


Abschätzung zur Wirkung der Luftreinhaltemaßnahmen in Stuttgart, Ludwigsburg und Pforzheim

 Stellungnahme im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg



AUFTRAGGEBER	Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg
HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	Referat 33 – Luftqualität, Immissionsschutz
STAND	Dezember 2024



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
1.1	Entwicklung bis 2020	3
1.2	Entwicklung ab 2020	4
1.3	Inhalt und Zweck der vorliegenden Stellungnahme	5
2	Vorgehen	6
2.1	Vorüberlegungen	6
2.2	lokale Fahrzeugflotte	8
2.3	Emissionsfaktoren	13
2.4	Emissionen	15
2.5	Immissionen	16
3	Ergebnis und Bewertung	17
3.1	Grenzkonzentrationen	17
3.2	Bewertung	17
4	Anhang	18
4.1	Literatur	18
4.2	Glossar und Abkürzungen	19

1 Einführung

1.1 ENTWICKLUNG BIS 2020

Die Luftqualitäts-Immissionsgrenzwerte der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen [39. BImSchV] wurden in den 2000er und 2010er Jahren an vielen Messstellen in Baden-Württemberg überschritten. Die für die Luftreinhaltung zuständigen Regierungspräsidien haben deshalb zahlreiche Luftreinhaltepläne eingeführt. Diese Pläne enthielten viele unterschiedliche Maßnahmen, um die Luftqualität zu verbessern. Eine der wirkungsvollsten Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität war die Einführung von grünen Umweltzonen.

In eine grüne Umweltzone dürfen alte Fahrzeuge mit besonders hohen Luftschadstoffemissionen nicht mehr einfahren. In Baden-Württemberg gab es im Oktober 2020 insgesamt 22 grüne Umweltzonen, in die nur Fahrzeuge mit grüner Plakette einfahren durften. Fahrzeuge ohne grüne Plakette, d. h. Fahrzeuge mit Ottomotor („Benziner“) unterhalb der Abgasnorm Euro 1 und Fahrzeuge mit Dieselmotor unterhalb der Abgasnorm Euro 4, dürfen in diesen Umweltzonen nicht mehr fahren.

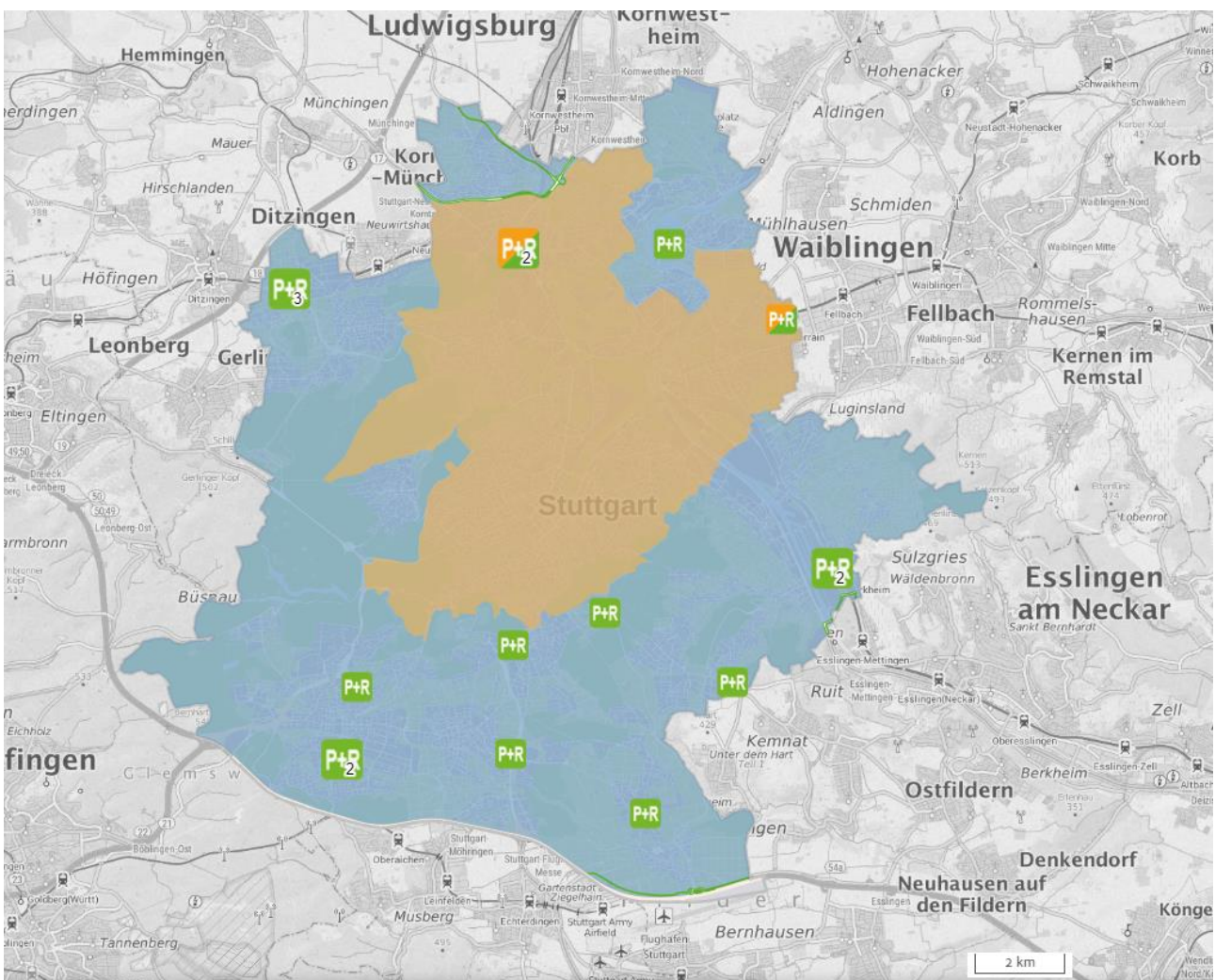


Abbildung 1: Die große Umweltzone Stuttgart (blau und orange) sowie die kleine Umweltzone Stuttgart (orange). © Landeshauptstadt Stuttgart, https://maps.stuttgart.de/diesel_verkehrsverbote

In Stuttgart wurden wegen der dort besonders hohen Luftschadstoffwerte zusätzlich zur grünen Umweltzone Verkehrsverbote für Kraftfahrzeuge mit Dieselmotor eingeführt:

- ein Verkehrsverbot für Fahrzeuge mit Dieselmotoren der Emissionsklasse Euro 4/IV und schlechter in der grünen Umweltzone Stuttgart (also im gesamten Stadtgebiet; vgl. blauer und oranger Bereich in Abbildung 1),
- ein zonales Verkehrsverbot für Dieselfahrzeuge der Emissionsklasse Euro 5/V und schlechter im Stuttgarter Talkessel sowie in den Stadtbezirken Bad Cannstatt, Feuerbach und Zuffenhausen (der sogenannten „kleinen Umweltzone“, vgl. oranger Bereich in Abbildung 1).

