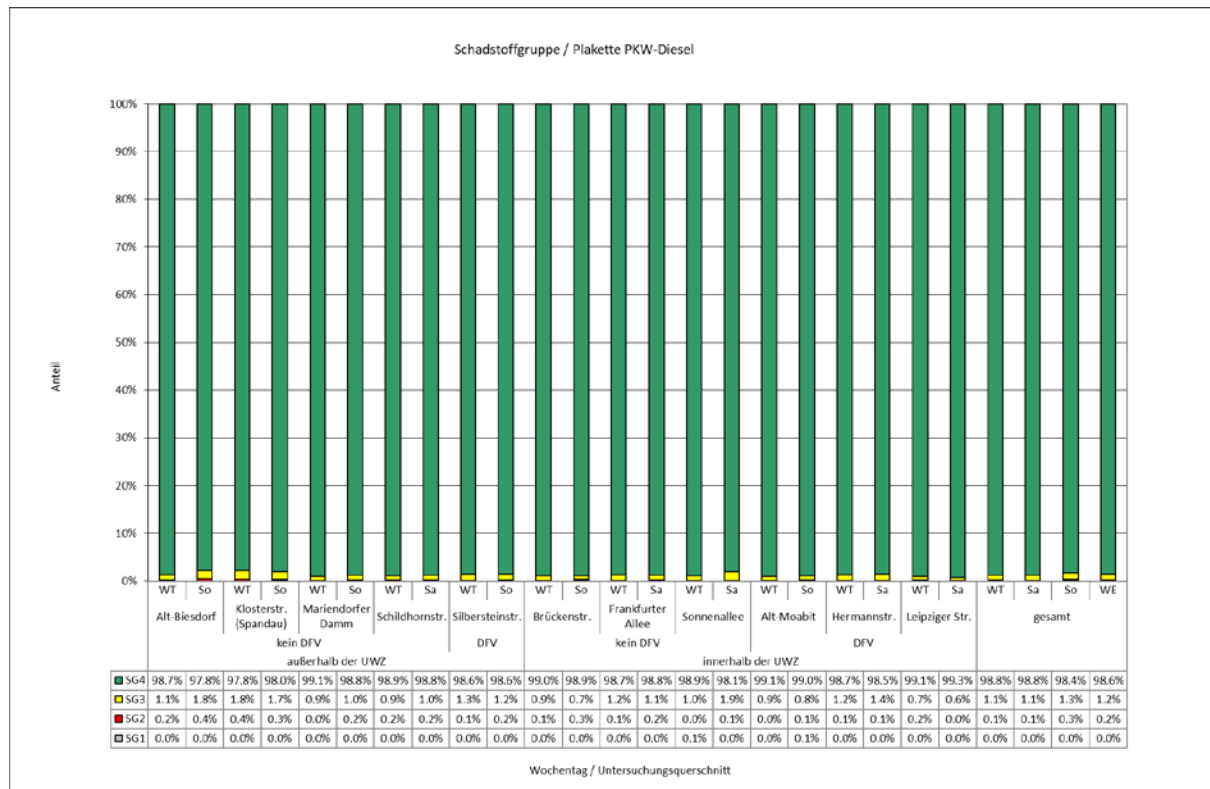


Abb. 3-13: Anteile der PKW-Dieselfahrzeuge nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.2 Leichte Nutzfahrzeuge (LNF)

In der Fahrzeugkategorie LNF (**Abb. 3-14**) liegt der Anteil der Fahrzeuge ohne Plakette je nach Wochentag im Mittel bei 0.2 % - 1 %. 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. Allerdings ist zu beobachten, dass die Fahrleistungsanteile ohne grüne Plakette an den Wochenendtagen tendenziell höher sind als an Werktagen. Insbesondere sonntags ist die Summe der LNF mit der Schadstoffgruppe 1-3, d.h. ohne grüne Plakette, mit im Mittel 4.3 % höher als werktags (1.3 %).

Auf Grund des hohen Dieselanteils bei den LNF sind die o.g. Aussagen zu den Gesamt-LNF und bei separater Betrachtung der Diesel-Fahrzeuge nahezu identisch (**Abb. 3-15**). Auch hier zeigt sich, dass die Plakettenverteilung zwischen den Querschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ nur geringfügig voneinander abweicht. So liegt der Anteil der Diesel-Fahrzeuge mit grüner Plakette werktags bei ca. 97 % (Klosterstraße) und 99 %, im Mittel bei 98.6 %.

3.6.3 Linienbusse

Die eingesetzten Linienbusse verfügen nahezu sämtlich über die grüne Plakette (siehe **Abb. 3-16**). Lediglich in der Leipziger Straße und der Frankfurter Allee wurden Fahrzeuge erfasst, denen bei der Auswertung keine grüne Plakette zugewiesen werden konnte. Bei diesen Fahrzeugen handelte es sich um auswärtige, d.h. Nicht BVG-Busse, der Abgasnorm EURO-3., zu denen auf Grund der in Abschnitt 3.5 geschilderten Datenlage keine Informationen zur evtl. Ausrüstung mit Partikelfiltern vorlagen. Aus diesem Grunde wurden diese Busse formal der Schadstoffgruppe 3 (gelbe Plakette) zugeordnet. Es ist allerdings zu vermuten, dass sie über einen Partikelfilter verfügen (nicht zuletzt, weil diese als Linienbus im Bereich der Umweltzone erfasst wurden).

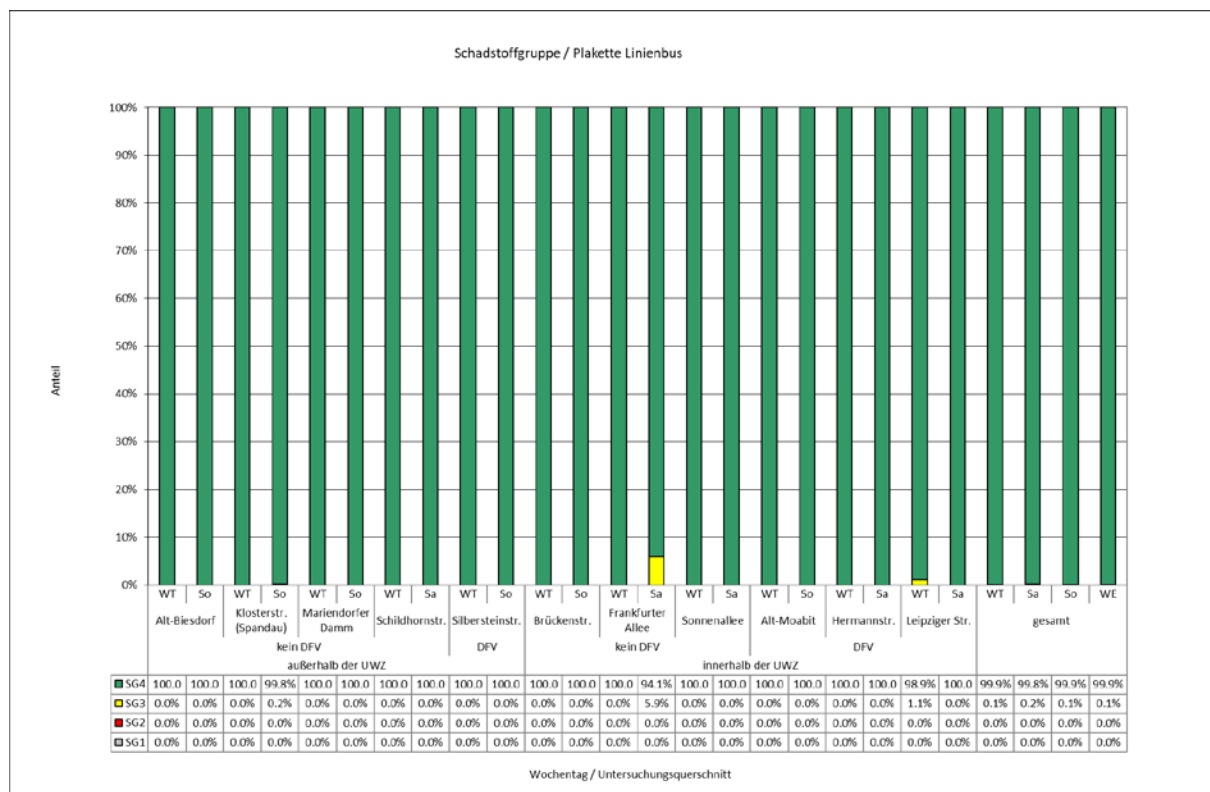


Abb. 3-16: Anteile der Linienbusse nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.4 Reisebusse

Auf Grund der relativ geringen Anzahl der erfassten Reisebusse (werktags 480) sind für diese Fahrzeugkategorie die Unterschiede zwischen den Fahrleistungsanteilen nach der Schadstoffgruppe bzw. Plakette an den Untersuchungsquerschnitten am stärksten.

An drei von vier außerhalb der Umweltzone gelegenen Querschnitten wurden ausnahmslos Fahrzeuge mit grüner Plakette erfasst. Im Mittel beträgt der Anteil an Fahrzeugen mit grüner Plakette ca. 97 % (siehe **Abb. 3-17**).

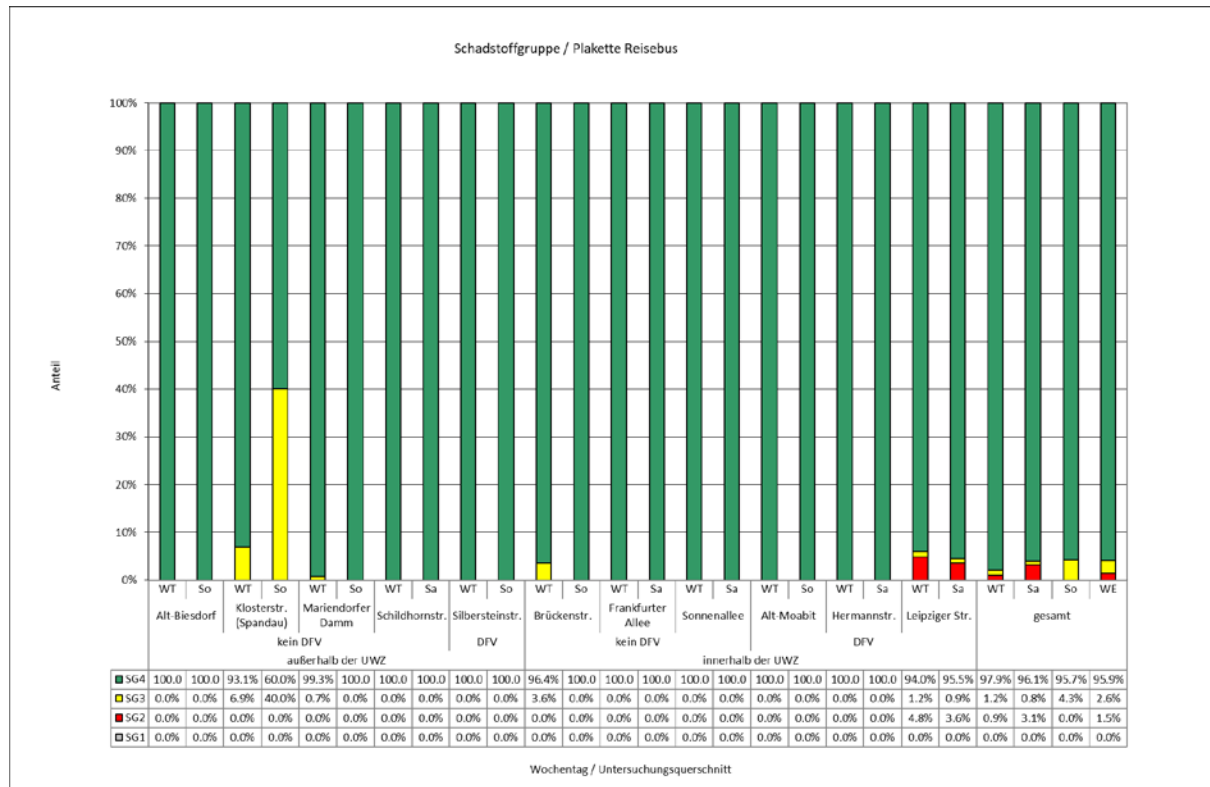


Abb. 3-17: Anteile der Reisebusse nach Schadstoffgruppe/Plakette

3.6.5 Schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

Bei den SNF verfügen werktags im Mittel ca. 98 % aller Fahrzeuge über eine grüne Plakette (**Abb. 3-18**). Systematische Unterschiede zwischen Abschnitten innerhalb und außerhalb der UWZ sind nicht zu beobachten.

Wie bereits bei den LNF gezeigt, zeigt sich auch den SNF am Wochenende ein tendenziell höherer Anteil ohne grüne Plakette. Allerdings sind die Stichproben der SNF am Sonntag äußerst gering (z.B. Klosterstraße 14 Fahrzeuge, Alt-Moabit 28 Fahrzeuge).

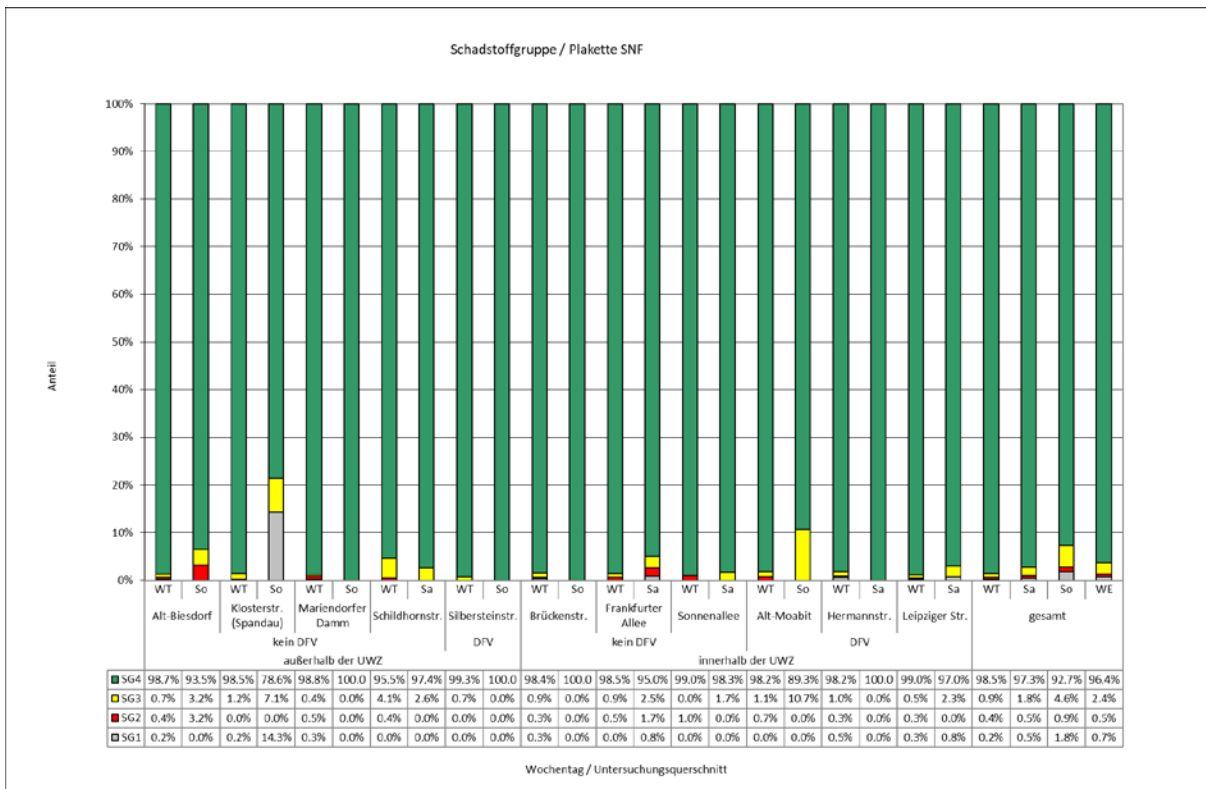


Abb. 3-18: Anteile der SNF nach Schadstoffgruppe/Plakette

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 nicht oder nur äußerst geringfügig. Bei den leichten und schweren Nutzfahrzeugen ist am Wochenende ein tendenziell höherer Anteil von Fahrzeugen ohne grüne Plakette zu beobachten. Dies muss allerdings vor dem Hintergrund der teilweise sehr geringen Anzahl erfasster Fahrzeuge bewertet werden.

Der Vergleich mit den Ergebnissen der Erfassungen früherer Jahre zeigt deutlich die eingetretene Modernisierung der Fahrzeugflotten aller betrachteten Kategorien (**Abb. 3-19**).

Die Darstellung in **Abb. 3-20** zeigt die Flottenzusammensetzung aller 2021 erfassten Kfz nach Schadstoffgruppe und Untersuchungsquerschnitt. Danach zeigt sich, dass der Fahrzeuganteil mit grüner Plakette an allen Abschnitten bei nahezu 100 % liegt.

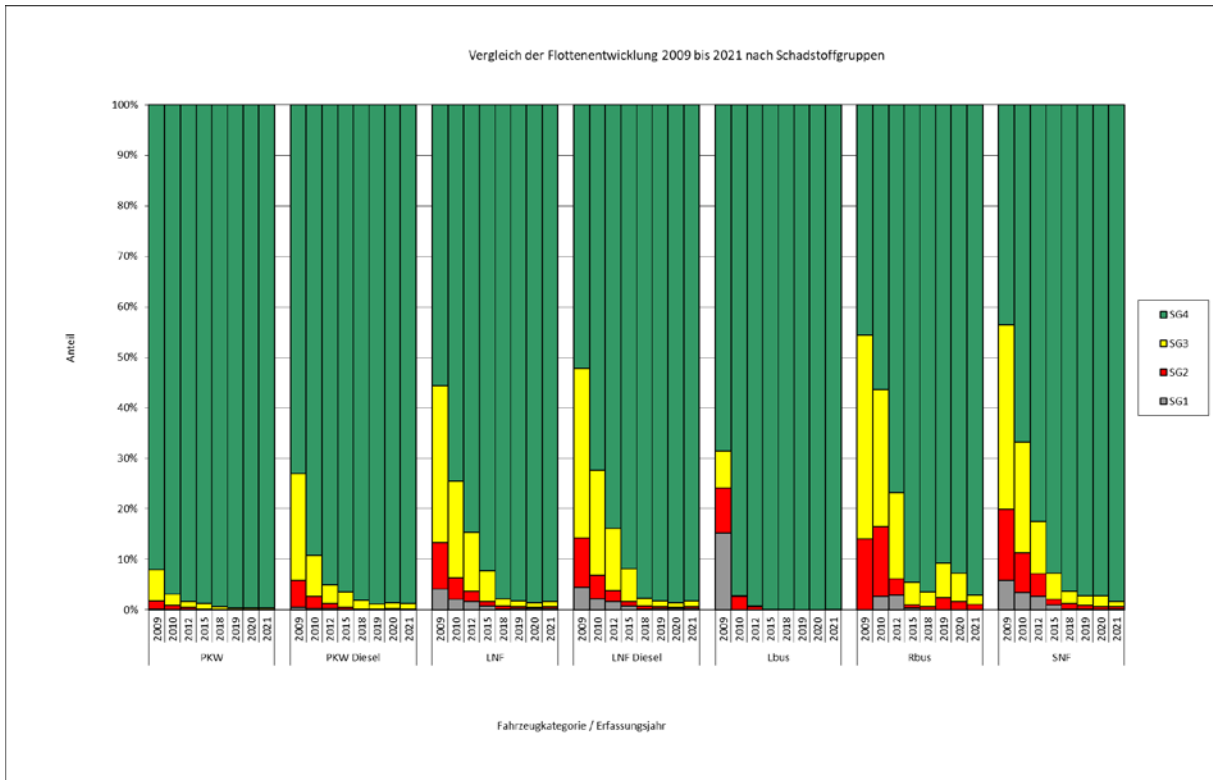


Abb. 3-19: Vergleich der Flottenentwicklung 2009 bis 2021 nach Schadstoffgruppen

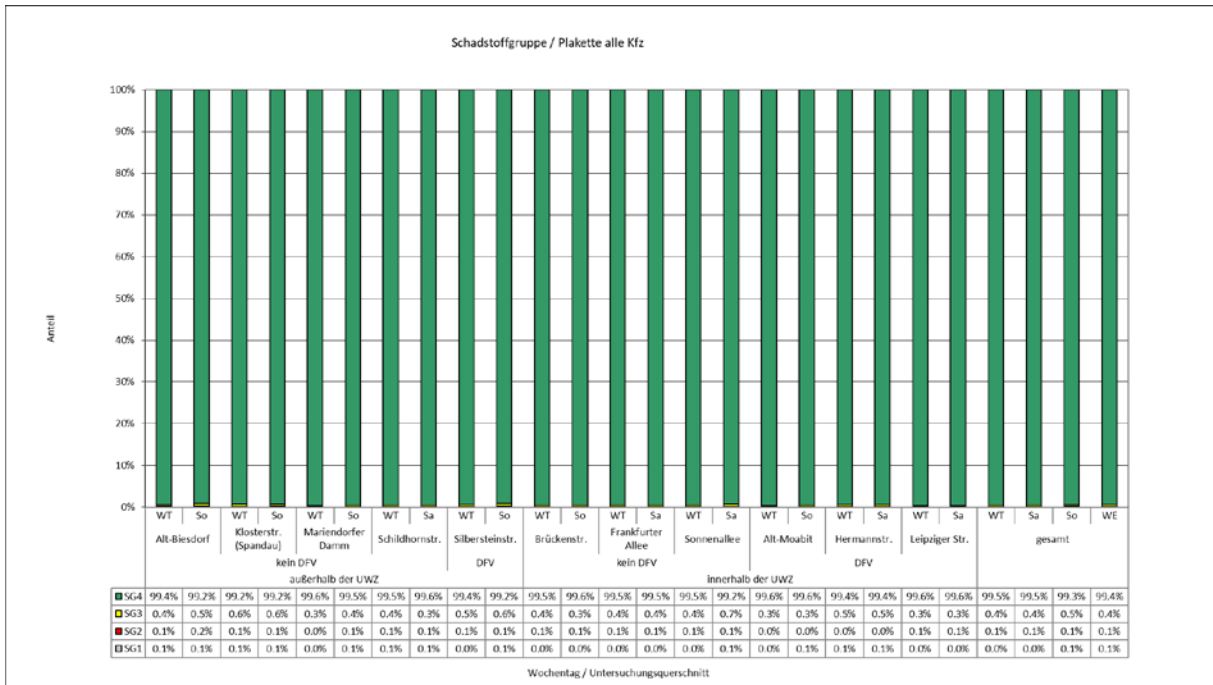


Abb. 3-20: Flottenzusammensetzung aller 2021 erfassten Kfz nach Schadstoffgruppe und Untersuchungsquerschnitt

4 EMISSIONSBERECHNUNG

4.1 Vorgehen

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkategorien wurden auf Basis des „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ (HBEFA / Version 4.1 (UBA, 2019) berechnet.

Die motorbedingten Emissionen hängen im Wesentlichen ab von

- der Verkehrszusammensetzung (Fahrleistungsanteile der einzelnen Fahrzeugkategorien am Gesamtverkehr),
- der Flottenzusammensetzung (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge gleichen Emissionsverhaltens „Fahrzeugschicht“ - innerhalb einer Fahrzeugkategorie, Kriterien für die Schichtzuordnung sind v.a. Antriebsart, Emissionskonzept sowie Hubraum- bzw. Gewichtsklasse),
- der Verkehrssituation (in HBEFA über die Kriterien „Straßentyp“, „Tempolimit“ und level-of-service (LOS) des Verkehrsflusses definiert),
- 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.

4.1.1 Berücksichtigung der Umgebungstemperatur

In HBEFA wird (seit Version 3.3) 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 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.

In HBEFA 4.1 erfolgt die Temperaturkorrektur standardmäßig für PKW und LNF. Die entsprechenden Erhöhungsfaktoren wurden bei der Emissionsberechnung berücksichtigt. Die Faktoren zur Erhöhung der NO_x- und NO₂-Emissionsfaktoren sind in **Tab. 4.1** dargestellt.

Als Umgebungstemperatur wurde in Absprache mit dem AG bei allen Berechnungen die deutsche Jahresmitteltemperatur entsprechend HBEFA angenommen.

