

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Karlsruhe
Nördliche Hildapromenade 6
76133 Karlsruhe

Telefon +49(721)504379 0
Telefax +49(721)504379 11

www.MuellerBBM.de

Dr. rer. nat. Rainer Bösingher
Telefon +49(721)504379 15
Rainer.Boesinger@mbbm.com

27. März 2017
M124143/01 BSG/BSG

Luftreinhalteplan Mühlacker

Immissionsberechnungen als Grundlage für die Fortschreibung 2015 des Luftreinhalteplans

Bericht Nr. M124143/01

Auftraggeber:	Regierungspräsidium Karlsruhe Referat 54.1 Schlossplatz 1-3 76131 Karlsruhe
Auftragsnummer:	54.1-8826.12 Mühlacker
Bearbeitet von:	Dr. rer. nat. Rainer Bösingher
Berichtsumfang:	Insgesamt 36 Seiten

Müller-BBM GmbH
Niederlassung Karlsruhe
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk, Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung	7
1.1 Mautausweichverkehr	7
1.2 Geschwindigkeitsbegrenzung 30 km/h	7
1.3 Verkehrsverstetigung	7
1.4 Blaue Plakette	7
1.5 Maut auf Bundesautobahnen für Lkw zwischen 7,5 t und 12 t zGG	8
1.6 Prognosen des NO ₂ -Jahresmittelwerts	8
2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen	9
3 Örtliche Gegebenheiten	10
3.1 Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße in Mühlacker	10
3.2 Luftschadstoffmesswerte Stuttgarter Straße in Mühlacker	14
4 Technische Grundlagen	15
4.1 Rechenverfahren	15
4.2 Verkehrsmengen	16
4.3 Flottenzusammensetzung	17
4.4 Vorbelastung	19
4.5 Meteorologische Daten	19
5 Ergebnisse	20
5.1 Methodik	20
5.2 Einfluss Mautausweichverkehr	20
5.3 Geschwindigkeitsbegrenzung 30 km/h	21
5.4 Verkehrsverstetigung	23
5.5 Blaue Umweltplakette	25
5.6 Maut auf Bundesautobahnen für Lkw zwischen 7,5 t und 12 t zGG	26
5.7 Prognosen des NO ₂ -Jahresmittelwerts	28
6 Grundlagen, verwendete Literatur	34

Zusammenfassung

Ausgelöst durch die Luftschadstoffmesswerte der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) an der Stuttgarter Straße (B 10) in Mühlacker war für die Stadt ein Luftreinhalteplan erstellt worden. Der Luftreinhalteplan Mühlacker stammt aus dem Jahr 2006, die letzte Fortschreibung aus dem Jahr 2012. Zur Vorbereitung einer weiteren Fortschreibung soll im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die Wirksamkeit verschiedener Maßnahmen auf den NO_2 -Jahresmittelwert am Messpunkt Stuttgarter Straße ermittelt werden.

Da die zu untersuchenden Maßnahmen jeweils nur die Emissionen beeinflussen, sind in allen Untersuchungsfällen die Ausbreitungsbedingungen identisch. Es wurde ein vereinfachtes Ausbreitungsmodell angewendet, dessen Eignung anhand eines Vergleichs mit Messwerten überprüft wurde. Die Immissionsprognosen wurden mit einem Screeningverfahren gemäß Richtlinie VDI 3783 Blatt 14 [23] durchgeführt. Die Berechnung der Luftschadstoffkonzentrationen am betrachteten Straßenabschnitt erfolgt mittels des Rechenprogramms $\text{IMMIS}^{\text{Em/Luft}}$ Version 6.1 [12]. Grundlage der Berechnungen sind von der LUBW zur Verfügung gestellte Verkehrsdaten und Fahrzeugflottenzusammensetzungen für den Enzkreis.

Im Anhang A der 39. BImSchV [18] sind Datenqualitätsziele für die Luftqualitätsbeurteilung definiert. Um die angewandte Methodik zu validieren, wurden für die Bezugsjahre 2014 und 2015 Immissionsprognosen mit $\text{IMMIS}^{\text{em/luft}}$ für den Untersuchungsabschnitt durchgeführt und die Ergebnisse mit den Messwerten der LUBW-Messstation verglichen. Die Abweichungen der prognostizierten Jahresmittelwerte von den gemessenen NO_2 -Jahresmittelwerten von $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2014), $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2015) und $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (2016¹) liegen zwischen +1 % und -4 % und damit unter der zulässigen Unsicherheitsmarge. Das Datenqualitätsziel nach 39. BImSchV wird erfüllt.

Die Ergebnisse der Immissionsprognosen sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Die Maut bedingte Verkehrsverlagerung auf die Stuttgarter Straße in Mühlacker wird in der Bundestagsdrucksache 17/12028 [3] mit „150 bis 250 Lkw > 12 t zGG pro Werktag“ ausgewiesen. Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für Lkw > 12 t zGG. Zur Ermittlung des Einflusses des Mautausweichverkehrs werden die beiden o. g. Werte als untere und obere Grenze für den durch das Verbot im Jahr 2016 weggefallenen Durchgangsverkehr von Lkw > 12 t zGG angesetzt. Nach den Berechnungen wären ohne das Durchfahrtsverbot für Lkw > 12 t zGG die NO_2 -Immissionen am Untersuchungsabschnitt ausgehend vom Prognosewert für das Jahr 2016 von $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je nach Ansatz des Mautausweichverkehrs um $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höher.²

¹ Einfluss Durchfahrtsverbot für Lkw > 12 t zGG

² Nach den Rundungsregeln für die Bestimmung des Immissionswertes nach 39. BImSchV [18] kann die ermittelte Immissionsminderung von der Differenz der für die beiden Fälle angegebenen Immissionswerte abweichen.

Tabelle 1. Zusammenfassung der Immissionsprognosen ¹

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2016	49	
2016 plus 150 SNF>12t	50	0,6
2016 plus 250 SNF>12t	50	0,8
2016 plus 100 SNF>7.5t	50	0,2
2016 plus 150 SNF>7.5t	50	0,3
2016 plus 200 SNF>7.5t	50	0,4
2016 plus 250 SNF>7.5t	50	0,5
2016 plus 300 SNF>7.5t	50	0,6
B10_2017	49	
2017_T30	48	-0,6
2017_LSA-2%	48	-0,2
2017_LSA-4%	48	-0,3
2017 Halteverbot -2%	48	-1,0
2017 Halteverbot -4%	47	-1,9
B10_2019	47	
2019_blaue_Plakette	40	-6,9
2019_blaue_Plakette_HGred	39	-8,6
B10_2020	47	
2020 plus 100 SNF>7,5t	47	0,2
2020_T30	46	-0,3
2020_T30 Halteverbot -2%	45	-1,2
2020_T30 Halteverbot -4%	44	-2,1
2020 blaue Plakette	40	-6,1
2020_blaue_Plakette_HGred	39	-7,9
2020 blaue Plakette T30	40	-6,2
2020 blaue Plakette T30 Halteverbot -2%	39	-7,0
2020 blaue Plakette T30 Halteverbot -4%	39	-7,8
Grenzwert	40	

Die seit Oktober 2015 geltende Erweiterung der Mautpflicht für Lkw > 7,5 t zGG könnte zu weiteren Mautausweichverkehren führen. Gemäß der Aufgabenstellung wurden für das Bezugsjahr 2016 Mautverlagerungen von 100, 150, 200, 250 und 300 Lkw > 7,5 t zGG je Werktag betrachtet. Nach den Berechnungen nimmt mit zunehmendem Mautausweichverkehr die NO₂-Immission 2016 am Untersuchungsabschnitt um 0,2 µg/m³ bis zu 0,6 µg/m³ zu.

Die bei Einführung von Tempo 30 („T30“) im Vergleich zur Prognose 2017 des NO₂-Jahresmittelwerts von 50 µg/m³ ermittelte NO₂-Immissionsänderung beträgt unter der Annahme eines 100 %igen Befolgungsgrads -0,6 µg/m³. Dabei wurde angenommen,

dass die in einer Studie aus dem Jahr 2010 [4] aufgenommenen Fahrkurven bei „Tempo 30 fiktiv“ den tatsächlichen Fahrkurven bei Tempo 30 entsprechen.

Die Auswirkung von Verbesserungen im Bereich der Verkehrsverstetigung an der Stuttgarter Straße durch Koordinierung der Ampelanlagen Einmündung Hindenburgstraße mit Einmündung Uhlandstraße für den nach Osten fließenden Verkehr wird nach den Erkenntnissen eines Forschungsprojektes der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) [29] voraussichtlich nur geringe NO₂-Minderung bewirken. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes zeigten nur in einem Fall NO_x-Emissionsminderungen von 2 % bis 4 % („LSA-2%“ und „LSA-4%“). Für andere Fälle werden Erhöhungen der Emissionen bei einer Optimierung der Ampelsteuerung angegeben.

Die Durchsetzung eines Halteverbots entlang der Stuttgarter Straße in Mühlacker kann nach den Erkenntnissen der LUBW in der Hohenheimer Straße in Stuttgart maximal eine Minderung der NO₂-Immission um 4 % bewirken („Halteverbot -4%“). Die zu erwartende Minderung des NO₂-Jahresmittelwertes am Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße würde den NO₂-Prognosewert 2017 um bis zu 1,0 µg/m³ reduzieren.

Die weiteren Einfahrverbote in die Umweltzone, definiert durch eine Blaue Umweltplakette nach Vorschlag der Deutsche Umwelthilfe DUH³ [11], bewirken nach den Berechnungen eine NO₂-Immissionsminderung von 6,9 µg/m³ gegenüber dem Prognosewert für das Jahr 2019 von 47 µg/m³. Mögliche Erweiterungen der Umweltzone können allenfalls minimal die lokale Hintergrundbelastung an der Stuttgarter Straße beeinflussen. Wir gehen davon aus, dass die am nördlichen Rand der Umweltzone diskutierten Erweiterungen keine signifikanten Auswirkungen auf die NO₂-Immissionen an der Stuttgarter Straße haben werden. Eine angenommene Reduktion der Hintergrundbelastung um 5 % („HGred“) würde die NO₂-Minderung auf 8,6 µg/m³ vergrößern.