1.2 ENTWICKLUNG AB 2020

Die Luftqualität in Baden-Württemberg hat sich in den letzten Jahren wesentlich verbessert. Die Immissionsgrenzwerte für Partikel PM₁₀ werden in Baden-Württemberg seit dem Kalenderjahr 2018, diejenigen für Stickstoffdioxid (NO₂) seit dem Kalenderjahr 2022 an allen Messstellen im Land eingehalten und zum Teil deutlich unterschritten. An vielen Messstellen sind die gemessenen Werte an PM₁₀ und NO₂ inzwischen so weit abgesunken, dass nicht mehr alle Maßnahmen in den Luftreinhalteplänen für eine sichere Einhaltung der Grenzwerte erforderlich sind.

Die Beibehaltung von Luftreinhaltemaßnahmen mit Grundrechtseingriff stellt sich aus rechtlicher Sicht als kritisch dar, wenn die Grenzwerte auch ohne diese Maßnahmen sicher eingehalten werden – mit der sicheren Grenzwerteinhaltung entfällt die Rechtsgrundlage für Maßnahmen mit Grundrechtseingriff. Dies betrifft insbesondere Verkehrsbeschränkungen, allen voran Umweltzonen und Verkehrsverbote. Das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (VM) ist daher der Ansicht, dass verkehrsbeschränkende Maßnahmen, die für eine sichere Grenzwerteinhaltung nicht mehr erforderlich sind, aufgehoben werden müssen.

Hinzu kommt, dass die Anzahl der Altfahrzeuge, die von den grünen Umweltzonen betroffen sind, durch die kontinuierliche Erneuerung der Fahrzeugflotte inzwischen verschwindend gering ist. Die grünen Umweltzonen sind deshalb heute viel weniger wirksam als zu dem Zeitpunkt, als sie eingeführt wurden.

Aus diesen Gründen haben die Regierungspräsidien Ende 2020 begonnen, nicht mehr benötigte Umweltzonen aufzuheben. Es ist absehbar, dass von den ursprünglich 22 Umweltzonen im Land zum Jahresende 2024 nur noch 3 Umweltzonen (Stuttgart, Ludwigsburg und Pforzheim) verbleiben werden.

Die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg hat die Regierungspräsidien bei der Aufhebung der Umweltzonen durch die Stellungnahme „Abschätzung zur Wirkung von Umweltzonen in Baden-Württemberg vor dem Hintergrund abnehmender Stickstoffdioxidkonzentrationen – Stellungnahme im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg“ vom Dezember 2020 [LUBW, 2020] unterstützt. Die zeitgleich zur Erstellung der LUBW-Stellungnahme eingeführten Verkehrsverbote in Stuttgart konnten dabei allerdings noch nicht berücksichtigt werden.

1.3 INHALT UND ZWECK DER VORLIEGENDEN STELLUNGNAHME

Vor dem Hintergrund der sich weiterhin erneuernden Fahrzeugflotte und der weiterhin abnehmenden Schadstoffkonzentrationen in der Umgebungsluft hat das Ministerium für Verkehr die LUBW gebeten, abzuschätzen, ab welcher Grenzkonzentration die verbliebenen Umweltzonen sowie die Verkehrsverbote in Stuttgart aufgehoben werden können, ohne dass es dadurch zu erneuten Grenzwertüberschreitungen kommt.

In den bisher aufgelösten Umweltzonen wurde die Erfahrung gemacht, dass die Luftschadstoffkonzentrationen deutlich weniger stark ansteigen als von der LUBW-Stellungnahme aus dem Jahr 2020 befürchtet. Das Ministerium für Verkehr hat die LUBW deshalb darum gebeten, bei der Abschätzung weniger vorsichtige, realistischere Annahmen zu verwenden. Außerdem sollen die Verkehrsverbote in Stuttgart berücksichtigt werden.

Diese Abschätzung wird im vorliegenden Bericht vorgenommen.

2 Vorgehen

2.1 VORÜBERLEGUNGEN

2.1.1 UNTERSUCHUNGSUMFANG

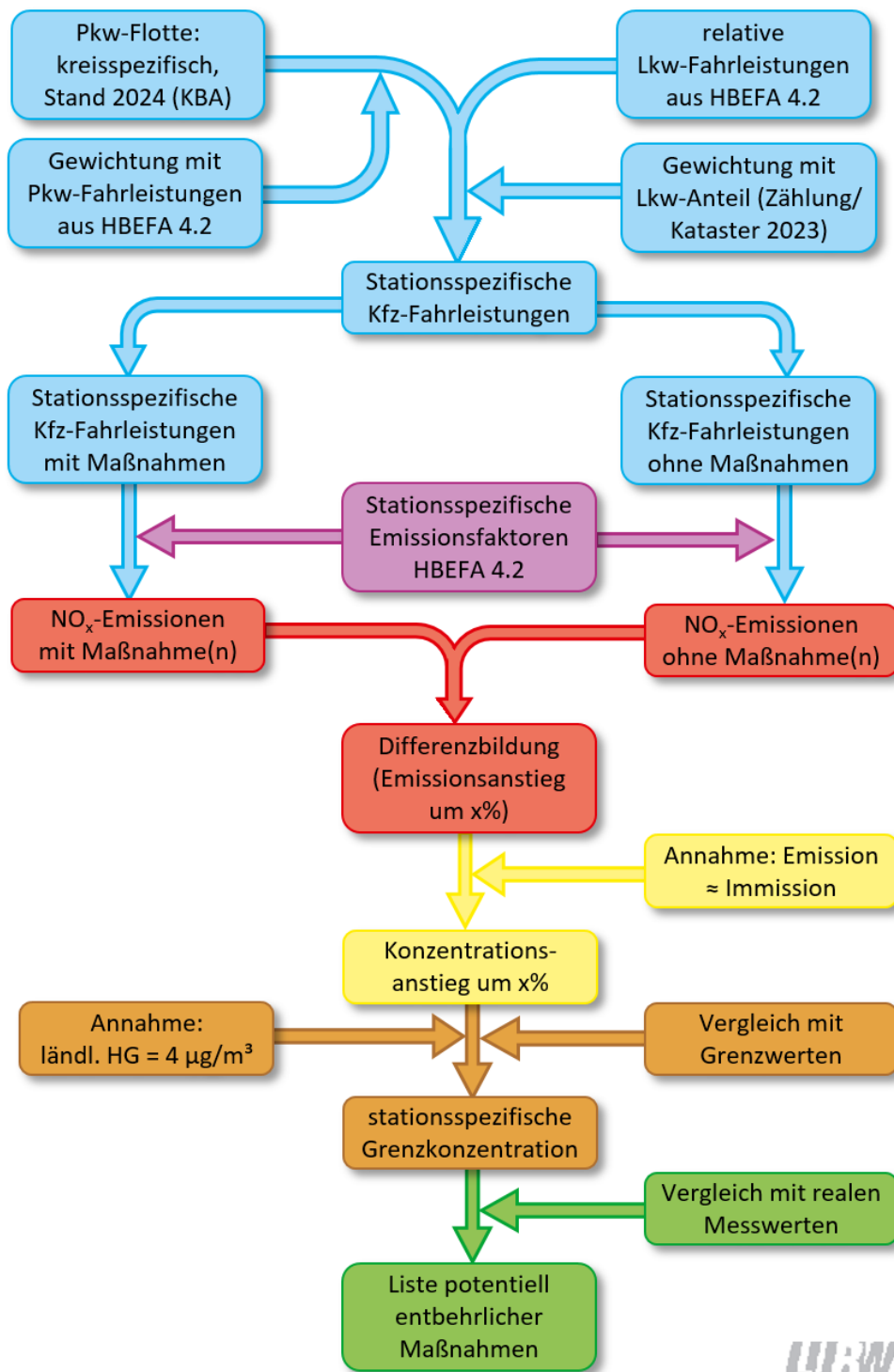
Die Abschätzung soll für die drei noch bestehenden Umweltzonen in Baden-Württemberg durchgeführt werden, das sind Stuttgart, Ludwigsburg und Pforzheim. Es werden alle 9 verkehrsnahen Messstandorte in diesen Städten berücksichtigt; das sind:

- in Stuttgart: die Messstellen Stuttgart Am Neckartor, Arnulf-Klett-Platz, Hauptstätter Straße, Hohenheimer Straße und Talstraße,
- in Ludwigsburg: die Messstellen Ludwigsburg Friedrichstraße und Schloßstraße,
- in Pforzheim: die Messstellen Pforzheim St.-Georgen-Steige und Luisenstraße.

2.1.2 GRUNDSÄTZLICHES VORGEHEN

Das Vorgehen zur Abschätzung zur Wirkung von Umweltzonen (UWZ) bzw. Verkehrsverboten orientiert sich maßgeblich an den einschlägigen Gutachten, die im Laufe der Jahre anlässlich der Einführung bzw. Verschärfung der einzelnen Umweltzonen und Verkehrsverbote erstellt wurden. Im Kern wird für die vorliegende Untersuchung angenommen, dass derzeit, also mit bestehenden Umweltzonen, keine (bzw. weniger) Dieselfahrzeuge unter der Euro-Stufe 4/IV bzw., im Falle der Verkehrsverbote, Euro 6/VI in den baden-württembergischen Städten verkehren. Für die Abschätzung können die für die 9 Messstellen vorliegenden, ortsspezifischen Informationen (Flotte, Steigung, Geschwindigkeitsbegrenzung) verwendet werden. Anhand dieser wird abgeschätzt, wie hoch der Konzentrationsanstieg an den einzelnen Messstellen wäre, falls die entsprechende Umweltzone bzw. die Verkehrsverbote abgeschafft werden würden.

Unter dieser Annahme werden die verkehrsbedingten Stickstoffoxidemissionen an jeder Messstelle abgeschätzt. In Abbildung 2 ist schematisch dargestellt, wie die Abschätzungen vorgenommen wurden. Details finden sich in den folgenden Kapiteln.



- Fahrleistungen: vgl. Kap. 2.2
- Emissionsfaktoren: vgl. Kap. 2.3
- Emissionen: vgl. Kap. 2.4
- Immissionen: vgl. Kap. 2.5
- Grenzkonzentration: vgl. Kap. 3.1
- Bewertung: vgl. Kap. 3.2

Abbildung 2: Schematische Darstellung der gewählten Vorgehensweise

2.2 LOKALE FAHRZEUGFLOTTE

2.2.1 PKW-FLOTTE

Datengrundlagen

Aus dem LUBW-Emissionskataster ist bekannt, welche Fahrzeugmengen an den 9 untersuchten Messstellen verkehren. Für die Abschätzung entscheidend ist aber weniger die Menge der Fahrzeuge als vielmehr die Zusammensetzung der an der konkreten Messstelle vorbeifahrenden Fahrzeuge – sind es eher alte, stark emittierende oder eher neue, saubere Fahrzeuge? Eher diesel- oder eher benzinbetriebene Fahrzeuge? All das kann zwischen den Städten deutlich variieren. Die wesentliche Datengrundlage zur lokalen Pkw-Flotte ist deshalb die Zulassungsstatistik des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA). Diese findet sich auf den Internetseiten des KBA und schlüsselt die Zusammensetzung der zugelassenen Fahrzeugflotte auf Ebene der Land- und Stadtkreise (hier für den Stichtag 01.01.2024) detailliert auf [KBA, 2024].

Details zu den verwendeten Zulassungsstatistiken

Die kleinste räumliche Einheit innerhalb der KBA-Zulassungsstatistik ist die Ebene der Land- bzw. Stadtkreise. Für die Abschätzung wurden folgende Zulassungsdaten verwendet:

- Im Fall der Stadt Stuttgart liegen unmittelbar Daten zur städtischen Flottenzusammensetzung vor (KBA-Zulassungsstatistik für den Stadtkreis Stuttgart). Aufgrund der hohen Pendlerströme nach Stuttgart werden für die Stuttgarter Messstellen auch die Zulassungsstatistiken der 4 Nachbarkreise Ludwigsburg, Böblingen, Esslingen und Rems-Murr-Kreis verwendet.
- Auch für die Stadt Pforzheim liegen in der KBA-Zulassungsstatistik unmittelbare Daten zur städtischen Flottenzusammensetzung vor (KBA-Zulassungsstatistik für den Stadtkreis Pforzheim). Zusätzlich wurde die Zulassungsstatistik aus dem die Stadt weitgehend umgebenden Enzkreis verwendet, um Pendler- und Durchfahrtsverkehre zu berücksichtigen.
- Für die Kreisstadt Ludwigsburg wurde die Zulassungsstatistik des Landkreises Ludwigsburg verwendet. Es ist davon auszugehen, dass diese die realen Verhältnisse gut wiedergibt und auch Pendlerströme angemessen berücksichtigt.

