Landesanstalt für Umwelt
Baden-Württemberg

Abschätzung zur Wirkung von Umweltzonen in Baden-Württemberg vor dem Hintergrund abnehmender Stickstoffdioxidkonzentrationen

Stellungnahme im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg

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 2020

EMAS
GEPRÜFTES UMWELTMANAGEMENT
D-138-00063

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung		**3**
1	**Einführung**	**5**
2	**Vorgehen**	**7**
2.1	Vorüberlegungen	7
2.2	Flotte	10
2.3	Emissionsfaktoren	15
2.4	Emissionen	21
2.5	Immissionen	21
3	**Ergebnis und Bewertung**	**23**
3.1	Grenzkonzentration	23
3.2	Bewertung	26
4	**Anhang**	**28**
4.1	Literatur	28
4.2	Glossar und Abkürzungen	29

Zusammenfassung

Die Konzentrationen des Luftschadstoffs Stickstoffdioxid (NO_2) sind in den vergangenen Jahren deutlich zurückgegangen und liegen inzwischen an vielen Messstellen im Land deutlich unterhalb des Immissionsgrenzwertes. Dadurch werden nicht mehr alle Maßnahmen, die im Laufe der Zeit zur Minderung der Immissionen ergriffen wurden, heute noch benötigt. Insbesondere hinsichtlich Maßnahmen mit Grundrechtseingriff, darunter vor allem den Umweltzonen, ist zu prüfen, ob diese nach wie vor benötigt werden, um eine sichere Einhaltung der Grenzwerte zu garantieren. Das Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg hat die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg deshalb gebeten, eine Abschätzung vorzunehmen, ab welcher Immissionskonzentration die Umweltzonen im Land aufgehoben werden können.

Die LUBW hat diese Abschätzung für alle relevanten Messstellen im Land durchgeführt. Ergänzend wurde die Abschätzung auch für Landkreise ohne Umweltzone vorgenommen, um die Robustheit des Ansatzes, insbesondere hinsichtlich des Einflusses der lokalen Pkw-Flotte, zu prüfen. Für alle Messstellen und Landkreise wurden die Pkw-Flotten aus der Zulassungsstatistik des Kraftfahrt-Bundesamtes verwendet, Daten zur Lkw-Flotte stammen vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg. Es wurden Annahmen zur Struktur der Fahrzeugflotte vor und nach der hypothetischen Aufhebung der Umweltzonen getroffen. Aus den jeweiligen Flottendaten wurden anschließend die fahrzeugbedingten NO_x-Emissionen berechnet. Besonderes Augenmerk wurde hierbei auf die Auswahl der für die Emissionsberechnung benötigten Emissionsfaktoren gerichtet. Es wurden Emissionsfaktoren ausgewählt, die die Straßenverhältnisse der Messstellen hinsichtlich der Einflussgrößen Straßentyp, geltende Geschwindigkeitsbegrenzung, Güte des Verkehrsflusses und Steigung möglichst gut wiedergeben.

Im Sinne einer Maximalabschätzung wurde angenommen, dass sich der Emissionsanstieg, der aufgrund der hypothetischen Aufhebung der Umweltzonen zu erwarten ist, in gleicher (prozentualer) Höhe bei den Immissionen bemerkbar macht. Aus diesem Anstieg der Immissionen wurden dann Grenzkonzentrationen abgeleitet, unterhalb derer auch nach Abschaffung der Umweltzone eine Grenzwerteinhaltung zu erwarten ist. Diese Grenzkonzentration liegt je nach Messstelle bzw. Landkreis zwischen 33 µg/m³ und 36 µg/m³. Die Ergebnisse aus den Landkreisen ohne Messstelle bestätigen hierbei die an den realen Messstellen gefundenen Ergebnisse. Durch Vergleich der messstellenspezifischen Grenzkonzentration mit den realen Messwerten, aktuell den NO_2-Jahresmittelwerten des Messjahres 2019, zeigt sich, dass insgesamt 9 Umweltzonen nicht mehr benötigt werden, um eine Grenzwerteinhaltung zu garantieren – diese Umweltzonen können deshalb aufgehoben werden. Im Einzelnen betrifft das:

- im Regierungsbezirk Stuttgart die Umweltzonen Ilsfeld, Urbach, Wendlingen, Schwäbisch Gmünd und Heidenheim,
- im Regierungsbezirk Karlsruhe die Umweltzonen Heidelberg, Karlsruhe und Pfinztal sowie
- im Regierungsbezirk Freiburg die Umweltzone Schramberg.

Die im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung berechneten Grenzkonzentrationen wurden durchgehend konservativ berechnet, um sicherzugehen, die Auswirkung der hypothetischen Aufhebung der Umweltzonen nicht zu unterschätzen. Die Ergebnisse der vorliegenden Abschätzung sind deshalb als Maximalabschätzung („worst case“-Szenario) zu verstehen – die real zu erwartende Kon-

zentrationszunahmen dürften deutlich niedriger liegen. Die berechneten Grenzkonzentrationen behalten auch in den folgenden Jahren ihre Gültigkeit, so dass sie bei weiter zurückgehenden NO_2-Immissionen auch zukünftig für die Entscheidung über die Aufhebung von Umweltzonen herangezogen werden können.

1 Einführung

Die Luftqualitäts-Immissionsgrenzwerte der Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen [39. BImSchV] wurden in der Vergangenheit an vielen Messstellen in Baden-Württemberg überschritten. Durch die für die Luftreinhaltung zuständigen Regierungspräsidien wurden deshalb im Laufe der Jahre zahlreiche Luftreinhaltepläne eingeführt – derzeit (Stand: Oktober 2020) gibt es im Land 28 Pläne (vgl. Tabelle 1). In diesen Plänen sind Maßnahmen formuliert, durch deren Umsetzung die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte erreicht werden soll. Eine wesentliche Maßnahme in vielen Plänen ist die Einführung einer Umweltzone, d. h. Fahrverbote für Fahrzeuge, die bestimmte Voraussetzungen hinsichtlich ihres Emissionsverhaltens nicht erfüllen. Derzeit (Oktober 2020) gibt es in Baden-Württemberg 22 derartiger Umweltzonen (siehe Abbildung 1). Die meisten Umweltzonen gibt es im Regierungsbezirk (RB) Stuttgart (10), gefolgt von den Regierungsbezirken Karlsruhe (6), Tübingen (4) und Freiburg (2).

Tabelle 1: Luftreinhaltepläne in Baden-Württemberg (Stand: Oktober 2020)

Regierungsbezirk Stuttgart	**Regierungsbezirk Karlsruhe**	**Regierungsbezirk Freiburg**	**Regierungsbezirk Tübingen**
Backnang	Heidelberg	Freiburg	Balingen
Heidenheim	Karlsruhe	Schramberg	Reutlingen
Heilbronn	Mannheim		Tübingen
Hemmingen	Mühlacker		Ulm
Herrenberg	Pfinztal		
Ilsfeld	Pforzheim		
Leonberg	Walzbachtal		
Ludwigsburg			
Markgröningen			
Pleidelsheim, Ingersheim, Freiberg			
Remseck			
Schwäbisch Gmünd			
Stuttgart			
Urbach			
Wendlingen			
Anzahl: 15	**Anzahl: 7**	**Anzahl: 2**	**Anzahl: 4**

Die Luftqualität in Baden-Württemberg hat sich in den letzten Jahren wesentlich verbessert. Die Immissionsgrenzwerte für Partikel PM_{10} werden in Baden-Württemberg flächendeckend eingehalten und zum Teil deutlich unterschritten. Ähnliches gilt für die Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid (NO_2). Mancherorts sind die gemessenen Werte an PM_{10} und NO_2 so weit abgesunken, dass nicht mehr alle Maßnahmen in den Luftreinhalteplänen für eine sichere Einhaltung der Grenzwerte erforderlich sind.

Die Beibehaltung von in Luftreinhalteplänen festgelegten Maßnahmen mit Grundrechtseingriff stellt sich aus rechtlicher Sicht als kritisch dar, wenn die Grenzwerte auch ohne diese Maßnahmen sicher eingehalten werden. Dies betrifft insbesondere Verkehrsbeschränkungen, allen voran Umweltzonen. 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.

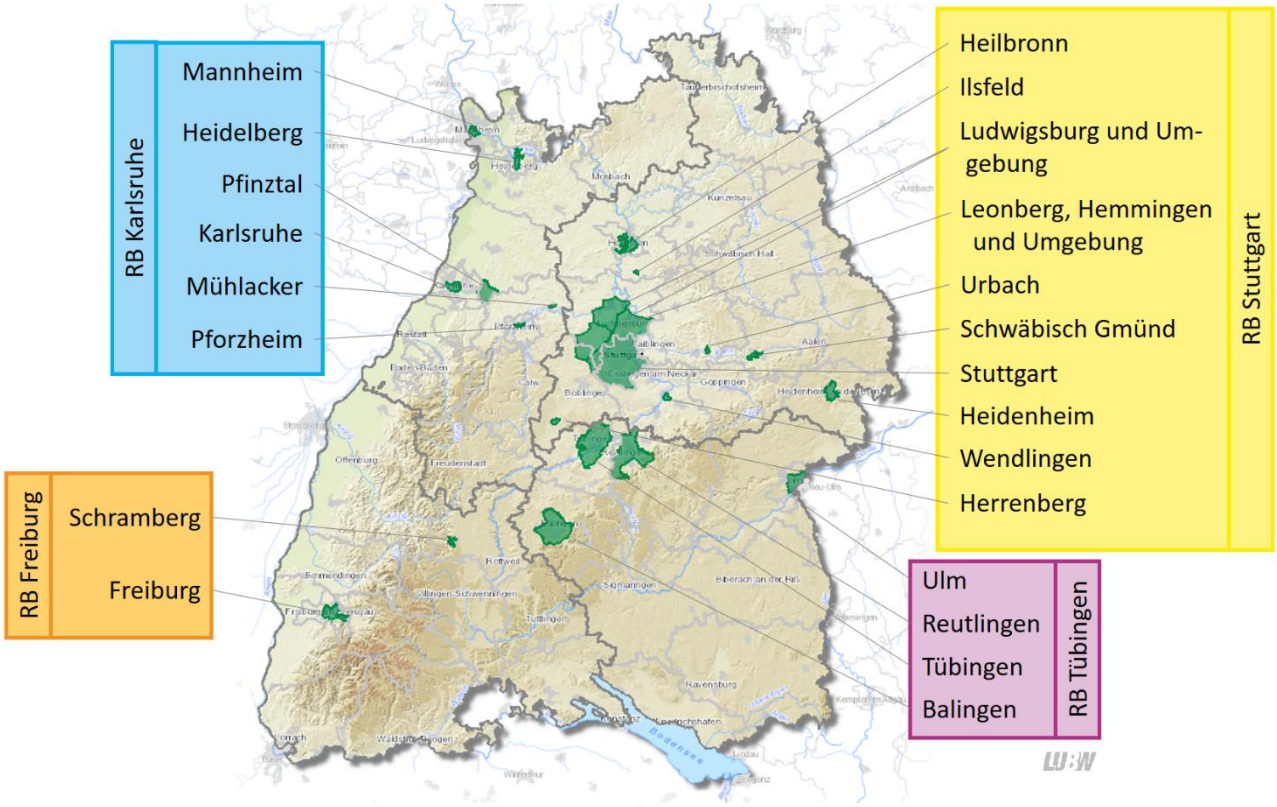

Abbildung 1: Umweltzonen in Baden-Württemberg (Stand: Oktober 2020)

Das Ministerium hat die LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg gebeten, eine Abschätzung zur Auswirkung einer Aufhebung von Umweltzonen auf die Immissionsbelastung vorzunehmen. Angesichts der derzeitigen Immissionssituation in Baden-Württemberg und den bestehenden gesetzlichen Grenzwerten für Luftschadstoffe soll die Beurteilung anhand des Jahresmittelwertes von NO_2 erfolgen – eine gesonderte Betrachtung in Bezug auf den NO_2-Grenzwert für das Stundenmittel oder die Grenzwerte für Partikel PM_{10} bedarf es nicht, da die Belastung hier jeweils flächendeckend deutlich unter den jeweiligen Grenzwerten liegt und von einer erneuten Überschreitung daher nicht auszugehen ist. Die Aufhebung von Umweltzonen soll ausdrücklich auch für diejenigen Umweltzonen vorgenommen werden, in denen der Immissionsgrenzwert derzeit noch überschritten ist – hierfür soll eine Grenzkonzentration (vorgeschlagen wurde ein NO_2-Jahresmittelwert von 36 µg/m³) abgeleitet werden, unterhalb derer die Umweltzone abgeschafft werden kann, ohne dass es dadurch zu einer erneuten Grenzwertüberschreitung kommt.