Zusätzlich wurden NO₂-Immissionsprognosen für das Jahr 2020 unter Zugrundelegung verschiedener Kombinationen der o. g. Maßnahmen erstellt. Seit 2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG. Für die Prognose 2020 wurde die Auswirkung des Verbots mit einer Reduzierung um 150 SNF > 12 t zGG (vgl. Abschnitt 4.2) angesetzt. Mit diesem Ansatz wurde für das Jahr 2020 eine NO₂-Immission am Untersuchungsabschnitt von 47 µg/m³ ermittelt.

Der mögliche Mautausweichverkehr von SNF >7,5 t zGG aufgrund der Erweiterung der Mautpflicht im Jahr 2015 wurde konservativ mit 100 zusätzlichen SNF zwischen 7,5 t und 12 t zGG je 24h angesetzt. Mit diesem für diese Fahrzeuggruppe nicht zu erwartenden hohem Mautausweichverkehr wäre 2020 eine Erhöhung des NO₂-Jahresmittelwertes um 0,2 µg/m³ verbunden.

Die Einführung von Tempo 30 würde im Jahr 2020 die NO₂-Immission am Untersuchungsabschnitt um 0,3 µg/m³ reduzieren.

Die dazu kombinierte Verkehrsverstetigung durch ein Halteverbot an der Stuttgarter Straße kann dort die NO₂-Immission im Jahr 2020 um bis zu 2,1 µg/m³ reduzieren.

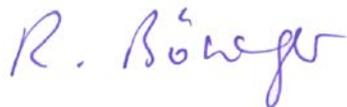
³ Gemäß Vorgaben des Auftraggebers modifiziert.

Die 100 %ige Befolgung weiterer Einfahrverbote in die Umweltzone gemäß der Blauen Plakette würde den NO₂-Jahresmittelwert 2020 um 6,1 µg/m³ auf 40 µg/m³ reduzieren. Eine angenommene Reduktion der Hintergrundbelastung um 5 % („HGred“) würde die NO₂-Minderung auf 7,9 µg/m³ vergrößern.

Die Kombination Verbot Durchgangsverkehr Lkw > 12 t zGG, Tempo 30 und Einfahrt nur mit Blauer Plakette bewirkt nach den Prognosen 2020 eine NO₂-Immissionsminderung um 6,2 µg/m³.

Die dazu kombinierte Verkehrsverstetigung durch ein Halteverbot an der Stuttgarter Straße könnte die NO₂-Immissionen im Jahr 2020 um bis zu 7,8 µg/m³ auf 39 µg/m³ reduzieren. Die Maßnahmen Sperrung Mautausweichverkehr > 12 t zGG, Tempo 30, Verkehrsverstetigung und Blaue Umweltplakette zusammen wären unter optimistischen Annahmen in der Summe ausreichend, um die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes im Jahr 2020 zu gewährleisten.

Die o. a. Ergebnisse sind jedoch unter Vorbehalt zu bewerten, da bei jeder Maßnahme Unsicherheiten im angesetzten Minderungseffekt enthalten sind. Beispielsweise sind die angesetzten Befolgungsgrade von jeweils 100 % bei der Sperrung des Durchgangsverkehrs von SNF und bei Tempo 30 nicht realistisch. Auch ist die angesetzte mögliche Minderung bei Einführung eines absoluten Halteverbots in der Stuttgarter Straße nicht gesichert. Geringere Minderungseffekte können die o. g. Einhaltung des Grenzwerts gefährden.



Dr. rer. nat. Rainer Bösing

1 Situation und Aufgabenstellung

Das Regierungspräsidium Karlsruhe ist zuständig für die Erstellung von Luftreinhalteplänen nach § 47 Bundesimmissionsgesetz (BImSchG) [7]. Ausgelöst durch die Luftschadstoffmesswerte an der Stuttgarter Straße (B 10) in Mühlacker war für die Stadt bereits ein Luftreinhalteplan erstellt worden. Der Luftreinhalteplan Mühlacker stammt aus dem Jahr 2006, die letzte Fortschreibung aus dem Jahr 2012 [16]. Zur Vorbereitung einer weiteren Fortschreibung soll ein Gutachten zur Prüfung, Erörterung und Beantwortung der nachfolgenden Fragestellungen erstellt werden.

Welche Wirkungen haben die folgenden Annahmen / Maßnahmen auf den Jahresmittelwert für NO₂ am Messpunkt Mühlacker, Stuttgarter Straße?

1.1 Mautausweichverkehr

Seit dem 29.6.2015 gilt in Mühlacker u. a. für die Stuttgarter Straße ein Verbot des Durchgangsverkehrs für Fahrzeuge mit zulässigem Gesamtgewicht (zGG) ≥ 12 t. Die Zahlen der Mautausweicher, auf die diese Regelung zielt, ergeben sich aus der Bundestagsdrucksache 17/12028 [3]. Den Berechnungen ist zugrunde zu legen,

- die Annahme, dass diese Maßnahme zum 1.1.2016 die erwartbare Wirkung entfaltet,
- die ohnehin zu erwartende Erneuerung der Fahrzeugflotte,
- neben den direkten Emissionen von NO₂ dessen photochemische Bildung.

1.2 Geschwindigkeitsbegrenzung 30 km/h

Geschwindigkeitsbegrenzung auf der B 10 im Abschnitt Stuttgarter Straße auf 30 km/h (Tempo 30) zum 1.1.2017.

1.3 Verkehrsverstetigung

Verbesserungen im Bereich der Verkehrsverstetigung an der Stuttgarter Straße zum 1.1.2017:

- a) Koordinierung der Ampelanlagen Einmündung Hindenburgstraße mit Einmündung Uhlandstraße für den nach Osten fließenden Verkehr.
- b) Durchsetzung eines Halteverbots entlang der Stuttgarter Straße.

1.4 Blaue Plakette

Einführung einer Umweltzone mit der Maßgabe, dass ab dem 1.1.2019 nur noch Fahrzeuge mit der blauen Plakette die Umweltzone befahren dürfen. Der blauen Plakette werden die Vorschläge zugrunde gelegt, die die Deutsche Umwelthilfe DUH in ihrem „Hintergrundpapier Einführung einer Blauen Plakette zur Minderung der NO₂-Belastung in Städten“ vom August 2014 skizziert hat⁴.

⁴ Gemäß Vorgaben des Auftraggebers nachträglich modifiziert (E-Mail vom 04.05.2016).

- a) auf der Fläche der vorhandenen Umweltzone
- b) auf der Fläche der vorhandenen Umweltzone und zusätzlich auf der Strecke Ötisheimer Str - Ziegeleistraße - Lienzinger Str - L 1134 bis zur Industriestraße
- c) zusätzlich zu b) auf der Fläche zwischen der vorhandenen Umweltzone und der Bahnlinie, im Osten begrenzt durch die L 1134.

1.5 Maut auf Bundesautobahnen für Lkw zwischen 7,5 t und 12 t zGG

Welche Wirkung hat die Lkw-Maut auf den Bundesautobahnen für Lkw zwischen 7,5 t zGG und 12 t zGG zum 1.10.2015 (für Mautverlagerungen von 100, 150, 200, 250 und 300 Lkw/Werktag), wenn sie nicht von einem entsprechenden Verbot des Durchgangsverkehrs (Mautausweichverkehr) flankiert wird?

1.6 Prognosen des NO₂-Jahresmittelwerts

- Welcher Jahresmittelwert wird im Jahr 2020 an der Messstelle Mühlacker, Stuttgarter Straße erreicht sein?
- Wann wird der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ dort eingehalten sein?

Den Berechnungen sind folgende Ansätze zugrunde zu legen

- a) Verbot Durchgangsverkehr nach 1.1,
- b) Verbot Durchgangsverkehr nach 1.1 und Tempo 30 nach 1.2
- c) Verbot Durchgangsverkehr 1.1, Tempo 30 1.2 und Verkehrsverstetigung 1.3
- d) Verbot Durchgangsverkehr 1.1 und Blaue Plakette 1.4 a
- e) Verbot Durchgangsverkehr 1.1 und Blaue Plakette 1.4 b
- f) Verbot Durchgangsverkehr 1.1 und Blaue Plakette 1.4 c
- g) Verbot Durchgangsverkehr 1.1, Tempo 30 1.2 und Blaue Plakette 1.4 a
- h) Verbot Durchgangsverkehr 1.1, Tempo 30 1.2, Verkehrsverstetigung 1.3 und Blaue Plakette 1.4 a
- i) Verbot Durchgangsverkehr 1.1, Tempo 30 1.2, Verkehrsverstetigung 1.3 und Blaue Plakette 1.4 c
- j) Verbot Durchgangsverkehr nach 1.1 und Verbot Durchgangsverkehr nach 1.5

2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen

Im Rahmen der vorliegenden lufthygienischen Untersuchung ist die Luftschadstoffbelastung hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit zu bewerten. Für die Beurteilung der Immissionen sind die entsprechenden Beurteilungswerte nach der 39. BImSchV [18] maßgebend. Die 39. BImSchV ist Teil der Umsetzung der von der Europäischen Union vorgegebenen Luftqualitätsrichtlinien [21] in deutsches Recht.

Gemäß der Aufgabenstellung werden in der vorliegenden Untersuchung die v. a. vom Straßenverkehr emittierten Schadstoffe Stickoxide NO_x (Summe aus NO und NO_2) und NO_2 behandelt. Die zum Schutz der menschlichen Gesundheit maßgeblichen Grenzwerte der o. g. Leitsubstanzen sind in der Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2. NO_2 -Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach 39. BImSchV [18].