Bei der KBA-Zulassungsstatistik ist zu beachten, dass sich die Zusammensetzung der Otto-Pkw-Flotte („Benziner“) aufgrund der in der Statistik verwendeten Aufschlüsselung sowie der Berücksichtigung alternativer Antriebe und sonstiger Emissionsgruppen nicht widerspruchsfrei ermitteln lässt. In der vorliegenden Abschätzung wird deshalb nur die Gesamtzahl der Otto-Pkw berücksichtigt, eine Untergliederung nach Euro-Stufen erfolgt nicht. Da das Hauptaugenmerk bei der Einführung sowie der hypothetischen Aufhebung von Umweltzonen bzw. Verkehrsverboten auf den Diesel- und nicht den Otto-Fahrzeugen liegt, ist diese Einschränkung unwesentlich. Der Anteil der Diesel-Pkw unterhalb der Euro-Normstufe 1 wird in der KBA-Statistik ebenfalls nicht explizit ausgewiesen, lässt sich aber daraus berechnen.

Verarbeitung der Zulassungsdaten

Klassischerweise (und auch in der LUBW-Stellungnahme aus 2020) werden die Zulassungsstatistiken direkt für die weitere Auswertung genutzt. Dies impliziert, dass alle zugelassenen Fahrzeuge genau gleich viel am tatsächlichen Verkehrsgeschehen teilnehmen.

In der Realität ist es aber so, dass nicht alle Fahrzeugarten gleich häufig verwendet werden – neue Fahrzeuge werden häufiger benutzt, während der Oldtimer meistens in der Garage bleibt, und wer besonders viel unterwegs ist, kauft sich eher einen Diesel als einen Benziner. Diese sog. Fahrleistungen (also die gefahrene Strecke pro Fahrzeug und Jahr) der einzelnen Fahrzeugtypen unterscheiden sich also erheblich. Wenn man in der Abschätzung nur die zugelassenen Fahrzeuge aus der KBA-Zulassungsstatistik betrachten würde, würde der Anteil der alten, besonders stark emittierenden Fahrzeuge überschätzt werden – das ist hier aber ausdrücklich nicht gewollt. Die Zulassungsstatistik gibt lediglich einen guten Überblick über den lokalen Fahrzeugbestand, der sich von Ort zu Ort unterscheidet.

Welches Fahrzeug fährt wie viel?

Im Handbuch für Emissionsfaktoren HBEFA 4.2 [INFRAS, 2022] finden sich Informationen, welche Fahrzeuge auf den deutschen Straßen tatsächlich verkehren, also (relative) Informationen zur Fahrleistung (vgl. Tabelle 1, Mitte). Diese Daten liegen aber nur für Gesamt-Deutschland vor. Auch in der KBA-Zulassungsstatistik finden sich Daten (Zulassungsdaten) für ganz Deutschland (vgl. Tabelle 1, links). Man erkennt, dass die Zahlen aus dem HBEFA und der KBA-Statistik nicht identisch sind – Diesel-Fahrzeuge unter Euro 5 sowie Benziner und Sonstige Pkw (z.B. Elektro- oder CNG-Fahrzeuge) fahren seltener als nach ihrem KBA-Flottenanteil zu erwarten wäre, Euro 5- und Euro 6-Diesel entsprechend häufiger. Das in der rechten Spalte berechnete Verhältnis ist ein Maß dafür, wie viel der jeweilige Fahrzeugtyp in Deutschland unterwegs ist (genauer: mit welchem Anteil der Bestand dieses Fahrzeugkonzepts zur Fahrleistung beiträgt). Dieses Maß wird im Folgenden auf die lokal zugelassene Flotte in den baden-württembergischen Umweltzonen angewendet.

Tabelle 1: zugelassene Flotte und Fahrleistung einzelner Fahrzeugkonzepte in Deutschland; Werte gerundet auf 2 signifikante Stellen mit max. 2 Nachkommastellen, Abweichungen rundungsbedingt; rot: Fahrzeugtyp ist verhältnismäßig selten unterwegs

Emissionskonzept Pkw*	Flotte Deutschland (Zulassungsstatistik KBA)	Fahrleistung Deutschland (HBEFA 4.2)	Verhältnis
Diesel vor Euro 1	0,22%	0,04%	0,19
Diesel Euro 1	0,10%	0,07%	0,67
Diesel Euro 2	0,69%	0,17%	0,24
Diesel Euro 3	1,8%	0,85%	0,46
Diesel Euro 4	3,3%	3,3%	0,98
Diesel Euro 5	8,7%	9,2%	1,06
Diesel Euro 6	14%	30%	2,14
Benzin (gesamt)	62%	50%	0,82
Sonstige	9,7%	6,3%	0,65
Summe	100%	100%	-

* Mit Plakettenfarbe hinterlegt



Von der KBA-Flotte zur lokalen Fahrleistung

Die in den drei untersuchten Stadt- bzw. Landkreisen zugelassene Pkw-Flotte wird, wie oben beschrieben, aus der KBA-Zulassungsstatistik entnommen. Anschließend werden diese lokalen Zulassungszahlen mithilfe der in Tabelle 1 ermittelten Verhältnisse in lokale Fahrleistungen umgerechnet.

Die auf diese Weise ermittelte lokal verkehrende Flotte dürfte die Realität an den Messstellen relativ genau wiedergeben.

Anpassung der Stuttgarter Pkw-Flotte an die Umweltzone und die Verkehrsverbote

Die untersuchten Messstellen in Stuttgart liegen allesamt innerhalb der „kleinen Umweltzone“ und damit sowohl im Bereich der grünen Umweltzone als auch im Bereich der Euro 4/IV- und Euro 5/V-Diesel-Verkehrsverbote (siehe Karte auf Seite 3). Von diesen Maßnahmen sind im Stadtkreis Stuttgart insgesamt etwa 6,0%, in der hier betrachteten Flotte (Stadtkreis Stuttgart + 4 Umlandkreise) etwa 10% der zugelassenen Pkw betroffen (Anteil der Diesel-Pkw unterhalb der Stufe Euro 6, bezogen auf die gesamte Pkw-Flotte). Die beiden Maßnahmen werden in der Abschätzung folgendermaßen behandelt:

- Da die grüne Umweltzone eine etablierte, seit Jahren bestehende Maßnahme ist, wird hierfür ein relativ hoher Befolgungsgrad von 90% angenommen. Es wird also angenommen, dass im Umfeld der untersuchten Messstellen aufgrund der grünen Umweltzone so gut wie keine Diesel-Pkw unterhalb der Normstufe Euro 4 mehr verkehren. Die Fahrleistungsanteile der betroffenen Fahrzeuge werden für den Ist-Zustand (mit Umweltzone) auf 10% des regionsmittleren Fahrleistungsanteils gesetzt, d.h. die wenigen überhaupt noch vorhandenen Altfahrzeuge nehmen zwar noch in geringem Umfang am Verkehrsgeschehen teil, innerhalb der Umweltzonen derzeit aber fast gar nicht.
- Für die Abschätzung der Wirkung der Stuttgarter Verkehrsverbote wird angenommen, dass im Umfeld der Messstellen auch weniger Euro 4- und Euro 5-Diesel-Pkw fahren. Da die Diesel-Verkehrsverbote großzügige Ausnahmeregelungen haben und in der Bevölkerung kontrovers diskutiert werden, wird in der Abschätzung, in Anlehnung an die Wirkungsgutachten zur Einführung der Verkehrsverbote, mit einem Befolgungsgrad von 80% gerechnet, d. h. die Fahrleistungsanteile der betroffenen Fahrzeuge werden für den Ist-Zustand auf 20% des im Rest des Gebiets vorhandenen Fahrleistungsanteils gesetzt.