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

Fahrzeugschicht	NO _x -Erhöhungsfaktoren D-mittel/Basis (20°C)
	HBEFA4.1
PKW Diesel Euro-3	1.17
PKW Diesel Euro-3 (DPF)	1.17
PKW Diesel Euro-4	1.31
PKW Diesel Euro-4 (DPF)	1.31
PKW Diesel Euro-5	1.46
PKW Diesel Euro-6ab	1.40
PKW Diesel Euro-6c	1.40
PKW Diesel Euro-6d-temp	1.01
PKW Diesel Euro-6d	1.00
LNF Diesel Euro-3	1.17
LNF Diesel Euro-4	1.31
LNF Diesel Euro-5	1.31
LNF Diesel Euro-6ab	1.17
LNF Diesel Euro-6c	1.17
LNF Diesel Euro-6d-temp	1.01
LNF Diesel Euro-6d	1.00

4.1.2 Bestimmung der Euro-Abgasnorm

Für die Ermittlung der Flottenzusammensetzung erfolgte eine Zuordnung der Fahrzeugdaten aus den Rückläufen des KBA bzw. der Berliner Zulassungsstelle zu den Fahrzeugschichten des HBEFA 4.1. Zu Vergleichszwecken wurde eine Berechnung unter Verwendung der jeweiligen HBEFA-Standardflotte (mittlere bundesdeutsche Flotte) mit dem Bezugsjahr 2021 durchgeführt.

Die Zuordnung zu den EURO-Abgas-Normen erfolgte prinzipiell auf der Basis der Emissions-schlüsselnummern. In einigen Rücklaufdatensätzen fehlten die Informationen zur Emissions-

schlüsselnummer, sodass die betreffenden Fahrzeuge nicht direkt einer Euro-Norm zugeordnet werden konnten. Die Zuordnung dieser Fahrzeuge (593 PKW, 104 LNF, 17 SNF sowie 1 LBus) wurde anhand des Erstzulassungsjahres vorgenommen (siehe **Tab. 4-2**).

Tab. 4-2: Zuordnungssystematik bei nicht vorliegender Abgasschlüsselnummer

EURO-Norm	Erstzulassung	
	PKW / LNF	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

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 wurden deshalb alle LKW und Busse der Jahre 1996, 2001 und 2006, 2009 und 2013 den Normen EURO1, EURO2, EURO3, EURO4 bzw. EURO5 zugeordnet.

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

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

⁴ https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/fz_methodische_erlaueterungen_201901_pdf.pdf;jsessionid=180D54B369B71FB7D584D7EF4B4853A9.live21303?__blob=publicationFile&v=6 (Januar 2019)

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

Fzg.-Kat	Abgasschlüsselnummer	Abgasnorm Klartext	Zuordnung			
			KBA	HBEFA (IFEU)	35.BImSchV	Schadstoffgruppe / Plakette
NFZ	643; 653	96/69/EG II-III	EURO 1	EURO 1	EURO 2	SG2 / rot
NFZ	644; 654	96/69/EG III; A	EURO 2	EURO 2	EURO 3	SG3 / gelb
NFZ	645; 655	96/69/EG II-III; B	EURO 3	EURO 3	EURO 4	SG4 / grün
PKW	428; 429	98/69/EG II-III	EURO 1	EURO 1	EURO 2	SG2 / rot
PKW	449, 450 - 452	98/69/EG II-III; A	EURO 2	EURO 2	EURO 3	SG3 / gelb
PKW	430 - 431; 436 - 437; 442	D3 / D3I	EURO 2	EURO 3	EURO 3	SG3 / gelb
PKW	467 - 470	98/69/EG II-III, A / D4I		EURO 3	EURO 4	SG4 / grün
PKW	456 - 461	98/69/EG II-III, A / D4I	EURO 3	EURO 4	EURO 4	SG4 / grün
PKW	432 - 433; 438 - 439, 443	D4 / D4I	EURO 3	EURO 4	EURO 4	SG4 / grün
PKW	453 - 455	EURO3 / D4	EURO 3	EURO 4	EURO 4	SG4 / grün

4.1.3 Berücksichtigung der DPF-Ausrüstung

Eine weitere Unsicherheit bestand bei den Fahrzeugen mit nachgerüstetem Dieselpartikelfilter (DPF). Bei Dieselfahrzeugen gibt es eine Vielzahl von Kombinationen aus EURO-Norm und einer DPF-Ausrüstung einer bestimmten Partikelminderungsklasse (PM bzw. PMK). In den Fahrzeugschichten des HBEFA sind jedoch nicht alle dieser Kombinationen enthalten, wie z. B. SNF EURO1 mit DPF. Fahrzeuge, deren Emissionsfaktoren durch die Kombinationen aus EURO-Norm und DPF-Ausrüstung nicht in den Standardfahrzeugschichten des HBEFA 4.1 abgebildet werden, wurden über zusätzlich eingeführte Fahrzeugschichten in der Emissionsberechnung berücksichtigt.

Für jede dieser neu eingeführten Schichten wurden entsprechend der PMK reduzierte PM10-Emissionsfaktoren berechnet. Basis für die Berechnung der Minderungsraten waren die bezugsjahrunabhängigen PM10-Emissionsfaktoren für die Verkehrssituation „Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt“. Die bezugsjahrunabhängige HBEFA-Flotte enthält Fahrzeugschichten, die über die in der mittleren deutschen Flottenzusammensetzung enthaltenen Fahrzeuge hinausgeht (z.B. LNF EURO-3 mit DPF). Die Minderung ergibt sich somit aus dem PM10-Emissionsfaktor der Fahrzeugschicht ohne Berücksichtigung des Partikelfilters im Verhältnis zu dem PM10-Emissionsfaktor einer Fahrzeugschicht, die dem Emissionsniveau der Partikelminderungsklasse des DPF entspricht. Für jede Fahrzeugkategorie wurde dazu eine mittlere Größenklasse gewählt. **Tab. 4-4** zeigt die Minderungen, die für die Dieselfahrzeuge der verschiedenen Euro-Normen entsprechend der Partikelminderungsklasse des DPF angenommen wurden.

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
LNF	M+N1-I	Euro-2	0.120	PM1, PMK01, PMK1	Euro-3	0.064	-47%
				PM2, PMK2, PMK3	Euro-3 (DPF)	0.061	-49%
PKW	nicht spezifiziert	Euro-2	0.112	PM1, PM01	Euro-2 (DPF)	0.078	-30%
				PM2	Euro-4	0.054	-51%
RBus	Standard <=18t	Euro-I	0.889	PMK2	Euro-IV EGR	0.066	-93%
		Euro-II	0.268	PMK2	Euro-IV EGR	0.066	-75%
		Euro-III	0.387	PM2, PMK2	Euro-IV EGR	0.066	-83%
SNF	SoloLkw >12-14t	Euro-II	0.170	PMK2	Euro-IV EGR	0.041	-76%
				PM2, PMK2, PMK4	Euro-IV EGR	0.041	-76%
		Euro-III	0.181	PM5	Euro-V EGR	0.024	-87%
				PMK1	Euro-III	0.181	0%
				PM2, PMK2, PMK4	Euro-IV EGR	0.041	-77%
		Euro-IV EGR	0.041	PM2, PMK2, PMK4	Euro-IV EGR	0.041	0%

4.1.4 Berücksichtigung der SCR-Ausrüstung

Bei den EURO-IV- und EURO-V-Schichten der SNF sowie der Busse wird in HBEFA nach den Abgasnachbehandlungstechnologien „Abgasrückführung“ (EGR) und „Selektive Katalytische Reduktion“ (SCR) unterschieden. Da diese Information im Fahrzeugregister nicht abfragbar ist, war sie auch in den Rücklaufdaten nicht vorhanden. In Abstimmung mit dem AG wurden 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.

Zu den Berliner Linienbussen lagen von den Berliner Verkehrsbetrieben (BVB) Angaben zur SCR-Ausrüstung vor. Dabei wurde ausgewiesen, ob der SCR werkseitig verbaut oder nachgerüstet wurde. In **Abb. 4-1** ist die SCR-Ausrüstung der Linienbusflotte an den Untersuchungsabschnitten nach Antriebsart und Abgasnorm dargestellt.

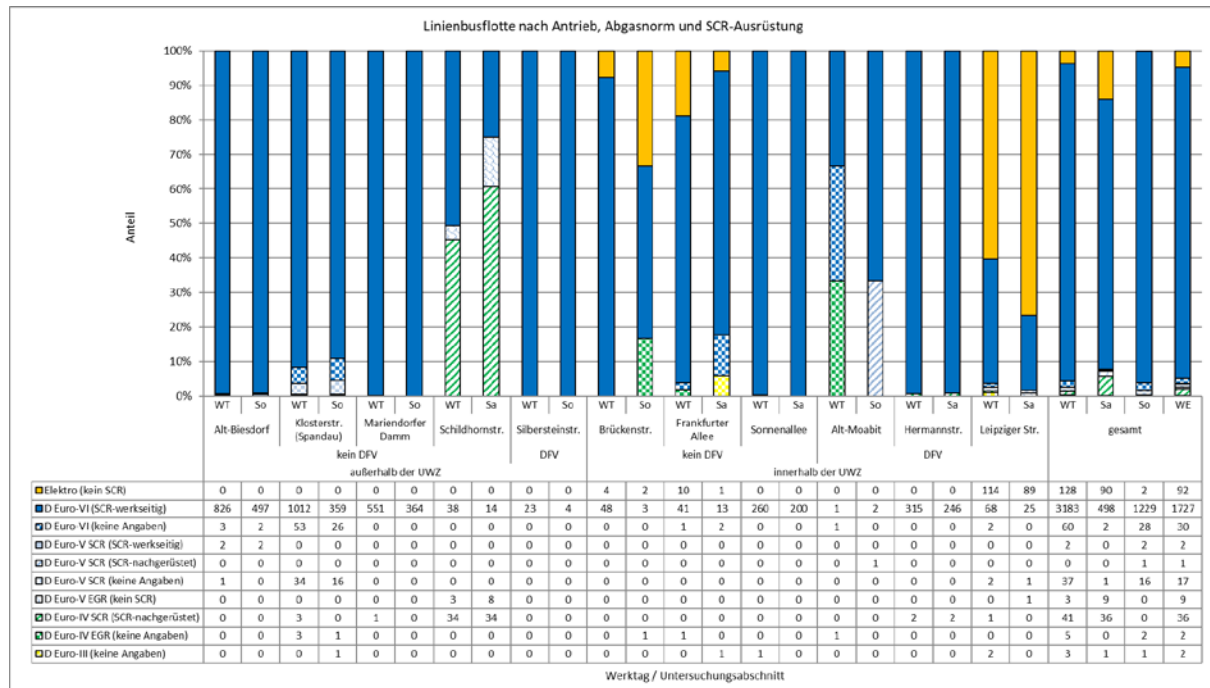


Abb. 4-1: Linienbusflotte an den Untersuchungsabschnitten nach Antriebsart, Abgasnorm und SCR-Ausrüstung

Die Stickoxidminderung der SCR- gegenüber den EGR-Fahrzeugen wurde in Absprache mit dem AG auf Grund vorliegender messtechnischer Untersuchungen an Berliner Linienbussen mit 70 % angenommen.

4.1.5 Berücksichtigung alternativer Antriebsarten

Im HBEFA 4.1 werden in der deutschen Standardflotte auch Fahrzeugschichten mit alternativen Antriebsarten ausgewiesen. Neben der Standardflotte für Deutschland enthält das HBEFA einen Datensatz bezugsjahresunabhängiger Emissionsfaktoren. Für einige Fahrzeugschichten wurde auf diese Emissionsfaktoren zurückgegriffen.

Fahrzeuge mit Elektro/Verbrenner-Hybridantrieb (ohne Plug-in) werden in HBEFA 4.1 den Fahrzeugschichten der entsprechenden Verbrenner (Benzin oder Diesel) zugeordnet. Dementsprechend wurden die Elektro/Verbrenner-Hybridantrieb- auch bei der Berechnung Flottenzusammensetzung den entsprechenden Benzin- bzw. Diesel-Schichten zugeordnet.

Für Plug-in-Hybridfahrzeuge gibt es in HBEFA 4.1 entsprechende Fahrzeugschichten. Dabei werden Fahrleistungsanteile differenziert für Elektro- und Diesel- bzw. Benzinbetrieb ausgewiesen. Im Innerortsbereich liegt der Anteil der rein elektrisch erbrachten Fahrleistung bei ca. 75 %.

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

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

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

4.2 Flottenzusammensetzung nach Antriebsart und Emissionskonzept

In den **Abb. 4-2** bis **Abb. 4-8** sind die aus der Kennzeichenerfassung abgeleiteten Flottenzusammensetzungen für die untersuchten Abschnitte und Wochentage im Vergleich zur Standardflotte Innerorts 2021 des HBEFA 4.1 dargestellt.

Für die Darstellung wurden LNG- und LPG-Antriebe unter „Gas“ zusammengefasst. Unter „Elektro“ wurden alle Fahrzeuge mit reinem Elektroantrieb sowie alle Plug-in-Hybridfahrzeuge zusammengefasst.

Bei den PKW ist im Vergleich zur HBEFA-Innerorts-Standardflotte zunächst ein - im Mittel über alle Untersuchungsabschnitte - geringerer Diesel-Anteil zu beobachten. Der Unterschied zwischen dem Berliner Dieselanteil und dem in HBEFA beträgt ca. 15 Prozentpunkte. Auf Grund

der tendenziell höheren Emissionsfaktoren von Dieselmotoren – sowohl bei Stickoxiden als auch bei motorbedingtem PM10 - wirkt sich dieser geringere Diesel-Anteil in Berlin gegenüber der Standardflotte bereits unabhängig von der Flottenmodernisierung reduzierend auf das Emissionsniveau der Berliner PKW aus.

Wie im 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 Umweltzone ist der Anteil der Euro-6-Diesel-PKW an den Querschnitten innerhalb der Umweltzone mit Werten zwischen 60 % und 68 % (werktags) tendenziell höher als außerhalb (ca. 58 %). Im Berliner Mittel beträgt dieser Anteil 60 %. In der Standardflotte beträgt der Anteil der Euro-6-Diesel-PKW an den gesamten Diesel-PKW hingegen nur 53 % und ist somit deutlich niedriger als in der mittleren Berliner Flotte. Innerhalb der Euro-6-Diesel-PKW beträgt der Anteil der Euro-6d-temp- und Euro-6d-Fahrzeuge in der Berliner Flotte im Mittel ca. 43 % (werktags) und liegt damit deutlich über dem entsprechenden Anteil in der Standardflotte (31 %). Am Wochenende ist dieser Anteil im Mittel ca. 3 Prozentpunkte niedriger, d.h. die Dieselflotte ist an diesen Tagen emissionsseitig etwas schlechter.

Der Anteil der Dieselfahrzeuge der Abgasnorm Euro-3 und älter liegt bei allen Untersuchungsabschnitten bei ca. 3-4 % und entspricht in etwa dem der HBEFA-Standardflotte, wobei jedoch im Gegensatz zur Standardflotte in Berlin die Mehrzahl der Euro-3-Diesel-Pkw mit einem Partikelfilter nachgerüstet sind.

Die Anteile der Gas- und Elektrofahrzeuge ist in den Abschnitten innerhalb der Umweltzone etwas höher als außerhalb. Er liegt werktags zwischen 6.0 % in Alt-Moabit (1.5 % Gas, 4.5 % Elektro) und 2.7 % in der Silbersteinstraße (1.2 % Gas, 1.5 % Elektro) – im Berliner Mittel bei 4.4 % (1.2 % Gas, 3.2 % Elektro). Am Wochenende sind diese Anteile tendenziell etwas niedriger. In der Standardflotte liegt dieser Anteil bei 3.3 % (1.7 % Gas, 1.6 % Elektro).

Bei den LNF liegt der Dieselanteil in der Berliner Flotten je nach Wochentag zwischen 93 % und 95 % und entspricht damit in etwa dem der Standardflotte (95 %). Die Berliner LNF-Flotte weist an den einzelnen Untersuchungsabschnitten keine wesentlichen Unterschiede auf und entspricht im Mittel ungefähr der Standardflotte. Demnach beträgt der Anteil der Diesel-Euro-5 Fahrzeuge - unabhängig vom Wochentag - ca. 26 %. Bei den Diesel-Euro-6-Fahrzeugen liegt der mittlere Anteil in Berlin werktags bei ca. 55 % - dieser Anteil entspricht auch dem der Standardflotte. In der Berliner Flotte sinkt der Euro-6-Anteil von 55 % werktags auf 52 % samstags sowie 46 % sonntags. Der Anteil der LNF mit Euro 6dtemp und Euro 6d liegt im Berliner

Mittel werktags bei 19 % und sinkt sonntags auf ca. 17 % - der Berliner Sonntagswert von 17 % entspricht auch dem der Standardflotte.

Für die Busse zeigen sich sehr unterschiedliche Flottenzusammensetzungen. Dies resultiert bei den Reisebussen aus der geringen Anzahl erfasster Fahrzeuge (siehe **Tab. 3-2**).

Auch die Linienbusflotte ist an den verschiedenen Querschnitten teilweise sehr unterschiedlich. Wie bereits in der Kennzeichenerfassung 2020 ermittelt, wurden in den Flottenzusammensetzungen der Linienbusse wiederum relevante Anteile elektrisch betriebener Fahrzeuge erfasst. Der Einsatz der Elektrobusse erfolgt jedoch nicht auf allen Strecken gleichermaßen. Der Elektroanteil liegt in der Leipziger Straße je nach Wochentag bei 60 % - 80 %, in der Frankfurter Allee und Brückenstraße bei 10 % - 30 %. Der Anteil Elektrobusse in der Standardflotte liegt bei 0.9 %. An den übrigen Untersuchungsabschnitten wurden keine Elektrobusse erfasst - die dort eingesetzten Fahrzeuge sind im Wesentlichen dieselgetrieben. (vgl. **Abb. 3-8**).

Innerhalb der Diesel-Linienbusse liegt der Anteil der Euro-V- und Euro-VI-Fahrzeuge an fast allen Abschnitten bei nahezu 100 % - in der Standardflotte liegt dieser Anteil bei 90 %. Lediglich in der Schildhornstraße wurden noch relevante Anteile an Euro-IV-Bussen erfasst. Diese Busse sind jedoch überwiegend mit einem SCR-System nachgerüstet. Im Mittel ist die Berliner Linienbusflotte an den untersuchten Abschnitten auf Grund des Elektro- und höheren Euro-V- und Euro-VI-Anteils emissionsseitig etwas günstiger als die Standardflotte.

Bei den schweren Nutzfahrzeugen sind zwischen den Flotten innerhalb und außerhalb der UWZ keine systematischen Unterschiede erkennbar. Innerhalb der Diesel-SNF liegt der Anteil an Euro-V- und Euro-VI-Fahrzeugen im Berliner Mittel werktags bei ca. 90 % und damit etwas niedriger als in der Standardflotte (ca. 94 %). In der Berliner Flotte sinkt dieser Anteil von 90 % werktags auf 82 % am Wochenende.

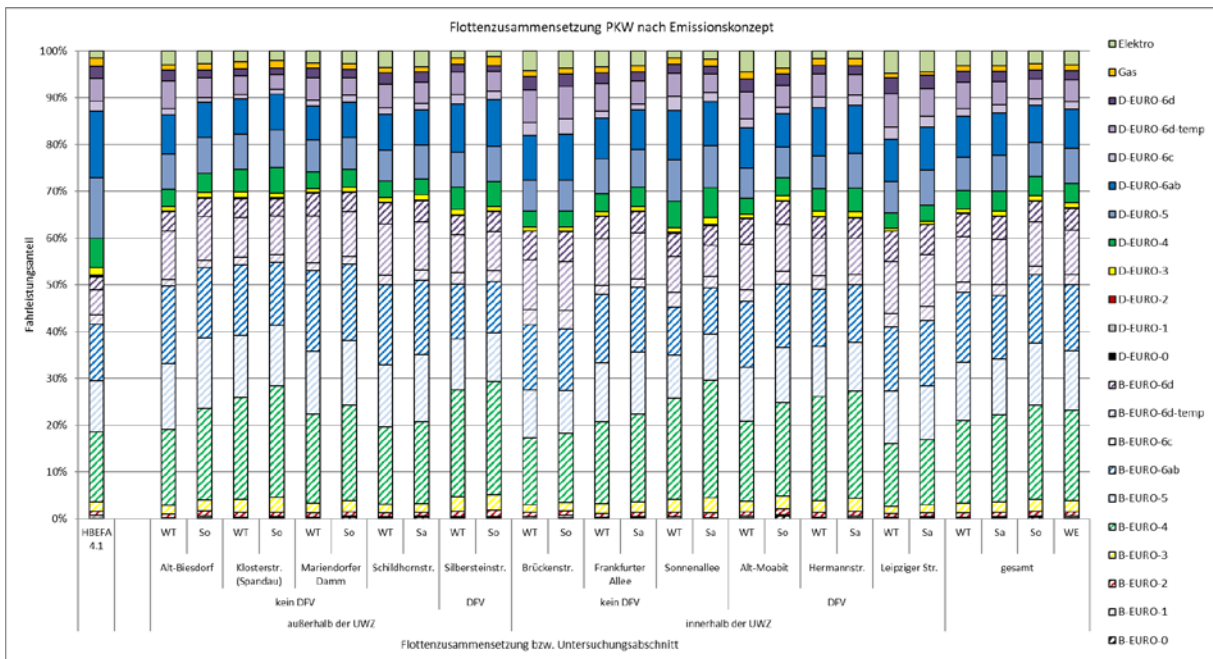


Abb. 4-2: Flottenzusammensetzung PKW nach Emissionskonzept und Wochentag an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 4.1 für das Bezugsjahr 2021

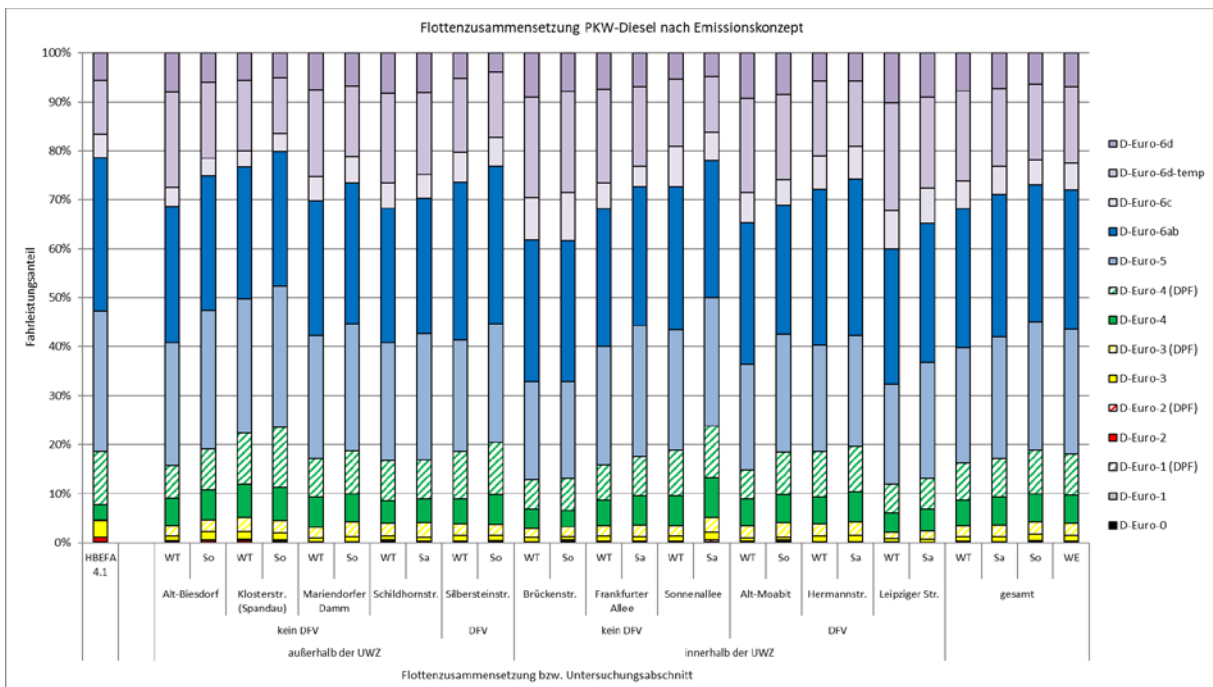


Abb. 4-3: Flottenzusammensetzung PKW-Diesel nach Emissionskonzept und Wochentag an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 4.1 für das Bezugsjahr 2021