Schadstoffkomponente Bezugszeitraum	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Zulässige Überschreitungen im Kalenderjahr
Stickstoffdioxid NO_2		
Jahresmittel	40	-
Stundenmittel	200	18

3 Örtliche Gegebenheiten

3.1 Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße in Mühlacker

Mühlacker ist Große Kreisstadt des Enzkreises im Nordwesten Baden-Württembergs. Mühlacker liegt etwa zwölf Kilometer nordöstlich von Pforzheim (Abbildung 1). Das Gebiet von Mühlacker ist geprägt durch die Enz, einem Nebenfluss des Neckars. Mühlacker ist die größte Stadt des Enzkreises. Der Enzkreis umschließt die Stadt Pforzheim und gehört zur Region Nordschwarzwald. Im Enzkreis dominieren vier verschiedene Landschaftsformen. Der Nordwesten gehört zum Kraichgau, daran östlich grenzt der Stromberg an, gefolgt vom Heckengäu. Im Südwesten des Enzkreises beginnt der Nordschwarzwald. Das Stadtzentrum von Mühlacker liegt auf einer geodätischen Höhe von ca. 240 m NHN.

Am Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße in Mühlacker liegt ein von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) betriebener Messstandort der sogenannten „Spotmessungen“ [13]. Abbildung 2 zeigt auf einer Überblickskarte die Lage der Messstelle Stuttgarter Straße in Mühlacker. Die breite, zweispurige Durchgangsstraße ist Teil der Bundesstraße 10. Abbildung 3 zeigt die Lage der Messstelle im Katasterplan und im Luftbild der Stuttgarter Straße. In Abbildung 4 ist die Messvorrichtung und die verkehrliche Situation zu sehen. Auf beiden Straßenseiten gibt es lockere Bebauung mit bis zu drei Stockwerken. Im Bereich der Messstelle hat die Straße eine Längsneigung von 6,2 % [15].

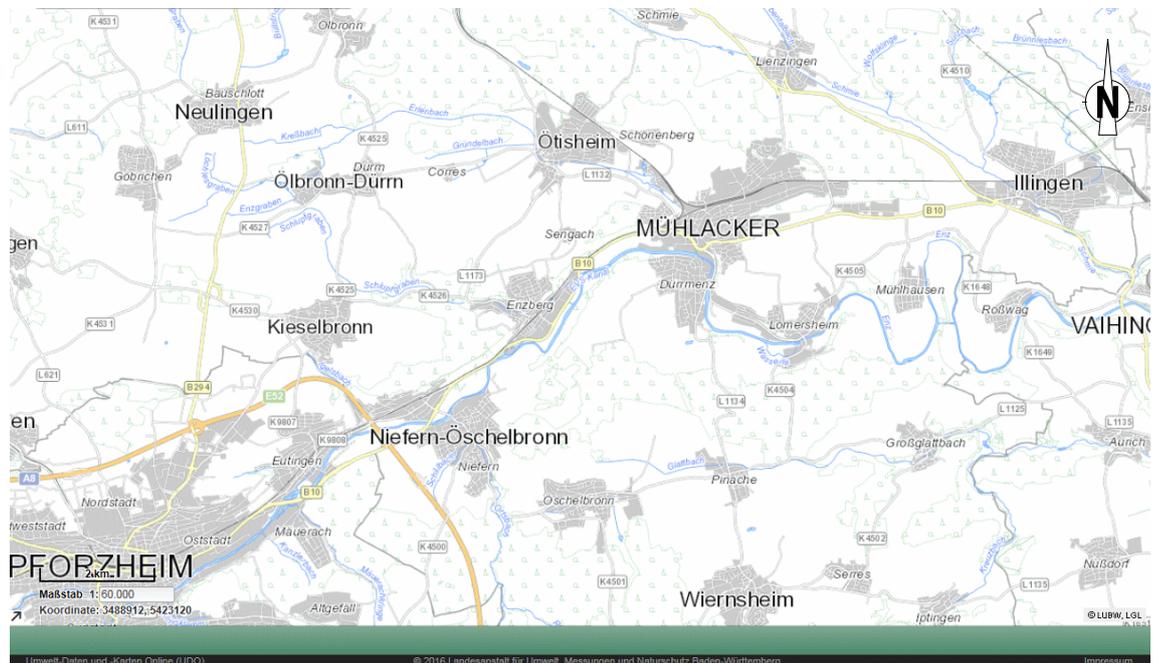


Abbildung 1. Lage des Untersuchungsgebiets Mühlacker [26].

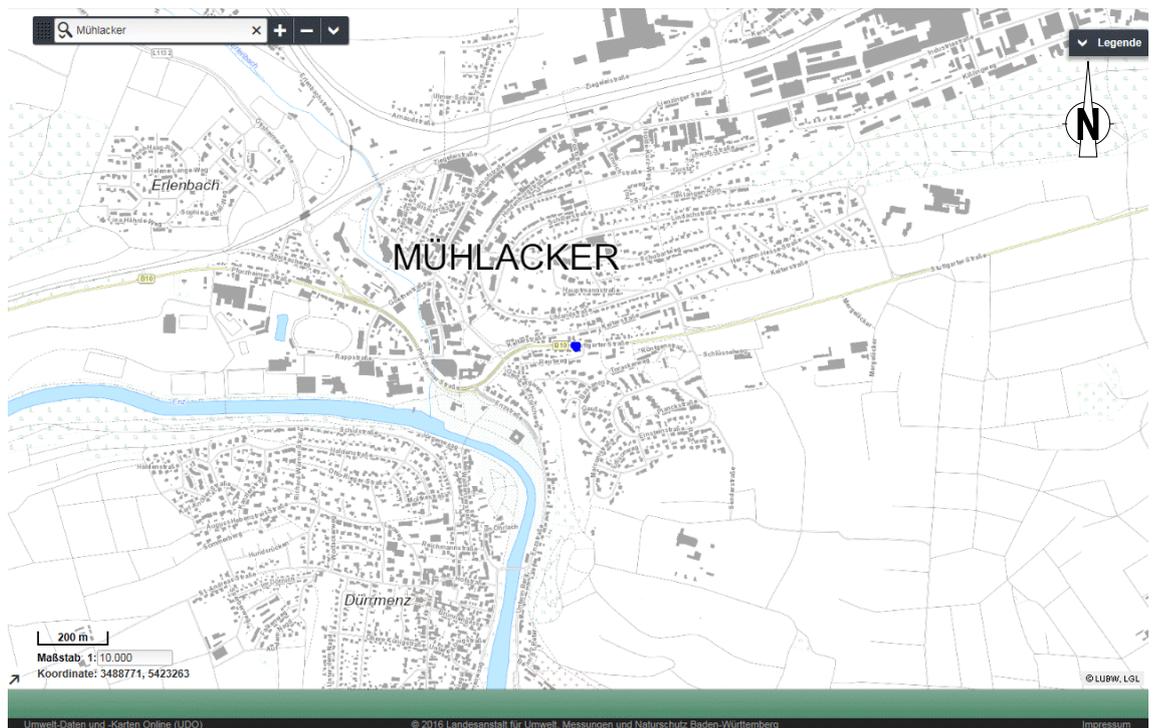


Abbildung 2. Lage der Messstelle (blauer Punkt) Stuttgarter Straße in Mühlacker [26].

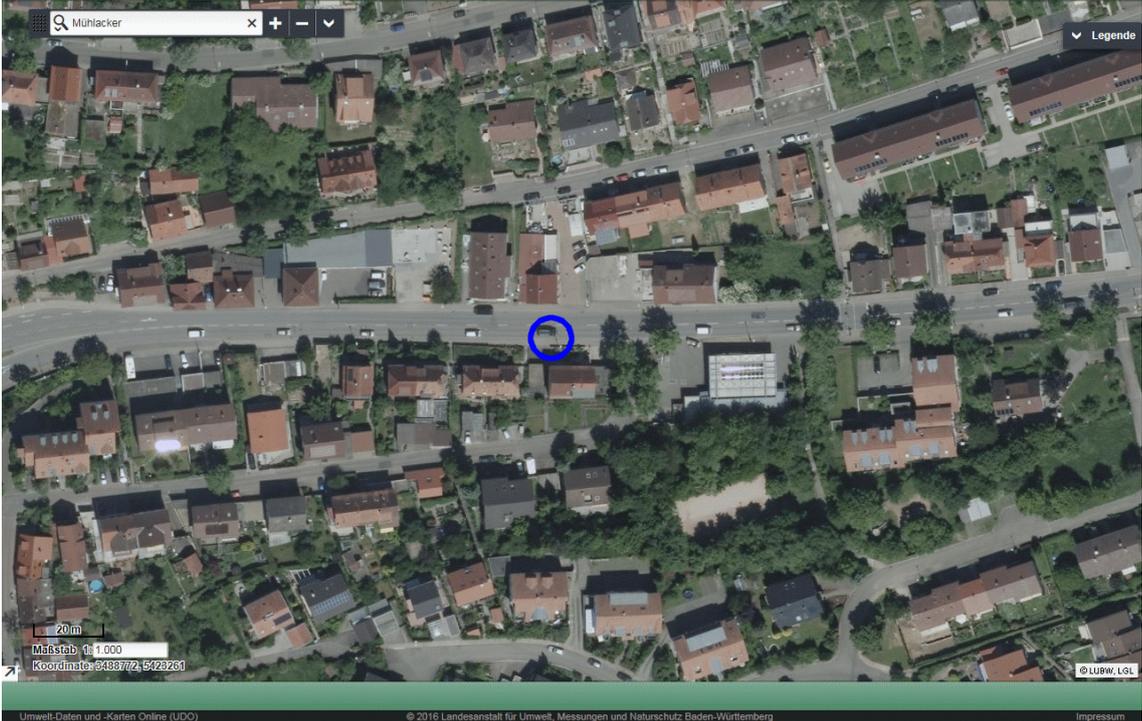
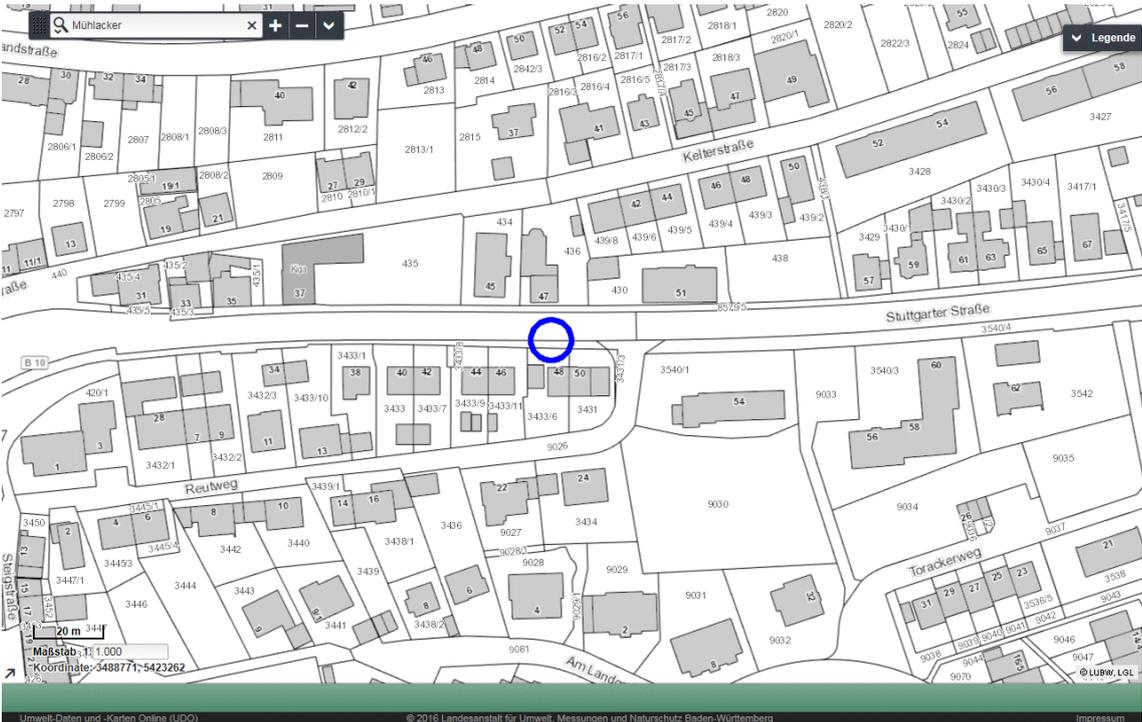