Die Fahrleistungsanteile der restlichen Fahrzeuge werden für den Ist-Zustand (mit Maßnahmen) anteilig hochgerechnet, um wieder auf 100% Fahrleistung zu kommen. Nach der hypothetischen Abschaffung der Umweltzone und der Verkehrsverbote entsprechen die Fahrleistungsanteile der von den Maßnahmen betroffenen Fahrzeuge an den Messstellen den derzeitigen kreismittleren Fahrleistungsanteilen.

Anpassung der Ludwigsburger und der Pforzheimer Flotten an die grünen Umweltzonen

Die untersuchten Messstellen in Ludwigsburg und Pforzheim liegen im Bereich der jeweiligen grünen Umweltzone. Im Landkreis Ludwigsburg sind 2,2%, im Stadtkreis Pforzheim 2,4% der zugelassenen Pkw von der Umweltzone betroffen (Diesel-Pkw unterhalb der Euro-Normstufe 4, bezogen auf die gesamte Pkw-Flotte).

Für die Abschätzung der Wirkung der Umweltzonen in Ludwigsburg und Pforzheim wird wie in Stuttgart angenommen, dass im Umfeld der untersuchten Messstellen aufgrund der grünen Umweltzonen nur noch wenige Diesel-Pkw unterhalb der Normstufe Euro 4 verkehren, d. h. die Fahrleistungsanteile dieser im Umland der Städte durchaus noch vorhandenen Fahrzeuge werden für den Ist-Zustand in den entsprechenden Stadtgebieten auf 10% gesetzt. Die Fahrleistungsanteile der restlichen Fahrzeuge werden anteilig hochgerechnet. Das hier beschriebene Vorgehen impliziert einen angenommenen Befolgungsgrad der Umweltzonenregelung von 90% (wie in Stuttgart). Nach der

hypothetischen Abschaffung der Umweltzone entsprechen die Fahrleistungsanteile der von der Umweltzone betroffenen Fahrzeuge an den Messstellen den derzeitigen mittleren Fahrleistungsanteilen im Umland.

Final verwendete Pkw-Fahrleistungsanteile

Der für die Abschätzung verwendeten Fahrleistungsanteile finden sich in Tabelle 2. Ihre Herleitung wurde oben erläutert.

Tabelle 2: Angenommene Pkw-Fahrleistungsanteile an den untersuchten Messstellen zum 01.01.2024; Werte gerundet auf 2 signifikante Stellen mit max. 2 Nachkommastellen, Abweichungen rundungsbedingt

Emissions-konzept Pkw*	Messstellen in Stuttgart		Messstellen in Ludwigsburg		Messstellen in Pforzheim	
	mit UWZ, VV**	ohne UWZ, VV**	mit Umwelt-zone	ohne Umwelt-zone	mit Umwelt-zone	ohne Umwelt-zone
Diesel vor Euro 1	0,00%	0,05%	0,00%	0,04%	0,00%	0,04%
Diesel Euro 1	0,00%	0,04%	0,00%	0,03%	0,00%	0,05%
Diesel Euro 2	0,01%	0,13%	0,01%	0,14%	0,02%	0,16%
Diesel Euro 3	0,06%	0,63%	0,07%	0,67%	0,09%	0,88%
Diesel Euro 4	0,42%	2,1%	2,3%	2,2%	3,4%	3,3%
Diesel Euro 5	1,3%	6,3%	6,7%	6,6%	8,9%	8,8%
Diesel Euro 6	32%	29%	27%	27%	27%	27%
Benzin (gesamt)	57%	53%	56%	56%	54%	53%
Sonstige	10%	8,8%	7,3%	7,2%	6,3%	6,2%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%

* Mit Plakettenfarbe (hinterlegt)

** UWZ = Umweltzone, VV = Verkehrsverbot

Rot: wg. Maßnahmenwirkung verringert



2.2.2 LKW-FLOTTE

Grundlagen

Die schweren Nutzfahrzeuge (Lkw und Sattelzüge) sind in der Regel räumlich mobiler als Pkw, die Lkw-Flotte deutschlandweit deshalb relativ einheitlich. Es ist für die Lkw deshalb nicht zielführend, wie bei den Pkw die HBEFA-Fahrleistungsanteile und die lokalen KBA-Zulassungszahlen miteinander zu verrechnen. Stattdessen können die Lkw-Verkehrsanteile direkt aus dem HBEFA 4.2 [INF-RAS, 2022] entnommen und für die weitere Rechnung verwendet werden.

Anpassung der Lkw-Fahrleistungen an die Umweltzonen und Verkehrsverbote

In der vorliegenden Abschätzung wird davon ausgegangen, dass sich Lkw in gleichem Maße an Umweltzonen und Verkehrsverbote halten wie Pkw. Deshalb wird bezüglich der Lkw-Fahrleistungsanteile in den Umweltzonen in Stuttgart, Ludwigsburg und ein Befolgungsgrad von 90% und in der

Zone der Verkehrsverbote in Stuttgart von 80% angenommen; die Fahrleistungsanteile der restlichen Lkw werden anteilig hochgerechnet. Nach der hypothetischen Abschaffung der Umweltzone entsprechen die Lkw-Fahrleistungsanteile in den drei untersuchten Städten wieder dem bundesdeutschen Durchschnitt. Die angenommene Zusammensetzung der Lkw-Fahrleistungsanteile vor und nach Abschaffung der Umweltzonen/Verkehrsverbote findet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Angenommene Lkw-Fahrleistungsanteile in den untersuchten Städten zum 01.01.2024; Werte gerundet auf 2 signifikante Stellen mit max. 2 Nachkommastellen, Abweichungen rundungsbedingt