Aufgrund des deutlichen Rückgangs der Immissionsbelastung in Balingen hat das Regierungspräsidium Tübingen den Luftreinhalteplan Balingen bereits zur Aufhebung von Luftreinhalteplanmaßnahmen, insbesondere der Umweltzone Balingen, fortgeschrieben. Die Aufhebung der Umweltzone Balingen trat zum 01.11.2020 in Kraft. Die Auswirkung der Aufhebung der Umweltzone wurde gutachterlich von der LUBW untersucht.

2 Vorgehen

2.1 VORÜBERLEGUNGEN

2.1.1 UNTERSUCHUNGSUMFANG

Die Abschätzung der Auswirkung der Aufhebung der Umweltzone Balingen [RPT, 2020] wurde für eine konkrete Messstelle, nämlich die Schömberger Straße, vorgenommen (hierbei handelt es sich um die höchstbelastete Messstelle im Stadtgebiet Balingens). Bei der Abschätzung konnte deshalb auf die spezifischen Gegebenheiten an dieser einen, konkreten Messstelle eingegangen werden – so wurden beispielsweise Annahmen zum lokalen Verkehrsfluss getroffen, ferner wurden der lokale Lkw-Anteil sowie die Steigung der Straße berücksichtigt.

Demgegenüber soll in der vorliegenden Ausarbeitung eine möglichst allgemeingültige Abschätzung zur Wirkung der Abschaffung von Umweltzonen vorgenommen werden. Die Abschätzung erfolgt deshalb für alle 44 Landkreise in Baden-Württemberg. Die Ebene der Landkreise wurde gewählt, weil dies die kleinste Verwaltungseinheit ist, für die noch Daten zur Kraftfahrzeugflotte, der wichtigsten Eingangsgröße für die vorzunehmende Abschätzung, vorliegen (für Details siehe Kapitel 2.2.1 ab Seite 10).

Für die 21 Landkreise, in denen eine Umweltzone liegt, wird die Abschätzung für alle verkehrsnahen Messstellen, die im Kontext der jeweiligen Umweltzone relevant sind, vorgenommen[1]. Hierbei wurden auch Messstellen berücksichtigt, die im Jahr 2020 neu eingerichtet wurden und für die deshalb noch kein gültiger Jahresmittelwert vorliegt. Als nicht relevant eingestuft wurden insbesondere Messstellen, die deutlich weniger belastet waren als die anderen Messstellen im Umweltzonengebiet und an denen die Messungen deshalb bereits vor Jahren eingestellt wurden. Insgesamt wurden 44 konkrete Messstellen als relevant eingestuft, vgl. Tabelle 2. Für die Abschätzung können die für die einzelnen Messstellen vorliegenden, ortsspezifischen Informationen verwendet werden. Anhand dieser wird abgeschätzt, wie hoch der Konzentrationsanstieg an den einzelnen Messstellen wäre, falls die entsprechende Umweltzone abgeschafft werden würde.

Für die 23 Landkreise, in denen es keine Umweltzone gibt, wird die zu erwartende Wirkung der Abschaffung einer hypothetischen Umweltzone abgeschätzt. Hierzu muss teilweise auf Schätzungen zurückgegriffen werden, beispielsweise zum lokalen Lkw-Anteil oder zur lokalen Steigung. Dass die Abschätzung auch für Landkreise ohne Umweltzone durchgeführt wird, dient dem Ziel, ein möglichst vollständiges Bild der zu erwartenden Wirkungen zu erhalten und dient damit auch der Validierung der an den konkreten Messstellen gefundenen Ergebnisse. Auf diese Weise soll eine möglichst belastbare, allgemeingültige Grenzkonzentration abgeleitet werden, unterhalb derer von einer sicheren Grenzwerteinhaltung auch nach Abschaffung der Umweltzone ausgegangen werden kann.

[1] Das heißt im Umkehrschluss, dass Messstellen außerhalb von Umweltzonen nicht berücksichtigt wurden, sofern sich im betreffenden Landkreis eine Umweltzone mit Messstelle befindet; Beispiele sind die Messstellen Backnang Eugen-Adolff-Straße und Esslingen Grabbrunnenstraße.

Der Gesamtumfang der Untersuchungen sowie die Auswahl der relevanten Messstellen ist in Tabelle 2 dargestellt. Insgesamt wurde die Abschätzung für 37 konkrete Messstellen sowie 23 Kreise ohne Messstelle vorgenommen, die vorliegende Ausarbeitung umfasst demnach 67 Einzelabschätzungen.

Tabelle 2: Auswahl der relevanten Messstellen und Untersuchungsumfang

Kreis	Umweltzone	Messstellen (verkehrsnah)	
Regierungsbezirk Stuttgart			
Stuttgart	Stuttgart	Stgt. Am Neckartor Stgt. Arnulf-Klett-Platz Stgt. Hauptstätter Str. Stgt. Hauptstätter Str.-West Stgt. Heilbronner Str. Stgt. Heilmannstr. Stgt. Hohenheimer Str. Stgt. Hohenheimer Str. 72 Stgt. Paulinenstr.	Stgt. Pragstr. 150 Stgt. Pragstr. 90/92 Stgt. Reitzensteinstr. Stgt. Siemensstr. Stgt. Schwabstr. Stgt. Talstr. Stgt. Waiblinger Str. Stgt.-Zuffenhausen
Böblingen	Herrenberg	Herrenberg Hindenburgstr.	
	Leonberg, Hemm. u. Umgebg. [z.T.]*	Leonberg Grabenstr.	
Esslingen	Wendlingen	Wendlingen Stuttgarter Str.	
Göppingen	-	-	
Ludwigsburg	Leonberg, Hemm. u. Umgebg. [z.T.]*	Hemmingen Hauptstr.	
	Ludwigsburg und Umgebung	Bietigheim-Biss. Stuttgt. Str. Freiberg Benninger Str. Ldwbg. Frankfurter Str. Ldwbg. Friedrichstr. Ldwbg. Friedrichstr.-Ost Ldwbg. Keplerstr. Ldwbg. Schlossstr.	Ldwbg. Schorndorfer Str. Ldwbg. Stuttgarter Str. Remseck Hauptstr. Remseck Remstalstr. Markgröningen Grabenstr. Pleidelsheim Beihinger Str. Ingersheim Tiefengasse
Rems-Murr-Kreis	Urbach	Urbach Hauptstr.	
Heilbronn (SKR)	Heilbronn	Heilbr. Am Wollhaus Heilbr. Frankenbacher Str. Heilbr. Mannheimer Str. Heilbr. Paulinenstr. Heilbr. Speyerer Str. Heilbr. Südstr. 2	Heilbr. Südstr. 33 Heilbr. Weinsberger Str. Heilbr. Weinsberger Str.-Ost Heilbr. Wilhelmstr. Heilbr. Wollhausstr.
Heilbronn (LKR)	Ilsfeld	Ilsfeld König-Wilhelm-Str.	
Hohenlohe	-	-	
Schwäbisch Hall	-	-	
Main-Tauber	-	-	
Heidenheim	Heidenheim	Heidenheim Wilhelmstr.	
Ostalb	Schw. Gmünd	Schw. Gmünd Lorcher Str.	Schw. Gmünd Remsstr.
Regierungsbezirk Karlsruhe			
Baden-Baden	-	-	
Karlsruhe (SKR)	Karlsruhe	Karlsruhe Kriegsstr.	Karlsruhe Reinh.-Frank-Str.
Karlsruhe (LKR)	Pfinztal	Pfinztal Karlsruher Str.	
Rastatt	-	-	
Heidelberg	Heidelberg	Heidelberg Brückenstr. Heidelberg Karlsruher Str.	Heidelberg Mittermaierstr.
Mannheim	Mannheim	Mannh. Friedrichsring Mannh. Luisenring	Mannh. Seckenh. Hauptstr.
Neckar-Odenwald	-	-	
Rhein-Neckar	-	-	
Pforzheim	Pforzheim	Pforzh. Jahnstr. Pforzh. St.-Georgen-Steige Pforzh. Luisenstr.	Pforzh. Parkstr. Pforzh. Zerrennerstr.
Calw	-	-	
Enz	Mühlacker	Mühlacker Stuttgarter Str.	

Fortsetzung auf der folgenden Seite

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Kreis	Umweltzone	Messstellen (verkehrsnah)	
Regierungsbezirk Karlsruhe (Fortsetzung)			
Freudenstadt	-	-	
Regierungsbezirk Freiburg			
Freiburg i. Br.	Freiburg	Freiburg Eschholzstr. Freiburg Kronenstr. Freiburg Schlossbergring	Freiburg Schwarzwaldstr. Freiburg Zähringer Str. Freiburg-Str.
Breisg.-Hochsch.	-	-	
Emmendingen	-	-	
Ortenau	-	-	
Rottweil	Schramberg	Schramberg Obernd. Str.	Schramberg Obernd. Str. alt
Schw.-Baar	-	-	
Tuttlingen	-	-	
Konstanz	-	-	
Lörrach	-	-	
Waldshut	-	-	
Regierungsbezirk Tübingen			
Reutlingen	Reutlingen	Reutlingen Lederstr.	Reutlingen Lederstr.-Ost
Tübingen	Tübingen	Tübingen Am Stadtgraben Tübingen Jesinger Hauptstr.	Tübingen Kelternstr. Tübingen Mühlstr.
Zollernalb	Balingen	Balingen Bahnhofstr. Balingen Schömberger Str.	Balingen Wilhelmstr.
Ulm	Ulm	Ulm Karlstr.	Ulm Zinglerstr.
Alb-Donau	-	-	
Biberach	-	-	
Bodensee	-	-	
Ravensburg	-	-	
Sigmaringen	-	-	

Grau: Messstelle ist nicht relevant und wurde nicht verwendet

Schwarz: Messstelle ist relevant und wurde verwendet

*UWZ Leonberg, Hemmingen und Umgebung: verteilt über 2 Landkreise

2.1.2 GRUNDSÄTZLICHES VORGEHEN

Das Vorgehen zur Abschätzung zur Wirkung von Umweltzonen (UWZ) orientiert sich maßgeblich an den einschlägigen Gutachten, die im Laufe der Jahre anlässlich der Einführung bzw. Verschärfung der einzelnen Umweltzonen erstellt wurden. Im Kern wird für die vorliegende Untersuchung angenommen, dass derzeit, also mit bestehenden Umweltzonen, keine Dieselfahrzeuge unter der Euro-Stufe 4/IV in den baden-württembergischen Umweltzonen verkehren. Unter dieser Annahme werden die verkehrsbedingten Stickstoffoxidemissionen an jeder realen bzw. fiktiven Messstelle abgeschätzt. In Abbildung 2 ist schematisch dargestellt, wie die 67 Abschätzungen vorgenommen wurden. Details finden sich in den entsprechenden Kapiteln.