Abbildung 3. Messort Stuttgarter Straße, Flurkarte (oben) und Luftbild (unten) [26].

S:\mproj\124\m\124\143\m\124\143_01_ber_5d.DOCX:27. 03. 2017



Abbildung 4. Blick Richtung Westen in die Stuttgarter Straße in Mühlacker, etwa 50 m östlich der Messtelle (oben) und auf Höhe der Messtelle (unten) [19].

3.2 Luftschadstoffmesswerte Stuttgarter Straße in Mühlacker

Die Ergebnisse der am Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße in Mühlacker von der LUBW durchgeführten „Spotmessungen“ [13] sind für die veröffentlichten letzten sieben Jahre in der Tabelle 3 angegeben. Der Messpunkt wird stark von den Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs beaufschlagt. Der Grenzwert für den NO₂-Jahresmittelwert der 39. BImSchV von 40 µg/m³ wird nach wie vor überschritten.

Tabelle 3. NO₂-Immissionsmessungen der LUBW in Mühlacker Stuttgarter Straße [13].

Station	Jahr	NO ₂ Jahresmittelwert	Anzahl NO ₂ 1h-MW
		in µg/m ³	>200 µg/m ³
Mühlacker	2010	62	--
Stuttgarter Straße	2011	61	--
	2012	59	--
	2013	56	--
	2014	53	--
	2015	54	--
	2016	49	--

Im Grundlagenband 2014 zu den Luftreinhalteplänen für Baden-Württemberg [15] wird eine Ursachenanalyse für die NO₂-Belastung (Bezugsjahr 2013) am Messpunkt Stuttgarter Straße in Mühlacker beschrieben. Demnach *beträgt der Anteil des großräumigen Hintergrundes 11 %. Die Quellengruppe Kleine und Mittlere Feuerungsanlagen hat insgesamt einen Anteil von 38 % am NO₂-Jahresmittelwert. Die Quellengruppen Industrie, Offroad-Verkehr und Sonstige Technische Einrichtungen tragen zusammen 11 % zum Jahresmittelwert bei. Die Beiträge des Straßenverkehrs am Messwert liegen zusammen bei 40 %* (Zitat aus [15]). Dabei trägt der umliegende Straßenverkehr ohne den Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße bereits 10 % zum NO₂-Jahresmittelwert bei. Eine Aktualisierung der „Ursachenanalyse NO₂ für den Spotmesspunkt Mühlacker Stuttgarter Straße für das Jahr 2014“ durch die LUBW [27] weist demgegenüber einen etwas höheren NO₂-Anteil von 11 % für den umliegenden Straßenverkehr aus.

Die neueste Ursachenanalyse NO₂ für den Spotmesspunkt Mühlacker Stuttgarter Straße im Grundlagenband für das Jahr 2015 durch die LUBW [28] weist folgende Anteile der Quellengruppen zum NO₂-Jahresmittelwert aus:

- *großräumiger Hintergrund 11 %*
- *Kleine und Mittlere Feuerungsanlagen 27 %*
- *Industrie, Offroad-Verkehr und Sonstige Technische Einrichtungen 11 %*
- *Beiträge des Straßenverkehrs insgesamt 51 %,*
- *davon umliegender Straßenverkehr ohne Untersuchungsabschnitt 11 %*

4 Technische Grundlagen

4.1 Rechenverfahren

Da die in Abschnitt 1 genannten Ansätze/Maßnahmen jeweils nur die Emissionen beeinflussen, sind in allen Untersuchungsfällen die Ausbreitungsbedingungen identisch. Es wurde ein vereinfachtes Ausbreitungsmodell angewendet, dessen Eignung anhand eines Vergleichs mit Messwerten überprüft wurde. Die Immissionsprognosen werden mit einem Screeningverfahren gemäß Richtlinie VDI 3783 Blatt 14 [23] durchgeführt. Die Berechnung der Luftschadstoffkonzentrationen in den betrachteten Straßenabschnitten erfolgt mittels des Rechenprogramms IMMIS-Em/Luft Version 6.1 [12].

IMMIS-Em/Luft oder IMMIS^{em/luft5} ist ein Screening-Programm zur Bestimmung der Luftschadstoff-Emissionen und -Immissionen in Innenstädten. IMMIS^{em/luft} integriert die Modelle IMMIS^{em} für die Berechnung der Emissionen und IMMIS^{luft} zur Berechnung der Immissionen. IMMIS^{em/luft} berechnet die durch Kraftfahrzeuge erzeugten Emissionen und modelliert die Ausbreitung der Luftschadstoffe im Straßenraum. Die Ausbreitungsmodellierung beruht auf dem Canyon-Plume-Box-Modell (CPB-Modell) für Straßenschluchten und einem Box-Modell für offene Bebauungen⁶. Dem Rechenverfahren sind eine 10-Jahres-Klimatologie des DWD, sowie ein Satz von Tages- Wochen- und Jahregängen hinterlegt. [10].

IMMS^{em/luft} erlaubt die Berechnung der lokalen verkehrsbedingten Zusatzbelastung in einer innerstädtischen Straße in Abhängigkeit von der Straßenraumgeometrie sowie der Porosität und Höhe der Straßenrandbebauung. Die Porosität ist ein Maß für die Geschlossenheit der Randbebauung. Die dabei eingehenden Emissionen der Straße werden unter Berücksichtigung der Verkehrsmengen und Emissionsfaktoren für unterschiedliche Verkehrssituationen nach HBEFA [8] unter Berücksichtigung einer lokalen Fahrzeugflotte vom internen Emissionsmodul berechnet.

Die Ermittlung der Luftschadstoffimmission (Gesamtbelastung) erfolgt programmintern durch Überlagerung der lokalen Zusatzbelastung in der Straße und der lokalen Hintergrundbelastung.

In IMMIS^{em/luft} sind Startzuschläge für Fahrzeuge mit nicht betriebswarmen Motoren nach HBEFA 3.2 implementiert, die den „warmen“ Emissionsfaktoren aufaddiert werden. Die Startzuschläge liegen in HBEFA 3.2 nur für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge vor. Für Busse und schwere Nutzfahrzeuge stehen keine Startzuschläge zur Verfügung und konnten damit auch nicht berücksichtigt werden.

Die Bestimmung der Anteile der Level of Service⁷ (LOS) wurde programmintern unter Angabe der stündlichen Kapazität für den Straßenabschnitt ermittelt.

⁵ Programmbezeichnung laut Handbuch

⁶ „Vereinfachte 2-D-Modellierung“ gemäß Richtlinie VDI 3783 Blatt 14 [23]

⁷ Level of Service (LOS) dienen zur Abbildung von Verkehrsqualitäten (freier, dichter, gesättigter Verkehrsfluss und Stau) und sind Bestandteil der Definition von Verkehrssituationen nach HBEFA [9].

Im Anhang A der 39. BImSchV [18] sind Datenqualitätsziele für die Luftqualitätsbeurteilung definiert. Demnach sind bei Modellrechnungen für NO₂ und NO_x Unsicherheiten von maximal 30 % zulässig. Die Unsicherheit von Modellrechnungen ist nach 39. BImSchV definiert als die maximale Abweichung der berechneten Konzentrationswerte vom Messwert in % bezogen auf den Grenzwert.