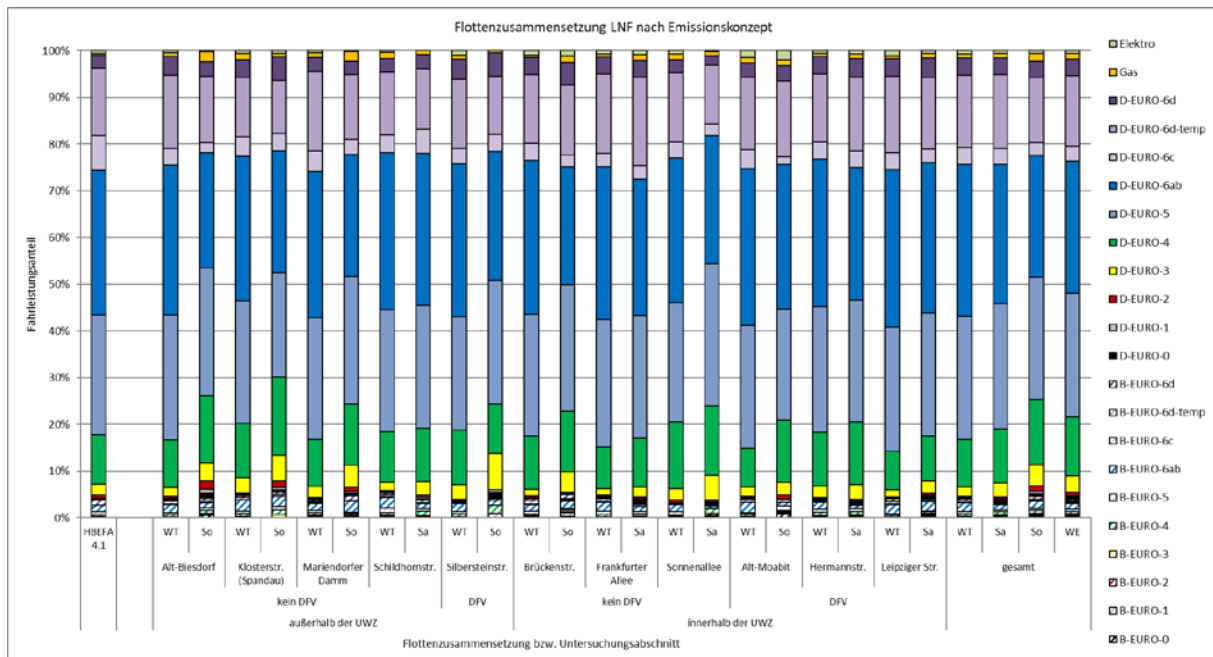


Abb. 4-4: Flottenzusammensetzung LNF nach Emissionskonzept und Wochentag an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 4.1 für das Bezugsjahr 2021

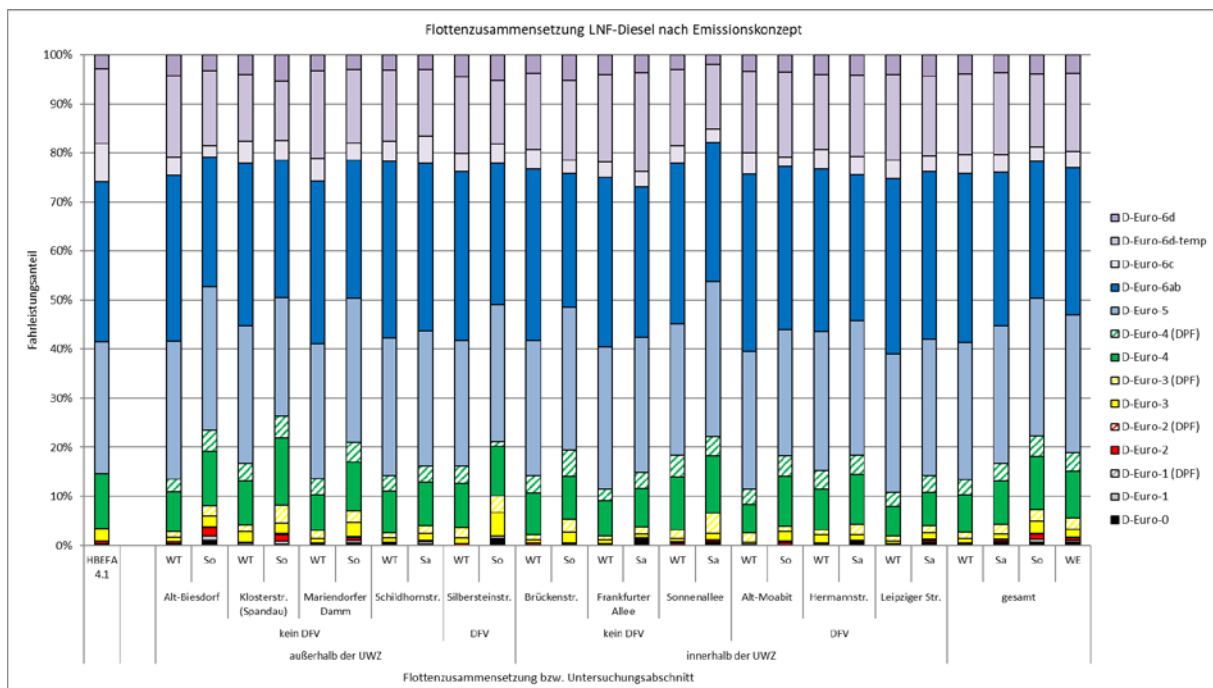


Abb. 4-5: Flottenzusammensetzung LNF-Diesel nach Emissionskonzept und Wochentag an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 4.1 für das Bezugsjahr 2021

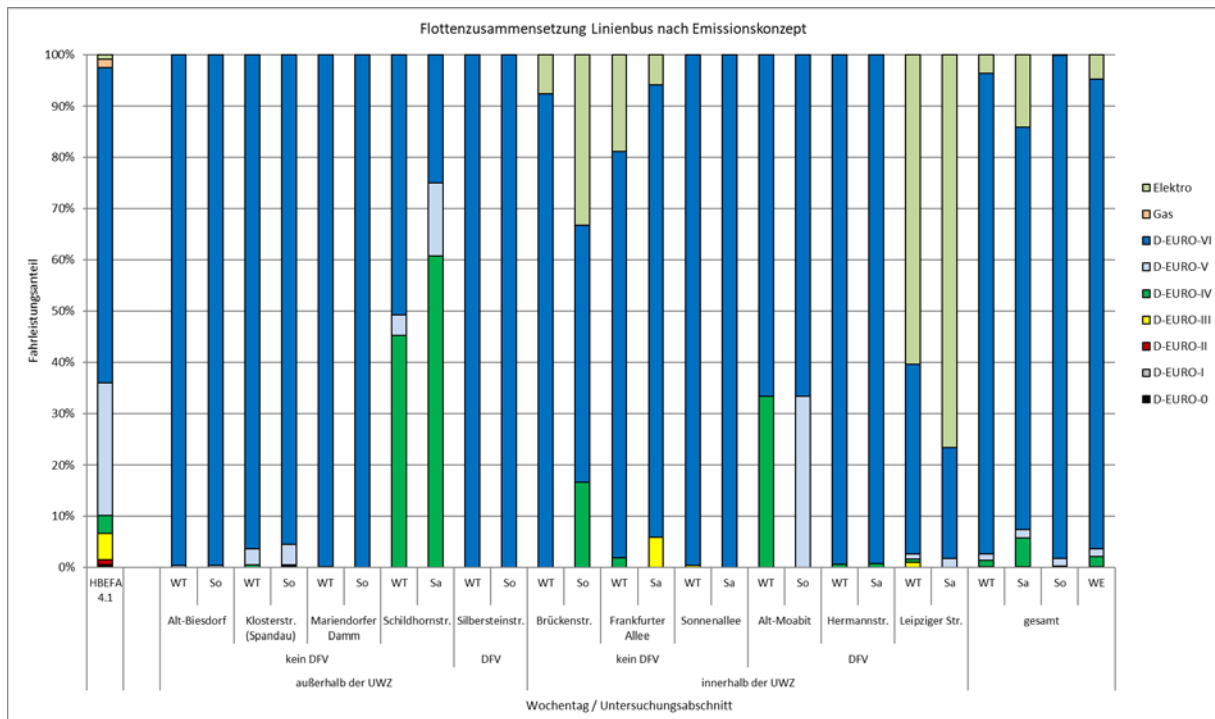


Abb. 4-6: Flottenzusammensetzung Linienbus nach Emissionskonzept und Wochentag an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 4.1 für das Bezugsjahr 2021

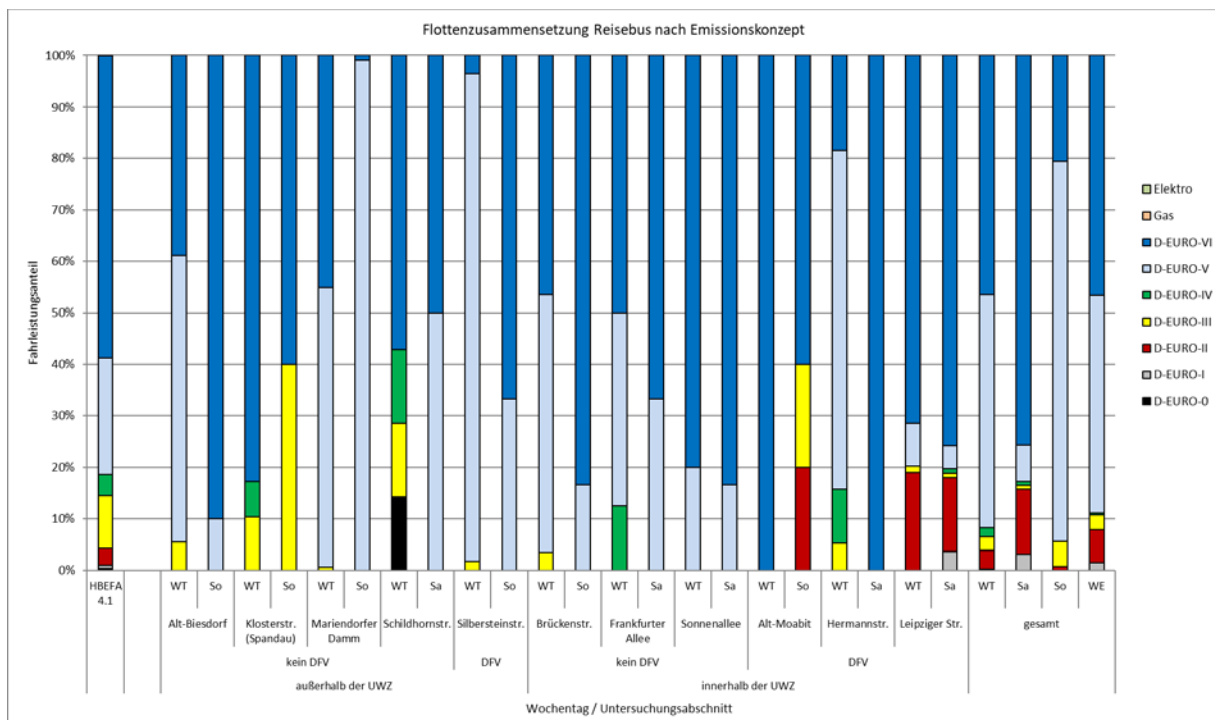


Abb. 4-7: Flottenzusammensetzung Reisebus nach Emissionskonzept und Wochentag an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 4.1 für das Bezugsjahr 2021

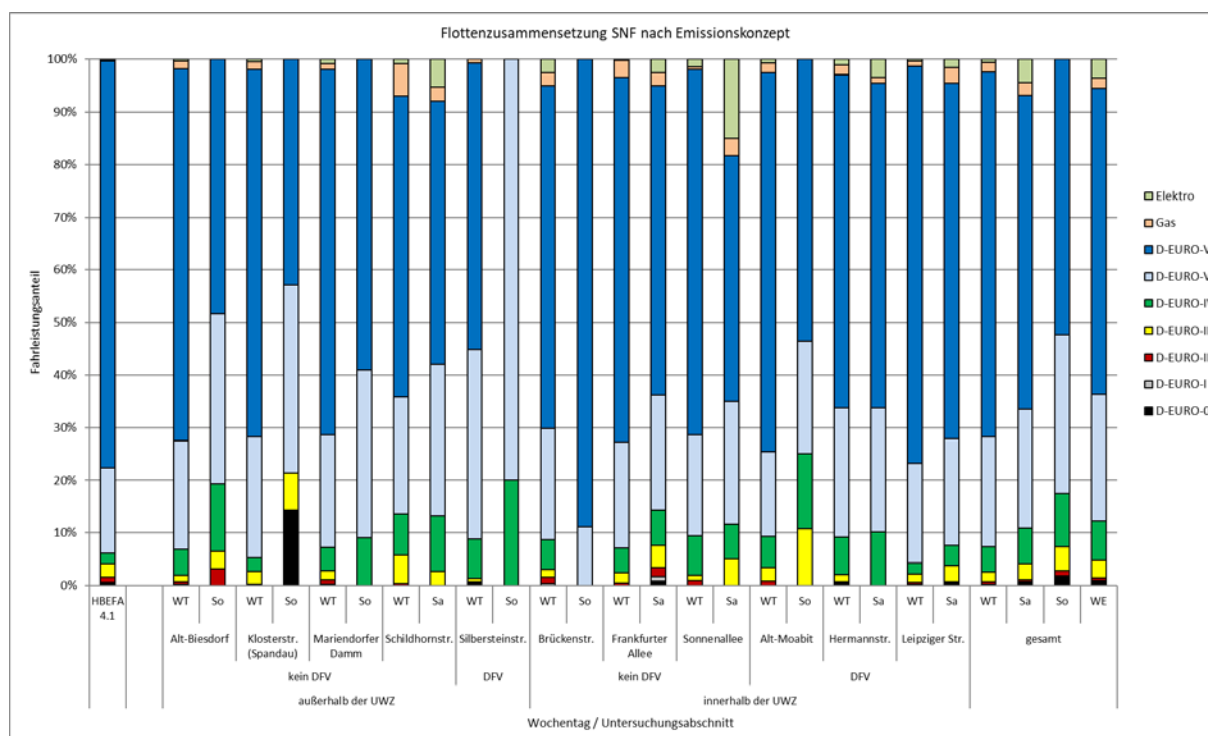


Abb. 4-8: Flottenzusammensetzung SNF nach Emissionskonzept und Wochentag an den Untersuchungsabschnitten im Vergleich mit HBEFA 4.1 für das Bezugsjahr 2021

Der in Tab. 4-6 aufgezeigte Vergleich der 2021 erfassten Fahrleistungsanteile der Euro-6- bzw. Euro-VI-Fahrzeuge mit den entsprechenden Anteilen aus den Untersuchungen 2019 und 2020 zeigt einen z.T. starken Anstieg. Lediglich der Anteil der Diesel-Euro-6-PKW ist nahezu unverändert geblieben, was jedoch an dem Rückgang des Diesel-PKW-Anteils in diesem Zeitraum liegt. Dieser ist von 34 % im Jahre 2019 auf 30 % 2021 gesunken. Somit ist die Flottenmodernisierung durch die gestiegenen Euro-6-Anteile auch innerhalb der Diesel-PKW zu beobachten.

Tab. 4-6: Entwicklung der Euro-6- / Euro-VI-Fahrzeuganteile in den Jahren 2019 - 2021

Emissionskonzept	Bezugsjahr		
	2019	2020	2021
LBus-D-Euro-VI	59%	60%	94%
LNF-B-Euro-6	2%	3%	3%
LNF-D-Euro-6	40%	49%	55%
PKW-B-Euro-6	26%	29%	32%
PKW-D-Euro-6	18%	18%	18%
RBus-D-Euro-VI	48%	61%	46%
SNF-D-Euro-VI	56%	64%	69%

4.3 Emissionsvergleich 2020 / 2021

4.3.1 Verkehrliche Eingangsdaten

Die Emissionsberechnung erfolgte unter Verwendung der in **Tab. 4-7** aufgeführten, vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Eingangsdaten. Diese Daten sind - mit einer Ausnahme - 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.

Bei der Ausnahme handelt es sich um die Berücksichtigung der Linienbusse am Querschnitt Alt-Moabit. Da dort schon seit mehreren Jahren keine Buslinie mehr betrieben wird, sind die **Tab. 4-7** aufgeführten 397 Linienbusse unrealistisch. In der Untersuchung 2021 wurden in Alt-Moabit sowohl werktags als auch sonntags jeweils nur drei Linienbusse erfasst (siehe **Tab. 3-2**): 1 Euro-IV, 1 Euro-V sowie 4 Euro-VI-Busse. Diese „Flottenzusammensetzung“ ist auf Grund der geringen Stichprobe zum einen nicht repräsentativ und zum anderen relativ schlecht. Die damit verbundenen relativ hohen Emissionsfaktoren würden in Verbindung mit der unrealistisch hohen Anzahl an Linienbussen das gesamte Emissionsniveau am Abschnitt Alt-Moabit verfälschen. Aus diesem Grunde wurden in Alt-Moabit bei den Emissionsberechnungen 2020 und 2021 keine Linienbusse berücksichtigt.

Die **Abb. 4-9** zeigt die Verkehrszusammensetzung nach Fahrzeugkategorien entsprechend der Werte aus **Tab. 4-7** grafisch auf.

Tab. 4-7: Verkehrliche Eingangsdaten für den Emissionsvergleich 2020 / 2021

	außerhalb der UWZ					innerhalb der UWZ					
	kein DFV				DFV	kein DFV			DFV		
	Alt Biesdorf	Klosterstraße	Mariendorfer Damm	Schildhornstr.	Silbersteinstr.	Brückenstr.	Frankfurter Allee	Sonnenallee	Alt Moabit	Hermannstr.	Leipziger Str.
DTV	60789	34590	47432	47138	13892	17611	64260	28079	20702	24840	49044
davon:											
PKW	53555	29609	41693	43084	12225	14594	57705	22956	18280	20767	43257
LNf	4742	2663	3605	3158	1125	2482	5076	3588	1635	2484	3874
Lbus	58	1522	637	181	147	3	62	874	397 (0)	944	236
Rbus	2	104	27	8	117	45	3	63	17	99	402
SNF	2432	692	1470	707	278	487	1414	598	373	546	1275
Verkehrssituation	FernStr-City/50/dicht	HVS/30/dicht	FernStr-City/50/gesättigt	FernStr-City/50/gesättigt	FernStr-City/50/gesättigt	FernStr-City/50/gesättigt	FernStr-City/50/gesättigt	FernStr-City/50/gesättigt	FernStr-City/50/gesättigt	HVS/30/dicht	FernStr-City/50/gesättigt
Stop&Go-Verkehrssituation	FernStr-City/50/StGo	HVS/30/StGo	FernStr-City/50/StGo	FernStr-City/50/StGo	FernStr-City/50/StGo	FernStr-City/50/StGo	FernStr-City/50/StGo	FernStr-City/50/StGo	FernStr-City/50/StGo	HVS/30/StGo	FernStr-City/50/StGo
Stgo-Anteil	18.61%	21.00%	3.90%	15.92%	2.00%	15.44%	9.21%	55.89%	0.00%	28.60%	25.50%
Längsneigung	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%

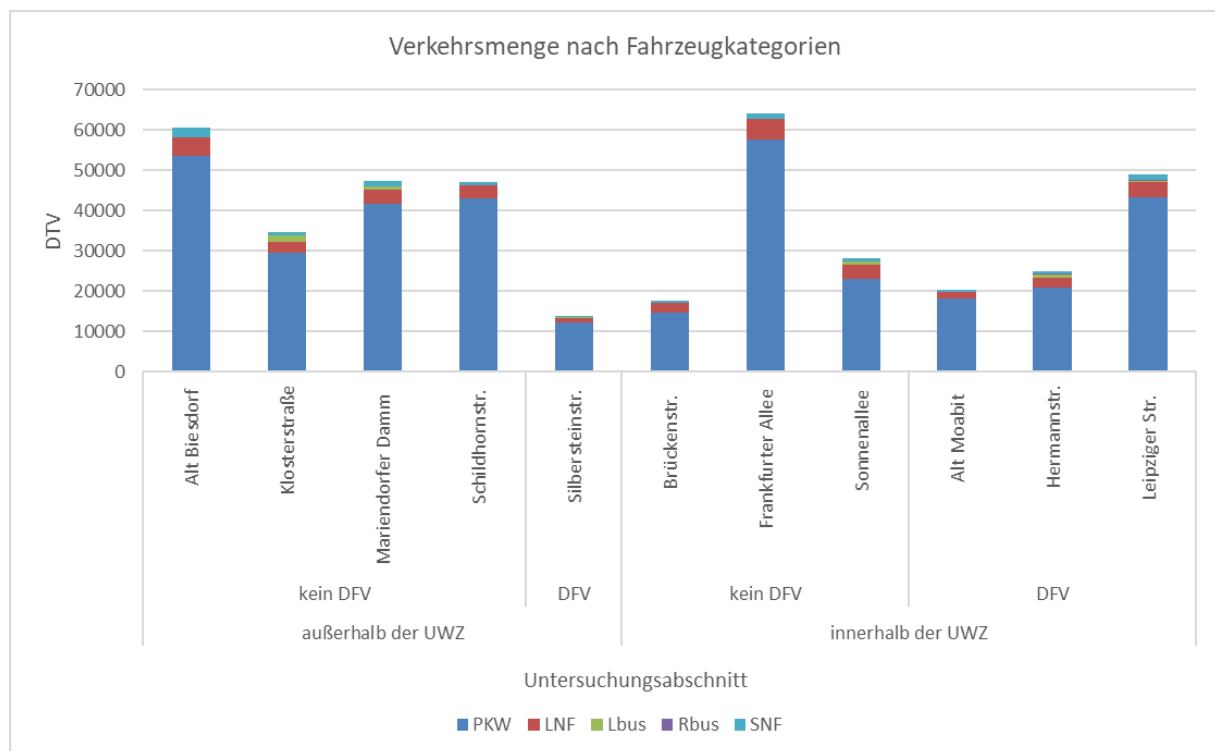


Abb. 4-9: Verkehrsmenge nach Fahrzeugkategorien an den Untersuchungsabschnitten

4.3.2 Abgeleitete Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkategorien

Grundlage für die Wichtung der Emissionsfaktoren waren neben den im Abschnitt 4.2 dargestellten Flottenzusammensetzungen die im Abschnitt 4.1 dargestellten Minderungen der PM10-Motoremissionen (**Tab. 4-4**) sowie die getroffenen Annahmen zur SCR-Ausrüstung.

Für den vorgesehenen Vergleich 2020/2021 erfolgte die Wichtung der Emissionsfaktoren 2021 auf Basis der Werktagsflotten.

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

sodass sämtliche erfassten Diesel-Euro-5-PKW als „normale“, d.h. nicht vom Dieselskandal betroffene Euro-5-Fahrzeuge, betrachtet wurden.

Die Unterschiede zwischen den lokalen Flottenzusammensetzungen und der Standardflotte sind bei den einzelnen Fahrzeugkategorien unterschiedlich ausgeprägt. Dies führt dazu, dass auch die Unterschiede in den gewichteten Emissionsfaktoren bei den einzelnen Fahrzeugkategorien mehr oder weniger groß sind. In den **Abb. 4-10** bis **Abb. 4-13** sind die gewichteten Emissionsfaktoren exemplarisch für den Untersuchungsabschnitt Leipziger Straße („Agglo/ FernStr-City/50/gesaettigt“/Stop&Go-Anteil 25.5 %) für die Jahre 2020 bzw. 2021 (werktags) denen mit der Standardflotte HBEFA 4.1 gewichteten gegenübergestellt. Die dargestellten Effekte sind nicht repräsentativ für alle Abschnitte, sondern sollen lediglich dem besseren Verständnis zur Vorgehensweise bei der Emissionsberechnung dienen.