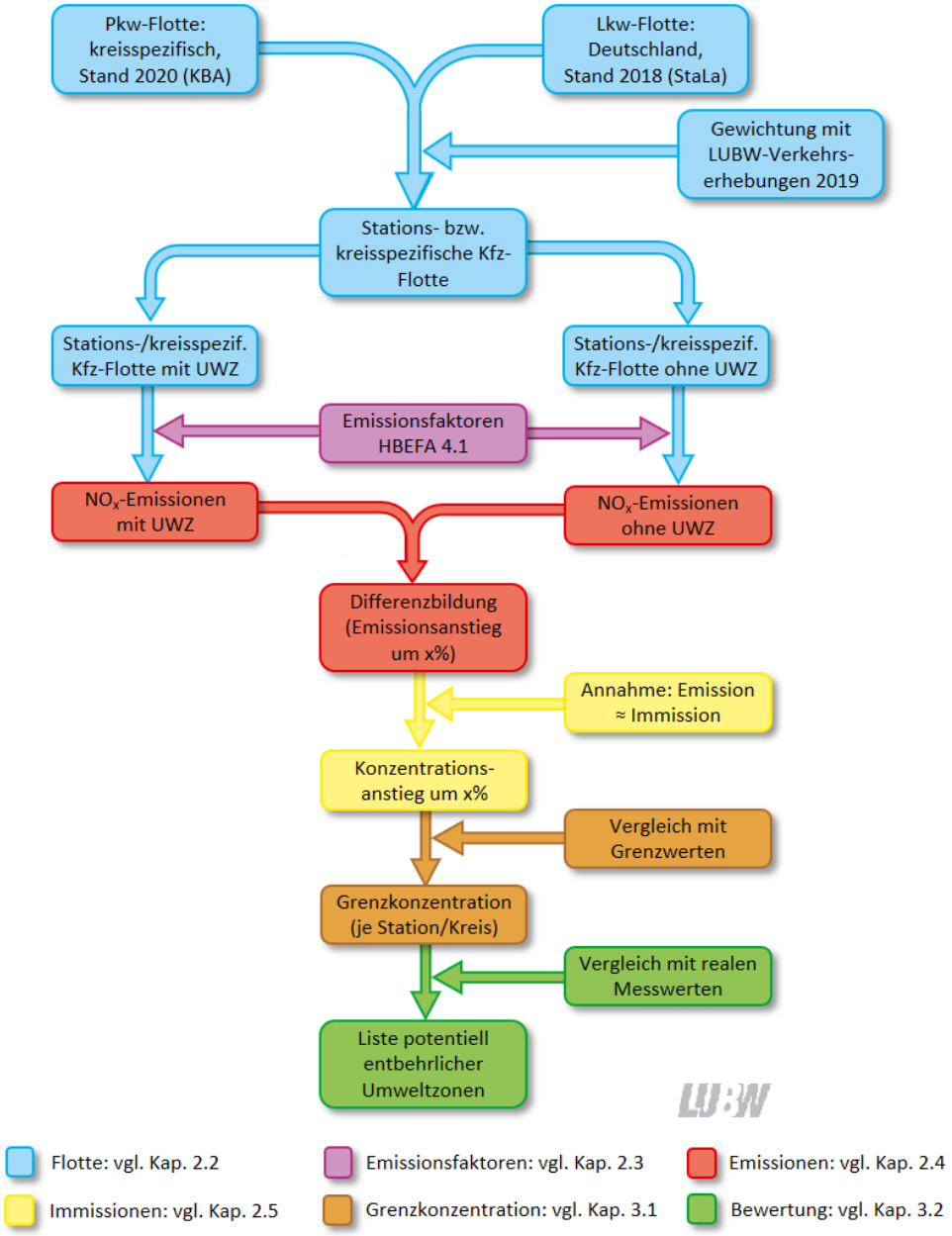

Abbildung 2: Schematische Darstellung der gewählten Vorgehensweise

2.2 FLOTTE

2.2.1 PKW-FLOTTE

Die angenommene Zusammensetzung der Pkw-Flotte basiert in der vorliegenden Abschätzung auf der Zulassungsstatistik (Fz 1) des Kraftfahrt-Bundesamtes (KBA) zum Stichtag 01.01.2020 [KBA, 2020]. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass die Fahrleistung (gefahrene Strecke pro Jahr) jedes Fahrzeugs identisch ist – tatsächlich ist die Fahrleistung neuerer Fahrzeuge ungleich höher als diejenige von Altfahrzeugen. Die Verwendung der Zulassungsstatistik überschätzt damit den Anteil der Altfahrzeuge, was einem konservativen Berechnungsansatz entspricht.

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 Berück-

sichtigung 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 auf den Diesel- und nicht den Otto-Fahrzeugen liegt, ist diese Einschränkung aber 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.

Die kleinste räumliche Einheit innerhalb der KBA-Zulassungsstatistik ist die Ebene der Landkreise, so dass Aussagen zu einzelnen Kommunen nicht möglich sind. Die aktuelle Flottenzusammensetzung an jeder Messstelle (mit bestehender oder fiktiver Umweltzone) wird deshalb aus der Flottenzusammensetzung des entsprechenden Landkreises abgeschätzt. Hierbei wird angenommen, dass im entsprechenden Stadt- bzw. Gemeindegebiet aufgrund der Umweltzone keine Diesel-Pkw unter Euro 4 verkehren, d. h. die Flottenanteile dieser (im übrigen Landkreis durchaus noch vorhandenen) Fahrzeuge werden in den entsprechenden Stadtgebieten auf 0% gesetzt. Die Flottenanteile der restlichen Fahrzeuge werden anteilig hochgerechnet, ohne die Zusammensetzung gegenüber dem Landkreis zu verändern. Das hier beschriebene Vorgehen impliziert einen angenommenen Befolgungsgrad der Umweltzonenregelung von 100%, was im Kontext der Abschaffung einer Umweltzone einem konservativen Berechnungsansatz entspricht. Nach der hypothetischen Abschaffung der Umweltzone entspricht die Pkw-Flotte an der Messstelle der kreismittleren Flotte.

Auf eine tabellarische Darstellung der Flottendaten in den einzelnen Landkreisen wird in der vorliegenden Stellungnahme aus Gründen der Übersichtlichkeit verzichtet; stattdessen ist in Abbildung 3 ein Überblick über die in den Kreisen Baden-Württembergs recht unterschiedlichen Pkw-Flotten gezeigt. Die entsprechenden Zahlenwerte können der Abbildung 4 entnommen werden. Der Anteil der von der Umweltzonenregelung betroffenen Diesel-Altfahrzeuge (Diesel-Pkw unterhalb der Euro-Normstufe 4) liegt im Stadtkreis Stuttgart (2,1%) und im benachbarten Landkreis Böblingen (3,3%) am niedrigsten. In diesen Kreisen dürfte die Abschaffung einer Umweltzone vergleichsweise geringe Effekte haben. Die relativ meisten Diesel-Altfahrzeuge gibt es im Stadtkreis Freiburg (5,9%) sowie im Landkreis Ravensburg (5,6%). In diesen Kreisen dürfte die Auswirkung der Abschaffung einer Umweltzone somit vergleichsweise hoch sein. Bezogen auf den gesamten Diesel-Anteil zeigen wiederum der Stadtkreis Stuttgart sowie der benachbarte Landkreis Ludwigsburg relativ geringe Anteile (beide 28%), am höchsten ist der Anteil im Landkreis Schwäbisch Hall (39%) und im Hohenlohekreis (44%). Bei einem höheren Dieselanteil dürfte der Emissionsanstieg im Zuge der Abschaffung einer Umweltzone höher ausfallen.

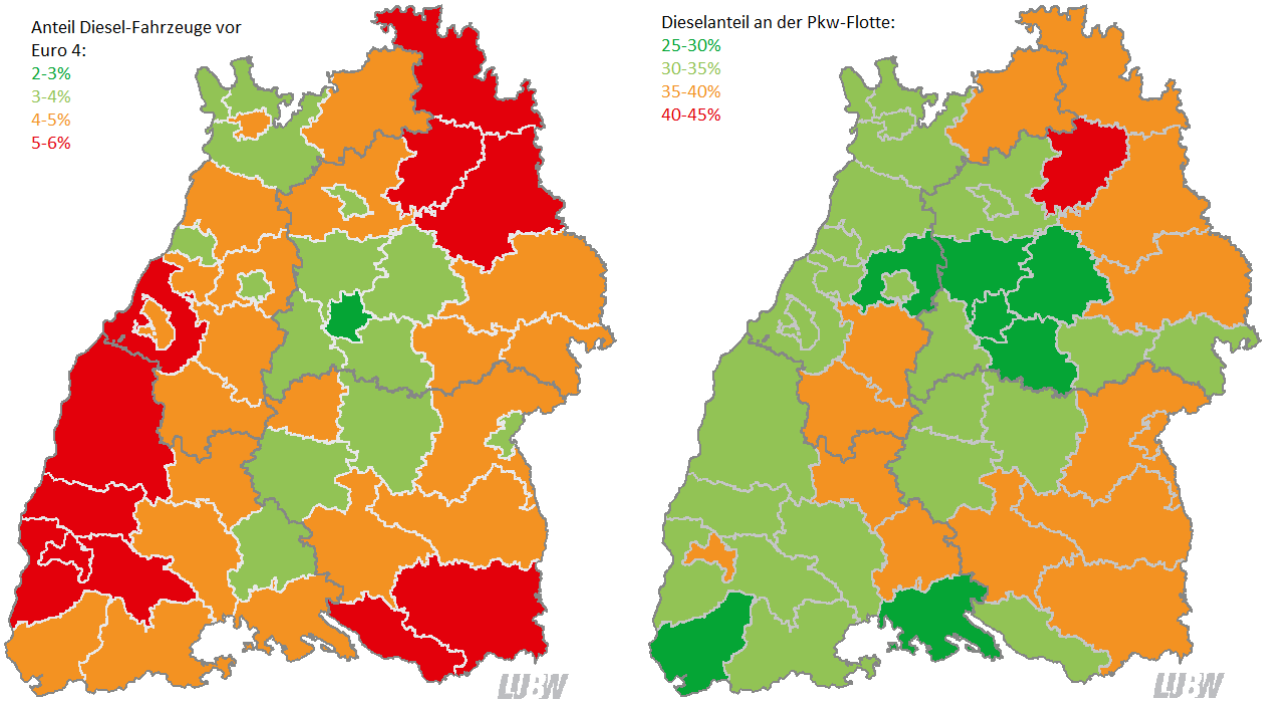

Abbildung 3: Anteil der Diesel-Fahrzeuge unterhalb der Euro-Normstufe 4 (links) und Anteil der Diesel-Pkw an der Pkw-Flotte (rechts) in den Kreisen Baden-Württembergs zum 01.01.2020; Daten aus [KBA, 2020]

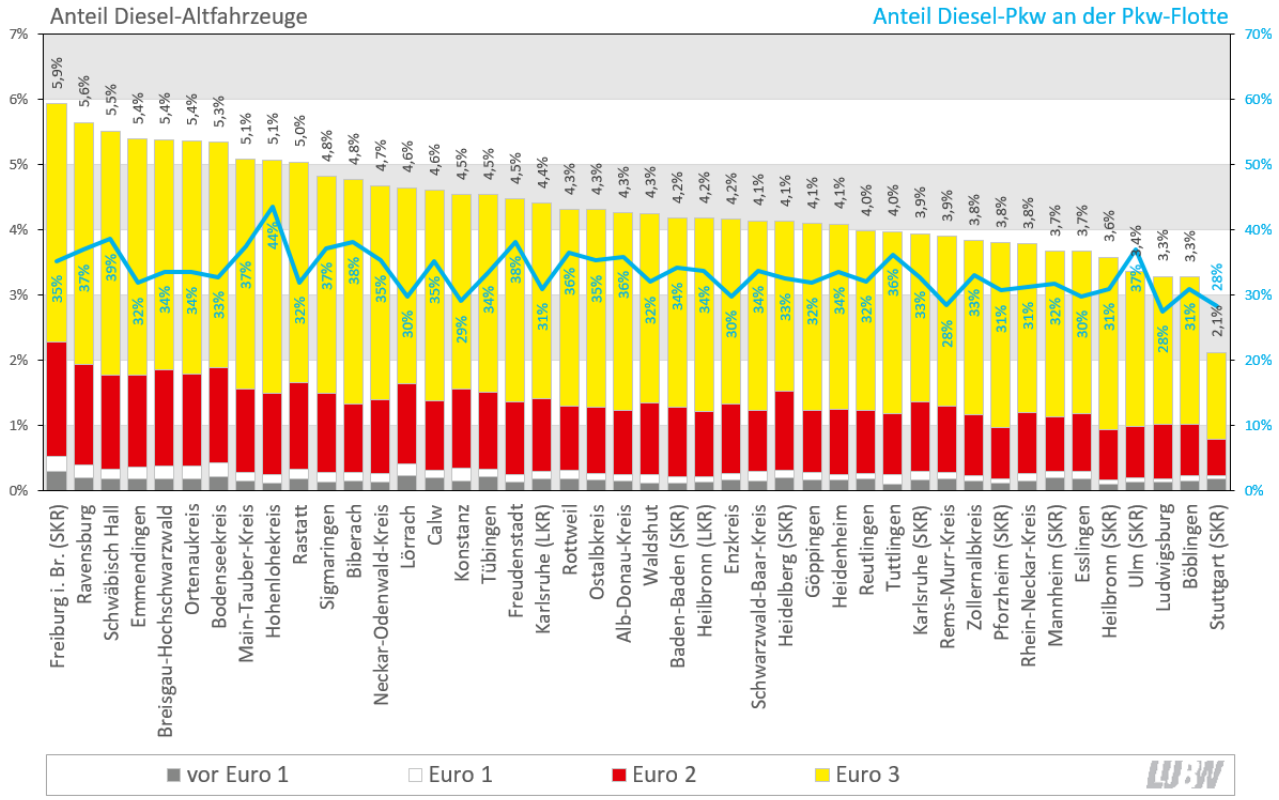

Abbildung 4: Anteil der Diesel-Fahrzeuge unterhalb der Euro-Normstufe 4 sowie Anteil der Diesel-Pkw an der Pkw-Flotte in den Kreisen Baden-Württembergs zum 01.01.2020; Daten aus [KBA, 2020]

2.2.2 LKW-FLOTTE

Da schwere Nutzfahrzeuge (Lkw und Sattelzüge) räumlich in der Regel mobiler sind als Pkw, ist es nicht zielführend, für die Ermittlung der Flottenzusammensetzung der Lkw in den einzelnen Kreisen auf lokale Zulassungszahlen zurückzugreifen. Stattdessen wird die mittlere Lkw-Flotte im bundesdeutschen Durchschnitt zugrunde gelegt. Diese Daten liegen bisher nur für 2018 vor [StaLa, 2019]. Die Verwendung dieser vergleichsweise alten Zulassungsdaten entspricht einem konservativen Berechnungsansatz.