Um die angewandte Methodik zu validieren, wurden für die Bezugsjahre 2014, 2015 und 2016 Immissionsprognosen mit IMMIS^{em/luft} für den Untersuchungsabschnitt durchgeführt und das Ergebnis mit dem Messwert der LUBW-Messstation verglichen. Die in IMMIS^{em/luft} angesetzten Parameter sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4. Parameter zur Emissions- und Immissionsberechnung mit IMMIS^{em/luft}.

Straßentyp		Verkehrssituation	Längsneigung	Verkehrsqualität				Bebauung		
TYP_LAGE	TYP_GANG			LOS1	LOS2	LOS3	LOS4	Porosität	Breite	Höhe
				in %					in m	
radial	doublepeak	Lhvs50	6,2%	2,4	52,6	28,1	16,9	45	19	12

Die in Tabelle 5 aufgeführten Abweichungen der prognostizierten Jahresmittelwerte von den gemessenen NO₂-Jahresmittelwerten liegen zwischen +1 % und -4 % und damit unter der zulässigen Unsicherheitsmarge. Die Datenqualitätsziele nach 39. BImSchV werden erfüllt.

Tabelle 5. Vergleich der Immissionsprognosen 2014, 2015 und 2016 mit LUBW-Messwerten [13].

Bezugsjahr	NO ₂ -Jahresmittelwert in µg/m ³		Differenz Prognose zu Messung bezogen auf Grenzwert
	Immissionsprognose	Messwert	
2014	53,1	53	0%
2015	52,2	54	-4%
2016	49,3	49	1%
Grenzwert	40 µg/m ³		

4.2 Verkehrsmengen

Die Verkehrszählraten der Jahre 2007 bis 2014 für den zu untersuchenden Straßenabschnitt Stuttgarter Straße in Mühlacker wurden für die vorliegenden Berechnungen von der LUBW zur Verfügung gestellt [30]. Die Verkehrsdaten für die Prognosejahre wurden unter Ansatz einer jährlichen Zunahme der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke von 1 % ermittelt.

Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zGG) > 12 t. Es ist sicher realistisch, von einem Befolgungsgrad unter 100% auszugehen. Zudem sind vom Durch-

fahrtsverbot nicht alle Lkw > 12 t zGG betroffen, der Gesetzgeber hat einige Ausnahmen festgelegt. Wie in Abschnitt 5.2 dargelegt, ist auf der Stuttgarter Straße mit einer Maut bedingten Verkehrsverlagerung von 150 bis 250 Lkw > 12 t zGG pro Werktag zu rechnen. Für die Jahre 2016 und folgende wird als Basis für die Berechnungen angenommen, dass der untere Wert von 150 Lkw > 12 t zGG pro Tag die wegen des Durchfahrtsverbots wegfallenden Lkw beschreibt.

Die angesetzten durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken DTV in Kfz/24h, die Anteile des Schwerverkehrs zGG > 3,5 t (SNF) und der leichten Nutzfahrzeuge zGG > 2,8 t und < 3,5 t (LNF) sind in der Tabelle 6 angegeben.

Tabelle 6. Verkehrsmengen Stuttgarter Straße in Mühlacker [30].

Bezugsjahr	DTV [Kfz/24h]	SNF-Anteil % / 24h	LNF-Anteil % / 24h
2013	14.656	6,0%	3,5%
2014	14.805	5,4%	3,4%
2015	14.950	6,0%	3,5%
2016	15.100	5,0%	3,5%
2017	15.250	5,0%	3,5%
2019	15.560	5,1%	3,5%
2020	15.720	5,1%	3,5%

4.3 Flottenzusammensetzung

Für die Emissionsprognosen wurden von der LUBW die Zulassungszahlen des Enzkreises differenziert nach Schadstoffklassen zur Verfügung gestellt [30]. Die Zulassungszahlen liegen für Personenkraftwagen (PKW) und für leichte Nutzfahrzeuge (LNF) vor. Die Angaben zur statischen Fahrzeugzusammensetzung (Kfz-Melbestand) im Enzkreis sind in der Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 7. Kfz-Zulassungsstatistik und Prognosen nach Schadstoffklassen für den Enzkreis, geliefert von LUBW [30].

Antriebsart	Abgasnorm	PKW	LNF								
		01.01.2015	01.01.2015	01.01.2016	01.01.2016	01.01.2017	01.01.2017	01.01.2019	01.01.2019	01.01.2020	01.01.2020
Ottomotor	B_Euro0	2,4%	2,0%	2,0%	1,6%	1,7%	1,2%	1,2%	0,5%	1,1%	0,2%
Ottomotor	B_Euro1	1,4%	0,5%	1,2%	0,4%	1,0%	0,3%	0,8%	0,1%	0,7%	0,0%
Ottomotor	B_Euro2	5,2%	0,7%	4,5%	0,6%	3,9%	0,4%	3,0%	0,1%	2,6%	0,0%
Ottomotor	B_Euro3	11,8%	0,8%	10,4%	0,8%	9,0%	0,6%	6,8%	0,3%	6,0%	0,2%
Ottomotor	B_Euro4	30,8%	1,8%	28,6%	2,2%	26,2%	2,0%	21,4%	1,5%	19,1%	1,3%
Ottomotor	B_Euro5	16,3%	0,9%	17,2%	1,2%	16,6%	1,2%	15,2%	1,0%	14,3%	0,9%
Ottomotor	B_Euro6	1,3%	0,0%	4,1%	0,5%	8,0%	1,2%	15,4%	2,5%	18,7%	2,8%
Dieselmotor	D_Euro0	0,2%	2,7%	0,2%	6,0%	0,2%	4,3%	0,1%	1,7%	0,1%	0,6%
Dieselmotor	D_Euro1	0,1%	2,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Dieselmotor	D_Euro2	0,8%	4,1%	0,6%	11,9%	0,6%	9,3%	0,5%	4,8%	0,4%	3,0%
Dieselmotor	D_Euro3	5,4%	16,3%	4,8%	30,9%	4,2%	27,3%	3,1%	21,0%	2,7%	18,2%
Dieselmotor	D_Euro4	11,6%	34,6%	10,7%	41,3%	10,0%	44,9%	8,3%	38,2%	7,5%	34,7%
Dieselmotor	D_Euro5	11,9%	33,3%	12,8%	2,3%	12,4%	6,9%	11,4%	17,0%	10,8%	16,5%
Dieselmotor	D_Euro6	0,7%	0,2%	2,8%	0,1%	6,3%	0,4%	12,9%	11,3%	16,0%	21,5%
	Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

S:\m\proj\124\m124\m124\143\01_ber_5d.DOCX:27. 03. 2017

Die auf dem Straßenabschnitt fahrende Fahrzeugflotte ist aus dem Kfz-Meldebestand abzuleiten. Dazu ist eine Korrektur der „statischen“ Häufigkeiten der Schadstoffklassen aus den Zulassungsdaten in „dynamische“ Fahrleistungsanteile vorzunehmen, da z. B. die mittleren Fahrleistungen pro Jahr von Diesel-Pkw höher sind als die von Otto-Pkw. Die Korrekturen wurden für alle Fahrzeugschichten entsprechend den im HBEFA 3.2 angegebenen Verhältnissen zwischen statischen Häufigkeiten und dynamischen Fahrleistungsanteilen angesetzt, die auf umfangreichen Kennzeichenauswertungen sowie Auswertungen der bundesweiten Fahrleistungserhebungen basieren [8].

Die derart aus der statischen Fahrzeugzusammensetzung (Tabelle 7) unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Jahresfahrleistungen ermittelten dynamischen Fahrzeugflotten für PKW und LNF für die Prognosejahre sind in Tabelle 8 angegeben. Sie wurden bei den Emissionsberechnungen angesetzt. Für die anderen Fahrzeugarten - insbesondere SNF - wurden bei den Berechnungen die Fahrzeugflotten nach HBEFA 3.2 angesetzt. Für die Emissionsberechnungen wurden zudem jeweils die Änderungen der Flotte aufgrund der Fahrverbote (z. B. Umweltzone, Durchfahrtsverbot SNF >12 t) berücksichtigt.

Tabelle 8. Fahrleistungsanteile nach Schadstoffklassen Enzkreis.

Antriebsart	Abgasnorm	PKW	LNF								
		01.01.2015	01.01.2015	01.01.2016	01.01.2016	01.01.2017	01.01.2017	01.01.2019	01.01.2019	01.01.2020	01.01.2020
Ottomotor	B_Euro0	1,1%	0,7%	0,9%	0,7%	0,7%	0,5%	0,5%	0,2%	0,4%	0,1%
Ottomotor	B_Euro1	0,7%	0,2%	0,6%	0,2%	0,5%	0,1%	0,3%	0,0%	0,3%	0,0%
Ottomotor	B_Euro2	3,1%	0,3%	2,6%	0,3%	2,2%	0,2%	1,5%	0,0%	1,3%	0,0%
Ottomotor	B_Euro3	8,0%	0,5%	6,7%	0,7%	5,6%	0,5%	3,9%	0,2%	3,6%	0,1%
Ottomotor	B_Euro4	24,9%	1,5%	22,3%	2,3%	19,6%	1,9%	14,9%	1,2%	13,5%	0,9%
Ottomotor	B_Euro5	15,3%	1,1%	15,8%	1,9%	14,8%	1,7%	12,6%	1,1%	11,3%	0,8%
Ottomotor	B_Euro6	1,2%	0,0%	3,8%	0,8%	7,5%	2,0%	14,0%	3,6%	15,0%	3,8%
Dieselmotor	D_Euro0	0,1%	0,9%	0,1%	2,4%	0,0%	1,7%	0,0%	0,6%	0,0%	0,2%
Dieselmotor	D_Euro1	0,1%	1,1%	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Dieselmotor	D_Euro2	0,8%	2,6%	0,7%	9,7%	0,6%	7,4%	0,4%	3,3%	0,3%	1,8%
Dieselmotor	D_Euro3	5,9%	12,1%	5,0%	28,6%	4,3%	24,4%	3,1%	16,5%	2,4%	13,2%
Dieselmotor	D_Euro4	15,5%	34,1%	13,7%	48,4%	11,9%	48,0%	8,9%	33,8%	8,2%	28,4%
Dieselmotor	D_Euro5	21,7%	44,7%	22,0%	3,8%	19,8%	10,9%	15,8%	21,0%	16,1%	17,7%
Dieselmotor	D_Euro6	1,5%	0,3%	5,7%	0,1%	12,5%	0,8%	23,9%	18,5%	27,6%	33,0%
	Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