Emissions-konzept Lkw*	Stuttgart		Ludwigsburg		Pforzheim	
	mit UWZ, VV**	ohne UWZ, VV**	mit Umwelt-zone	ohne Umwelt-zone	mit Umwelt-zone	ohne Umwelt-zone
Diesel vor Euro I	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Diesel Euro I	0,07%	0,69%	0,07%	0,69%	0,07%	0,69%
Diesel Euro II	0,07%	0,66%	0,07%	0,66%	0,07%	0,66%
Diesel Euro III	0,15%	1,5%	0,15%	1,5%	0,15%	1,5%
Diesel Euro IV	0,26%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%	1,3%
Diesel Euro V	2,2%	11%	11%	11%	11%	11%
Diesel Euro VI	95%	83%	85%	83%	85%	83%
Andere	2,1%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%	1,9%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%

* Mit Plakettenfarbe (hinterlegt)

** UWZ = Umweltzone, VV = Verkehrsverbot

Rot: wg. Maßnahmenwirkung verringert



2.2.3 GESAMTFLOTTE

Zur Ermittlung des resultierenden Gesamtverkehrs (bestehend aus Pkw und Lkw) wird für die 9 untersuchten Messstellen der lokale Lkw-Anteil verwendet. Dieser liegt für einige Messstellen auf Basis aktueller Verkehrszählungen (aus dem Jahr 2023) vor, wird für den Großteil der Messstellen aber aus den Verkehrszahlen des Emissionskatasters Verkehr 2023 entnommen (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Lkw-Anteile an den untersuchten Messstellen

Stadt	Umweltzone	Messstelle	Lkw-Anteil	Quelle*
Stuttgart	Stuttgart	Stuttgart Am Neckartor	2,1%	Zählung
		Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	2,6%	Kataster
		Stuttgart Hauptstätter Straße	6,7%	Kataster
		Stuttgart Hohenheimer Str.	1,4%	Zählung
		Stuttgart Talstr.	2,2%	Kataster
Ludwigsburg	Ludwigsburg und Umgeb.	Ludwigsburg Friedrichstr.	3,0%	Kataster
		Ludwigsburg Schloßstr.	3,7%	Kataster
Pforzheim	Pforzheim	Pforzheim St.-Georgen-Steige	5,8%	Kataster
		Pforzheim Luisenstr.	2,0%	Kataster

*Zählung: Verkehrszählung 2023, Kataster = Emissionskataster Verkehr 2023



Die in den vorangegangenen Unterkapiteln ermittelten Pkw- und Lkw-Fahrleistungsanteile werden anhand der messstellenspezifischen Lkw-Anteile miteinander verrechnet, um die messstellenspezifische Gesamtfahrleistung zu erhalten. Die Beschreibung der Gesamtfahrleistung erfolgt auf Basis der Fahrleistungsanteile, also relativ (in %) – die absoluten Fahrleistungen und die absolute Verkehrsbelastung (DTV) an den einzelnen Messstellen geht damit in die vorliegende Abschätzung ausdrücklich nicht ein. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass sich die Verkehrszahlen an den einzelnen Messstellen nach der hypothetischen Abschaffung der Umweltzonen bzw. Verkehrsverbote insgesamt nicht ändern, lediglich die Zusammensetzung des Verkehrs ändert sich. Analoge Annahmen wurden in der Regel auch bei der Einführung der Umweltzonen und Verkehrsverbote gemacht, so dass das Vorgehen konsistent ist. Auch bei der Vorgängerabschätzung aus dem Jahr 2020 [LUBW, 2020] wurde von konstanten Verkehrsstärken ausgegangen.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf eine tabellarische oder grafische Darstellung der 9 einzelnen Fahrzeugflotten verzichtet.

2.3 EMISSIONSFAKTOREN

2.3.1 GRUNDLAGEN

Unter einem Emissionsfaktor (EFA) versteht man eine Kennzahl, die angibt, wie viele Schadstoffe ein Fahrzeug pro km gefahrener Strecke emittiert. Die Einheit ist in der Regel mg/km. Die hier verwendeten NO_x-Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugkonzepte werden aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) in der aktuellsten Version 4.2 übernommen [INF-RAS, 2022]. Im HBEFA finden sich verschiedene Typen von Emissionsfaktoren:

- Zum einen enthält das HBEFA mittlere Emissionsfaktoren für typische Situationen (z. B. „mittlerer Emissionsfaktor innerorts“). Diese pauschalen Emissionsfaktoren tragen den unterschiedlichen Gegebenheiten vor Ort keine Rechnung und sind für die vorliegende Auswertung damit zu pauschal und nicht zweckmäßig.
- Zum anderen finden sich im HBEFA auch Emissionsfaktoren für genau definierte Randbedingungen (hinsichtlich der Parameter Straßentyp, Geschwindigkeitsbegrenzung, Steigung, Verkehrsfluss usw.). Für die vorliegende Auswertung werden diese situationspezifischen Emissionsfaktoren verwendet. Im Folgenden wird erläutert, welche Emissionsfaktoren genau verwendet wurden.

2.3.2 AUSWAHL STRAßENKATEGORIE UND VERKEHRZUSTAND

Bei allen untersuchten Straßenabschnitten handelt es sich um innerörtliche Hauptverkehrsstraßen. Analog der Vorgängeruntersuchung [LUBW, 2020] werden deshalb auch in der vorliegenden Abschätzung für alle Untersuchungspunkte die Emissionsfaktoren für die Straßenkategorie „Hauptverkehrsstraße“ (HVS) verwendet.

Bezüglich des Verkehrszustandes wird in der vorliegenden Abschätzung ein einfacherer Ansatz verwendet als in der Vorgängeruntersuchung, indem pauschal der Verkehrszustand „dicht“ verwendet wird. In der Vorgängeruntersuchung wurde ein je nach Steigung unterschiedlich gemittelter Verkehrszustand angenommen, dessen Hauptbestandteil aber ebenfalls der Verkehrszustand „dicht“ war.

2.3.3 BERECHNUNG DER MESSSTELLENSPEZIFISCHEN EMISSIONSFAKTOREN

Weitere wichtige Randbedingungen für die Höhe der Emissionsfaktoren sind die lokale Steigung sowie die Geschwindigkeit:

- Die lokalen Steigungen werden den von der LUBW veröffentlichten Berichten „Luftreinhaltepläne für Baden-Württemberg – Grundlagenband“ entnommen und durch neue Erhebungen ergänzt. Die Steigungen beziehen sich auf einen Streckenabschnitt mit einer Länge von 100 Metern, in dessen Mitte die Messstelle steht.
- Die an den Messstellen jeweils gültige Geschwindigkeitsbegrenzung wurde durch eine Google-Street-view-Recherche Anfang Dezember 2024 ermittelt.

Die verwendeten Steigungen sowie die im Bereich der jeweiligen Messstelle gültige Geschwindigkeitsbegrenzung sind in Tabelle 5 gezeigt.