Für die Lkw-Flotte in Baden-Württemberg mit bestehender Umweltzone wird angenommen, dass dort – analog dem Vorgehen bei den Pkw – aufgrund der Umweltzone keine Lkw unter Euro IV verkehren, d. h. die Flottenanteile dieser Fahrzeuge werden auf 0% gesetzt. Die Flottenanteile der restlichen Fahrzeuge werden anteilig hochgerechnet, ohne die Zusammensetzung gegenüber dem bundesdeutschen Durchschnitt zu verändern. Die angenommene Zusammensetzung der Lkw-Flotte in den Umweltzonen findet sich in Tabelle 3 sowie in Abbildung 5.

Für die Abschätzung der Lkw-Flottenzusammensetzung nach Aufhebung der Umweltzonen wird angenommen, dass diese dem bundesdeutschen Durchschnitt gleicht. Die angenommene Zusammensetzung der Fahrzeugflotte nach Abschaffung der Umweltzonen findet sich in Tabelle 3 sowie in Abbildung 5.

Tabelle 3: Angenommene Zusammensetzung der Lkw-Flotte in den Kreisen in Baden-Württemberg

Emissionskonzept Lkw	**Flottenanteil (01.01.2018)**	
	mit Umweltzone*	**ohne Umweltzone****
Diesel vor Euro I	0,0%	3,4%
Diesel Euro I	0,0%	1,6%
Diesel Euro II	0,0%	5,6%
Diesel Euro III	0,0%	10,8%
Diesel Euro IV	8,6%	6,8%
Diesel Euro V	42,2%	33,3%
Diesel Euro VI	46,3%	36,4%
Andere	2,6%	2,1%
Summe	**100%**	**100%**

*geschätzt (siehe Text)
** aus [StaLa, 2019]

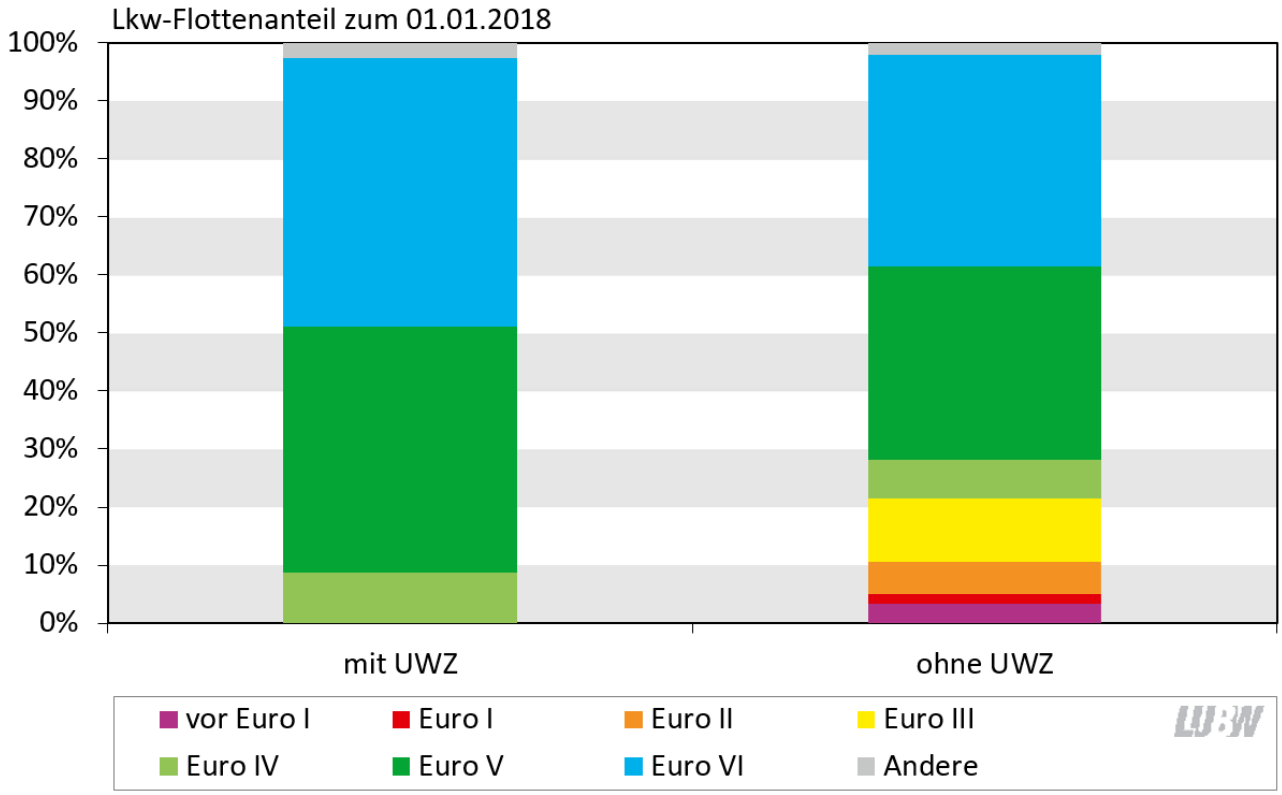

Abbildung 5: Angenommene Zusammensetzung der Lkw-Flotte in den Kreisen in Baden-Württemberg (Daten aus Tabelle 3)

2.2.3 GESAMTFLOTTE

Zur Ermittlung der resultierenden Gesamtflotte (bestehend aus Pkw und Lkw) wurde für die zu untersuchenden Messstellen der lokale Lkw-Anteil verwendet. Dieser lag für einige Messstellen auf Basis aktueller Verkehrszählungen (aus den Jahren 2019 und 2018) vor, wurde für den Großteil der Messstellen aber aus den Verkehrszahlen des Emissionskatasters 2016 entnommen. Der Lkw-Anteil schwankt zwischen 0,5% (Karlsruhe Reinhold-Frank-Straße, Verkehrszählung 2019) und 25% (Tübingen Mühlstraße, Verkehrszählung 2019). Für die Landkreise ohne Messstelle wurde ein mittlerer Lkw-Anteil von 4,6% angenommen, dies entspricht dem Mittelwert über alle im Jahr 2019 betriebenen Messstellen.

Die in den vorangegangenen Unterkapiteln ermittelten Pkw- und Lkw-Flotten wurden anhand der messstellenspezifischen Lkw-Anteile miteinander verrechnet, um die messstellenspezifische Gesamtflotte zu erhalten. Die Beschreibung der Gesamtflotte erfolgte auf Basis relativer Flottenanteile (in %) – die absolute Verkehrsbelastung (DTV) an den einzelnen Messstellen ging 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 nicht ändern. Analoge Annahmen wurden in der Regel auch bei der Einführung der Umweltzonen gemacht, so dass das Vorgehen konsistent ist.

Zu beachten ist, dass der hier verwendete Lkw-Anteil auch Busse umfasst. Insbesondere an den Messstellen Tübingen Mühlstraße und Stuttgart Arnulf-Klett-Platz dürfte ein wesentlicher, in Tübingen auch dominanter Anteil der hier als „Lkw“ interpretierten Fahrzeuge tatsächlich eher aus Bussen zusammensetzen. Dieser Besonderheit der beiden genannten Messstelle konnte in der vorliegenden Ausarbeitung keine Rechnung getragen werden.

Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird auf eine tabellarische oder grafische Darstellung der 67 einzelnen Fahrzeugflotten verzichtet.

2.3 EMISSIONSFAKTOREN

2.3.1 GRUNDLAGEN

Die NO_x-Emissionsfaktoren der einzelnen Fahrzeugtypen werden aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA in der aktuellsten Version 4.1 übernommen [INFRAS, 2019]. Das HBEFA enthält sowohl Emissionsfaktoren (EFA) für genau definierte Randbedingungen (hinsichtlich der Parameter Straßentyp, Geschwindigkeitsbegrenzung, Steigung, Verkehrsfluss usw.) als auch „mittlere“ Emissionsfaktoren für typische Situationen (z. B. mittlerer Emissionsfaktor innerorts). Die EFA für die genau definierten Randbedingungen waren für die vorliegende Abschätzung nicht nutzbar, da hierfür zu detaillierte Annahmen, insbesondere hinsichtlich des Verkehrszustandes (flüssig vs. dicht vs. gesättigt vs. stop-and-go vs. heavy-stop-and-go), hätten gemacht werden müssen – dies war angesichts der großen Anzahl zu untersuchenden Punkte nicht leistbar. Auf der anderen Seite schien es aber auch nicht zweckmäßig, pauschal für alle Untersuchungspunkte den gleichen EFA („Mittel innerorts“) zu verwenden, da dies den unterschiedlichen Gegebenheiten vor Ort (insbesondere hinsichtlich der Steigung) nicht ausreichend Rechnung getragen hätte.

2.3.2 AUSWAHL STRAßENKATEGORIE

Um für jeden Untersuchungspunkt einen möglichst realistischen EFA verwenden zu können, wurde zunächst analysiert, wie der im HBEFA hinterlegte mittlere Emissionsfaktor „innerorts“ zustandekommt. Dieser ist ein Mittelwert aus insgesamt 48 unterschiedlich gewichteten detaillierten Emissionsfaktoren (siehe Tabelle 4). Eine Übersicht zur Zusammensetzung dieser 48 Emissionsfaktoren hinsichtlich des Straßentyps ist in Tabelle 5 gezeigt. Demnach wird der mittlere „innerorts“-EFA im HBEFA durch den Straßentyp „Hauptverkehrsstraße“ (HVS) mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h dominiert, berücksichtigt aber auch die Straßenkategorien „HVS mit 70 km/h“, „Sammelstraße“ und „Erschließungsstraße“. Diese Straßenkategorien spielen im Kontext der verkehrsnahen Messstellen in Baden-Württemberg allerdings keine Rolle[2], so dass hinsichtlich der Straßenkategorie für die vorliegende Abschätzung beschlossen wurde, an allen Untersuchungspunkten die Emissionsfaktoren für die Straßenkategorie „Hauptverkehrsstraße“ (HVS) mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 50 km/h zu verwenden.

[2] Denkbar wäre allenfalls eine Berücksichtigung von Tempo-30-Regelungen auf Hauptverkehrsstraßen – da aber nicht für alle Untersuchungspunkte geprüft werden konnte, ob dort Tempo 30 gilt und es bei der Anordnung von Geschwindigkeitsbegrenzungen aus Gründen des Lärmschutzes darüber hinaus auch zeitlich differenzierte Regelungen gibt (Nacht, Wochenende), konnte Tempo 30 im Folgenden nicht weiter berücksichtigt werden. Auch im Innerorts-Faktor des HBEFA kommt Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen nicht vor.