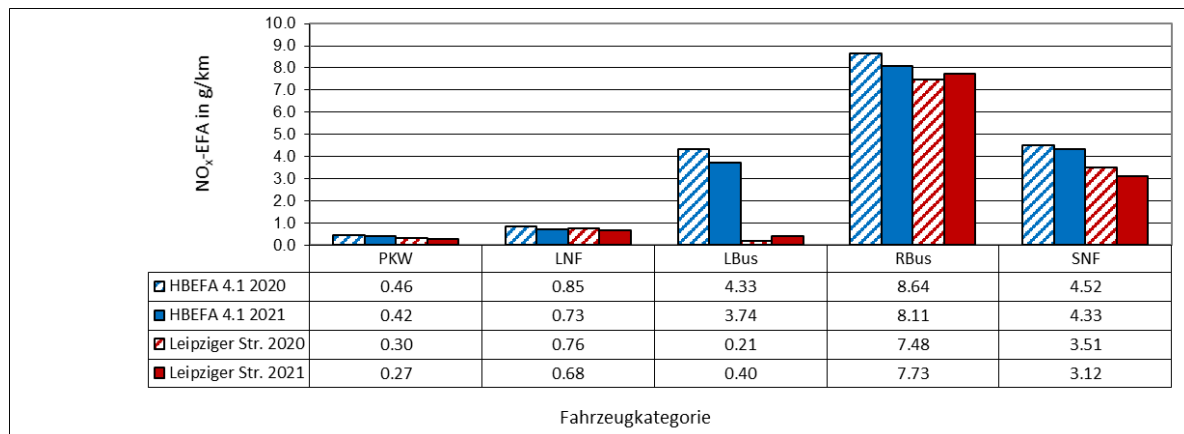


Abb. 4-10: Vergleich gewichteter NO_x-Emissionsfaktoren 2020 / 2021 am Beispiel Leipziger Straße

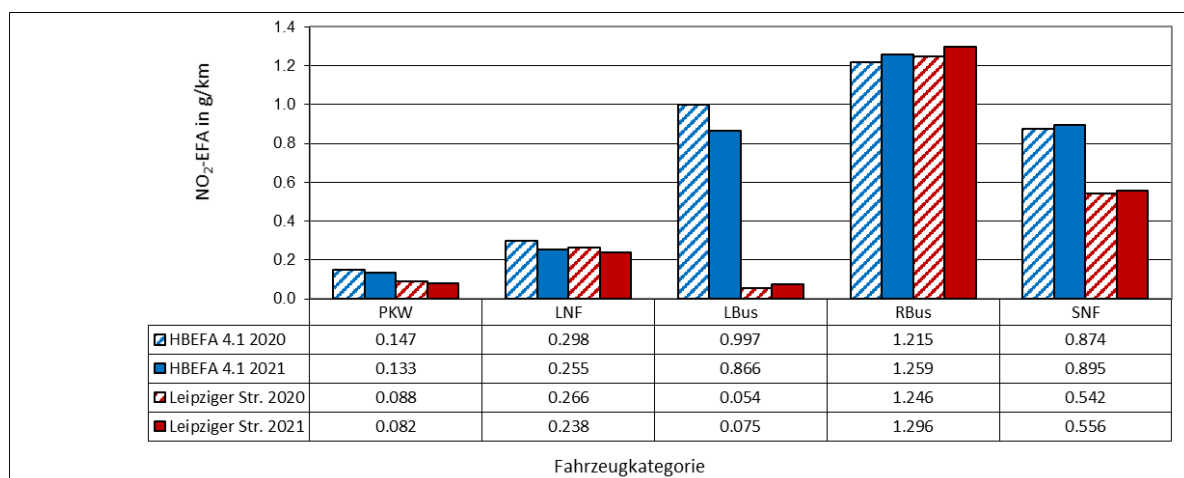


Abb. 4-11: Vergleich gewichteter NO₂-Emissionsfaktoren 2020 / 2021 am Beispiel Leipziger Straße

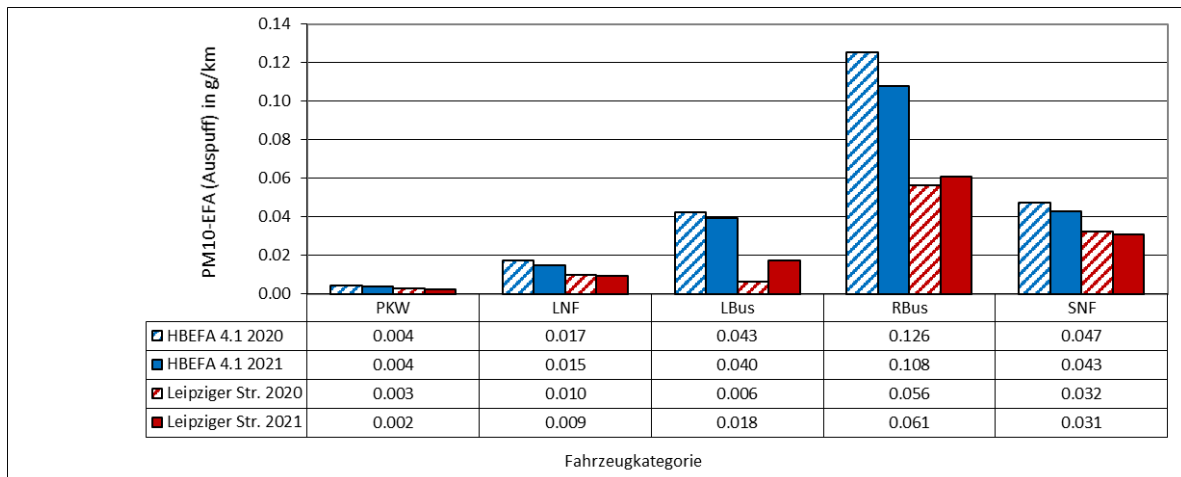


Abb. 4-12: Vergleich gewichteter motorbedingter PM10-Emissionsfaktoren 2020 / 2021 am Beispiel Leipziger Straße

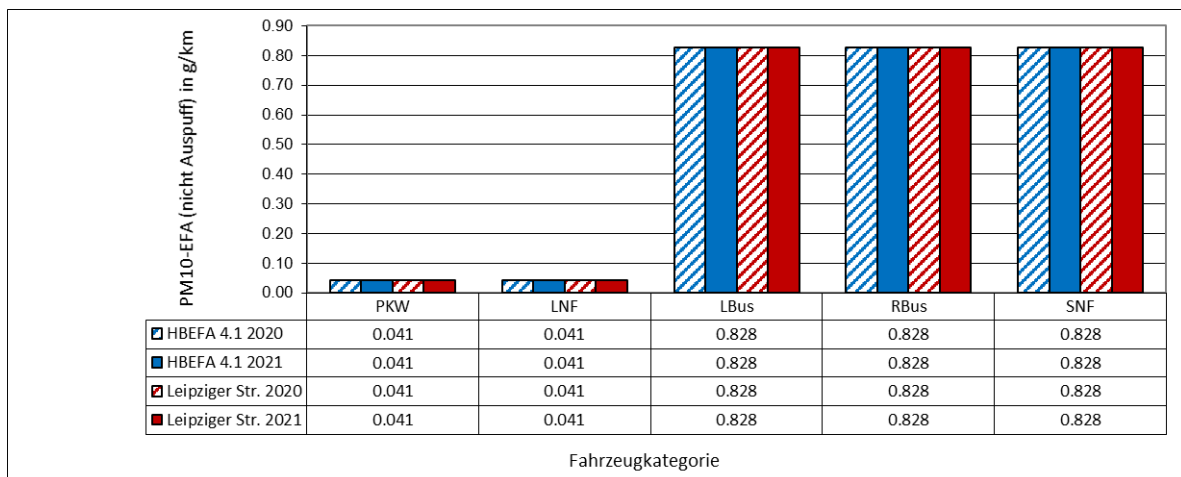


Abb. 4-13: Vergleich gewichteter nicht-motorbedingter PM10-Emissionsfaktoren 2020 / 2021 am Beispiel Leipziger Straße

Am Beispiel zeigt sich, dass die Emissionsfaktoren nahezu aller Fahrzeugkategorien in der Leipziger Straße sowohl 2020 als auch 2021 z.T. deutlich unter denen der Standardflotte liegen. Lediglich die NO_2 -Emissionsfaktoren der Reisebusse liegen 2021 etwa 3 % über denen der Standardflotte, allerdings sind die Aussagen zu den Reisebussen auf Grund der geringen Stichprobe unsicher. Ansonsten liegen 2021 in der Leipziger Straße die Emissionsfaktoren für NO_2 und NO_x bei den PKW um ca. 38 %, bei den LNF um ca. 7 %, bei den Linienbussen um ca. 90 % und bei den SNF ca. 33 % unter denen der Standardflotte. Bei den motorbedingten Partikeln beträgt dieser Unterschied ca. 38 % bei den PKW und LNF, ca. 56 % bei den Linienbussen sowie ca. 28 % bei den SNF.

Die Flottenmodernisierung von 2020 zu 2021 führte auf der Leipziger Straße dazu, dass die Emissionsfaktoren der PKW und LNF für NO_2 und NO_x um ca. 10 %, für Partikel um ca. 13 %

bzw. 4 % gesunken sind. Bei den Linienbussen hingegen ist gegenüber 2020 eine deutliche Erhöhung – sowohl bei Stickoxiden als auch bei Partikeln – zu verzeichnen. Dies liegt im Wesentlichen daran, dass der Anteil der erfassten Elektrobusse von 80 % im Jahre 2020 auf 60 % im Jahre 2021 gesunken ist. Im Vergleich mit der Standardflotte sind die Emissionsfaktoren der Linienbusse in der Leipziger Straße weiterhin sehr niedrig.

Die PM10-Emissionsfaktoren für nicht-motorbedingte Partikel aus Abrieb und Aufwirbelung werden in HBEFA lediglich differenziert nach Leichtverkehr (PKW und LNF) und Schwerverkehr (SNF und Busse) ausgewiesen. Aus diesem Grunde wirken sich die Unterschiede in den Flottenzusammensetzungen nicht aus. Die nicht-motorbedingten PM10-Emissionsfaktoren liegen mindestens eine Größenordnung über denen der PM10-Auspuffemissionen und dominieren somit die Höhe der Gesamt-PM10-Emissionen.

4.3.3 Emissionen an den Untersuchungsstandorten

Aus den Verkehrsdaten (**Tab. 4-7**) 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. 4-14** bis **Abb. 4-16** dargestellt.

Die aus der Kennzeichenerfassung bestimmten Emissionen sind mit „LOH 2020“ bzw. „LOH 2021“ gekennzeichnet. Die zum Vergleich angeführten Emissionsdichten entsprechend der Standardflotte des HBEFA 4.1 werden mit „HBEFA 2020“ bzw. „HBEFA 2021“ bezeichnet.

Hohe Stickoxid-Emissionen sind demnach in Alt-Biesdorf, Frankfurter Straße und Leipziger Straße zu verzeichnen, geringere hingegen in der Silbersteinstraße, Alt-Moabit, und Brückenstraße. Diese Unterschiede liegen insbesondere an den großen Unterschieden in den Verkehrsmengen, z.T. aber auch in den unterschiedlich hohen Stop&Go-Anteilen. In Abhängigkeit von der Verkehrszusammensetzung ist auch der Emissionsanteil der einzelnen Fahrzeugkategorien bzgl. der Gesamtemissionen z.T. sehr unterschiedlich. So beträgt beispielsweise 2021 der Anteil der PKW-NO_x-Emissionen unter Verwendung der Berliner Flotte zwischen 53 % (Hermannstraße) und ca. 70 % (Schildhornstraße). Der LNF-Anteil an den NO_x-Emissionen liegt zwischen 11 % (Klosterstraße, Silbersteinstraße) und 22 % (Brückenstraße). Der Linienbusanteil-Anteil an den NO_x-Emissionen liegt hingegen zwischen ca. 0.02 % (Brückenstraße) und 8.3 % (Klosterstraße).

Wie bereits im Jahre 2020 liegen auch im Jahre 2021 die Gesamtemissionen – sowohl die der Sickoxide als auch die der motorbedingten Partikel – an allen Untersuchungsabschnitten mit der lokalen Flotte z.T. deutlich unter denen, die sich unter Verwendung der Standardflotte ergeben würden.

Die Flottenmodernisierung von 2020 zu 2021 führen unter Verwendung der Berliner Flottenzusammensetzung an den meisten Abschnitten zu einer Verringerung der Emissionen. So sinken die NO_x-Emissionen zwischen 8 % (Leipziger Straße) und 21 % (Sonnenallee), lediglich in der Silbersteinstraße ist - v.a. auf Grund einer ungünstigeren Reisebusflotte - eine Zunahme von 7 % zu verzeichnen. Das absolute Emissionsniveau ist in diesem Abschnitt allerdings - sowohl 2020 als auch 2021 - vergleichsweise niedrig.

Die Emissionen der motorbedingten Partikel sinken durch die Flottenmodernisierung ebenfalls auf nahezu allen Abschnitten. Die Reduktion reicht von 1 % in der Silbersteinstraße und 19 % in der Brückenstraße. Lediglich in der Schildhornstraße führen die gestiegenen Busemissionen zu einer Zunahme um 4 %.

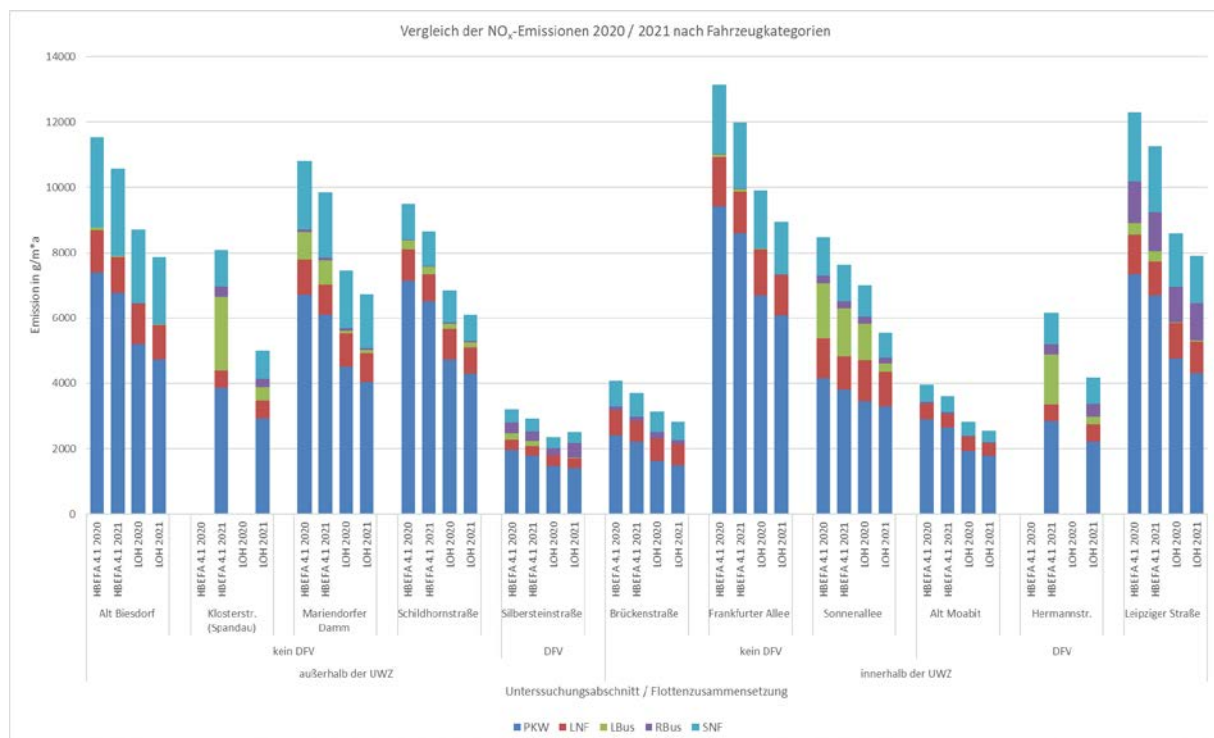


Abb. 4-14: Vergleich der NO_x-Emissionen 2020/2021 zwischen Standardflotte (HBEFA 4.1) und lokaler Flotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

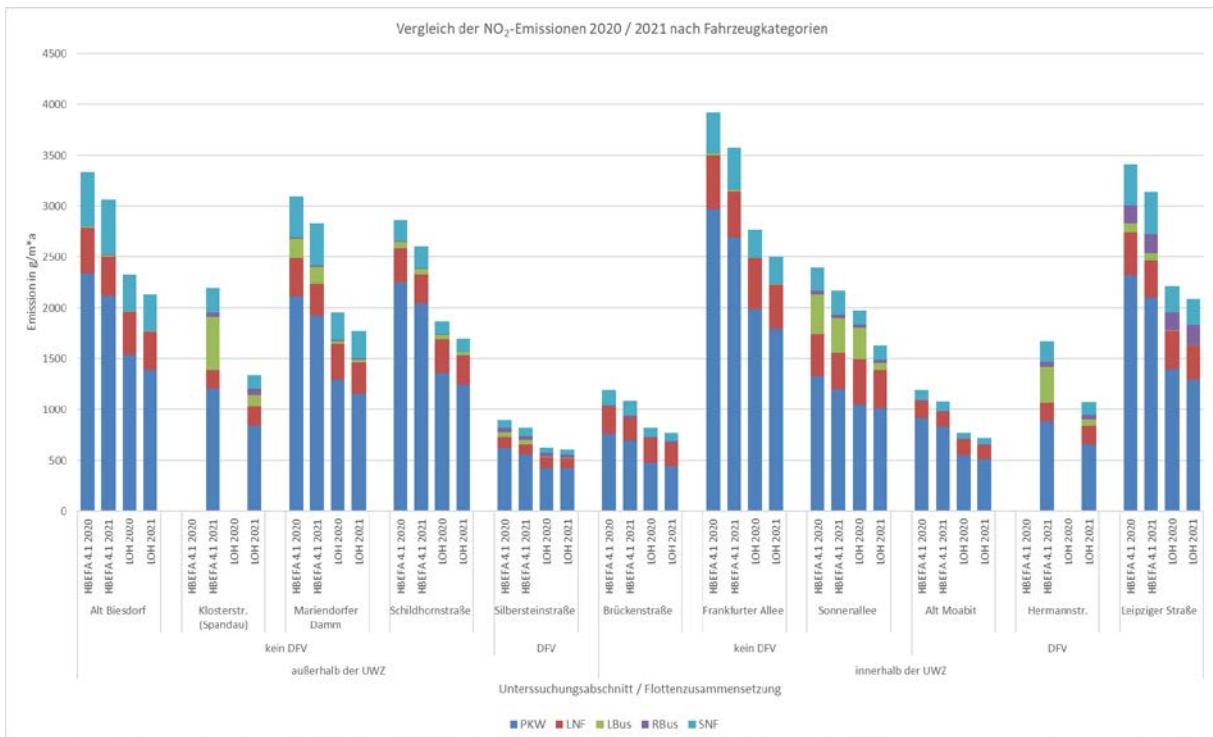


Abb. 4-15: Vergleich NO₂- Emissionen 2020/2021 zwischen Standardflotte (HBEFA 4.1) und lokaler Flotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

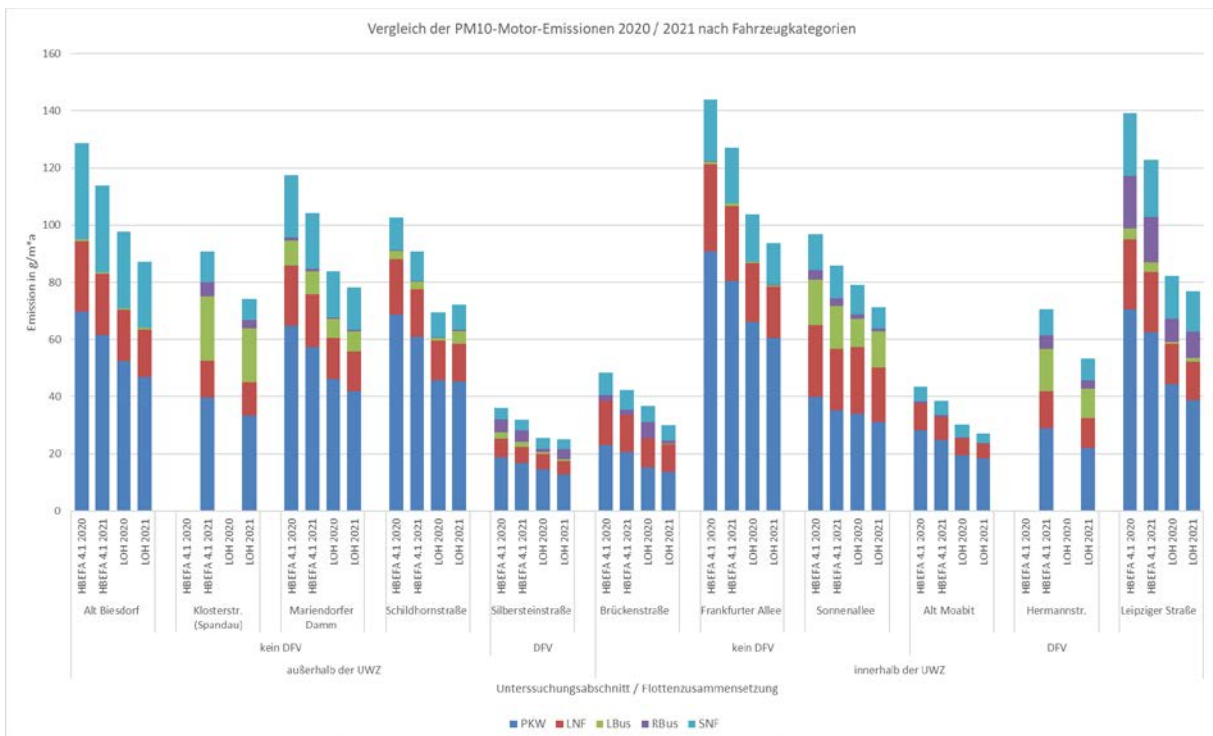


Abb. 4-16: Vergleich der motorbedingten PM₁₀- Emissionen 2020/2021 zwischen Standardflotte (HBEFA 4.1) und lokaler Flotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

4.4 Emissionsvergleich Werktag / Wochenende

4.4.1 Verkehrliche Eingangsdaten

Die Emissionsberechnung zur Quantifizierung des Einflusses der unterschiedlichen Flottenzusammensetzungen Werktag / Wochenende erfolgte unter Verwendung der in **Tab. 4-8** aufgeführten Eingangsdaten. Die DTV-Werte sowie die Verkehrssituationen lagen getrennt für Werktag und Sonntag vor und wurden vom AG zur Verfügung gestellt. Die Verkehrszusammensetzung, d.h. die Anteile der einzelnen Fahrzeugkategorien am Gesamtverkehr, wurde entsprechend der in Abschnitt 3.2 ermittelten Werte berechnet. Die vorliegenden DTV-Werte liegen ausschließlich differenziert nach Sonntag und Werktag vor. Aus diesem Grunde wurden auch für die Abschnitte, an denen die Erfassung samstags erfolgte, die Samstagswerte als Sonntagswerte verwendet. Ebenso wurden für diese Abschnitte auch die ermittelten Samstag-Flottenzusammensetzungen als „Sonntagsflotten“ betrachtet.

Der emissionsseitige Einfluss der niedrigeren Verkehrsmengen am Sonntag ist deutlich höher als der Einfluss der unterschiedlichen Flottenzusammensetzungen Samstag/Sonntag, sodass die evtl. Unsicherheiten bei diesem Vorgehen in Absprache mit dem AG als vertretbar eingeschätzt wurden.

Tab. 4-8: Verkehrliche Eingangsdaten für den Emissionsvergleich Werktag / Wochenende

Verkehrsdaten / Zeitbezug	außerhalb der UWZ										innerhalb der UWZ									
	kein DFV					DFV					kein DFV					DFV				
	Alt Biesdorf	Klosterstraße	Mariendorfer Damm	Schildhornstr.	Silbersteinstr.	Brückenstr.	Frankfurter Allee	Sonnenallee	Alt Moabit	Hermannstr.	Leipziger Str.	DFV	DFV	DFV	DFV	DFV	DFV			
Verkehrsmengen / WT	DTV	56628	32535	41621	32929	12114	18987	39878	17913	17467	25689	34795								
	PKW	81%	85%	84%	88%	81%	84%	82%	82%	82%	82%	84%								
	LNF	14%	8%	11%	10%	17%	13%	15%	13%	16%	14%	13%								
	Lbus	2%	5%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	1%								
	Rbus	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%								
Verkehrsmengen / So	SNF	3%	2%	2%	1%	2%	2%	3%	2%	3%	2%	2%								
	DTV	36487	19601	26830	18105	7416	12094	27748	11951	9260	18980	23060								
	PKW	94%	93%	93%	94%	93%	96%	91%	88%	95%	89%	93%								
	LNF	5%	4%	4%	5%	6%	4%	8%	9%	5%	9%	6%								
	Lbus	1%	3%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	0%								
Verkehrssituation	Rbus	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%								
	SNF	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	0%	1%	1%								
	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50	FernStr-City/50								
	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30	HVS/30								
	flüssig	15%	30%	18%	15%	34%	4%	16%	21%	9%	8%	5%								
LOS / WT	dicht	69%	42%	67%	57%	63%	67%	37%	26%	54%	49%	57%								
	gesättigt	13%	13%	12%	23%	1%	17%	19%	26%	20%	25%	23%								
	Stop+Go	3%	14%	3%	5%	2%	11%	16%	19%	12%	12%	12%								
	Stop+Go2	0%	2%	0%	0%	0%	1%	12%	8%	5%	7%	3%								
	flüssig	20%	45%	26%	26%	63%	6%	27%	33%	14%	13%	8%								
LOS / So	dicht	71%	34%	60%	69%	36%	74%	47%	29%	70%	57%	67%								
	gesättigt	8%	9%	10%	4%	1%	12%	15%	20%	11%	17%	16%								
	Stop+Go	0%	11%	3%	1%	0%	7%	10%	16%	5%	9%	7%								
	Stop+Go2	0%	1%	0%	0%	0%	1%	1%	3%	0%	4%	2%								
	Längsneigung	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%	+/-0%								

Aus den Verkehrsdaten ist zunächst ersichtlich, dass die Verkehrsmengen (DTV) an Sonntagen deutlich niedriger sind als an Werktagen. Dabei ist der Rückgang bei den verschiedenen Fahrzeugkategorien nicht proportional zur Gesamtverringerung. (siehe **Abb. 4-17**). So ist z.B. der Gesamt-DTV in der Leipziger Straße sonntags 34 % niedriger als an Werktagen. Während der PKW-Verkehr dabei um 27 % abnimmt, reduziert sich der Verkehr der LNF um 71 %, der der SNF sogar um 83 %. Demnach reduziert sich sonntags nicht nur die Gesamtverkehrsmenge, sondern auch der Anteil der „emissionsstärkeren“ leichten und v.a. schweren Nutzfahrzeuge.