4.4 Vorbelastung

Die lokale Hintergrundbelastung wurde entsprechend den Angaben im Grundlagenband 2014 für die Luftreinhaltepläne Baden-Württemberg [15], in der Aktualisierung der Ursachenanalyse für die Spotmessstelle Mühlacker Stuttgarter Straße für das Jahr 2014 [27] und im Grundlagenband 2015 für die Luftreinhaltepläne Baden-Württemberg [28], Ozonmessdaten der LUBW [13] und dem statistischen Zusammenhang von NO_x und NO_2 [10] wie folgt angesetzt:

für das Jahr 2014

- NO_2 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- NO_x 73 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Ozon 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

für das Jahr 2015

- NO_2 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- NO_x 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Ozon 39 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Die Hintergrundbelastung für die folgenden Prognosejahre wurde jeweils ohne Minderung gleich wie für das Jahr 2015 angesetzt. Ein möglicher zeitlicher Trend sinkender Hintergrundbelastung wurde nicht berücksichtigt, da aus den vorliegenden Informationen kein belastbarer Ansatz für die zeitliche Entwicklung der Hintergrundbelastung abgeleitet werden konnte.

4.5 Meteorologische Daten

Zur Berücksichtigung der meteorologischen Bedingungen geht als wesentliche Eingangsgröße in die $\text{IMMIS}^{\text{em/luft}}$ -Berechnungen die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit in die Berechnungen ein. Für das Untersuchungsgebiet liegt eine synthetische Ausbreitungsklassenstatistik [17] vor. Demnach beträgt die mittlere Windgeschwindigkeit 2,1 m/s in der Messhöhe von 10 m über Grund.

5 Ergebnisse

5.1 Methodik

Die am Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße in Mühlacker zu erwartenden Emissionen und Immissionen wurden rechnerisch anhand des Screeningverfahrens IMMIS^{em/luft} [12] ermittelt. Die Emissionen des Kfz-Verkehrs auf den betrachteten Straßenabschnitten wurden anhand der Verkehrszählenden (4.2) und der für die Prognosejahre für den Enzkreis ermittelten Fahrzeugflottenzusammensetzung (4.3) berechnet.

Die lokale Vorbelastung wurde nach Angaben des Grundlagenbands 2015 zu den Luftreinhalteplänen Baden-Württemberg [28] und auf Basis von Messdaten der LUBW [13] angesetzt (4.4). Der NO₂-Beitrag des lokalen Verkehrs wurde mit dem in IMMIS^{em/luft} [12] integrierten Photochemieansatz (u. a. unter Berücksichtigung der Ozonkonzentration) ermittelt.

Auf der Grundlage der IMMIS^{em/luft}-Berechnungen wurden die Immissionsminderungen für NO₂ quantifiziert. Dabei wurde neben den direkten Emissionen von NO₂ dessen photochemische Bildung berücksichtigt.

5.2 Einfluss Mautausweichverkehr

Die Maut bedingte Verkehrsverlagerung auf die Stuttgarter Straße in Mühlacker wird in der Bundestagsdrucksache 17/12028 [3] mit „150 bis 250 Lkw > 12 t zGG pro Werktag“ ausgewiesen. Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für Lkw > 12 t zGG.

Zur Ermittlung des Einflusses des Mautausweichverkehrs werden die beiden o. g. Werte als untere und obere Grenze für den durch das Verbot im Jahr 2016 weggefallenen Durchgangsverkehr von Lkw > 12 t zGG angesetzt. Dabei wird von einer 100 %igen Befolgung des Durchfahrtsverbots ausgegangen. Die damit für das Jahr 2016 abgeleiteten Verkehrsmengen auf der Stuttgarter Straße sind in Tabelle 9 angegeben.

Der Mautausweichverkehr von SNF mit zGG \geq 12 t beeinflusst die SNF-Flotte. Dies wurde durch entsprechend korrigierte Flottenzusammensetzungen berücksichtigt. Etwa 61 % der Fahrleistung der SNF auf Innerortsstraßen wird von SNF mit zGG > 12 t erbracht. Der Mautausweichverkehr von 150 bis 250 SNF mit zGG \geq 12 t erhöht deren Anteil auf etwa 66 bis 69 % der Fahrleistung.

Tabelle 9. Verkehrsdaten Stuttgarter Straße im Jahr 2016 mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und mit zusätzlichen SNF durch Mautausweichverkehr.

Bezugsjahr	DTV [Kfz/24h]	SNF-Anteil % / 24h	LNF-Anteil % / 24h
2016	15.100	5,0%	3,5%
2016 plus 150 SNF>12t	15.250	5,9%	3,5%
2016 plus 250 SNF>12t	15.350	6,5%	3,4%

Die mit $\text{IMMIS}^{\text{em/luft}}$ auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 10 angegeben. Nach den Berechnungen wären ohne das Durchfahrtsverbot für Lkw > 12 t zGG die NO_2 -Immissionen am Untersuchungsabschnitt je nach Ansatz des Mautausweichverkehrs um $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höher. Die Minderung der Immission durch das Durchfahrtsverbots für Lkw > 12 t zGG reicht alleine nicht aus, um die Einhaltung des NO_2 -Grenzwertes zu gewährleisten.

Tabelle 10. NO_2 -Immissionen im Jahr 2016 mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und mit zusätzlichen SNF durch Mautausweichverkehr (untere und obere Marge).⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO_2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO_2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
B10_2016	49	
2016 plus 150 SNF>12t	50	0,6
2016 plus 250 SNF>12t	50	0,8
Grenzwert	40	

5.3 Geschwindigkeitsbegrenzung 30 km/h

Die Auswirkung der Einführung einer Geschwindigkeitsbegrenzung auf der B 10 im Abschnitt Stuttgarter Straße auf 30 km/h (Tempo 30) wurde im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans 2010 auf der Grundlage des HBEFA 3.1 [8] ermittelt. Es wurden für PKW für die Fahrten bei simuliertem Tempo 30 bergauf Richtung Osten eine Minderung der NO_x -Emissionen von 17,6 % und für die Fahrten bei simuliertem Tempo 30 bergab Richtung Westen eine Minderung der NO_x -Emissionen von 6,6 % im Vergleich zu Tempo 50 ermittelt. Die Emissionen wurden im Jahr 2009 für eine Fahrzeugflotte des Bezugsjahres 2010 mit dem Modell PHEM der Technischen Universität Graz berechnet [4].

Das Modell PHEM basiert auf umfangreichen Emissionskennfeldern einzelner Fahrzeugschichten, die es ermöglichen, das individuelle Fahrverhalten zu simulieren und emissionsseitig zu berechnen. Die damals verwendeten Emissionskennfelder sind die gleichen Basisdaten, die zur Ableitung der Emissionsfaktoren des HBEFA 3.1 aus dem Jahr 2010 [8] verwendet wurden. Damals lagen für die Euro 5 und Euro 6 Fahrzeuge noch keine statistisch aussagekräftigen Emissionsmessungen vor.

Für die vorliegende Untersuchung wurden mit den damaligen Fahrkurven die PHEM-Berechnungen aktualisiert [20]. Die Ergebnisse der neuen PHEM-Berechnungen, die für jede Fahrkurve pro Fahrzeugschicht vorliegen, wurden zu mittleren Emissionsfaktoren pro Fahrzeugschicht aggregiert. Hierfür wurden zunächst pro Fahrzeugschicht die Emissionen jeder Fahrkurve addiert und auf die Streckenlänge bezogen, um den

⁸ Nach den Rundungsregeln für die Bestimmung des Immissionswertes nach 39. BImSchV [18] kann die ermittelte Immissionsminderung von der Differenz der beiden Immissionswerte abweichen.

Emissionsfaktor in g/km pro Fahrkurve zu berechnen. Anschließend wurden pro Fahrzeugschicht diese Emissionsfaktoren über alle Fahrkurven einer Fahrtengruppe gemittelt. Im Ergebnis liegen Emissionsfaktoren für die einzelnen Fahrzeugschichten für die Situation Tempo 50 und Tempo 30 an der Stuttgarter Straße vor.

Die Emissionsfaktoren für die einzelnen Fahrzeugschichten wurden mit der Fahrzeugflotte des Enzkreises mit Stand vom 01.01.2017 gewichtet. Bei der für die vorliegende Studie durchgeführten Neuberechnung wurden im Mittel für PKW für die Fahrten bergauf Richtung Osten eine Minderung der NO_x-Emissionen von 13 % und für die Fahrten bergab Richtung Westen eine Erhöhung der NO_x-Emissionen von fast 5 % ermittelt. Die Zunahme der NO_x-Emissionen bergab (im Gegensatz zu der o. a. Studie aus dem Jahr 2010 [4]) ist auf das Emissionsverhalten der Euro 5 und Euro 6 Fahrzeuge zurückzuführen.

Bei den leichten Nutzfahrzeugen betragen die Änderungen der NO_x-Emissionen bei Tempo 30 bergauf -15 % und bergab -2 %. Die schweren Nutzfahrzeuge emittieren bei Tempo 30 bergauf 15 % mehr und bergab 32 % weniger NO_x als bei Tempo 50. Die aktuellen Ergebnisse weichen von denen der o. g. Studie aus dem Jahr 2010 [4] ab. Die Unterschiede sind wie bei den PKW v. a. auf das Emissionsverhalten der Euro 5 und Euro 6 Fahrzeuge zurückzuführen, für das in PHEM mittlerweile Werte aus ausreichend vielen Emissionsmessungen vorliegen.