Tabelle 4: Zusammensetzung des Emissionsfaktors „Mittel innerorts“ nach HBEFA 4.1

Gebiet	Straßentyp	Tempo	Verkehrs-zustand	Steigung	Anteil (Pkw)	Anteil (Lkw)
Agglomeration	HVS	50	flüssig	±0%	1,03%	1,41%
				±2%	0,49%	0,59%
				±4%	0,09%	0,08%
				±6%	0,03%	0,02%
			dicht	±0%	20,60%	27,42%
				±2%	9,95%	11,70%
				±4%	1,89%	1,76%
				±6%	0,60%	0,39%
			gesättigt	±0%	8,40%	12,74%
				±2%	4,07%	5,46%
				±4%	0,78%	0,84%
				±6%	0,25%	0,18%
			stop+go	±0%	1,56%	1,67%
				±2%	0,75%	0,71%
				±4%	0,15%	0,11%
				±6%	0,05%	0,02%
			stop+go 2	±0%	1,56%	1,67%
				±2%	0,75%	0,71%
				±4%	0,15%	0,11%
				±6%	0,05%	0,02%
		70	flüssig	±0%	4,11%	4,97%
				±2%	1,99%	2,13%
				±4%	0,38%	0,33%
				±6%	0,12%	0,07%
			dicht	±0%	3,03%	3,65%
				±2%	1,47%	1,57%
				±4%	0,28%	0,24%
				±6%	0,09%	0,05%
			gesättigt	±0%	2,06%	1,52%
				±2%	1,01%	0,68%
				±4%	0,20%	0,13%
				±6%	0,07%	0,03%
	Sammel	50	dicht	±0%	5,69%	1,23%
				±2%	2,93%	0,59%
				±4%	0,60%	0,11%
				±6%	0,23%	0,04%
			gesättigt	±0%	5,69%	1,23%
				±2%	2,93%	0,59%
				±4%	0,60%	0,11%
				±6%	0,23%	0,04%
	Erschließung	30	dicht	±0%	6,19%	6,62%
				±2%	3,03%	2,84%
				±4%	0,59%	0,44%
				±6%	0,20%	0,10%
			gesättigt	±0%	1,92%	1,94%
				±2%	0,94%	0,93%
				±4%	0,18%	0,17%
				±6%	0,06%	0,06%
Summe					**100%**	**100%**

HVS: Hauptverkehrsstraße

Tabelle 5: Verkehrsanteile im Emissionsfaktor „Mittel innerorts“ nach HBEFA 4.1 hinsichtlich Straßenkategorie

Straßentyp/Tempolimit	Anteil Pkw	Anteil Lkw
Hauptverkehrsstraße/50	53%	68%
Hauptverkehrsstraße/70	15%	15%
Sammelstraße/50	19%	4%
Erschließungsstraße/30	13%	13%
Summe	**100%**	**100%**

2.3.3 AUSWAHL VERKEHRSZUSTAND

In einem nächsten Schritt wurde untersucht, welche Verkehrszustände das HBEFA bei der Berechnung des „innerorts“-Faktors für die zuvor gewählte Straßenkategorie (HVS 50) verwendet (Tabelle 6). Hierbei wurde gefunden, dass das HBEFA je nach Steigung unterschiedliche Verkehrszustände annimmt – während die Verteilung der Verkehrszustände bei ±0% und ±2% Steigung noch identisch ist, nimmt die Güte des Verkehrsflusses bei höheren Steigungen zunehmend ab. Diese Verteilung wurde unverändert für die vorliegende Untersuchung übernommen.

Tabelle 6: Verkehrsanteile im Emissionsfaktor „Mittel innerorts“ nach HBEFA 4.1 in der Straßenkategorie „Hauptverkehrsstraße mit 50 km/h“

Steigung:	±0%		±2%		±4%		±6%	
Verkehrszustand	Anteil Pkw	Anteil Lkw	Anteil Pkw	Anteil Lkw	Anteil Pkw	Anteil Lkw	Anteil Pkw	Anteil Lkw
flüssig	3,1%	3,1%	3,1%	3,1%	2,9%	2,8%	3,1%	3,2%
dicht	62,1%	61,1%	62,1%	61,0%	61,8%	60,7%	61,2%	61,9%
gesättigt	25,3%	28,4%	25,4%	28,5%	25,5%	29,0%	25,5%	28,6%
stop+go	4,7%	3,7%	4,7%	3,7%	4,9%	3,8%	5,1%	3,2%
stop+go 2	4,7%	3,7%	4,7%	3,7%	4,9%	3,8%	5,1%	3,2%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

2.3.4 BERECHNUNG DER MESSSTELLENSPEZIFISCHEN EMISSIONSFAKTOREN

Aus dem HBEFA wurden die benötigten detaillierten Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2020 exportiert und aus diesen anhand der in Tabelle 6 angegebenen Gewichtungen die mittleren Emissionsfaktoren je nach Steigung berechnet. Diese an die Verhältnisse an den baden-württembergischen Messstellen angepassten Emissionsfaktoren sind in Tabelle 7 gezeigt. Für die „sonstigen“ Pkw wurde der Mittelwert der EFA für „alternative Pkw“, CNG- sowie elektrisch betriebene Pkw verwendet. Analog wurde für die „sonstigen“ Lkw der Mittelwert der EFA für CNG-, LNG- und elektrische Lkw verwendet. Ferner wurde angenommen, dass der Emissionsfaktor für Diesel-Pkw vor Euro 1 demjenigen für Euro 1-Diesel-Pkw entspricht. Für Benziner wurde, wie bereits im 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 2020 zugrunde.

Tabelle 7: NO_x-Emissionsfaktoren in mg/km in Abhängigkeit von der Steigung der Fahrbahn; die Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Messstellen in Baden-Württemberg

Steigung:	**±0%**	**±2%**	**±4%**	**±6%**
Pkw				
Diesel vor Euro 1	838	857	920	1.025
Diesel Euro-1	838	857	920	1.025
Diesel Euro-2	1.184	1.196	1.282	1.420
Diesel Euro-3	1.475	1.529	1.647	1.885
Diesel Euro-4	1.210	1.231	1.297	1.454
Diesel Euro-5	1.017	1.054	1.109	1.244
Diesel Euro-6	493	515	573	668
Benzin	111	112	118	129
Sonstige Pkw	140	143	158	179
Lkw				
vor Euro I	8.511	8.799	9.730	11.025
Euro I	5.902	6.149	6.872	7.903
Euro II	6.889	7.168	7.977	9.099
Euro III	6.648	6.893	7.646	8.718
Euro IV	6.354	5.786	5.267	5.325
Euro V	6.479	5.968	5.433	5.370
Euro VI	2.607	2.502	2.171	1.965
Sonstige Lkw	768	756	722	729

Da die Emissionsfaktoren im HBEFA nur für diskrete Steigungen (±0%, ±2%, ±4% und ±6%) vorliegen, liegen auch die Emissionsfaktoren aus Tabelle 7 zunächst nur für diese Steigungen vor. Um Emissionsfaktoren auch für andere Steigungen erhalten zu können, wurden die Emissionsfaktoren aus Tabelle 7 in einem nächsten Schritt durch mathematische Funktionen angenähert. Dabei zeigte sich, dass eine quadratische Funktion die Höhe der Emissionsfaktoren am besten beschreibt. Die für die einzelnen Fahrzeugschichten durch Interpolation gefundenen Berechnungsfunktionen sind in Abbildung 6 für Pkw und in Abbildung 7 für Lkw gezeigt. Mithilfe dieser Funktionen können die Emissionsfaktoren aller Fahrzeugschichten für beliebige Steigungen innerhalb des Gültigkeitsbereiches, also zwischen ±0% und ±6% Steigung, berechnet werden. Da die Bestimmtheitsmaße R^2 der Interpolationen sehr nahe bei 1 liegen (was ein Zeichen für die hohe Güte der Interpolation ist), wurden die Formeln auch für Steigungen außerhalb des Gültigkeitsbereiches, d. h. für Steigungen über ±6%, verwendet. Dies war nötig, da einige der zu untersuchenden Streckenabschnitte Steigungen jenseits von ±6% aufweisen.

Die für die Berechnung benötigte Steigung wurden den jährlich von der LUBW veröffentlichten Berichten „Luftreinhaltepläne für Baden-Württemberg – Grundlagenband“ entnommen und durch neue Erhebungen ergänzt. Die verwendeten Steigungen beziehen sich auf einen Streckenabschnitt mit einer Länge von 100 Metern, in dessen Mitte die Messstelle steht. Die verwendeten Steigungen sind in Tabelle 8 gezeigt. Für die Landkreise ohne Messstelle wurde eine Steigung von ±2,0% angenommen (zur Einschätzung: Das HBEFA geht innerorts implizit von einer mittleren Steigung von ±1,0% aus (gewichteter Mittelwert der Daten aus Tabelle 4)). Die Emissionsfaktoren für jede einzelne Messstelle wurden anhand dieser Steigungen aus den in Abbildung 6 und Abbildung 7 gezeigten Formeln berechnet.

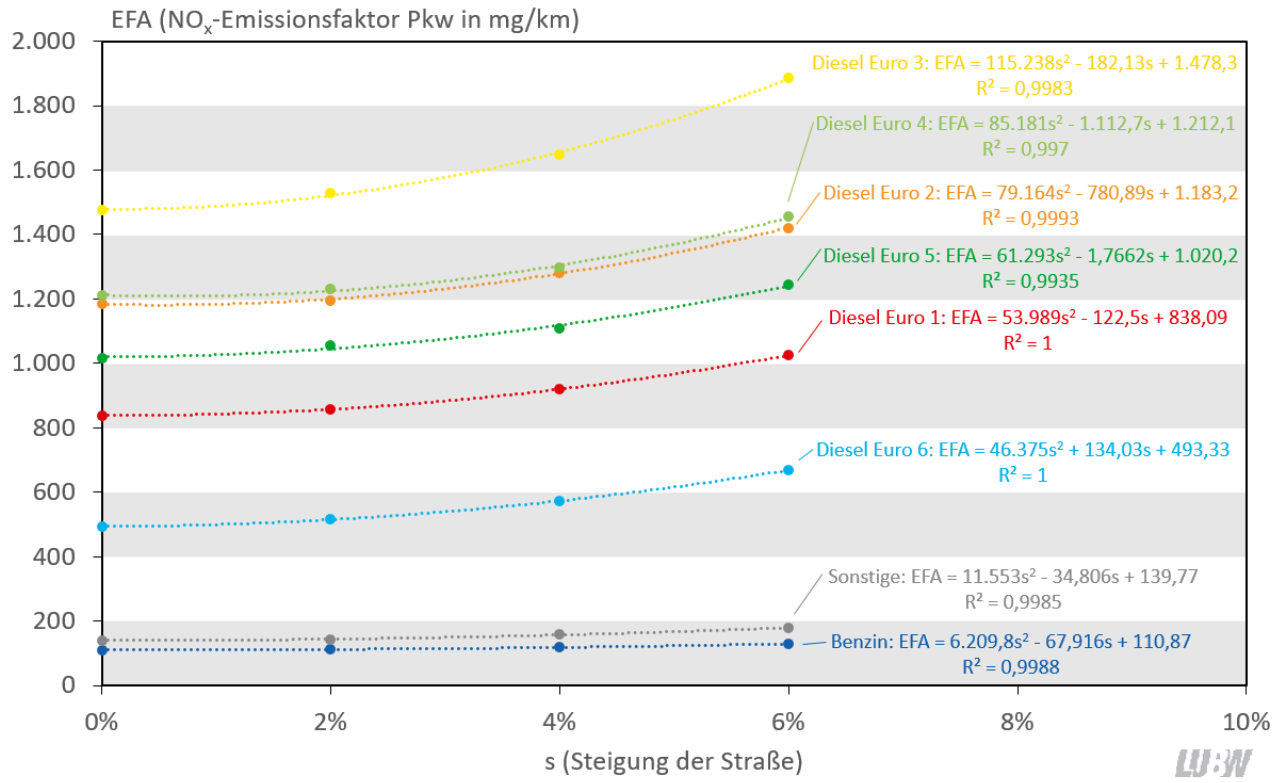

Abbildung 6: NO_x-Emissionsfaktoren für Pkw in Abhängigkeit von der Steigung; Punkte: Werte aus Tabelle 7, Linien: Interpolation gemäß der gezeigten Formeln