Durch die niedrigeren sonntäglichen Verkehrsmengen verbessert sich der Verkehrsfluss. In **Abb. 4-18** ist der Vergleich der level-of-service (LOS) des Verkehrsflusses Sonntag / Werktag dargestellt. Demnach sind die Fahrleistungen, die sonntags im LOS „flüssig“ erbracht werden, höher als werktags, die in den LOS „gesättigt“ und „Stop&Go“ z.T. deutlich niedriger. Die Fahrleistungen im LOS „dicht“ sind sonntags und werktags relativ gleich.

Diese Effekte – Rückgang der Gesamtverkehrsmenge, Rückgang des LNF- und SNF-Anteils sowie Verbesserung des LOS - wirken unabhängig von den Unterschieden in den Flottensammensetzungen sehr stark emissionsmindernd.

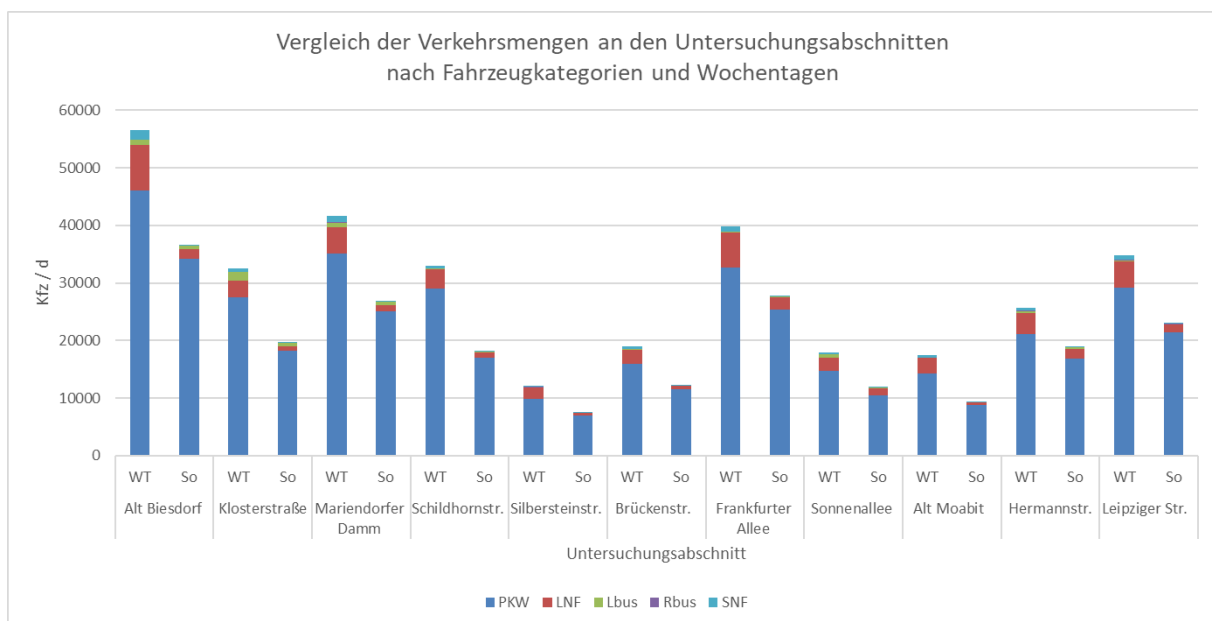


Abb. 4-17: Vergleich der Verkehrsmengen an den Untersuchungsabschnitten nach Fahrzeugkategorien und Wochentagen

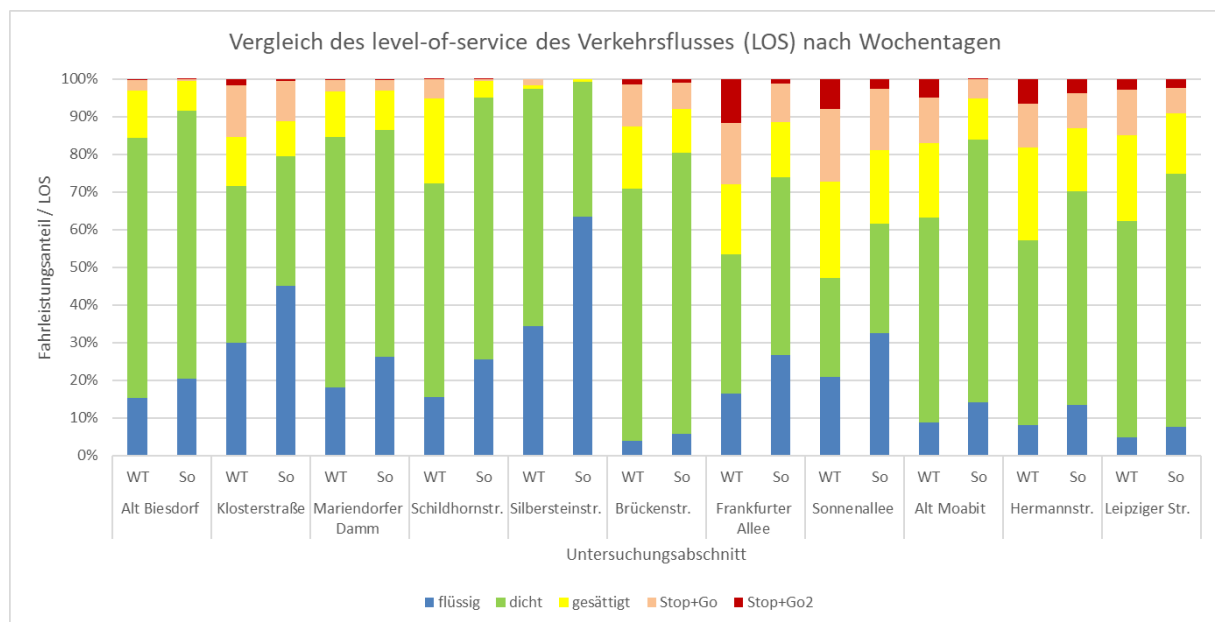


Abb. 4-18: Vergleich des level-of-service des Verkehrsflusses (LOS) nach Wochentagen

4.4.2 Abgeleitete Emissionsfaktoren nach Fahrzeugkategorien

Das methodische Vorgehen bei der Ermittlung der Emissionsfaktoren für den Vergleich Werktag/Wochenende ist dasselbe wie beim Vergleich 2020/2021 (Abschnitt 4.3.2).

Demnach erfolgte die Wichtung auf Basis der im Abschnitt 4.2 dargestellten Flottenzusammensetzungen für die verschiedenen Wochentage. Wie darin erläutert, ist an den Wochenenden insgesamt eine tendenziell ungünstigere Flotte, d.h. mit geringerem Anteil modernerer (Euro-5, Euro-6, Elektro) Fahrzeuge zu beobachten. In den **Abb. 4-19** und **Abb. 4-20** ist dieser Effekt für die PKW- und LNF-Flotten dargestellt.

Dabei zeigt sich bei den PKW, dass der Euro-6-Anteil sonntags bei den Dieselfahrzeugen um ca. 16 % und bei den Benzin-Fahrzeugen um ca. 5 % niedriger ist als an Werktagen – gleichzeitig liegt der gesamte Dieselanteil sonntags ca. 8 % unter dem der Werktage. Emissionsseitig sind dies tendenziell zwei gegenläufige Effekte.

Bei den LNF ist dieser Effekt prinzipiell ebenso zu erkennen, wobei hier der Rückgang des Dieselanteils im Vergleich zu den PKW deutlich schwächer ausgeprägt ist, da der Dieselanteil in der LNF-Flotte mit ca. 95 % deutlich höher ist als in der PKW-Flotte. Die geringeren Euro-6-Anteile sonntags sind jedoch in der gleichen Größenordnung wie bei den PKW zu beobachten (-16 % bei den Diesel-, -7 % bei den Benzin-Fahrzeugen).

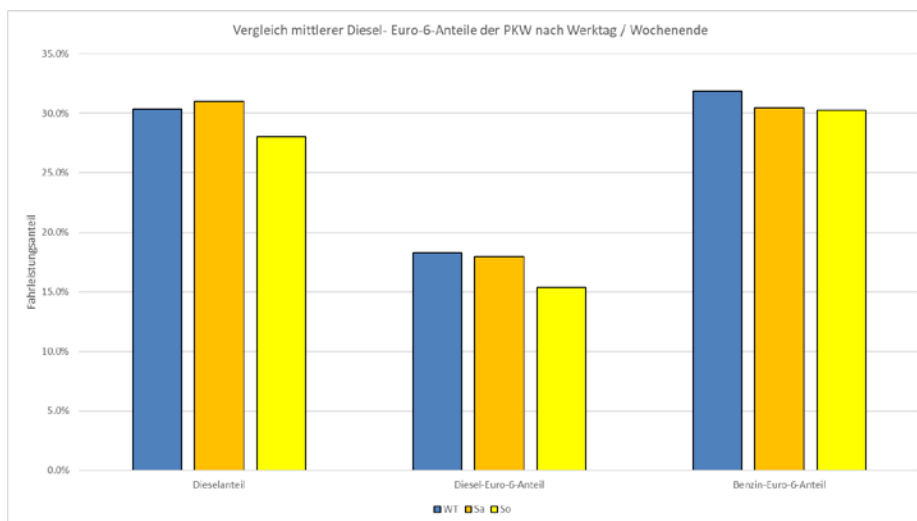


Abb. 4-19: Vergleich der mittleren Berliner Diesel- sowie Euro-6-Anteile der PKW nach Wochentag

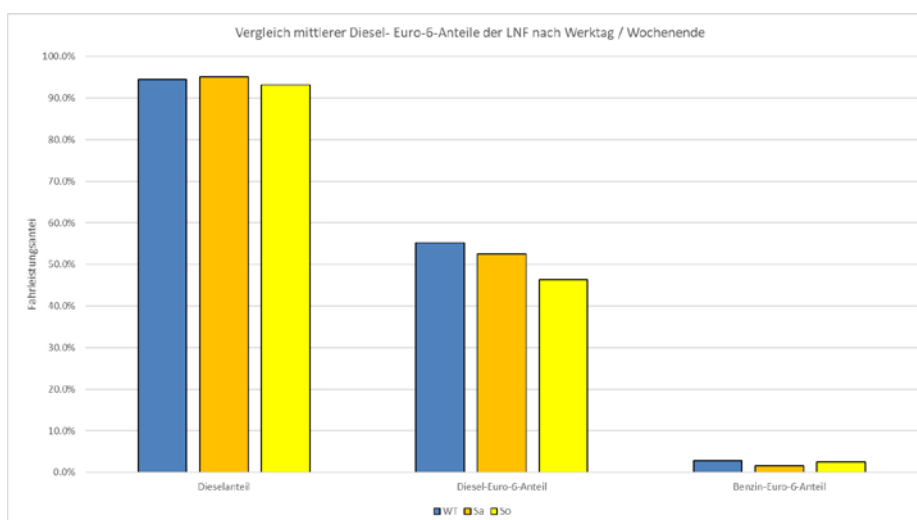


Abb. 4-20: Vergleich der mittleren Berliner Diesel- sowie Euro-6-Anteile der LNF nach Wochentag

Zur Quantifizierung dieser Effekte wurden unter Verwendung der PKW- und LNF-Flottenszusammensetzungen, die an den einzelnen Abschnitten an den verschiedenen Wochentagen ermittelt wurden, Emissionsfaktoren für NO_x und PM₁₀ gewichtet. Dazu wurden einheitlich für alle Abschnitte die Emissionsfaktoren der Verkehrssituation „Agglo/FernStr-City/50/gesättigt“ verwendet.

In den **Abb. 4-21** bis **Abb. 4-28** sind die absoluten und relativen Unterschiede in den Emissionsfaktoren an den einzelnen Abschnitten für die verschiedenen Wochentage dargestellt.

Bei den PKW zeigt sich, dass die NO_x-Emissionsfaktoren in den samstags befahrenen Abschnitten zwischen 2.8 % (Schildhornstraße) und 6.2 % (Leipziger Straße) im Mittel 6.0 % über den Emissionsfaktoren an Werktagen liegen. An den sonntags befahrenen Abschnitten liegen die Emissionsfaktoren zwischen 2 % (Alt-Moabit) und 5 % (Mariendorfer Damm), im Mittel 3.5 % über den Emissionsfaktoren an Werktagen. Bei einer mittleren Wochenendflotte (WE) betragen diese Erhöhungen 4.7 %. Trotz dieser Erhöhungen liegen die Emissionsfaktoren immer noch unter denen der HBEFA-Standardflotte.

Bei den NO_x-Emissionsfaktoren der LNF zeigt sich, dass in den samstags befahrenen Abschnitten zwischen 3.5 % (Hermannstraße) und 18.2 % (Sonnenallee) im Mittel 7.1 % über den Emissionsfaktoren an Werktagen liegen. An den sonntags befahrenen Abschnitten liegen die Emissionsfaktoren zwischen 4.3 % (Klosterstraße) und 20.2 % (Silbersteinstraße), im Mittel 14.8 % über den Emissionsfaktoren an Werktagen. Bei einer mittleren Wochenendflotte (WE) betragen diese Erhöhungen 10.1 %. Damit liegen die Emissionsfaktoren am Wochenende tendenziell über denen der HBEFA-Standardflotte.

Bei den PM10-Emissionsfaktoren der PKW zeigt sich, dass in den samstags befahrenen Abschnitten zwischen -5.4 % (Schildhornstraße) unter und 15.4 % (Sonnenallee) über - im Mittel 2.1 % über den Emissionsfaktoren an Werktagen liegen. An den sonntags befahrenen Abschnitten liegen die Emissionsfaktoren zwischen -3.6 % (Klosterstraße) unter und 9.1 % (Silbersteinstraße) - im Mittel 4.4 % über den Emissionsfaktoren an Werktagen. Bei einer mittleren Wochenendflotte (WE) betragen diese Erhöhungen 3.3 %. Trotz dieser Erhöhungen liegen die Emissionsfaktoren immer noch unter denen der HBEFA-Standardflotte.

Bei den PM10-Emissionsfaktoren der LNF zeigt sich, dass in den samstags befahrenen Abschnitten zwischen 16.7 % (Schildhornstraße) und 46.5 % (Leipziger Straße) im Mittel 33.2 % über den Emissionsfaktoren an Werktagen liegen. An den sonntags befahrenen Abschnitten liegen die Emissionsfaktoren zwischen 35.7 % (Brückenstraße) und 92 % (Silbersteinstraße), im Mittel 75.3 % über den Emissionsfaktoren an Werktagen. Bei einer Mittleren Wochenendflotte (WE) betragen diese Erhöhungen 50.0 %. Damit liegen die Emissionsfaktoren an Wochenende z.T. deutlich über denen der HBEFA-Standardflotte.

Die Änderungen der Emissionsfaktoren an Wochenendtagen zeigen, dass der geringere und damit emissionsmindernde Dieselanteil an den Wochenenden den emissionserhöhenden Effekt der schlechteren Flottenzusammensetzung nur in wenigen Einzelfällen kompensiert. Bei den PKW, wo der Dieselanteil am Wochenende deutlich stärker abnimmt als bei den LNF, ist der Kompensationseffekt dementsprechend höher, sodass die Emissionsfaktoren hier nur

max. 5 % bei NO_x bzw. 15 % bei PM10 über denen an Werktagen liegen. Bei den LNF hingegen ist der Dieselrückgang an Wochenenden nur marginal, sodass sich hier die schlechtere Flotte mit einer Emissionserhöhung von bis zu 20 % bei NO_x und 90 % bei PM10 auswirkt.

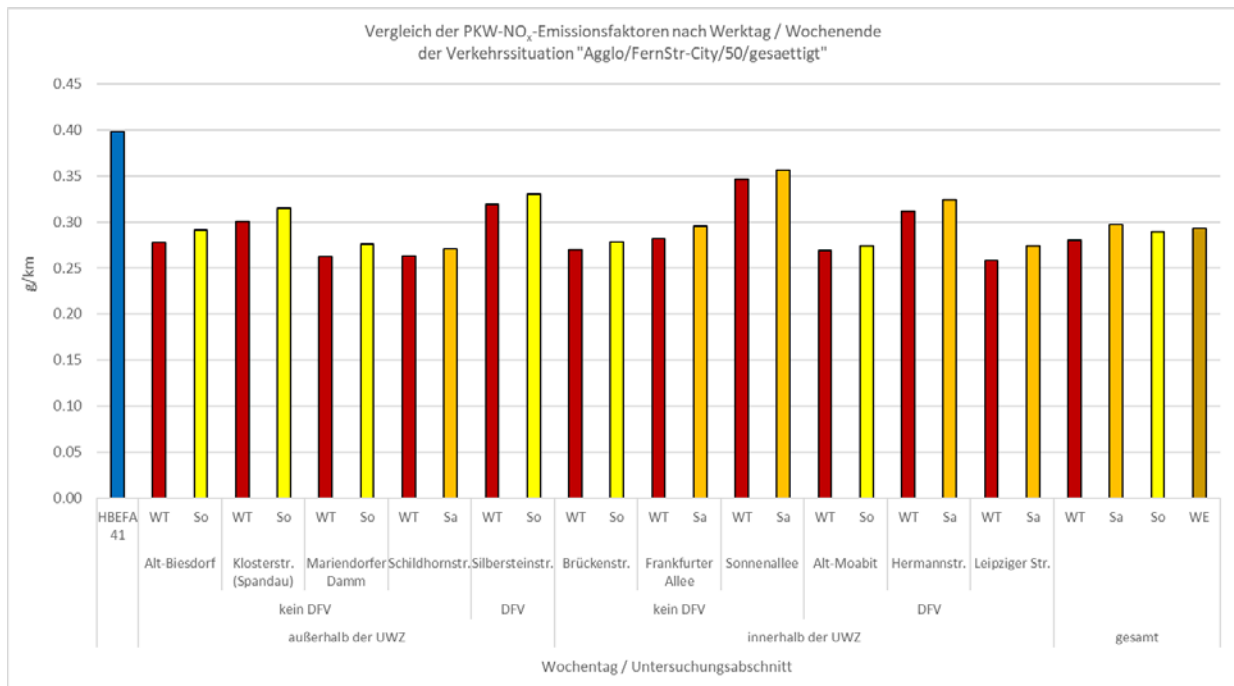


Abb. 4-21: Vergleich der PKW-NO_x-Emissionsfaktoren nach Werktag / Wochenende der Verkehrssituation "Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt"

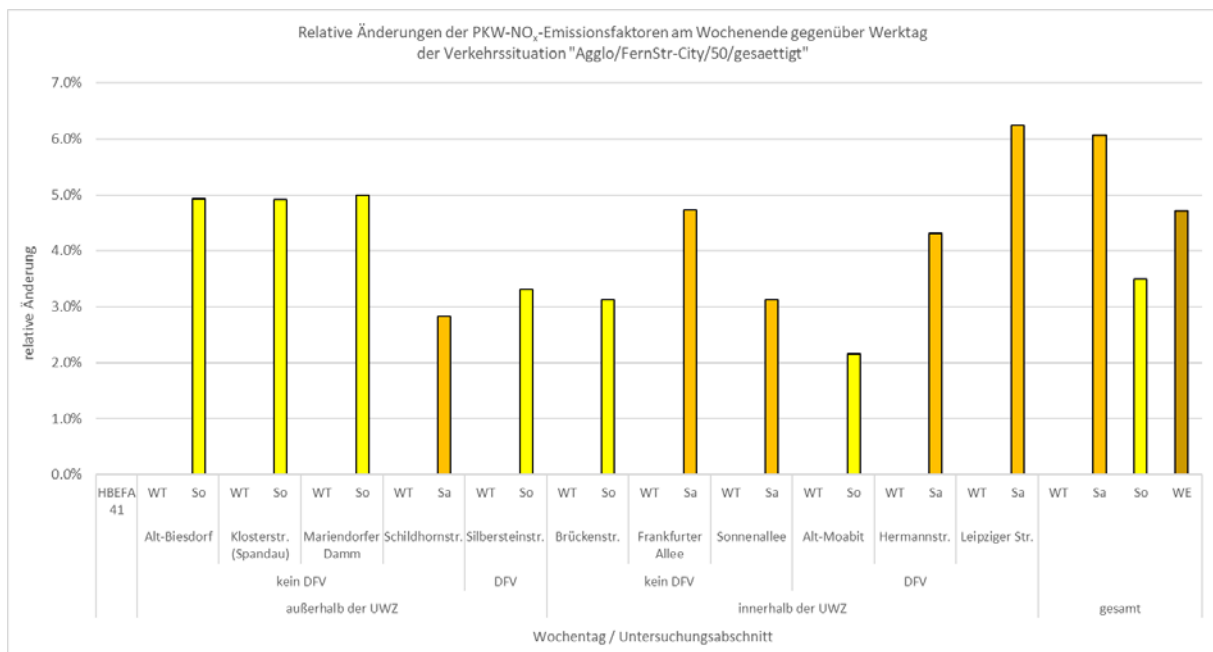


Abb. 4-22: Relative Änderungen der PKW-NO_x-Emissionsfaktoren am Wochenende gegenüber Werktag der Verkehrssituation "Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt"

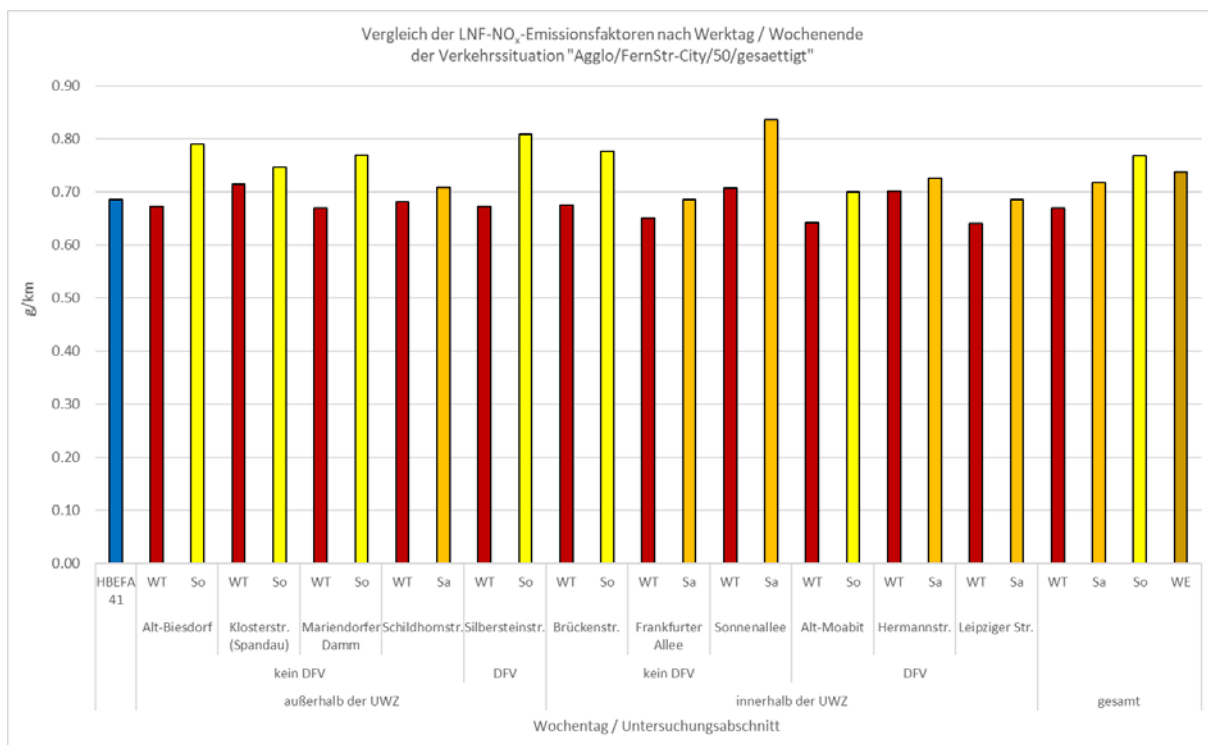


Abb. 4-23: Vergleich der LNF-NO_x-Emissionsfaktoren nach Werktag / Wochenende der Verkehrssituation "Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt"