Die Minderung der NO_x- und NO₂-Emissionsfaktoren, die auf Basis der Messfahrten und PHEM Berechnungen ermittelt worden sind, wurden bei der Berechnung der NO_x- und NO₂-Jahresemissionen für die Verkehrszustände mit Fahrgeschwindigkeiten größer 30 km/h (LOS1, LOS2 und LOS3) eingesetzt.

In Tabelle 11 sind die für das Jahr 2017 am Untersuchungsabschnitt ermittelten Immissionen im Bestand bei Tempo 50 „B10_2017“ und im fiktiven Fall bei Tempo 30 entsprechend den o. g. Minderungen wiedergegeben. Die anhand der Ergebnisse ermittelte NO₂-Immissionsänderung bei Einführung von Tempo 30 im Vergleich zum Bestand beträgt unter nachfolgenden Annahmen 0,6 µg/m³.

Dabei sind die o. g. mittleren Emissionsminderungen zugrunde gelegt, d. h. es wurde angenommen, dass der Befolgungsgrad für Tempo 30 bei 100 % liegt und die in [4] aufgenommenen Fahrkurven bei „Tempo 30 fiktiv“ den tatsächlichen Fahrkurven bei Tempo 30 entsprechen.

Die Minderung der Immission reicht alleine nicht aus, um die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten.

Tabelle 11. Immissionen im Jahr 2017 im Bestand „B10_2017“ und bei Tempo 30.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2017	49	
Tempo 30	48	-0,6
Grenzwert	40	

5.4 Verkehrsverstetigung

5.4.1 Koordinierung der Ampelanlagen Einmündung Hindenburgstraße mit Einmündung Uhlandstraße für den nach Osten fließenden Verkehr

Die Auswirkung von Verbesserungen im Bereich der Verkehrsverstetigung an der Stuttgarter Straße zum 1.1.2017 auf die NO₂-Immissionen sollen untersucht werden. Die Verkehrsverstetigung soll durch Koordinierung der Ampelanlagen Einmündung Hindenburgstraße mit Einmündung Uhlandstraße für den nach Osten fließenden Verkehr erreicht werden.

In einem Forschungsprojekt der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) wurden von der Ruhr-Universität Bochum anhand realer Fälle adaptive Steuerungen von Lichtsignalanlagen für städtische Hauptverkehrsstraßen mit konventionellen Steuerungen verglichen [29]. In einem ersten Schritt wurden 10 real vorhandene koordinierte Steuerungen analysiert und auf Verbesserungsmöglichkeiten hin untersucht. Es zeigte sich, auf der Basis mikroskopischer Verkehrssimulationen, dass die Verkehrsqualität durch Optimierungstechniken verbessert werden kann [1]. Für einige der untersuchten Streckenzüge wurden an die Verkehrssimulationen anschließende Emissionsberechnungen mit PHEM [20] durchgeführt. Für den Albersloher Weg in Münster wurde abgeschätzt, dass die NO_x-Emissionen durch die adaptive Steuerung um 2 % bis 4 % verringert werden könnten [1]. Vergleichbare Berechnungen für den Innenstadtbereich von Münster haben keine vergleichbaren Erfolge erbracht. Auch für die Bismarckstraße in Remscheid wurden keine Minderungen ermittelt. Es ergaben sich vielmehr Verschlechterungen durch die adaptive LSA-Steuerung im Ausstoß von Stickstoffoxiden von bis zu 3 % [29]. Fazit der Studie ist dennoch u. a.: *„Wenn verkehrstechnische Verbesserungen erreicht werden, stellen sich auch ökologisch positive Wirkungen (d. h. Verringerungen) ein. In Prozent gemessen sind diese ökologischen Wirkungen geringer als die verkehrlichen Wirkungen.“*

Nach Meinung der Autoren ist vor allem die betrachtete Anzahl der Fälle nicht ausreichend, um aus wissenschaftlicher Sicht gesicherte Ergebnisse festzustellen. Unter günstigen Rahmenbedingungen und bei sorgfältiger Durchführung seien jedoch merkliche Verbesserungen des Verkehrsflusses sowie Verringerung der Emissionen durch eine adaptive Steuerung erreichbar [1].

Auf dieser Grundlage sind die für das Jahr 2017 am Untersuchungsabschnitt in Mühlacker ermittelten Immissionen im Bestand bei Tempo 50 „B10_2017“ und die bei den o. g. möglichen Emissionsminderungen von -2 % und -4 % in Tabelle 12 wiedergegeben. Die maximal mögliche NO₂-Immissionsänderung liegt bei -0,3 µg/m³ und ist unter den o. a. Vorbehalten einzuschätzen.

Selbst die o. g. maximale Minderung der Immission reicht alleine nicht aus, um die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten.

Tabelle 12. Immissionen im Jahr 2017 im Bestand „B10_2017“ und bei möglichen Minderungswirkungen von 2 % sowie 4 % durch LSA-Koordinierung.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2017	49	
2017_LSA-2%	48	-0,2
2017_LSA-4%	48	-0,3
Grenzwert	40	

5.4.2 Halteverbot entlang der Stuttgarter Straße

Zusätzlich ist die Auswirkung von Verbesserungen im Bereich der Verkehrsverstärkung an der Stuttgarter Straße bei Durchsetzung eines Halteverbots entlang der Stuttgarter Straße in Mühlacker zum 1.1.2017 auf die NO₂-Immissionen zu untersuchen.

Für die Hohenheimer Straße in Stuttgart wurde vor der Einführung von Tempo 40 die Parkzeitenregelung (absolutes Halteverbot in Spitzenzeiten und bis 21 Uhr) derart geändert, dass der rechte Fahrstreifen nicht mehr wie zuvor durch parkende Fahrzeuge blockiert wird. Etwa 3 Monate später wurde die Geschwindigkeit auf Tempo 40 begrenzt. Beide Maßnahmen im Rahmen der Luftreinhalteplanung wurden begleitend von der LUBW untersucht [24].

Die Auswertung der Stickstoffdioxidkonzentration an der Messstelle Hohenheimer Straße zeigt vom Jahr 2012 zum Jahr 2013 einen deutlichen Rückgang des NO₂-Jahresmittelwertes von 91 µg/m³ auf 80 µg/m³. Allein die Parkzeitenregelung reduzierte das gleitende 12-Monatsmittel des 50-Perzentils (Median⁹) der NO₂-Immissionen von 89 µg/m³ im August 2012 auf etwa 85 µg/m³ im November 2012, eine Minderung um 4 %. Zeitgleich stieg an der Station Stuttgart Am Neckartor das gleitende 12-Monatsmittel des 50-Perzentils (Median) der NO₂-Immissionen leicht an.

Die Durchsetzung eines absoluten Halteverbots in der Stuttgarter Straße wäre mit der o. g. Parkzeitenregelung in der Hohenheimer Straße in Stuttgart vergleichbar. Da die Situation an der Stuttgarter Straße jedoch nicht identisch mit der an der Hohenheimer Straße ist (u. a. trennt ein Mittelstreifen mit Straßenbahn die Fahrrichtungen), wird für die Stuttgarter Straße von einer geringeren Minderungswirkung ausgegangen.

Für die Ermittlung der möglichen Wirkung des Halteverbots wird die o. g. Minderung der NO₂-Immission um 4 % einmal zur Hälfte und einmal vollends angesetzt. Die danach durch die Einführung des Halteverbots im Jahr 2017 zu erwartenden Immissionen sind in Tabelle 13 angegeben.

⁹ Der hier verwendete Medianwert hat gegenüber dem arithmetischen Mittelwert den Vorteil, dass er von Extremwerten weniger stark beeinflusst wird [24].

Die mögliche Minderung des NO₂-Jahresmittelwertes am Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße kann maximal bis zu 1,9 µg/m³ erreichen. Die zu erwartende Minderung des NO₂-Jahresmittelwertes am Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße wird jedoch eher bei 1,0 µg/m³ und weniger liegen.

Die maximal mögliche Minderung der Immission reicht alleine nicht aus, um die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten.

Tabelle 13. Immissionen im Jahr 2017 im Bestand „B10_2017“ und bei möglicher Minderungswirkung durch Verkehrsverstetigung bei Einführung des absoluten Halteverbots.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2017	49	
Halteverbot -2%	48	-1,0
Halteverbot -4%	47	-1,9
Grenzwert	40	

5.5 Blaue Umweltplakette

Die Auswirkung von weiteren Einfahrverboten in die Umweltzone zum 1.1.2019 auf die NO₂-Immissionen an der Stuttgarter Straße soll untersucht werden. Ab dem 1.1.2019 sollen nur noch Fahrzeuge mit der blauen Plakette die Umweltzone befahren dürfen. Der blauen Plakette sind die Vorschläge zugrunde zu legen, die die Deutsche Umwelthilfe DUH in ihrem „Hintergrundpapier Einführung einer Blauen Plakette zur Minderung der NO₂-Belastung in Städten“ vom August 2014 [11] skizziert hat. Lediglich die dort aufgeführte Differenzierung bzgl. Direkteinspritzung bei Benzin-Pkw (Ottomotor) wird nach Vorgabe des Auftraggebers hier nicht zugrunde gelegt. Folgende Fahrzeuge dürfen die angedachte „blaue Umweltzone“ befahren:

- Benzin-Pkw ab Euro 3
- CNG/LPG-Fahrzeuge (auch Lkw und Busse) ab Euro 3
- alle E-Fahrzeuge ohne Verbrennungsmotor
- Diesel-Pkw, leichte und schwere Diesel-Nutzfahrzeuge und Busse ab Euro 6, Fahrzeuge mit nachgerüsteter DeNO_x-Technik, wenn sie die NO_x-Werte von Euro 6 einhalten

Die Auswirkungen auf die NO₂-Immissionen an der Stuttgarter Straße sollen für die nachfolgenden Geltungsflächen der Einfahrverbote untersucht werden.