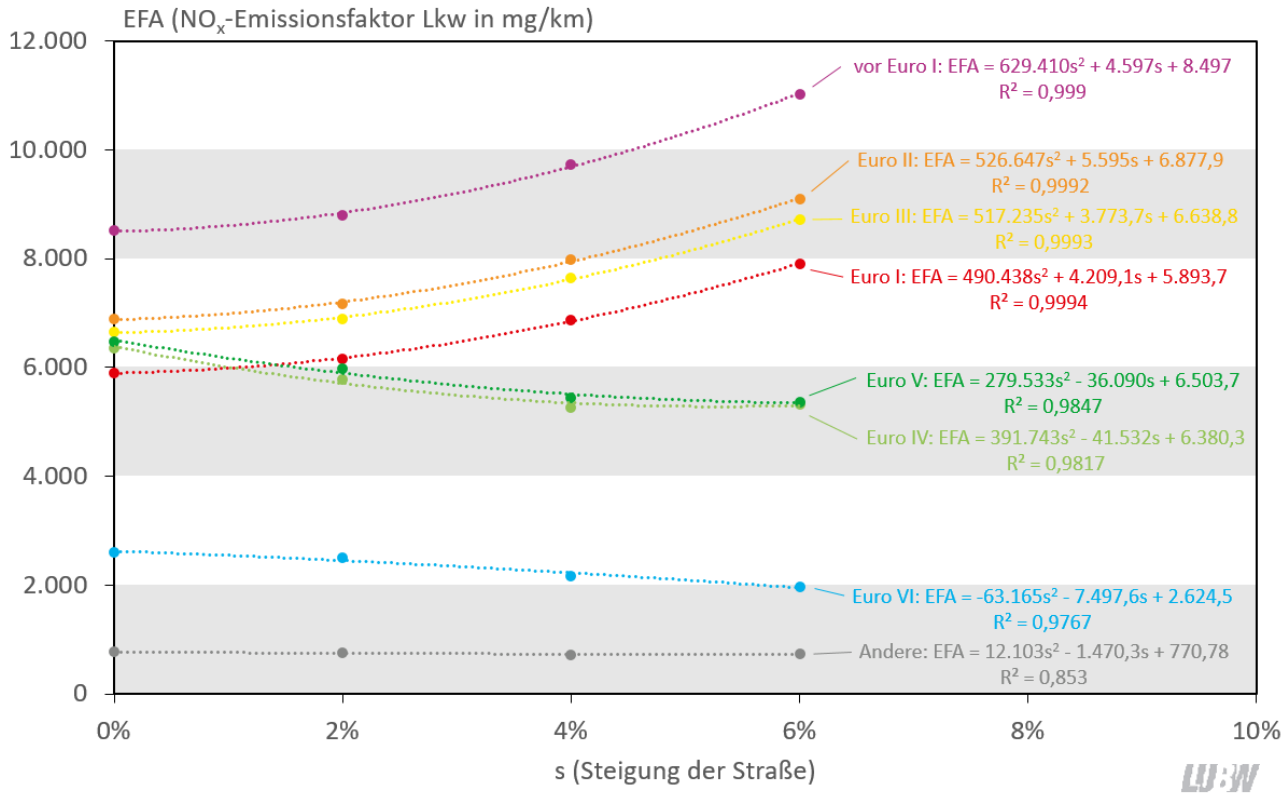

Abbildung 7: NO_x-Emissionsfaktoren für Lkw in Abhängigkeit von der Steigung; Punkte: Werte aus Tabelle 7, Linien: Interpolation gemäß der gezeigten Formeln

Tabelle 8: Steigungen an den zu untersuchenden Messstellen (bezogen auf einen Straßenabschnitt von 100 Metern Länge)

Kreis	Umweltzone	Messstelle	Steigung
Regierungsbezirk Stuttgart			
Stuttgart	Stuttgart	Stgt. Am Neckartor	1,3%
		Stgt. Arnulf-Klett-Platz	0,6%
		Stgt. Hohenheimer Str.	6,8%
		Stgt. Hohenheimer Str. 72	ebd.
		Stgt. Pragstr. 90/92	5,9%
		Stgt. Talstr.	5,1%
		Stgt. Waiblinger Str.	1,1%
Böblingen	Herrenberg	Herrenberg Hindenburgstr.	2,4%
	Leonberg, Hemm. u. Umgebg. [z.T.]*	Leonberg Grabenstr.	7,5%
Esslingen	Wendlingen	Wendlingen Stuttgarter Str.	0,5%
Ludwigsburg	Leonberg, Hemm. u. Umgebg. [z.T.]*	Hemmingen Hauptstr.	2,8%
	Ludwigsburg und Umgebung	Bietigheim-Biss. Stuttgt. Str.	4,0%
		Freiberg Benninger Str.	2,9%
		Ldwbg. Friedrichstr.	2,1%
		Ldwbg. Schlossstr.	5,8%
		Remseck Hauptstr.	4,4%
		Remseck Remstalstr.	1,4%
		Markgröningen Grabenstr.	8,0%
		Pleidelsheim Beihinger Str.	1,0%
		Ingersheim Tiefengasse	7,2%
Rems-Murr-Kreis	Urbach	Urbach Hauptstr.	3,4%
Heilbronn (SKR)	Heilbronn	Heilbr. Weinsberger Str.-Ost	0,7%
Heilbronn (LKR)	Ilsfeld	Ilsfeld König-Wilhelm-Str.	0,7%
Heidenheim	Heidenheim	Heidenheim Wilhelmstr.	0,3%
Ostalb	Schw. Gmünd	Schw. Gmünd Remsstr.	0,7%
Regierungsbezirk Karlsruhe			
Karlsruhe (SKR)	Karlsruhe	Karlsruhe Reinh.-Frank-Str.	0,1%
Karlsruhe (LKR)	Pfinztal	Pfinztal Karlsruher Str.	0,5%
Heidelberg	Heidelberg	Heidelberg Mittermaierstr.	0,1%
Mannheim	Mannheim	Mannh. Friedrichsring	0,0%
		Mannh. Luisenring	0,2%
Pforzheim	Pforzheim	Pforzh. Jahnstr.	0,6%
		Pforzh. St.-Georgen-Steige	6,1%
		Pforzh. Luisenstr.	1,9%
		Pforzh. Parkstr.	0,5%
Enz	Mühlacker	Mühlacker Stuttgarter Str.	6,2%
Regierungsbezirk Freiburg			
Freiburg i. Br.	Freiburg	Freiburg Schwarzwaldstr.	1,1%
		Freiburg Zähringer Str.	1,2%
Rottweil	Schramberg	Schramberg Obernd. Str.	6,6%
Regierungsbezirk Tübingen			
Reutlingen	Reutlingen	Reutlingen Lederstr.-Ost	2,2%
Tübingen	Tübingen	Tübingen Jesinger Hauptstr.	3,8%
		Tübingen Mühlstr.	3,3%
Zollernalb	Balingen	Balingen Schömberger Str.	2,7%
Ulm	Ulm	Ulm Karlstr.	0,5%
		Ulm Zinglerstr.	2,5%

* UWZ verteilt über 2 Landkreise

2.4 EMISSIONEN

Die Höhe der Emissionen an den einzelnen Untersuchungspunkten wird berechnet, indem die Flottenanteile (Kapitel 2.2) mit dem entsprechenden NO_x-Emissionsfaktor (Kapitel 2.3) multipliziert und die Summe über alle Emissionskonzepte berechnet wird. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass der Flottenanteil eines Fahrzeugtyps seiner Fahrleistung entspricht (d. h. dass jedes Fahrzeug gleich viel fährt). Tatsächlich ist es so, dass neue (und damit i. d. R. emissionsärmere) Fahrzeuge häufiger benutzt werden als ältere Fahrzeuge, insofern ist dies eine konservative Annahme. Die Berechnung impliziert außerdem, dass sich die Verkehrszahlen durch die Einführung bzw. Aufhebung von Umweltzonen nicht ändern, lediglich die Zusammensetzung des Verkehrs ändert sich. Auf diese Weise können auch ohne Kenntnis der lokalen Verkehrsstärke die verkehrsbedingten lokalen NO_x-Emissionen in mg pro Fahrzeug und Kilometer berechnet werden. Im Ergebnis wird festgestellt, dass nach diesem Ansatz die Emissionen zwischen 9,7% (Stuttgart Arnulf-Klett-Platz) und 22% (Mühlacker Stuttgarter Straße) zunehmen könnten. Im Mittel über alle 37 untersuchten Messstellen beträgt die Emissionszunahme 14%.

2.5 IMMISSIONEN

Um zu berechnen, wie sich der zuvor berechnete Anstieg der NO_x-Emissionen auf die NO_2-Immissionen auswirkt, wird davon ausgegangen, dass das gesamte NO_x als NO_2 vorliegt. Da ein erheblicher Anteil der Primäremissionen tatsächlich als NO erfolgt, das in der Atmosphäre erst sukzessive zu NO_2 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 erheblicher Anteil an den lokalen NO_2-Immissionen hat, durch die zu untersuchende verkehrliche Maßnahme nicht ändert. In der vorliegenden Auswertung wird im Gegensatz dazu bewusst angenommen, dass die gesamte NO_2-Immissionsbelastung (bestehend aus dem Beitrag des städtischen Hintergrundes und dem lokalen, verkehrsbedingten Zusatzbeitrag) um den im vorigen Kapitel ermittelten Emissionsanstieg ansteigt. Das Ergebnis der vorliegenden Abschätzung ist deshalb als Maximalabschätzung („worst case“-Szenario) zu verstehen – die real zu erwartende Konzentrationszunahme dürfte deutlich niedriger liegen.

Ausgehend von dieser maximal zu erwartenden Konzentrationszunahme wurde außerdem berechnet, ab welcher NO_2-Immission eine sichere Grenzwerteinhaltung zu erwarten ist, auch wenn die Umweltzone abgeschafft werden würde. Diese Konzentration wird im Folgenden als Grenzkonzentration bezeichnet.

Für die Beurteilung, ob der Messwert an einer gegebenen Messstelle ober- oder unterhalb der Grenzkonzentration liegt, wurde auf die NO_2-Jahresmittelwerte des Jahres 2019 zurückgegriffen. Da in diesem Jahr nicht an allen hier untersuchten Messstellen Messungen durchgeführt wurden, musste für einige Messstellen eine Schätzung der aktuellen Immissionsbelastung auf der Basis älterer Messwerte vorgenommen werden. Hierzu wurde der an den 8 dauerhaft betriebenen Verkehrsmessstationen beobachtete relative Konzentrationsrückgang (Trend) herangezogen. Dieser ist in Tabelle 9 dargestellt.

Tabelle 9: Entwicklung der mittleren NO_2-Konzentration an den 8 Verkehrsmessstationen (VMS) in Baden-Württemberg und Entwicklung dieser mittleren Konzentration im Vergleich zum Jahr 2019

NO_2-Konzentration	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Mittelwert (der 8 VMS) in µg/m³	64	63	59	57	55	54	49	47	44	39
Entwicklung bis 2019	-39%	-38%	-33%	-31%	-29%	-27%	-20%	-17%	-12%	-

Dieser Trend wurde nun auf die fraglichen Messstellen übertragen, um die im Jahr 2019 erwarteten Immissionen zumindest grob abschätzen zu können, vgl. Tabelle 10. Beispielsweise ist die mittlere NO_2-Konzentration an den 8 VMS zwischen 2013, dem letzten Messjahr an der Messstelle Urbach Hauptstraße, und dem Jahr 2019 um 31% zurückgegangen. Es ist deshalb in erster Näherung davon auszugehen, dass die NO_2-Konzentration in Urbach in diesem Zeitraum ebenfalls um 31% zurückgegangen ist. Daraus resultiert ein heute in Urbach zu erwartender NO_2-Jahresmittelwert in Höhe von 23 µg/m³.