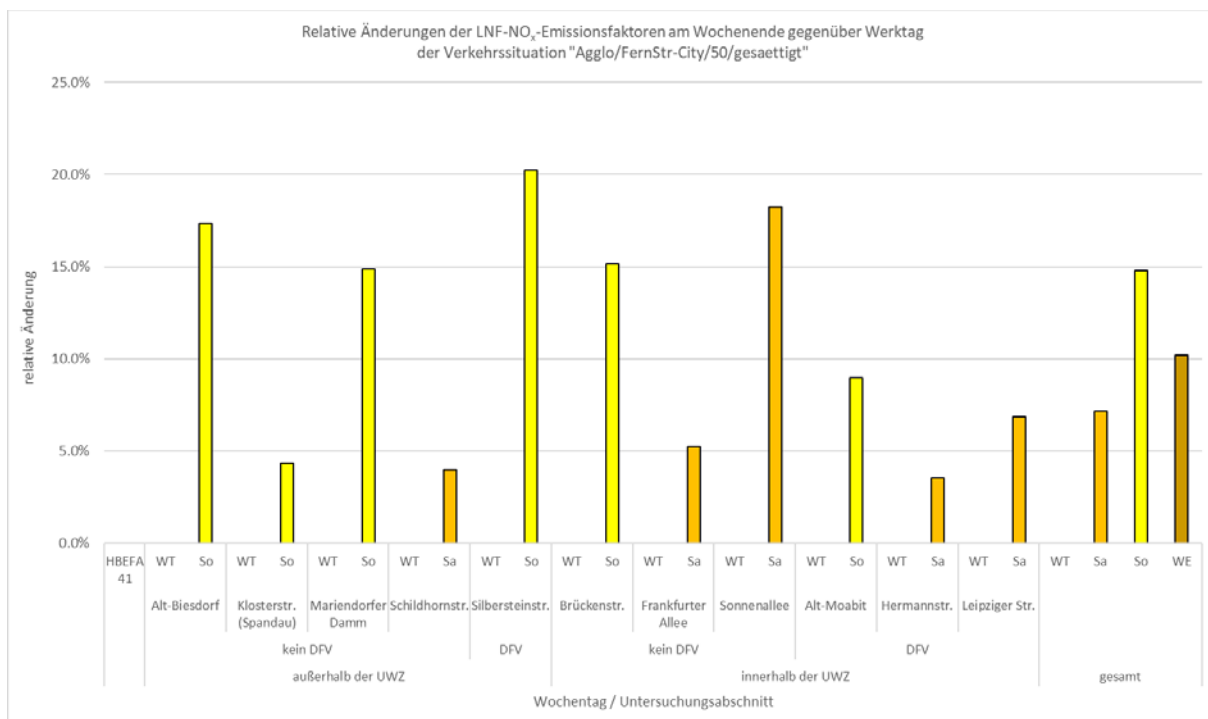


Abb. 4-24: Relative Änderungen der LNF-NO_x-Emissionsfaktoren am Wochenende gegenüber Werktag der Verkehrssituation "Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt"

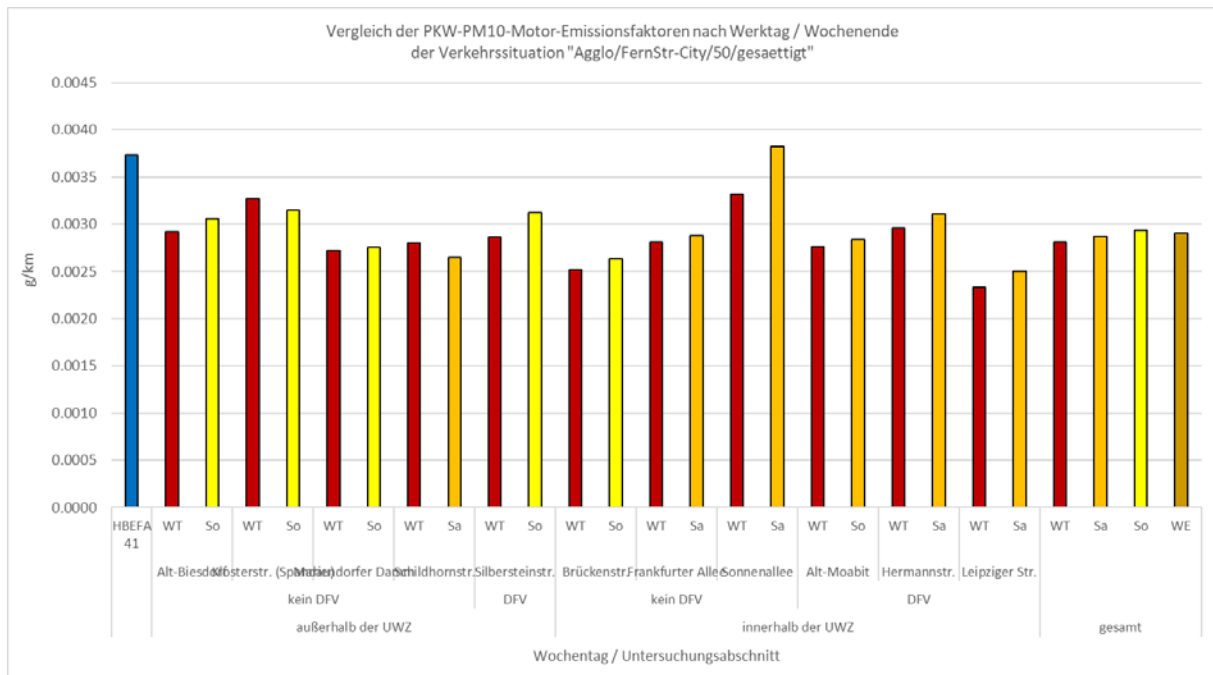


Abb. 4-25: Vergleich der PKW-PM10-Emissionsfaktoren nach Werktag / Wochenende der Verkehrssituation "Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt"

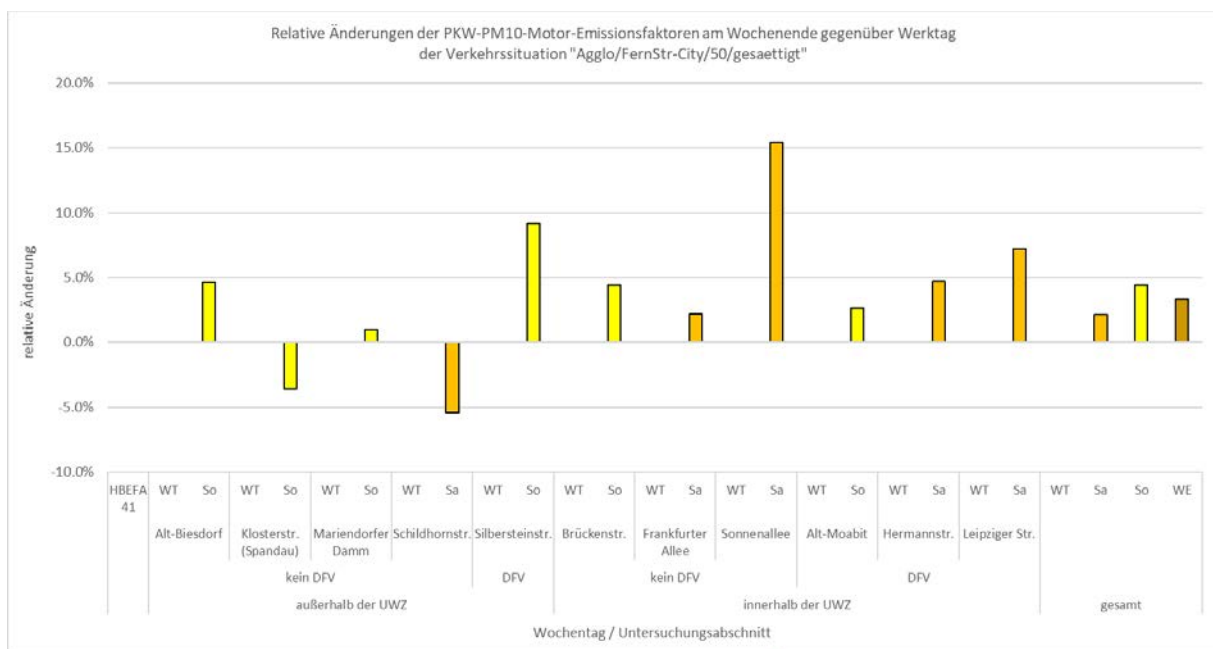


Abb. 4-26: Relative Änderungen der PKW-PM10-Emissionsfaktoren am Wochenende gegenüber Werktag der Verkehrssituation "Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt"

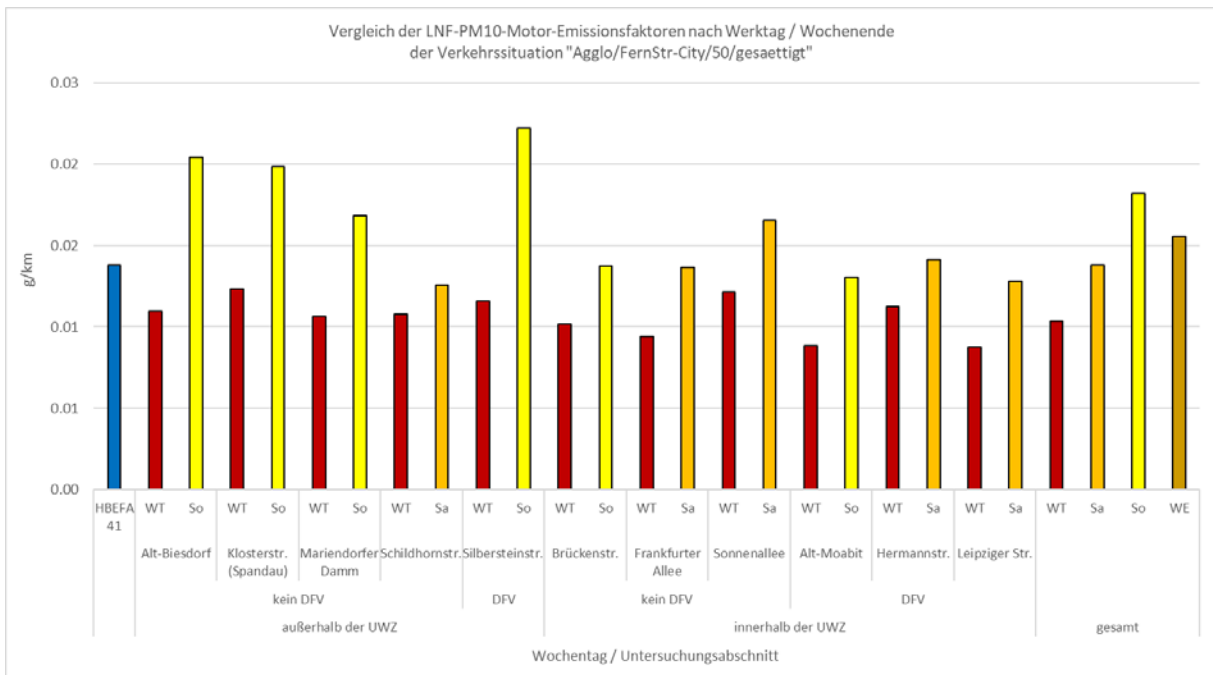


Abb. 4-27: Vergleich der LNF-PM10-Emissionsfaktoren nach Werktag / Wochenende der Verkehrssituation "Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt"

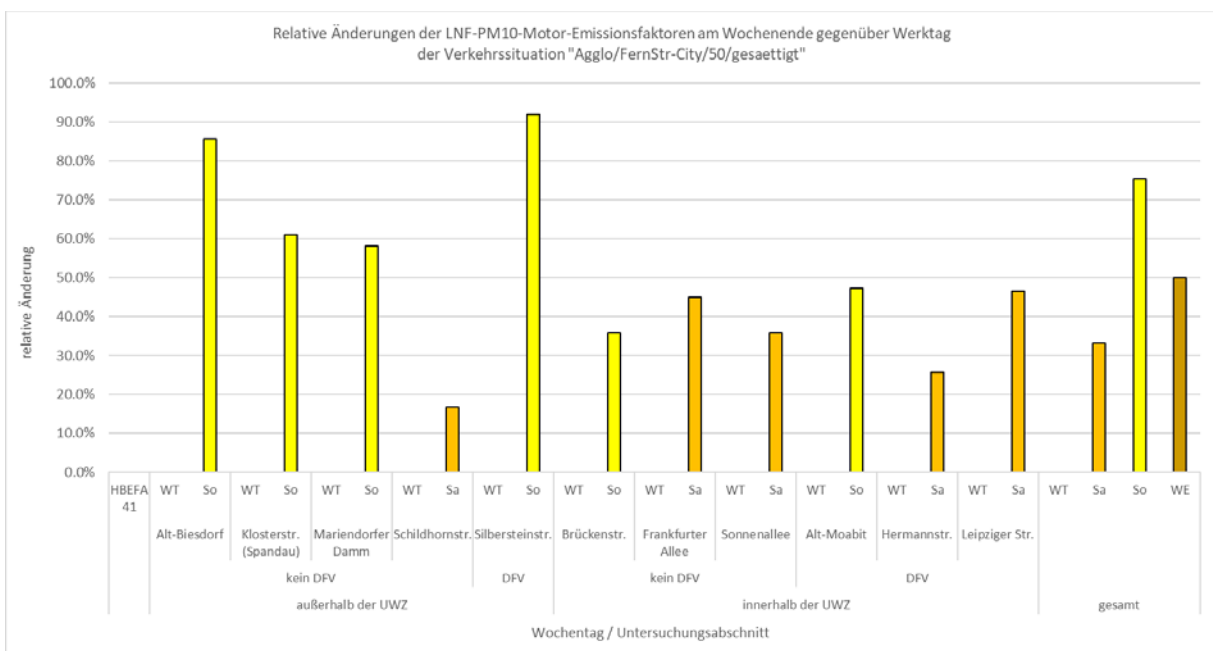


Abb. 4-28: Relative Änderungen der LNF-PM10-Emissionsfaktoren am Wochenende gegenüber Werktag der Verkehrssituation "Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt"

4.4.3 Emissionen an den Untersuchungsstandorten

Aus den Verkehrsdaten (**Tab. 4-8**) 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. 4-29** bis **Abb. 4-31** dargestellt.

Dabei zeigt sich, dass die Emissionen sonntags - trotz der tendenziell schlechteren Flotten - an allen Abschnitten um ca. 40 % (Hermannstraße, Sonnenallee) bis 60 % (Alt-Moabit) niedriger sind. Ursache dafür sind die in Abschnitt 4.4.1 erläuterten Effekte: Rückgang der Gesamtverkehrsmenge, Rückgang des LNF- und SNF-Anteils sowie Verbesserung des LOS. In **Abb. 4-32** ist der Vergleich der Emissionsreduktion gegenüber der DTV-Verringerung dargestellt. Dabei zeigt sich, dass ein Großteil der Emissionsminderung allein durch die DTV-Reduktion erreicht wird.

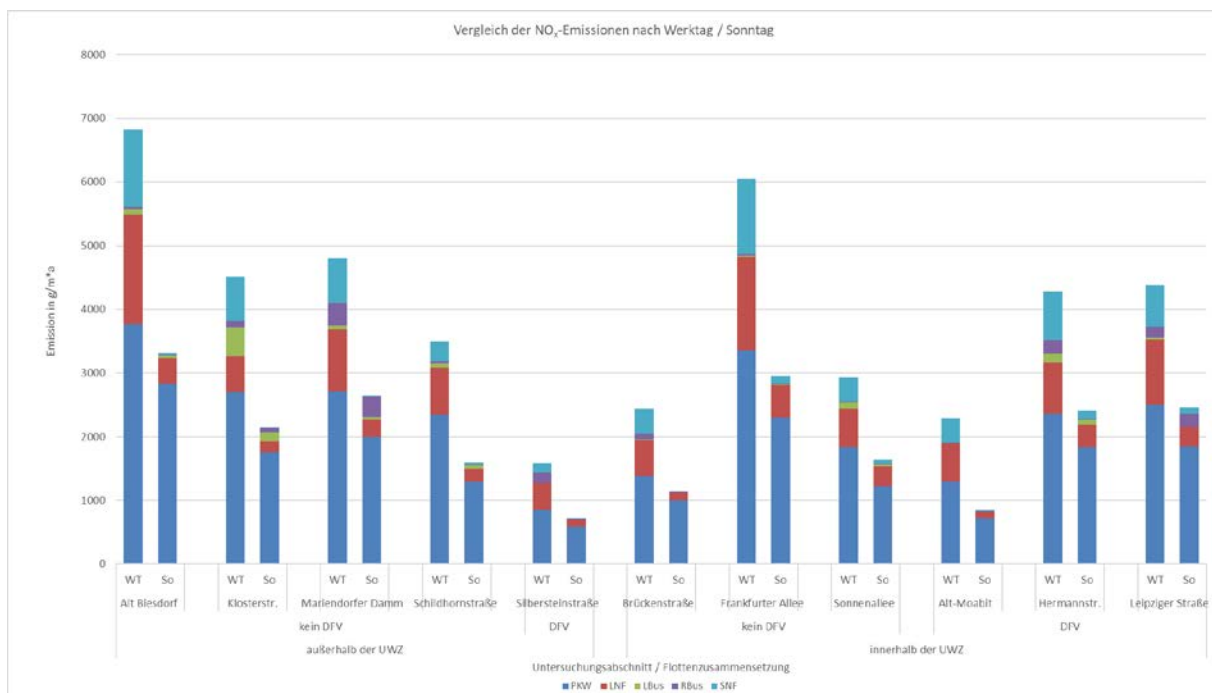


Abb. 4-29: Vergleich der NO_x-Emissionen nach Werktag / Sonntag

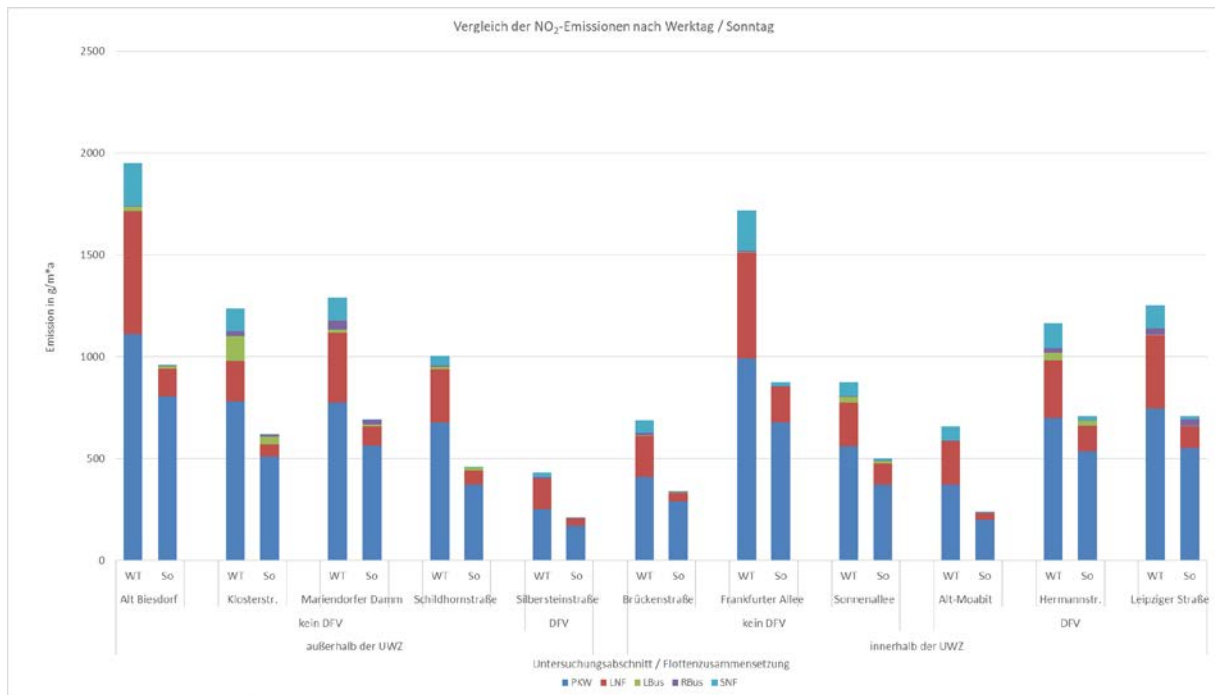


Abb. 4-30: Vergleich der NO₂-Emissionen nach Werktag / Sonntag

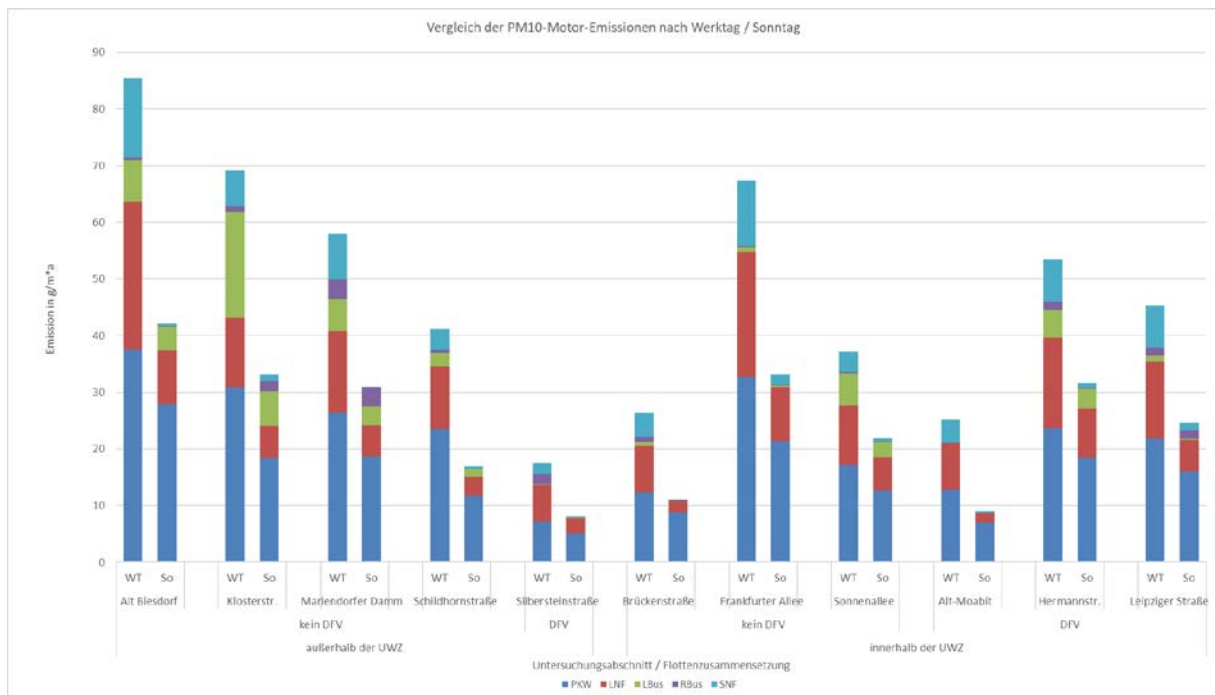


Abb. 4-31: Vergleich der PM₁₀-Motor-Emissionen nach Werktag / Sonntag

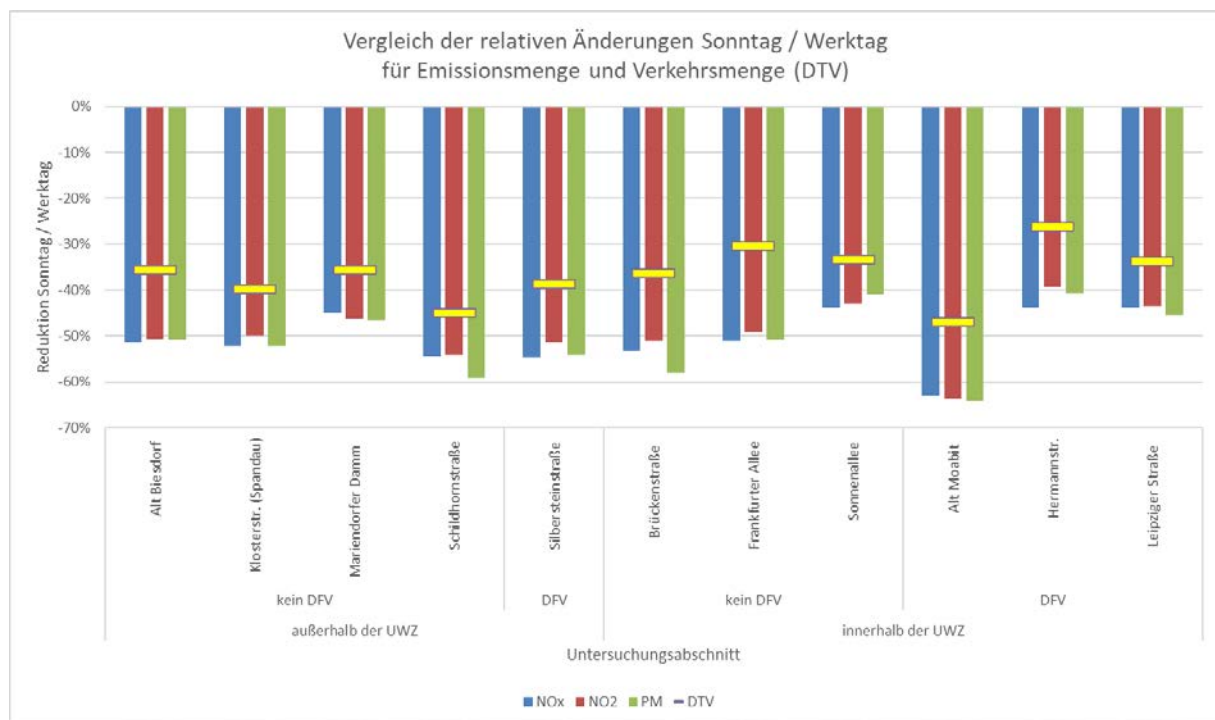


Abb. 4-32: Vergleich der relativen Änderungen Sonntag / Werktag für Emissionsmenge und Verkehrsmenge (DTV)

4.5 Auswirkungen des Dieseldurchfahrverbotes (DFV)

Als Baustein zur Bewertung der 2019/2020 eingerichteten Dieseldurchfahrverbote wurden die Flottenzusammensetzungen und die Emission 2021 für die Strecken mit Dieseldurchfahrverboten (Alt-Moabit, Leipziger Straße und Silbersteinstraße) mit den Ergebnissen der übrigen Straßen sowie mit den Ergebnissen aus der Kennzeichenerhebung 2019 verglichen und bewertet.