Tabelle 5: Steigungen und Geschwindigkeitsbegrenzungen an den zu untersuchenden Messstellen (bezogen auf einen Straßenabschnitt von 100 Metern Länge)

Stadt	Umweltzone	Messstelle	Steigung	Tempolimit
Stuttgart	Stuttgart	Stuttgart Am Neckartor	1,3%	40 km/h
		Stuttgart Arnulf-Klett-Platz	0,6%	40 km/h
		Stuttgart Hauptstätter Straße	1,1%	40 km/h
		Stuttgart Hohenheimer Str.	6,8%	40 km/h
		Stuttgart Talstr.	5,1%	40 km/h
Ludwigsburg	Ludwigsburg und Umgeb.	Ludwigsburg Friedrichstr.	2,1%	40 km/h
		Ludwigsburg Schlossstr.	5,8%	40 km/h
Pforzheim	Pforzheim	Pforzheim St.-Georgen-Steige	6,1%	30 km/h
		Pforzheim Luisenstr.	1,9%	50 km/h*

*tagsüber; nachts: 30 km/h



Um die Emissionsfaktoren für diese Randbedingungen zu erhalten, wurden aus dem HBEFA die benötigten Emissionsfaktoren

- für alle im HBEFA existierenden Steigungen (d.h. 0%, ±2%, ±4%, ±6%) und
- alle an den Messstellen vorkommenden Geschwindigkeitsbegrenzungen (d.h. 30, 40 und 50 km/h)

für das Bezugsjahr 2024 exportiert. Für Benziner-Pkw wird, wie bereits in Kapitel 2.2 dargestellt, keine Abstufung nach Euro-Normstufen vorgenommen, sondern der mittlere EFA für Otto-Pkw verwendet. Dem liegt die im HBEFA hinterlegte Flotte „Deutschland 2024“ zugrunde. Für die „sonstigen“ Pkw wird der Mittelwert der EFA für „alternative Pkw“, CNG- sowie elektrisch betriebene Pkw verwendet. Analog wird für die „sonstigen“ Lkw der Mittelwert der EFA für CNG-, LNG- und elektrische Lkw verwendet. Ferner wird angenommen, dass der Emissionsfaktor für „Lkw vor Euro I“ demjenigen für Euro I-Lkw entspricht. Die exportierten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 6 beispielhaft für ein Tempolimit von 40 km/h gezeigt.

Tabelle 6: NO_x-Emissionsfaktoren in mg/km bei 40 km/h in Abhängigkeit von der Steigung der Fahrbahn;
Quelle: HBEFA 4.2, HVS innerorts, dicht

Steigung:	±0%	±2%	±4%	±6%
Pkw				
Diesel vor Euro 1	756	813	896	1.034
Diesel Euro-1	592	635	707	819
Diesel Euro-2	846	890	992	1.134
Diesel Euro-3	1.092	1.125	1.287	1.595
Diesel Euro-4	817	878	1.000	1.152
Diesel Euro-5	710	749	844	975
Diesel Euro-6	183	186	202	239
Benzin	70	71	74	84
Sonstige Pkw	74	76	79	87
Lkw				
vor Euro I	4.761	4.895	5.456	6.361
Euro I	4.761	4.895	5.456	6.361
Euro II	5.499	5.709	6.395	7.415
Euro III	4.956	5.157	5.823	6.831
Euro IV	4.941	4.113	3.534	3.694
Euro V	5.967	4.929	4.238	4.325
Euro VI	736	799	699	648
Sonstige Lkw	478	476	442	435

LUBW

Die aus dem HBEFA exportierten Emissionsfaktoren (siehe Beispiel aus Tabelle 6) liegen zunächst nur für die angegebenen diskreten Steigungen (0%, ±2%, ±4% und ±6%) vor. Um Emissionsfaktoren auch für die an den untersuchten Messstellen real vorkommenden Steigungen erhalten zu können, werden die HBEFA-Emissionsfaktoren jedes Fahrzeugkonzepts und jeder Geschwindigkeitsbegrenzung in einem nächsten Schritt durch mathematische Funktionen (mit der Steigung als Variabler) angenähert. Dabei zeigt sich, dass eine quadratische Funktion die Höhe der Emissionsfaktoren in den meisten Fällen am besten beschreibt. Die für die einzelnen Fahrzeugkonzepte durch diese Interpolation gefundenen Berechnungsfunktionen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht gezeigt.

Mithilfe dieser Funktionen können die Emissionsfaktoren aller Fahrzeugkonzepte für beliebige Steigungen innerhalb des Gültigkeitsbereiches, also zwischen ±0% und ±6% Steigung, berechnet werden. Da die Bestimmtheitsmaße R² der Interpolationen sehr nahe bei 1 liegen (was ein Zeichen für die hohe Güte der Interpolationen ist), werden die Formeln auch für Steigungen außerhalb des Gültigkeitsbereiches, d. h. für Steigungen über ±6%, verwendet. Dies ist nötig, da zwei der zu untersuchenden Streckenabschnitte eine Steigung jenseits von ±6% aufweisen. Aus den interpolierten Formeln werden die spezifischen Emissionsfaktoren für jede einzelne Messstelle berechnet.

2.4 EMISSIONEN

Die Höhe der Emissionen an den einzelnen Untersuchungspunkten wird berechnet, indem die lokalen Fahrleistungsanteile (Kapitel 2.2) mit dem ortsspezifischen NO_x-Emissionsfaktor (Kapitel 2.3) multipliziert und die Summe über alle Emissionskonzepte berechnet wird. Dies wird sowohl für den

Ist-Fall (mit Umweltzonen/Verkehrsverboten) als auch für den Prognosefall (ohne Umweltzonen/Verkehrsverboten) durchgeführt. Im Ergebnis wird durch Vergleich beider Werte festgestellt, dass nach diesem Ansatz die Emissionen durch Abschaffung der Luftreinhaltemaßnahmen in Stuttgart im Mittel um 47%, in Ludwigsburg um 5% und in Pforzheim um 6% zunehmen könnten. Wegen der ungleich strengeren Luftreinhaltemaßnahmen in Stuttgart liegt der Emissionsanstieg an den Stuttgarter Messstellen deutlich höher als bei den Messstellen in Ludwigsburg und Pforzheim. Dies verdeutlicht, wie wirkungsvoll die Stuttgarter Maßnahmen noch heute sind.

2.5 IMMISSIONEN

Um zu berechnen, wie sich der zuvor berechnete Anstieg der NO_x-Emissionen auf die NO₂-Immissionen auswirkt, wird davon ausgegangen, dass das gesamte NO_x als NO₂ vorliegt. Da ein erheblicher Anteil der Primäremissionen tatsächlich als NO erfolgt, welches in der Atmosphäre erst sukzessive zu NO₂ oxidiert wird, stellt dies eine konservative Annahme dar.