Tabelle 10: Abschätzung der Immissionswerte 2019 für Messstellen, an denen im Jahr 2019 keine Messungen vorgenommen wurden

Messstelle	**Aktuellster NO_2-JMW in µg/m³**	**Jahr der letzten Messung**	**Entwicklung bis 2019 an den 8 VMS***	**abgeschätzter NO_2-JMW 2019 in µg/m³**
Urbach Hauptstraße	33	2013	-31%	23
Wendlingen Stuttgarter Straße	40	2015	-27%	29
Ingersheim Tiefengasse	37	2016	-20%	29
Bietigheim-Bissingen Stuttgarter Str.	38	2017	-17%	32
Freiberg Benninger Straße	39	2017	17%	32
Remseck Hauptstraße	39	2017	17%	32
Freiburg Zähringer Straße	37	2017	17%	31
Hemmingen Hauptstraße	30	2017	17%	25
Remseck Remstalstraße	29	2018	-12%	26
Tübingen Jesinger Hauptstraße	35	2018	-12%	31
Ulm Karlstraße	35	2018	-12%	31

*entnommen aus Tabelle 9 JMW = Jahresmittelwert

3 Ergebnis und Bewertung

3.1 GRENZKONZENTRATION

Die NO_2-Grenzkonzentration, unterhalb derer eine sichere Grenzwerteinhaltung auch nach Aufhebung der Umweltzone zu erwarten ist, ist in Abbildung 8 dargestellt, die entsprechenden Zahlenwerte finden sich in Tabelle 11. Die Grenzkonzentration schwankt zwischen 33 µg/m³ und 36 µg/m³, wobei auffällt, dass sie in den großen Städten, bedingt durch die dort tendenziell moderneren Pkw-Flotten, oft höher liegt als im Umland. Bei den Landkreisen ohne Messstelle bzw. Umweltzone ist die Spannweite der hypothetischen Grenzkonzentrationen geringer – hier wird in fast allen Kreisen eine Grenzkonzentration von 35 µg/m³ gefunden (vgl. auch die statistische Analyse in Abbildung 9). Da für diese Landkreise identische Annahmen gemacht wurden, überrascht die geringere Variationsbreite nicht, die Werte belegen aber, dass auch in diesen oft zentrumsfernen Landkreisen keine Flotten vorhanden sind, die zu völlig anderen Ergebnissen führen. Insofern bestätigen die Ergebnisse aus den Landkreisen ohne Messstelle die an den realen Messstellen gefundenen Ergebnisse. Die hier dargestellten Grenzkonzentrationen sind messstellenspezifisch – für den Fall, dass eine landesweit einheitliche Grenzkonzentration verwendet werden soll, sollte diese bei 33 µg/m³ liegen, um an allen Messstellen gültig zu sein.

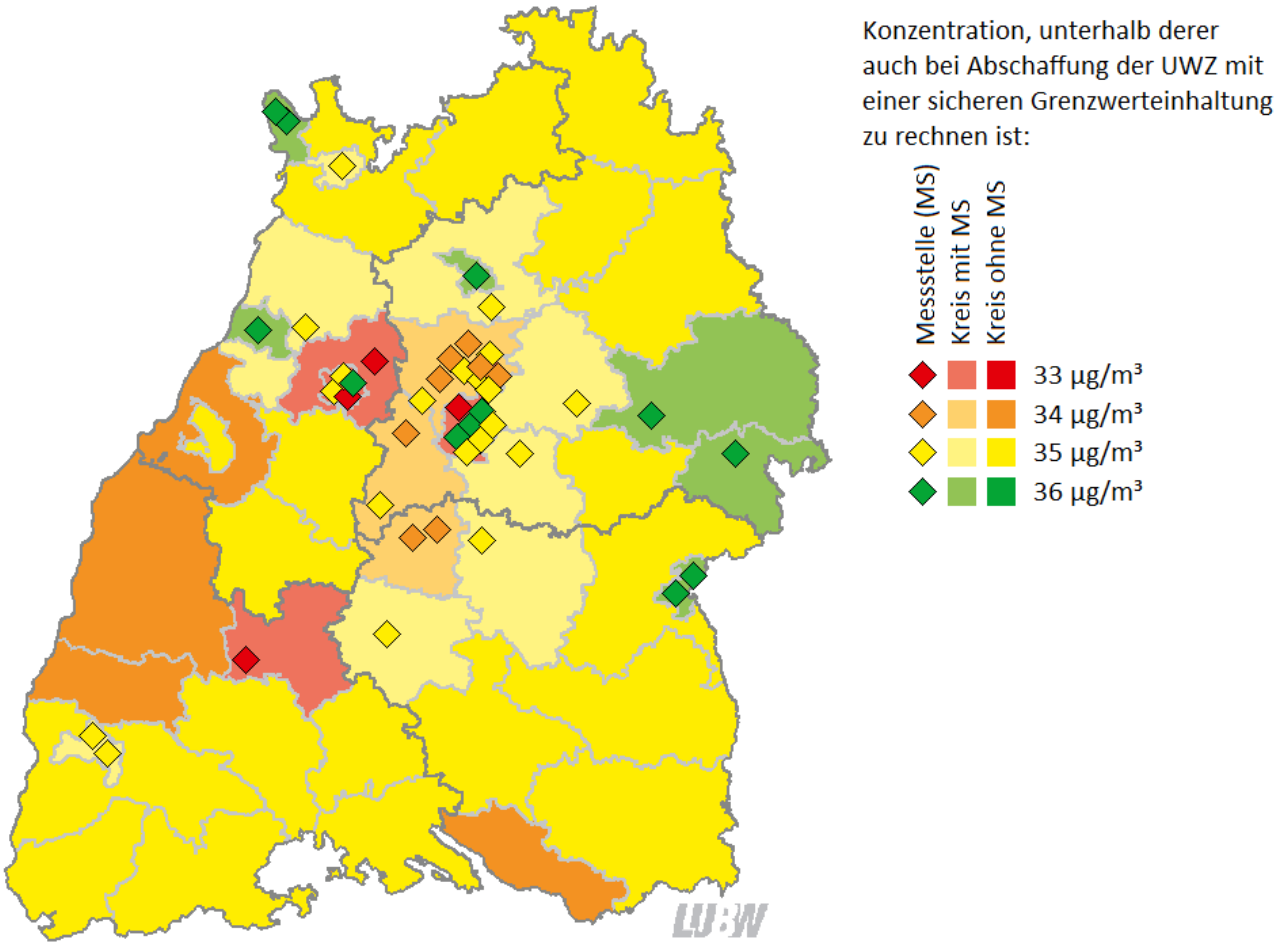

Abbildung 8: Darstellung der Grenzkonzentration, unterhalb derer auch bei Abschaffung der Umweltzone mit einer sicheren Grenzwerteinhaltung zu rechnen ist, für die Messstellen und Kreise in Baden-Württemberg

Tabelle 11: Ergebnisse der Abschätzung für alle Landkreise bzw. Messstellen

Kreis	Umweltzone	Messstelle	NO_2-JMW 2019 in µg/m³	Immissions-anstieg**	Grenz-konzentration in µg/m³
Regierungsbezirk Stuttgart					
Stuttgart	Stuttgart	Stgt. Am Neckartor	53	10%	36
		Stgt. Arnulf-Klett-Platz	43	10%	36
		Stgt. Hohenheimer Str.	50	13%	35
		Stgt. Hohenheimer Str. 72	-	13%	35
		Stgt. Pragstr. 90/92	58	20%	33
		Stgt. Talstr.	50	13%	35
		Stgt. Waiblinger Str.	36	10%	36
Böblingen	Herrenberg	Herrenberg Hindenburgstr.	37	13%	35
	Leonberg, Hemm. und Umgbg [z.T.]	Leonberg Grabenstr.	36	17%	34
Esslingen	Wendlingen	Wendlingen Stuttgarter Str.	29	13%	35
Göppingen	-	-	-	14%	35
Ludwigsburg	Leonberg, Hemm. und Umgbg [z.T.]	Hemmingen Hauptstr.	25*	14%	35
		Bietigheim-Biss. Stgrt. Str.	32*	16%	34
		Freiberg Benninger Str.	32*	15%	35
		Ludwigsburg Friedrichstr.	46	14%	35
		Ludwigsburg Schlossstr.	-	18%	34
		Remseck Hauptstr.	32*	16%	34
		Remseck Remstalstr.	26*	14%	35
		Markgröningen Grabenstr.	33	18%	34
		Pleidelsheim Beihinger Str.	36	13%	35
		Ingersheim Tiefengasse	29*	18%	34
Rems-Murr	Urbach	Urbach Hauptstr.	23*	16%	35
Heilbronn (SKR)	Heilbronn	Heilbr. Weinsb. Str.-Ost	47	12%	36
Heilbronn (LKR)	Ilsfeld	Ilsf. König-Wilh.-Str.	30	13%	35
Hohenlohekreis	-	-	-	14%	35
Schwäbisch Hall	-	-	-	15%	35
Main-Tauber	-	-	-	14%	35
Heidenheim	Heidenheim	Heidenheim Wilhelmstr.	36	12%	36
Ostalbkreis	Schw. Gmünd	Schw. Gmünd Remsstr.	34	13%	36
Regierungsbezirk Karlsruhe					
Baden-Baden	-	-	-	14%	35
Karlsruhe (SKR)	Karlsruhe	Karlsruhe Reinh.-Frank-Str.	34	13%	36
Karlsruhe (LKR)	Pfinztal	Pfinztal Karlsruher Str.	34	13%	35
Rastatt	-	-	-	16%	34
Heidelberg	Heidelberg	Heidelberg Mittermaierstr.	34	13%	35
Mannheim	Mannheim	Mannheim Friedrichsring	42	12%	36
		Mannheim Luisenring	37	12%	36
Neckar-Odenwald	-	-	-	14%	35
Rhein-Neckar	-	-	-	14%	35
Pforzheim	Pforzheim	Pforzh. Jahnstr.	33	13%	35
		Pforzh. St.-Georgen-Steige	-	21%	33
		Pforzh. Luisenstr.	-	13%	35
		Pforzh. Parkstr.	-	13%	36
Calw	-	-	-	14%	35
Enzkreis	Mühlacker	Mühlacker Stuttgarter Str.	39	22%	33
Freudenstadt	-	-	-	13%	35

Fortsetzung auf der folgenden Seite

Tabelle 11 (Fortsetzung)

Kreis	UWZ	Messstelle	NO_2-JMW 2019 in µg/m³	Immissions-anstieg	Grenz-konzentration in µg/m³
Regierungsbezirk Freiburg					
Freiburg i. Br.	Freiburg	Freiburg Schwarzwaldstr.	36	16%	35
		Freiburg Zähringer Str.	31*	16%	35
Breisg.-Hochschw.	-	-	-	16%	35
Emmendingen	-	-	-	16%	34
Ortenaukreis	-	-	-	16%	34
Rottweil	Schramberg	Schramberg Obernd. Str.	31	21%	33
Schwarzw.-Baar	-	-	-	14%	35
Tuttlingen	-	-	-	13%	35
Konstanz	-	-	-	16%	35
Lörrach	-	-	-	16%	35
Waldshut	-	-	-	14%	35
Regierungsbezirk Tübingen					
Reutlingen	Reutlingen	Reutlingen Lederstr.-Ost	46	14%	35
Tübingen	Tübingen	Tübingen Jes. Hauptstr.	31*	16%	34
		Tübingen Mühlstr.	39	19%	34
Zollernalbkreis	Balingen	Balingen Schömberger Str.	28	15%	35
Ulm	Ulm	Ulm Karlstr.	31*	11%	36
		Ulm Zinglerstr.	38	12%	36
Alb-Donau	-	-	-	13%	35
Biberach	-	-	-	14%	35
Bodenseekreis	-	-	-	16%	34
Ravensburg	-	-	-	16%	35
Sigmaringen	-	-	-	14%	35