Der DFV-Abschnitt in der Hermannstraße war in den Vorgängeruntersuchungen 2019 und 2020 nicht enthalten, sodass dafür keine Vergleichswerte für das Szenario „ohne DFV“ vorliegen. Aus diesem Grunde wurde dieser Abschnitt bei den Auswertungen zu den mittleren Veränderungen der Flottenzusammensetzungen lediglich zum Vergleich einbezogen bei der Berechnung der mittleren Werte der DFV-Abschnitte für das Jahr 2021 wurde dieser Abschnitt jedoch nicht berücksichtigt. Für den abschnittsspezifischen Emissionsvergleich mit / ohne DFV wurde für die Hermannstraße im Szenario „ohne DFV“ die Flottenzusammensetzung der Silbersteinstraße übernommen, da diese beiden Abschnitte räumlich sehr eng beieinander liegen.

Auf dem Abschnitt in der Brückenstraße herrschte zum Zeitpunkt der Untersuchung 2020 ein DFV, das jedoch inzwischen wieder aufgehoben wurde. Auf Grund der Unsicherheiten darüber, inwieweit das temporäre DFV noch nachwirkt und die Flottenzusammensetzung in der Brückenstraße beeinflusst, wurde dieser Abschnitt nicht in die Betrachtungen zu den Auswirkungen des DFV einbezogen.

Über die Einfahrverbote im Rahmen der bestehenden Berliner UWZ hinaus werden durch das Dieseldurchfahrverbot auch Diesel-Fahrzeuge bis einschließlich Euro-5 mit einem Fahrverbot belegt. Das bedeutet, dass sich das Fahrverbot zusätzlich zu den von der UWZ-Regelung betroffenen Fahrzeugen auf alle PKW, LNF SNF und Busse mit Dieselantrieb und der Abgasnorm Euro-3 (DPF), Euro-4 sowie Euro-5 erweitert.

Die Silbersteinstraße liegt zwar als einzige der o.g. von einem DFV betroffenen Abschnitte nicht im Bereich der UWZ, allerdings unterscheiden sich die Flottenzusammensetzungen innerhalb/außerhalb der UWZ praktisch nicht mehr (vgl. Abschnitt 4.2), sodass diese Annahme auch für diesen Untersuchungsabschnitt getroffen werden kann.

Zur emissionsseitigen Abschätzung des Effektes des DFV wurden deshalb die Fahrleistungsanteile der zusätzlich zur UWZ durch das DFV betroffenen Fahrzeuge an den Abschnitten, für die ein DFV ausgesprochen wurde (Alt-Moabit, Leipziger Straße und Silbersteinstraße), mit den übrigen Untersuchungsabschnitten (Alt Biesdorf, Mariendorfer Damm, Schildhornstraße, Frankfurter Allee, Sonnenallee) verglichen. Dieser Vergleich wurde für die Bezugsjahre 2019, d.h. vor Einführung des DFV und 2021, d.h. 2 Jahre nach Einführung des DFV, vorgenommen. In den Vorgängeruntersuchungen 2019 und 2020 erfolgten die Kennzeichenerfassungen ausschließlich an Werktagen. Aus diesem Grunde wurde der Vergleich mit den Flotten bzw. Verkehrsmengen 2021 auch mit den Werktagswerten durchgeführt.

In den **Abb. 4-33** bis **Abb. 4-35** ist dieser Vergleich für die betroffenen Fahrzeugkategorien dargestellt. Demnach zeigt sich bei den PKW, dass sich die Fahrleistungsanteile der von einem DFV betroffenen Fahrzeuge vor Einführung des DFV 2019 zwischen den Abschnitten mit und ohne DFV – mit Ausnahme der Silbersteinstraße - nicht wesentlich unterscheiden. Sie liegen im Mittel bei 15.2 %. Im Jahr 2021 ist dieser Anteil in den Abschnitten ohne DFV durch die allgemeine Flottenmodernisierung auf 11.8 % und damit um etwa 3.5 Prozentpunkte gesunken. In den Abschnitten, in denen 2020 das DFV umgesetzt wurde, reduzierte sich der Anteil im Mittel von 15.2% auf 10.8 %. Der Rückgang ist somit etwas größer. Die Minderung gegenüber den Fahrleistungsanteilen an den Abschnitten ohne DFV beträgt im Mittel ca. 9 %.

Bei den LNF beträgt der Unterschied des Rückgangs der Fahrleistungsanteile zwischen den Abschnitten mit und ohne DFV nach Einführung des DFV im Mittel ca. 4.5 %. Der Anteil der LNF, die unter das DFV fallen, ist dabei mehr als dreimal höher als bei den PKW.

In der Vorgängeruntersuchung 2020 wurde der Effekt des DFV auf die Flottenzusammensetzung der PKW und LNF mit einer relativen Minderung der betroffenen Fahrleistungsanteile von 14 % (PKW) bzw. 6 % (LNF) abgeschätzt. Im Vergleich zu 2021 (9 % PKW / 4.5 % LNF) waren diese Anteile somit höher. Es zeigt sich demnach, dass die Wirkung des DFV auf die Flottenzusammensetzung abnimmt, da der Anteil der betroffenen Fahrzeuge (Diesel Euro-3 – Euro-5) teilweise bereits durch die Flottenmodernisierung, d.h. unabhängig vom DFV, abnimmt.

Bei den SNF sind die Unterschiede zwischen den Fahrleistungsanteilen an den verschiedenen DFV-Abschnitten unterschiedlich ausgeprägt. Gegenüber den Abschnitten ohne DFV liegen sie in Alt-Moabit und in der Leipziger Straße ca. 3 bzw. 4.5 Prozentpunkte niedriger, in der Silbersteinstraße hingegen fast 17 Prozentpunkte höher. Im Mittel beträgt der Unterschied zu den Abschnitten ohne DFV ca. 2 Prozentpunkte bzw. 7 %.

Die SNF-Flotte in der Silbersteinstraße wies bereits vor Einführung des DFV einen hohen Anteil potenziell vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeuge auf. Allerdings ist die Silbersteinstraße in der Untersuchung 2021 mit 147 erfassten SNF die Straße mit den wenigsten SNF überhaupt, sodass sich hier einige wenige „Nichtbefolger“ deutlich stärker auf die Flottenzusammensetzung auswirken als z.B. in Alt Biesdorf mit 1587 erfassten SNF.

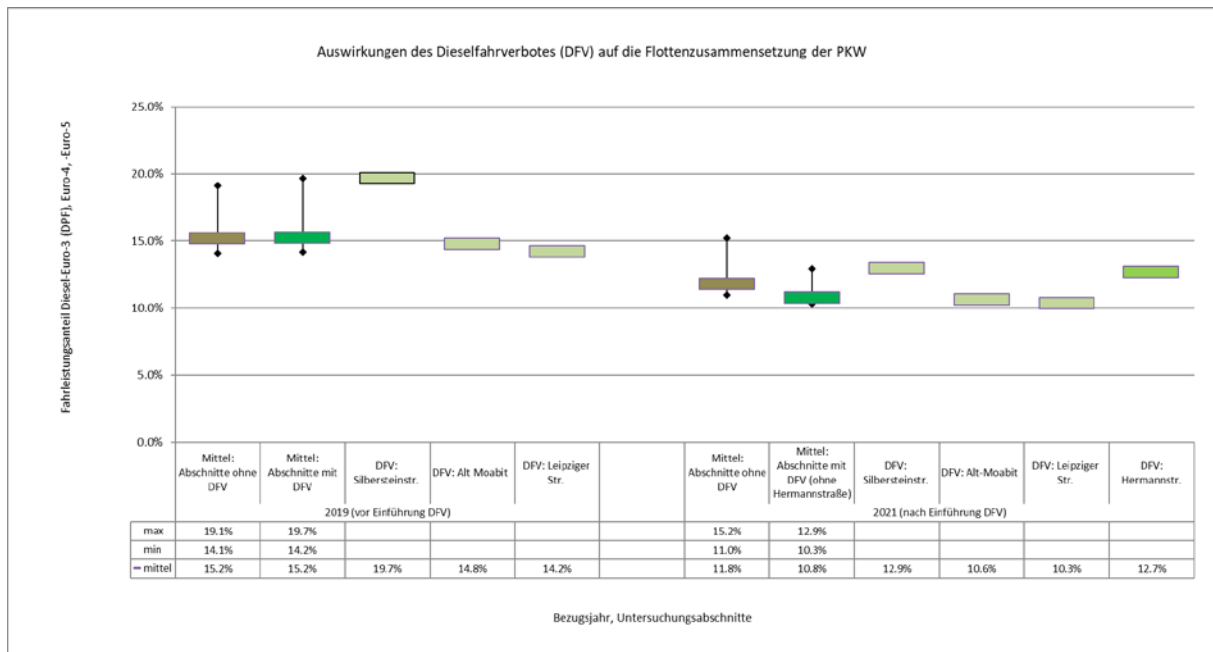


Abb. 4-33: Auswirkungen des Dieseldurchfahrverbotes (DFV) auf die Flottenzusammensetzung der Diesel-PKW Euro-3 DPF, Euro-4, Euro-5

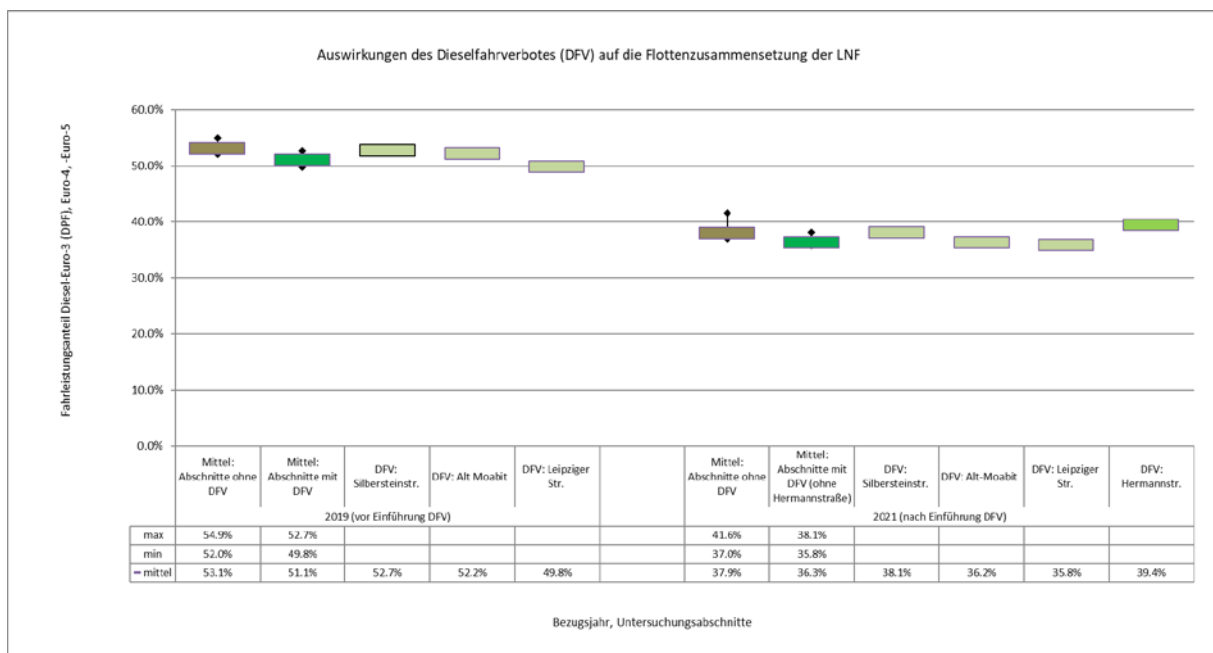


Abb. 4-34: Auswirkungen des Dieseldurchfahrverbotes (DFV) auf die Flottenzusammensetzung der Diesel-LNF Euro-3 DPF, Euro-4, Euro-5

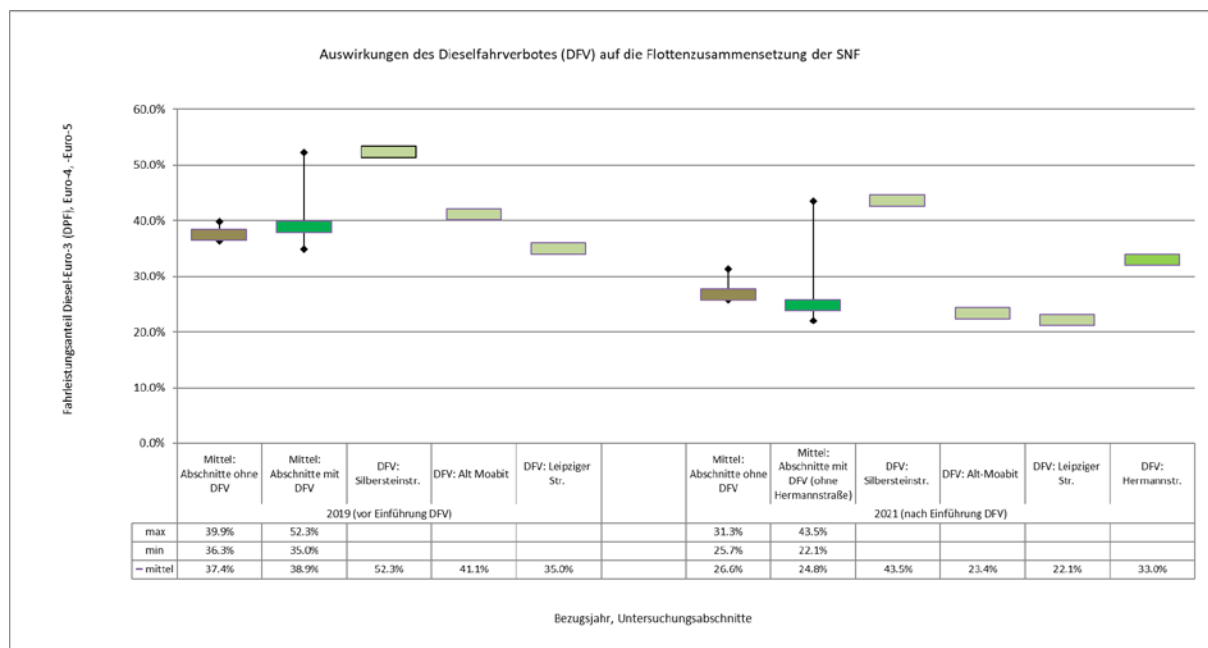


Abb. 4-35: Auswirkungen des Dieseldurchfahrverbotes (DFV) auf die Flottenzusammensetzung der Diesel-SNF Euro-IV, Euro-V

Im aktuellen Berliner Luftreinhalteplan (LRP) wird bei der Modellierung der verkehrlichen und lufthygienischen Wirkungen des Durchfahrverbots von Ausnahmen für Anlieger in einem Umfang von 20 Prozent der vom Durchfahrverbot betroffenen Fahrzeuge ausgegangen⁵. Dies bedeutet, dass durch das DFV eine Reduktion der Fahrleistungsanteile der betroffenen Fahrzeuge von 80 % angenommen wird. Die Ergebnisse der Kennzeichenerfassung zeigen, dass sich der Minderungseffekt nicht in dieser Höhe eingestellt hat.

Zur emissionsseitigen Abschätzung des DFV wurde in den Flottenzusammensetzungen der betroffenen Abschnitte der Effekt des DFV ausgeblendet, d.h. es wurden Flottenzusammensetzungen berechnet, die sich an diesen Abschnitten ergeben würden, wenn sie nicht von einem DFV betroffen wären. Dies erfolgte auf Grund der Flottenentwicklung 2019/2021 an den Abschnitten ohne DFV. Wie eingangs erläutert, wurde für die Hermannstraße auf Grund des fehlenden Vergleichswertes für das Jahr 2019 die Flottenzusammensetzung im Szenario „ohne DFV“ aus der Silbersteinstraße übernommen.

In **Abb. 4-36** bis **Abb. 4-38** ist dies am Beispiel der PKW- sowie LNF- und SNF-Flotten in der Leipziger Straße dargestellt. Ausgehend von der Flottenentwicklung, die sich durch die Fahrzeugmodernisierung zwischen 2019 und 2021 an den Untersuchungsabschnitten ohne DFV

⁵ https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luft/luftreinhaltung/luftreinhalteplan_2025/download.shtml

ergibt, wurden Fahrzeugflotten für die DFV-Strecken im Szenario „ohne DFV“ erstellt. Dazu wurde die relative Änderung der Fahrleistungsanteile der einzelnen Emissionskonzepte (Euro-3 (DPF) – Euro-5) an den Abschnitten ohne DFV zwischen 2019 und 2021 übertragen auf die entsprechenden Fahrleistungsanteile im Jahre 2019 der einzelnen Abschnitte mit DFV. Dem gegenüber wurde die real erfasste Flotte nach Einführung des DFV im Jahre 2021 gestellt. Aus diesem Vergleich heraus wurde der reale Emissionsminderungseffekt berechnet. Zur Ermittlung des Minderungspotenzials, das im Berliner LRP angenommen wurde, erfolgte eine Berechnung der Flottenzusammensetzung unter Annahme einer 80 %-en Reduzierung der entsprechenden Fahrleistungsanteile.