In Immissionsgutachten wird üblicherweise davon ausgegangen, dass sich eine Zu- oder Abnahme der verkehrsbedingten Emissionen lediglich in einer entsprechenden Änderung des lokalen Zusatzbeitrages an einer Messstelle äußert. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass sich die Höhe der städtischen Hintergrundbelastung, die einen erheblichen Anteil an den lokalen NO₂-Immissionen hat, durch die zu untersuchende verkehrliche Maßnahme nicht ändert. In der vorliegenden Auswertung wird im Gegensatz dazu bewusst angenommen, dass nicht nur der lokale, sondern auch der städtische NO₂-Immissionsbeitrag um den im vorigen Unterkapitel ermittelten Emissionsanstieg ansteigt. Der Grund für diese Annahme ist, dass sich alle untersuchten Maßnahmen nicht nur an der einzelnen Messstelle, sondern stadtwweit und somit auch im städtischen Hintergrund auswirken. Der großräumige Beitrag von 4 µg/m³ hingegen bleibt konstant und steigt durch die Aufhebung der Maßnahmen nicht an. In der Vorgängeruntersuchung [LUBW, 2020] wurde das Hintergrundniveau vereinfachend nicht betrachtet, die vorliegende Auswertung ist auch deshalb realistischer.

Ausgehend von dieser zu erwartenden Konzentrationszunahme wurde außerdem berechnet, ab welcher lokalen NO₂-Konzentration (sog. Grenzkonzentration) eine sichere Grenzwerteinhaltung an dieser Messstelle zu erwarten ist, auch wenn die lokale Umweltzone und ggf. das lokale Verkehrsverbot abgeschafft werden würde. Für die Beurteilung, ob der Messwert an einer gegebenen Messstelle ober- oder unterhalb der Grenzkonzentration liegt, wurde auf die NO₂-Jahresmittelwerte des Jahres 2023 zurückgegriffen.

3 Ergebnis und Bewertung

3.1 GRENZKONZENTRATIONEN

Die NO₂-Grenzkonzentrationen, unterhalb derer eine sichere Grenzwerteinhaltung auch nach Aufhebung der Umweltzone und ggf. der lokalen Verkehrsverbote zu erwarten ist, finden sich in Tabelle 7. Die Grenzkonzentration

- schwankt in Stuttgart zwischen 28 µg/m³ und 29 µg/m³,
- liegt in Ludwigsburg bei 38 µg/m³ und
- in Pforzheim ebenfalls bei 38 µg/m³.

Tabelle 7: Ergebnisse der Abschätzung für alle untersuchten Messstellen

Kreis	Umweltzone	Messstelle	NO ₂ -JMW 2023 in µg/m ³	Immissions- anstieg*	Grenz- konzentration in µg/m ³
Stuttgart	Stuttgart	Stgt. Am Neckartor	32	45%	29
		Stgt. Arnulf-Klett-Platz	25	46%	29
		Stgt. Hauptstätter Straße	28	49%	28
		Stgt. Hohenheimer Str.	28	48%	28
		Stgt. Talstr.	34	48%	28
Ludwigsburg	Ludwigsburg und Umgeb.	Ludwigsburg Friedrichstr.	31	5%	38
		Ludwigsburg Schlossstr.	35	6%	38
Pforzheim	Pforzheim	Pforzh. St.-Georgen-Steige	32	7%	38
		Pforzh. Luisenstr.	37	5%	38

* maximaler Anstieg der Emissionen und Immissionen nach Aufhebung der Maßnahme

rot: Messwert > Grenzkonzentration

grün: Messwert ≤ Grenzkonzentration

LUBW

3.2 BEWERTUNG

Die hier ermittelten Grenzkonzentrationen liegen deutlich über den Grenzkonzentrationen, die in der Vorgängeruntersuchung [LUBW, 2020] berechnet wurden. Dies ist zum Teil auf die seither eingetretene Flottenerneuerung zurückzuführen, den größten Anteil haben dürften aber die nun deutlich realistischeren und weniger vorsichtigen Grundannahmen haben. Die hier dargestellten Grenzkonzentrationen sind daher als realistischer und belastbarer einzuschätzen als diejenigen aus der Vorgängeruntersuchung.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die Umweltzone sowie die Verkehrsverbote in Stuttgart nach wie vor sehr wirksam sind und zur Einhaltung der Grenzwerte auf absehbare Zeit noch zwingend benötigt werden. Die Umweltzonen in Ludwigsburg und Pforzheim können hingegen schon jetzt abgebaut werden, da die tatsächlichen Messwerte unter den ermittelten Grenzkonzentrationen liegen. Aus Sicht des Immissionsschutzes spricht nichts gegen ihre Aufhebung.

Die hier für das Jahr 2024 abgeleiteten Grenzkonzentrationen behalten auch über das Jahr 2024 hinaus Gültigkeit – eine Aktualisierung würde allenfalls zu einem Ansteigen der Grenze führen.

4 Anhang

4.1 LITERATUR

[39. BImSchV]: 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV), https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_39

[INFRAS, 2022]: Infras AG, 2022: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) – Version 4.2, Bern, 2022, <https://www.hbefa.net>

[KBA, 2024]: Kraftfahrtbundesamt, 2024: Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken (Fz 1), Flensburg, 2024, https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz1_b_uebersicht.html?nn=3514348

[LUBW, 2020]: LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, 2020: Abschätzung zur Wirkung von Umweltzonen in Baden-Württemberg vor dem Hintergrund abnehmender Stickstoffdioxidkonzentrationen – Stellungnahme im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg, Karlsruhe, 2020; zitiert u.a. vom Regierungspräsidium Freiburg unter https://rp.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/RP-Internet/Freiburg/Abteilung_5/Referat_54.1/Luftreinhalteplaene/Schramberg-Zweite-Fortschreibung-2023/Fortschreibung2023-Wirkungsabschaetzung-Aufhebung-UWZ-BW.pdf

4.2 GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN

EFA: (NO_x-)Emissionsfaktor in mg/km

Grenzkonzentration: NO₂-Konzentrationen (Jahresmittelwert), bei und unterhalb derer auch nach Aufhebung der Umweltzone/des Verkehrsverbots mit einer Einhaltung der Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV zu rechnen ist

Grenzwert: Immissionsgrenzwert aus der 39. BImSchV, hier insbesondere bezüglich des Jahresmittelwertes der NO₂-Konzentration

HBEFA: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs

JMW: Jahresmittelwert

NO: Stickstoffmonoxid

NO₂: Stickstoffdioxid

NO_x: Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid)

UWZ: Umweltzone

VV: Verkehrsverbot