*Wert geschätzt ** maximaler Anstieg der Immissionen nach Aufhebung der UWZ

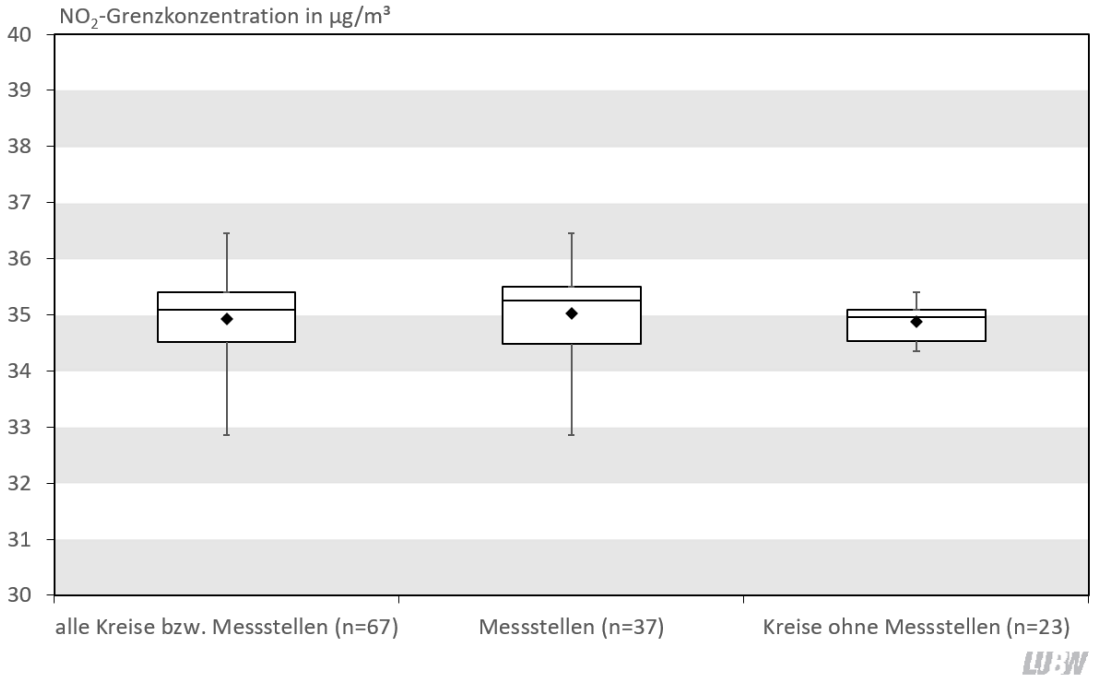

Abbildung 9: Statistische Kenngrößen der NO_2-Grenzkonzentration; dargestellt sind Minimum und Maximum als Antennen, Mittelwert als Punkt sowie Median, 25-Perzentil und 27-Perzentil als Kasten.

3.2 BEWERTUNG

Das Ergebnis des Vergleichs der in Tabelle 11 dargestellten messstellenspezifischen Grenzkonzentrationen mit den ebenfalls in Tabelle 11 verzeichneten, z. T. abgeschätzten, Messwerten für 2019 ist in Abbildung 10 dargestellt. Es zeigt sich, dass die reale Konzentration in insgesamt 9 Umweltzonen in Baden-Württemberg bei oder unter der Grenzkonzentration liegt. Diese Umweltzonen können folglich aufgehoben werden, ohne dass es zu einer erneuten Grenzwertüberschreitung kommt. Das betrifft:

- im Regierungsbezirk Stuttgart die Umweltzonen Ilsfeld, Urbach, Schwäbisch Gmünd, Heidenheim und Wendlingen[3],
- im Regierungsbezirk Karlsruhe die Umweltzonen Heidelberg, Pfinztal und Karlsruhe sowie
- im Regierungsbezirk Freiburg die Umweltzone Schramberg.

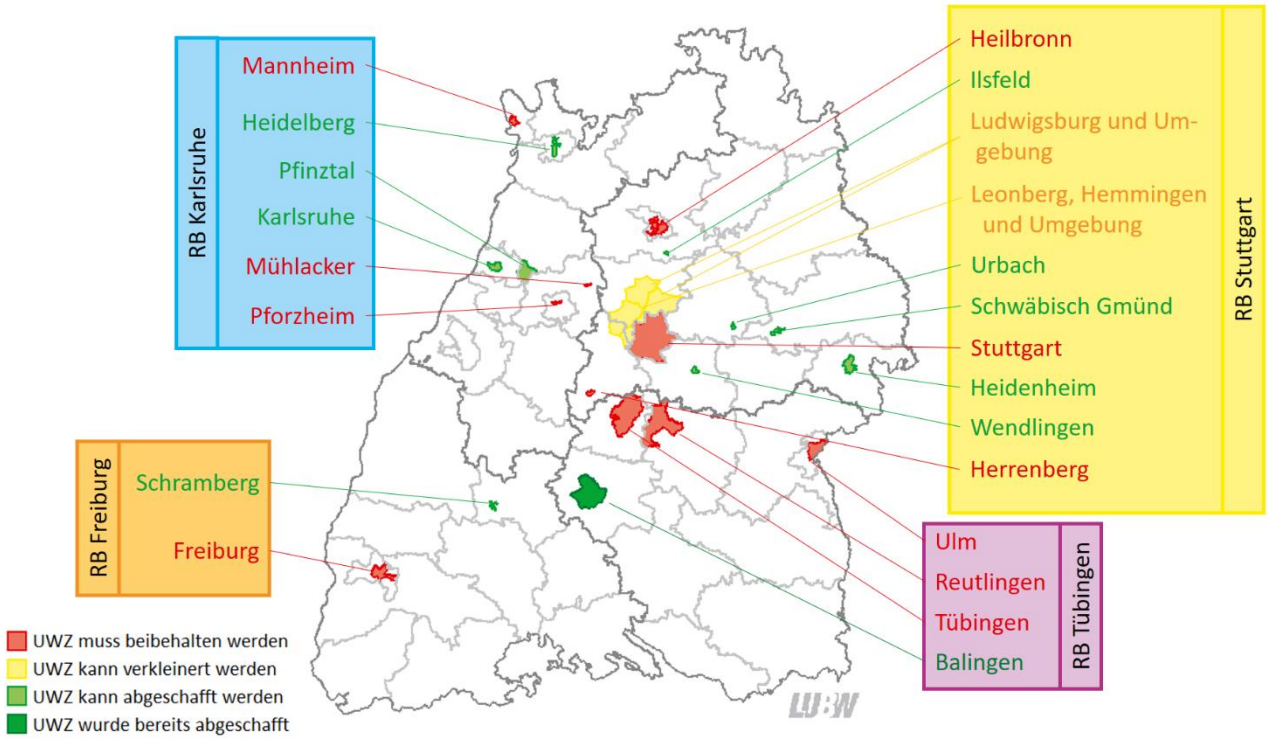

Abbildung 10: Bewertung der Umweltzonen in Baden-Württemberg

In der im Regierungsbezirk Stuttgart gelegenen Umweltzone „Leonberg, Hemmingen und Umgebung“ ergibt sich die Besonderheit, dass an einer der beiden Messstellen, Hemmingen Hauptstraße, nach Abschaffung der Umweltzone keine Grenzwertüberschreitung zu erwarten, an der anderen (Leonberg Grabenstraße) hingegen schon. Die Umweltzone „Leonberg, Hemmingen und Umgebung“ kann deshalb nicht abgeschafft werden, es wäre aber eine Verkleinerung auf das Stadtgebiet Leonberg denkbar. Analog wäre auch denkbar, die Umweltzone „Ludwigsburg und Umgebung“ auf das Stadtgebiet Ludwigsburg sowie Pleidelsheim zu verkleinern, da die Umweltzone nur dort noch benötigt wird – an den Messstellen Bietigheim-Bissingen Stuttgarter Straße, Freiberg Benninger Straße, Remseck Hauptstraße, Remseck Remstalstraße, Markgröningen Grabenstraße,

[3] Bezüglich der Umweltzone Wendlingen ist zu beachten, dass diese ohnehin ausschließlich aufgrund festgestellter Überschreitungen des Partikel PM_{10}-Grenzwertes eingeführt wurde, eine Grenzwertüberschreitung für NO_2 wurde hier nicht festgestellt.

und Ingersheim Tiefengasse sind hingegen auch nach Abschaffung der Umweltzone keine Grenzwertüberschreitungen mehr zu erwarten.

Die im Regierungsbezirk Karlsruhe gelegene Umweltzone Pforzheim könnte auf Basis der Messwerte des Jahres 2019 ebenfalls abgeschafft werden – allerdings zeigen die im Jahr 2020 durchgeführten verkehrsnahen Sondermessungen, dass es in Pforzheim Straßenabschnitte gibt, die höhere NO_2-Konzentrationen als die bislang maßgebliche Messstelle, Pforzheim Jahnstraße, zeigen. Die Umweltzone Pforzheim sollte deshalb beibehalten werden, bis die Immissionskonzentration an allen Messstellen im Stadtgebiet sicher unterhalb der entsprechenden Grenzkonzentrationen liegen.

Zu beachten ist, dass die Bewertung auf Basis der Jahresmittelwerte aus dem Jahr 2019 vorgenommen wurde, da die Jahreswerte für 2020 zum derzeitigen Zeitpunkt noch nicht vorliegen. Auch dies entspricht einem konservativen Vorgehen. Das Immissionsniveau in Baden-Württemberg ist seit mehreren Jahren, bedingt durch die kontinuierliche Erneuerung der Fahrzeugflotte, stetig zurückgegangen. Es ist davon auszugehen, dass sich dieser Trend in Zukunft fortsetzen wird. Die hier für das Jahr 2020 abgeleiteten Grenzkonzentrationen behalten deshalb auch über das Jahr 2020 hinaus Gültigkeit – eine Aktualisierung würde allenfalls zu einem Ansteigen der Grenze führen. In diesem Zusammenhang sei auch darauf hingewiesen, dass die Wirkung der Einführung der grünen Umweltzonen auf die NO_2-Immissionen zum Zeitpunkt der Einführung meist in der Größenordnung weniger µg/m³ abgeschätzt wurde – in der vorliegenden Ausarbeitung werden im Vergleich dazu vergleichsweise hohe negative Auswirkungen zwischen 4 und 7 µg/m³ gefunden. Dies bestätigt nochmals, dass die genannten Zahlenwerte Maximalabschätzungen sind und die realen Konzentrationsanstiege deutlich niedriger liegen dürften. Aus Sicht des Immissionsschutzes spricht deshalb nichts gegen die Aufhebung der genannten Umweltzonen und es ist denkbar, in den folgenden Jahren noch weitere Umweltzonen aufzuheben.

4 Anhang

4.1 LITERATUR

[39. BImSchV]: 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes - Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV).

[INFRAS, 2019]: Infras AG, 2019: Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) – Version 4.1, Bern, 2019, https://www.hbefa.net.

[KBA, 2020]: Kraftfahrtbundesamt, 2020: Fahrzeugzulassungen (FZ) – Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken (Fz 1), Flensburg, 2020, https://www.kba.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Statistik/Fahrzeuge/FZ/2020/fz1_2020_xlsx.xlsx?__blob=publicationFile&v=8.

[RPT, 2020]: Regierungspräsidium Tübingen, 2020: Wirkungsabschätzung der Abschaffung der Umweltzone Balingen – Stellungnahme im Auftrag des Ministeriums für Verkehr Baden-Württemberg (Stellungnahme der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg vom März 2020), Tübingen, 2020, https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpt/Abt5/Ref541/Luftreinhalteplaene/Luftreinhalteplan/lrp-bl-1-wirkungsabschaetzung-aufhebung-umweltzone-bl-lubw.pdf.

[StaLa, 2019]: Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, 2019: Kraftfahrzeugbestand nach Emissionsgruppen, Stuttgart, 2019, https://www.statistik-bw.de/Verkehr/KFZBelastung/v5a01.jsp.

4.2 GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN

EFA: (NO_x-)Emissionsfaktor in mg/km

Grenzkonzentration: NO_2-Konzentrationen (Jahresmittelwert), bei und unterhalb derer auch nach Aufhebung der Umweltzone mit einer Einhaltung der Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV zu rechnen ist

Grenzwert: Immissionsgrenzwert aus der 39. BImSchV, insbesondere bezüglich des Jahresmittelwertes der NO_2-Konzentration

HBEFA: Handbuch für Emissionsfaktoren

JMW: Jahresmittelwert

MS: Messstelle

NO: Stickstoffmonoxid

NO_2: Stickstoffdioxid

NO_x: Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid)

RB: Regierungsbezirk

UWZ: Umweltzone

LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
Postfach 10 01 63 · 76231 Karlsruhe · Internet: www.lubw.baden-wuerttemberg.de