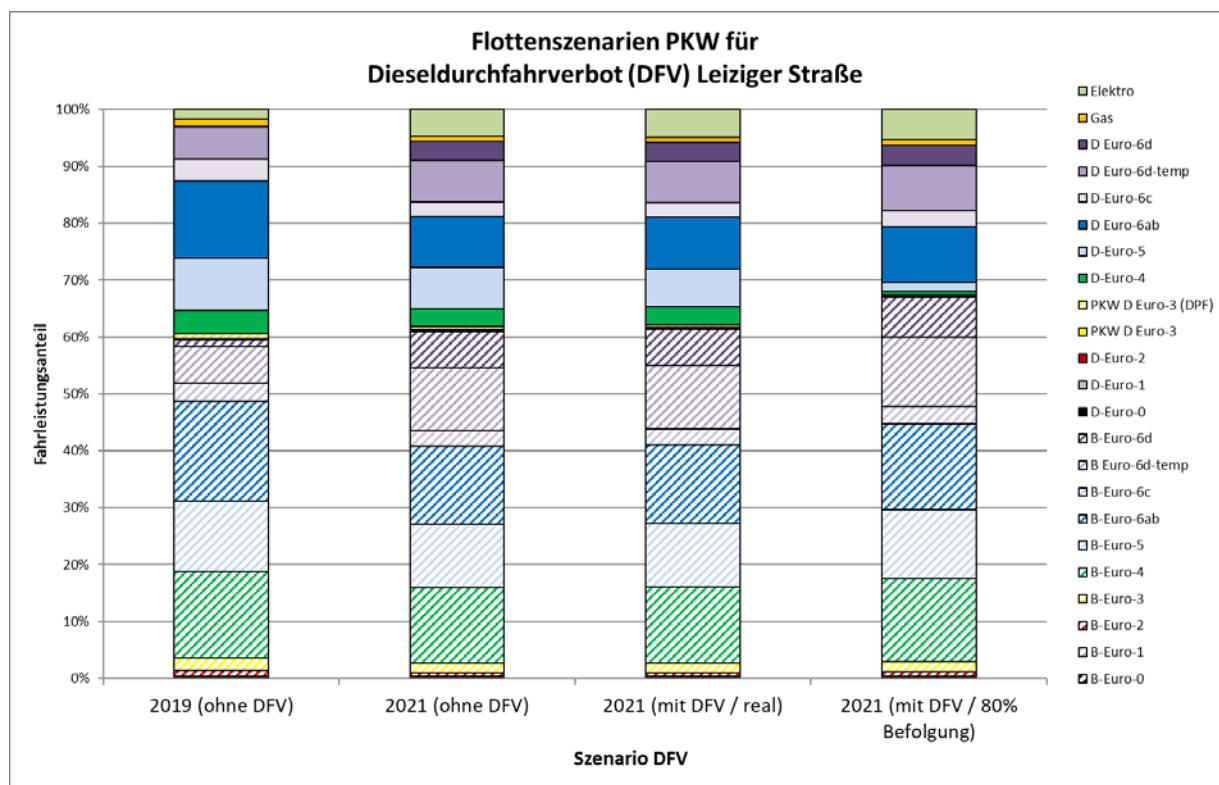


Abb. 4-36: Flottenszenarien PKW für Dieseldurchfahrverbot (DFV) Leipziger Straße

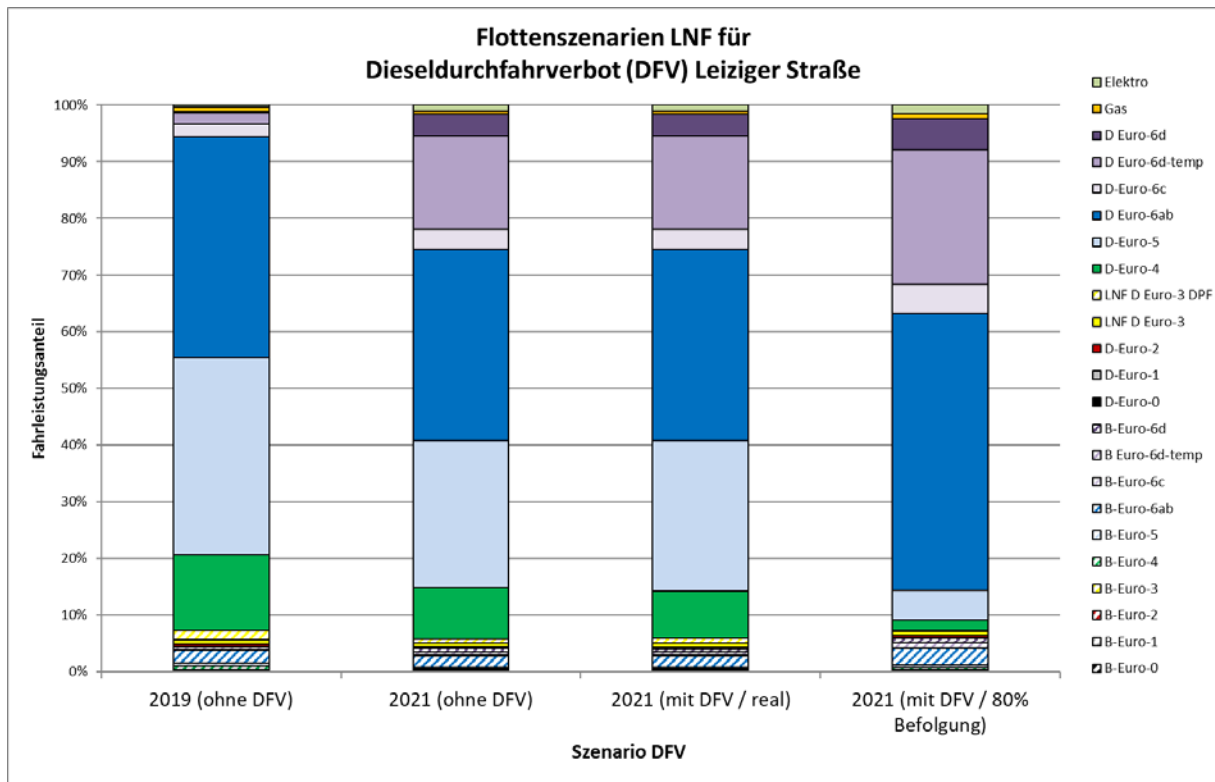


Abb. 4-37: Flottenszenarien LNF für Dieseldurchfahrverbot (DFV) Leipziger Straße

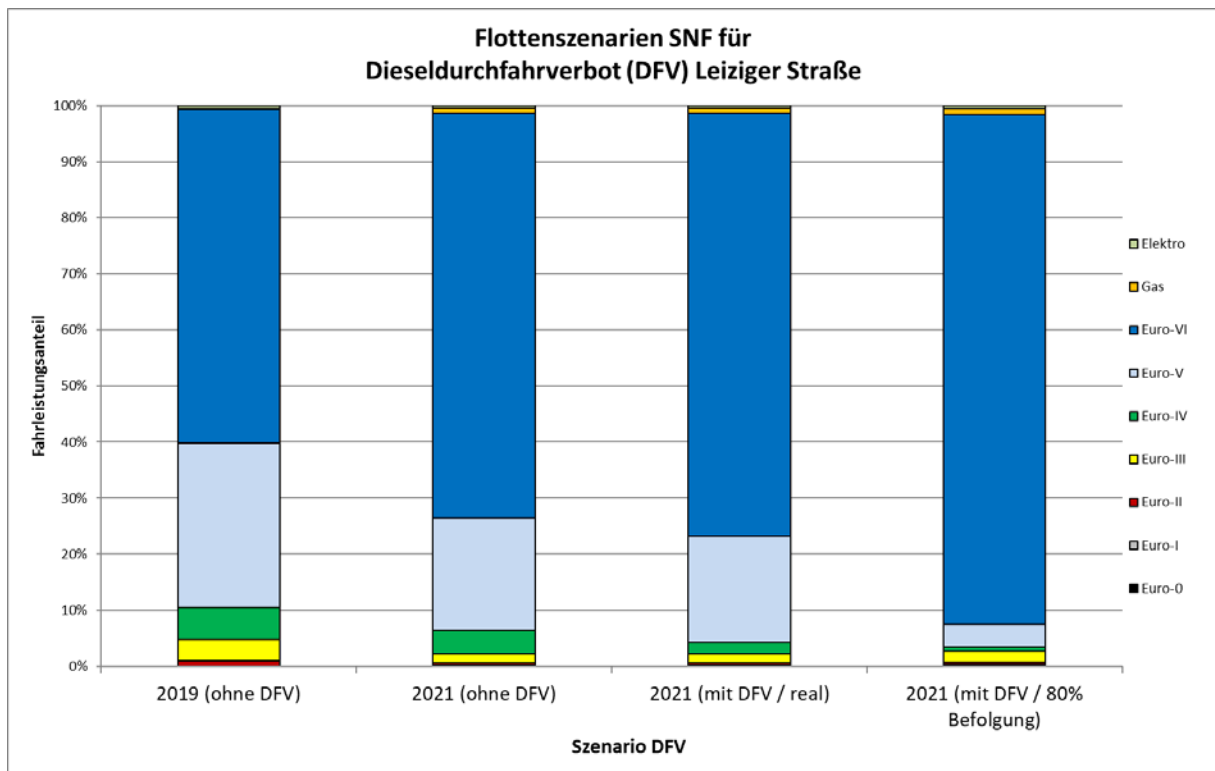


Abb. 4-38: Flottenszenarien SNF für Dieseldurchfahrverbot (DFV) Leipziger Straße

In **Abb. 4-39** und **Abb. 4-40** sind die Auswirkungen des Dieseldurchfahrverbotes auf die NO_x- bzw. die motorbedingten PM10-Emissionen dargestellt. Demnach zeigt sich, dass die NO_x-Emissionen im Realfall 2021 um ca. 2 % (Leipziger Straße) bis 5 % (Hermannstraße) sinken.

Die motorbedingten PM10-Emissionen sinken in den Abschnitten Alt-Moabit und Leipziger Straße um ca. 2 % sowie in der Silbersteinstraße und in der Hermannstraße um ca. 5 %.

Bei Annahme einer 80 %en Reduktion der betroffenen Fahrleistungsanteile würde die Minderung der Gesamtemissionen der Stickoxide zwischen ca. 30 % (Alt-Moabit) und 33 % (Silbersteinstraße, Hermannstraße), die des motorbedingten PM10 zwischen ca. 25 % (Leipziger Straße) und 30 % (Silbersteinstraße) betragen.

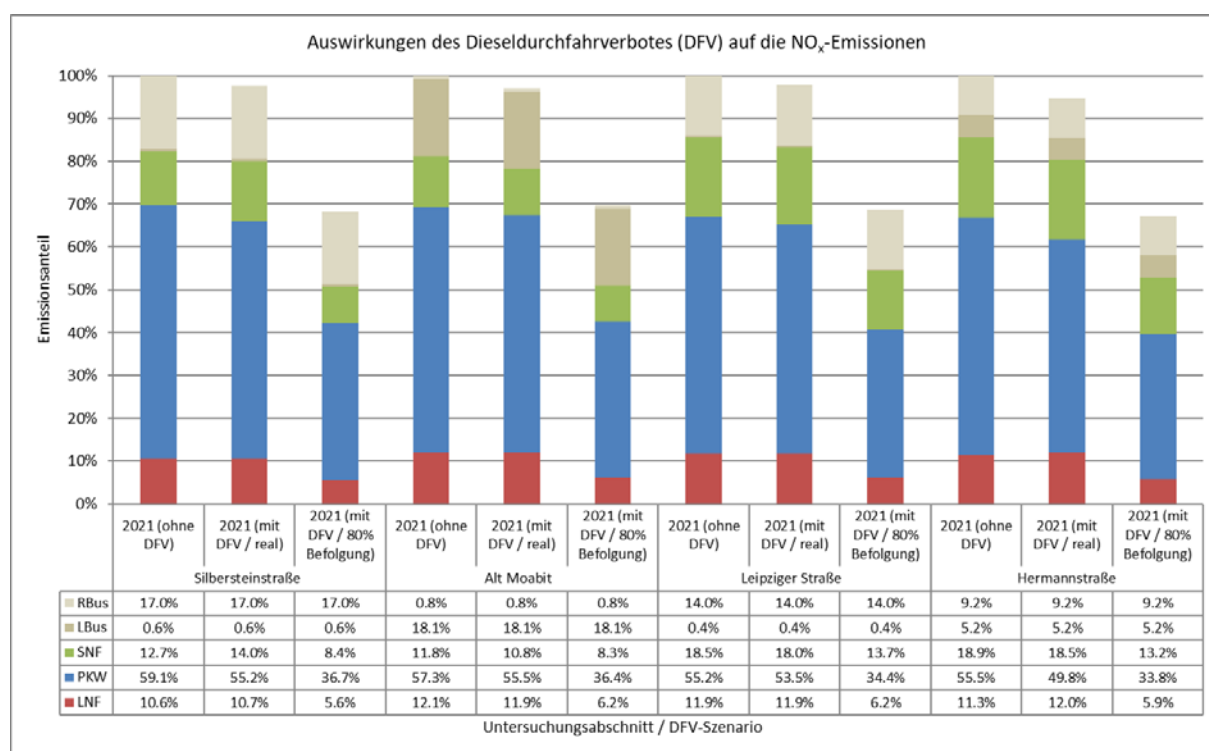


Abb. 4-39: Auswirkungen des Dieseldurchfahrverbotes (DFV) auf die NO_x-Emissionen

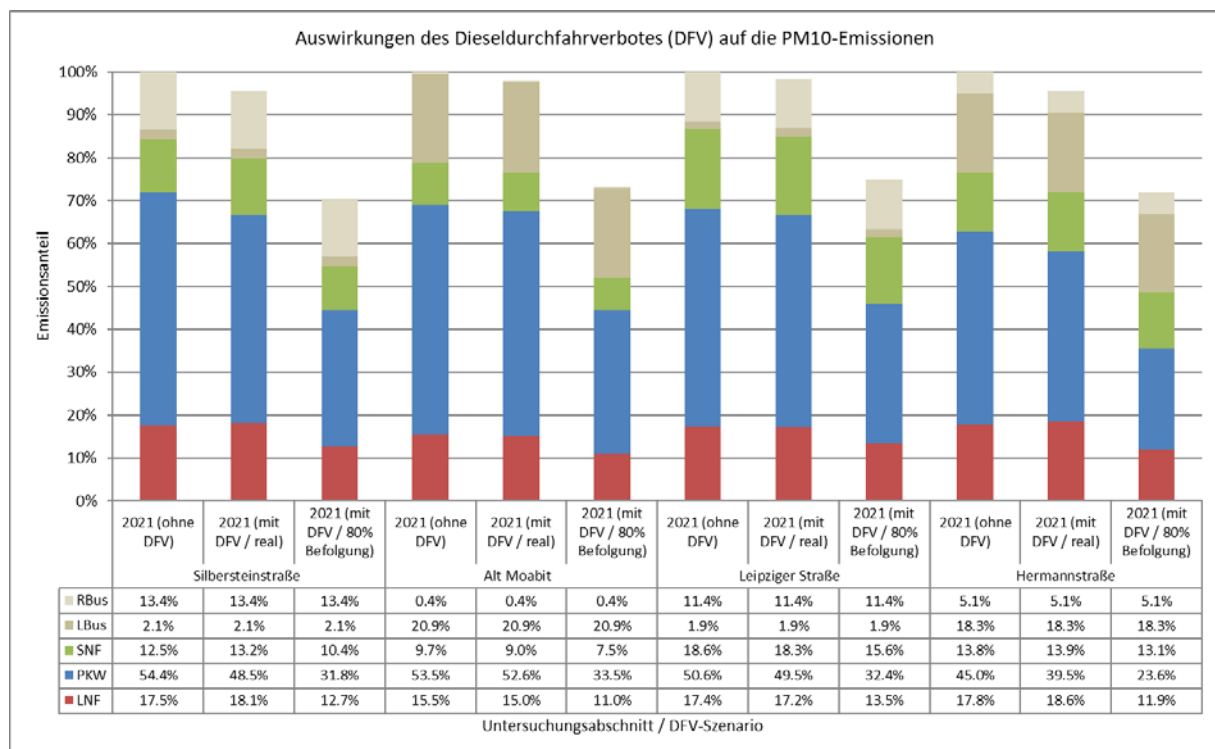


Abb. 4-40: Auswirkungen des Dieseldurchfahrverbotes (DFV) auf die motorbedingten PM10-Emissionen

4.6 Anteil Primärer NO₂-Emissionen am NO_x

Der Anteil primärer NO₂-Emissionen an den NO_x-Emissionen ist in **Abb. 4-41** für das Jahr 2021 nach HBEFA 4.1 an den verschiedenen Untersuchungsabschnitten differenziert nach Fahrzeugkategorien dargestellt. Der Anteil NO₂/NO_x liegt nach HBEFA 4.1 bei Otto-Motoren bei ca. 5 %. Bei Diesel-Fahrzeugen ist dieser Anteil mit 30 - 50 % bei EURO3- und EURO4-Leichtverkehrsfahrzeugkategorien (PKW und LNF) sowie 7 - 30 % bei Schwerverkehrsfahrzeugen zum Teil deutlich höher.

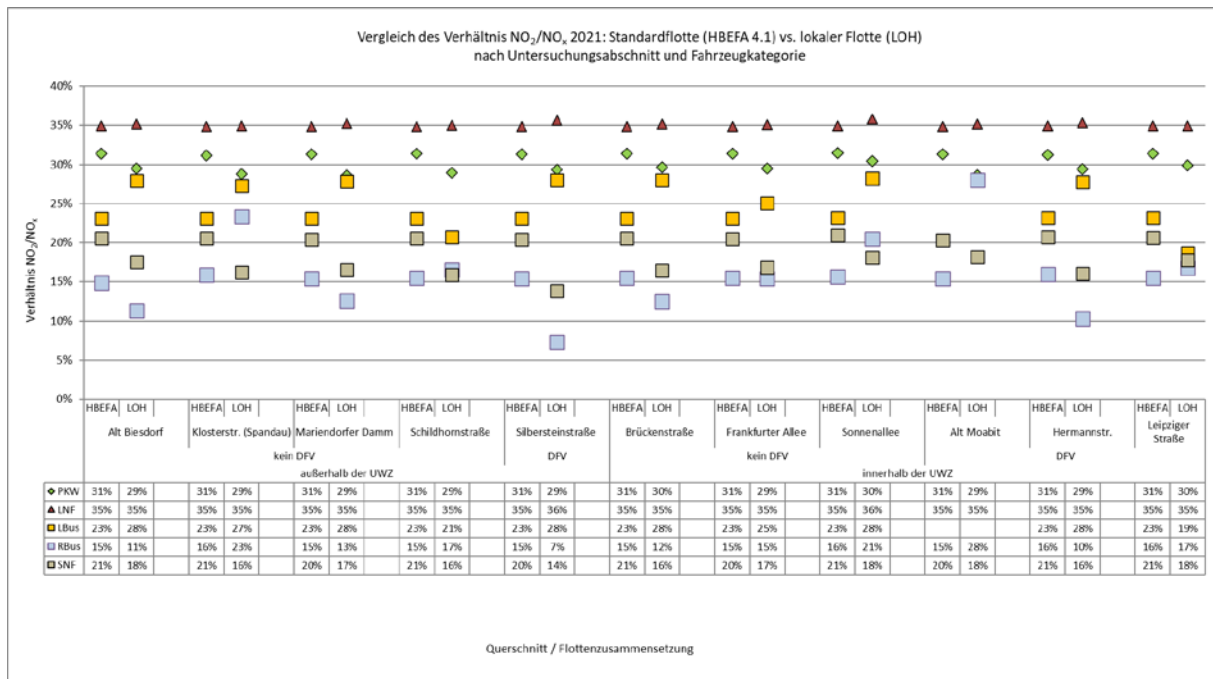


Abb. 4-41: Vergleich Anteil primärer NO_2 -Emissionen am NO_x 2021 zwischen Standardflotte HBEFA 4.1 (= HBEFA) und Querschnittsflotte aus der Kennzeichenerfassung (= LOH)

Die Auswertung zeigt, dass der NO_2/NO_x -Anteil der LNF an allen Untersuchungsabschnitten nahezu gleich ist (ca. 35 %) und auch dem der Standardflotte entspricht. Dies liegt an den relativ homogenen LNF-Flottenzusammensetzungen sowohl bzgl. der Untersuchungsabschnitte als auch im Vergleich mit der Standardflotte.

Bei den PKW beträgt der NO_2/NO_x -Anteil der lokalen Flotte ca. 29 bis 30 % und ist ausnahmslos 1 - 2 Prozentpunkte niedriger als in der Standardflotte. Dies liegt im Wesentlichen an dem niedrigeren Dieselanteil der Berliner PKW-Flotte.

Der NO_2/NO_x -Anteil der schweren Nutzfahrzeuge ist in der Berliner Flotte 3 – 6 Prozentpunkte niedriger als in der Standardflotte. Dies liegt u.a. daran, dass der Euro-V-Anteil der Berliner SNF-Flotte höher ist als in der Standardflotte und dass in der Auswertung sämtliche EURO-V-SNF als mit einem SCR ausgerüstet betrachtet wurden. SCR-SNF ohne DPF haben mit 7 % einen deutlich geringeren NO_2 -Anteil als EGR-SNF ohne DPF (21 %).

Für Linien- und Reisebusse ist keine eindeutige Tendenz erkennbar. Dies liegt in den inhomogenen Flottenzusammensetzungen an den unterschiedlichen Untersuchungsabschnitten.

Während in der Standardflotte der NO_2 -Anteil bei Linienbussen ca. 23 % und bei den Reisebussen ca. 15 % beträgt, liegt der Anteil in den lokalen Flotten bei den Linienbussen zwischen 19 % und 28 %, bei den Reisebussen zwischen 7 % und 28 %.

Für den Gesamtverkehr führt dies dazu, dass der primäre NO_2 -Anteil der Kfz in den lokalen Flotten zwischen 24 % (Silbersteinstraße) und 29 % (Sonnenallee) liegt und damit ca. 2 - 3 Prozentpunkte niedriger ist als in der Standardflotte (siehe **Abb. 4-27**).

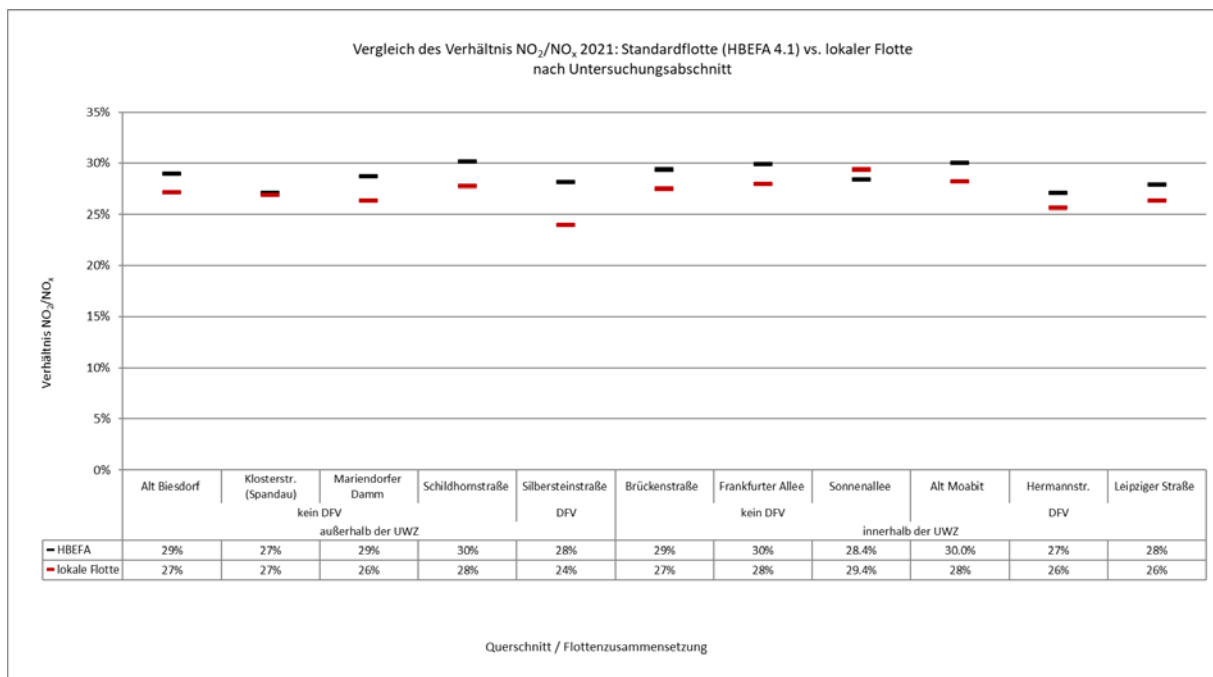
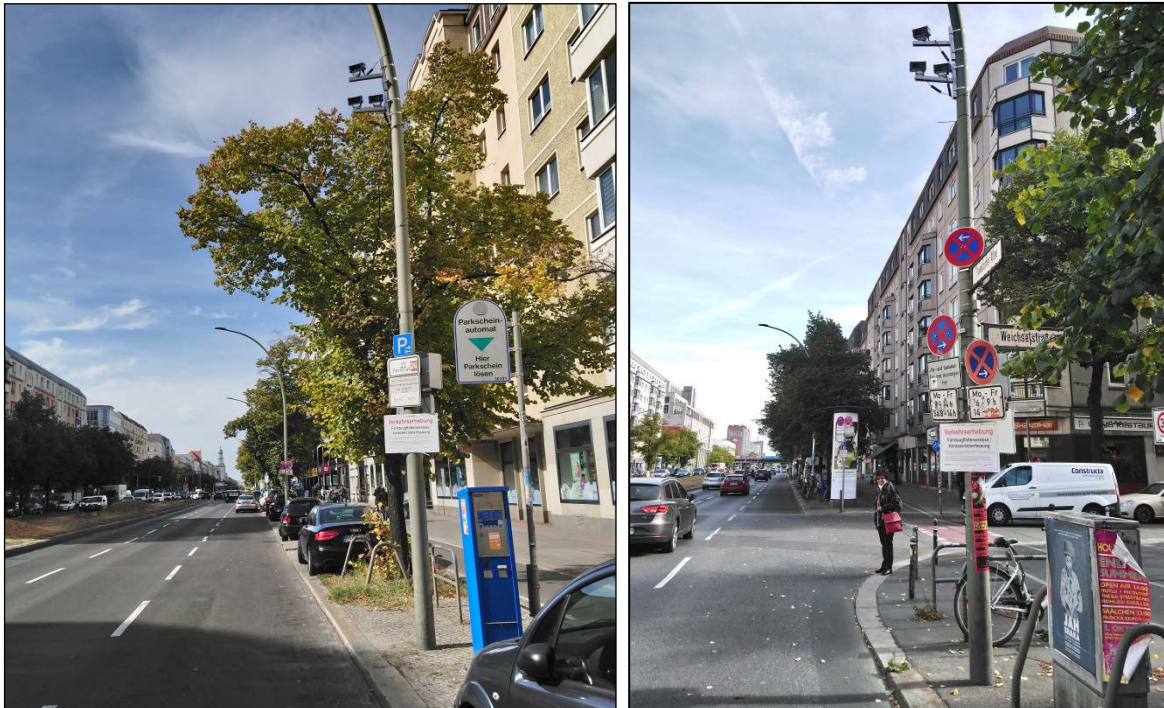


Abb. 4-42: Vergleich mittlerer Anteil primärer NO_2 -Emissionen am NO_x 2021 zwischen Standardflotte (= HBEFA) und lokaler Flotte aus der Kennzeichenerfassung

5 LITERATUR

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

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

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG**MQ 1** Frankfurter Allee zwischen Finowstraße und Weichselstraße**MQ 2** Alt-Biesdorf zwischen Blumberger Damm und Märkische Allee

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG**MQ 3** Mariendorfer Damm zwischen Friedensstraße und Körtingstraße**MQ 4** Silbersteinstraße zwischen Walterstraße und Bruno-Bauer-Straße

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG



MQ 5 Schildhornstraße zwischen Gritznerstraße und Lepsiusstraße



MQ 6 Leipziger Straße zwischen Friedrichstraße und Charlottenstraße

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG**MQ 7 Hermannstraße zwischen Silbersteinstraße und Emser Straße****MQ 8 Alt-Moabit zwischen Gotzkowsky Straße und Beusselstraße**

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG**MQ 9** Brückenstraße zwischen Köpenicker Straße und Rungestraße**MQ 10** Sonnenallee zwischen Fuldastraße und Elbestraße

A1 FOTODOKUMENTATION ZUR KENNZEICHENERFASSUNG**MQ 11** Klosterstraße zwischen Altonaer Straße und Diederhofer Straße