- a) auf der Fläche der vorhandenen Umweltzone
- b) auf der Fläche der vorhandenen Umweltzone und zusätzlich auf der Strecke Ötisheimer Str - Ziegeleistraße - Lienzinger Str - L 1134 bis zur Industriestraße

- c) zusätzlich zu b) auf der Fläche zwischen der vorhandenen Umweltzone und der Bahnlinie, im Osten begrenzt durch die L 1134.

Die Stuttgarter Straße liegt innerhalb der vorhandenen Umweltzone. Damit werden die zusätzlichen Einfahrverbote dort die Fahrzeugflotte beeinflussen. Die oben unter b) und c) aufgeführten Erweiterungen der Umweltzone werden dagegen die lokale Fahrzeugflotte an der Stuttgarter Straße nicht verändern. Die Erweiterungen der Umweltzone können allenfalls minimal die lokale Vorbelastung an der Stuttgarter Straße beeinflussen, die durch den umliegenden Straßenverkehr ohne den Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße 10 % zum NO₂-Jahresmittelwert beiträgt.

Erfahrungen aus den Verkehrsuntersuchungen zum Luftreinhalteplan Bremen haben gezeigt, dass sich auch außerhalb der Umweltzonen die Fahrzeugflotte den Fahrverboten gemäß ändert [14]. Wir gehen davon aus, dass die o. g. Erweiterungen der Umweltzone keine signifikanten Auswirkungen auf die NO₂-Immissionen an der Stuttgarter Straße haben werden. Im Folgenden wird daher nur der Untersuchungsfall „Umweltzone Blaue Plakette“ ohne weitere Differenzierung betrachtet, die Fälle a), b) und c) haben die gleichen Ergebnisse.

Die durch die Einführung einer Blauen Plakette und entsprechende Einfahrverbote in die Umweltzone zum 1.1.2019 auf die zu erwartenden NO₂-Immissionen an der Stuttgarter Straße sind in Tabelle 14 angegeben. Die Immissionsminderung beträgt 6,9 µg/m³. Ausgehend von der vorliegenden Immissionsprognose reicht die Minderung der Immission aus, um die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten.

Unter der Annahme, dass die Hintergrundbelastung durch die Einführung einer Blauen Plakette über die Umweltzone hinaus die regionale Fahrzeugflotte ändert, kann die lokale Vorbelastung an der Stuttgarter Straße reduziert werden. Dieses Szenario „2019_blaue_Plakette_HGred“ in Tabelle 14 wurde mit dem Ansatz einer um 5 % reduzierte Vorbelastung ermittelt. In diesem Szenario würde die Minderung der Immission eine Unterschreitung des NO₂-Grenzwertes bedeuten.

Tabelle 14. Immissionen im Jahr 2019 im Bestand „B10_2019“, und bei möglicher Minderungswirkung durch Einführung einer Umweltzone Blaue Plakette und bei zusätzlich um 5 % reduzierter Vorbelastung.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2019	47	
2019_blaue_Plakette	40	-6,9
2019_blaue_Plakette_HGred	39	-8,6
Grenzwert	40	

5.6 Maut auf Bundesautobahnen für Lkw zwischen 7,5 t und 12 t zGG

Seit 01. Oktober 2015 gilt in Deutschland auch für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen ab 7,5 Tonnen die Mautpflicht auf Autobahnen und bestimmten Bundes-

straßen. Die Auswirkung der Lkw-Maut auf den Bundesautobahnen für Lkw zwischen 7,5 t zGG und 12 t zGG soll untersucht werden. Es sind angenommene Mautverlagerungen von 100, 150, 200, 250 und 300 Lkw/Werktag zu betrachten. Dabei soll kein entsprechendes Verbot des Durchgangsverkehrs (Mautausweichverkehr) berücksichtigt werden.

Die Betrachtung wird analog zur Betrachtung 5.2 Einfluss Mautausweichverkehr für das Bezugsjahr 2016 durchgeführt. Unter Ansatz der o. g. angenommenen Mautverlagerungen wurden die in Tabelle 15 angegebenen Verkehrsmengen auf der Stuttgarter Straße für das Jahr 2016 abgeleitet. Die Änderung der SNF-Flotte wurde jeweils berücksichtigt.

Tabelle 15. Verkehrsdaten Stuttgarter Straße im Jahr 2016 mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und mit zunehmendem Mautausweichverkehr von SNF mit zGG zwischen 7,5 t und 12 t.⁸

Bezugsjahr / Mautausweichverkehr	DTV [Kfz/24h]	SNF-Anteil % / 24h	LNF-Anteil % / 24h	SNF [Lkw/24h]
2016	15.100	5,0%	3,5%	755
2016 plus 100 SNF>7.5t	15.200	5,6%	3,5%	855
2016 plus 150 SNF>7.5t	15.250	5,9%	3,5%	905
2016 plus 200 SNF>7.5t	15.300	6,2%	3,5%	955
2016 plus 250 SNF>7.5t	15.350	6,5%	3,4%	1.005
2016 plus 300 SNF>7.5t	15.400	6,9%	3,4%	1.055

Die mit IMMIS^{em/luft} auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 16 angegeben. Nach den Berechnungen nimmt mit zunehmendem Mautausweichverkehr die NO₂-Immission am Untersuchungsabschnitt um 0,2 µg/m³ bis zu 0,6 µg/m³ zu.

Tabelle 16. NO₂-Immissionen im Jahr 2016 mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und mit zunehmendem Mautausweichverkehr von SNF mit zGG zwischen 7,5 t und 12 t.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO₂ in µg/m³	NO₂ in µg/m³
B10_2016	49	
2016 plus 100 SNF>7.5t	50	0,2
2016 plus 150 SNF>7.5t	50	0,3
2016 plus 200 SNF>7.5t	50	0,4
2016 plus 250 SNF>7.5t	50	0,5
2016 plus 300 SNF>7.5t	50	0,6
Grenzwert	40	

5.7 Prognosen des NO₂-Jahresmittelwerts

5.7.1 Allgemeines

Im Folgenden werden Prognosen des NO₂-Jahresmittelwerts an der Messstelle Mühlacker Stuttgarter Straße für das Jahr 2020 vorgestellt, die folgende Fragestellungen behandeln.

- Welcher Jahresmittelwert wird im Jahr 2020 an der Messstelle Mühlacker, Stuttgarter Straße erreicht sein?
- Wann wird der NO₂-Grenzwert von 40 µg/m³ dort eingehalten sein?

5.7.2 Prognose 2020 und Sperrung Mautausweichverkehr > 12 t zGG

Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG. Für die Prognose 2020 wurde die Auswirkung des Verbots mit einer Reduzierung um 150 SNF > 12 t zGG (vgl. Abschnitt 4.2) angesetzt. Die für das Jahr 2020 abgeleiteten Verkehrsdaten sind in Tabelle 6 angegeben.

Die mit IMMIS^{em/luft} auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 17 angegeben. Nach den Berechnungen beträgt im Jahr 2020 die NO₂-Immission am Untersuchungsabschnitt noch 47 µg/m³. Die Immissionsprognose für das Jahr 2030 ergibt am Untersuchungsabschnitt noch 42 µg/m³. Eine Prognose für spätere Jahre ist nicht möglich, da HBEFA 3.2 nur bis zum Jahr 2030 Emissionsfaktoren angibt.

Die Minderung der Immission auch in der Prognose 2030 reicht alleine nicht aus, um die Unterschreitung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten.

Tabelle 17. NO₂-Immissionen im Jahr 2020 und im Jahr 2030 mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und bestehender Umweltzonenregelung.

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2020	47	
B10_2030	42	-5.0
Grenzwert	40	

5.7.3 Prognose 2020 und zusätzlich Sperrung Mautausweichverkehr > 7,5 t zGG

Seit 01. Oktober 2015 gilt in Deutschland auch für Fahrzeuge und Fahrzeugkombinationen ab 7,5 Tonnen die Mautpflicht auf Autobahnen und bestimmten Bundesstraßen. Der damit möglicherweise verbundene Mautausweichverkehr von SNF auf der Stuttgarter Straße wurde mit 100 zusätzlichen SNF zwischen 7,5 t und 12 t zGG je 24h angesetzt.

Die SNF-Flotte auf Bundesautobahnen im Jahr 2020 nach HBEFA 3.2 [9] weist ein Verhältnis der Fahrleistung von SNF mit zGG zwischen 7,5 t und 12 t zu der von SNF

mit zGG ≥ 12 t zGG von nur 2 % aus, d. h. die Fahrleistung von SNF auf Autobahnen wird überwiegend von SNF >12 t zGG erbracht. Auf Außerortstraßen liegt das Verhältnis bei etwa 6 %. Dieses Verhältnis auf die in Abschnitt 5.2 erläuterte Verkehrsverlagerung von SNF mit zGG ≥ 12 t übertragen, würde eine Maut bedingte Verkehrsverlagerung von 9 bis 23 SNF mit zGG zwischen 7,5 t und 12 t pro Tag bedeuten. Der o. g. Ansatz ist unter diesem Aspekt als konservativ zu erachten.

Die für das Jahr 2020 abgeleiteten Verkehrsmengen auf der Stuttgarter Straße sind in Tabelle 18 angegeben.

Tabelle 18. Verkehrsdaten Stuttgarter Straße im Jahr 2020 mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und mit zusätzlichem Mautausweichverkehr von 100 SNF/24h mit zGG zwischen 7,5 t und 12 t.

Bezugsjahr	DTV [Kfz/24h]	SNF-Anteil % / 24h	LNF-Anteil % / 24h
2020	15.720	5,1%	3,5%
2020 plus 100 SNF $>7,5$ t	15.820	5,7%	3,5%

Die mit IMMIS^{em/luft} auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 19 angegeben. Nach den Berechnungen mit dem angenommenen Mautausweichverkehr von 100 SNF/24h mit zGG zwischen 7,5 t und 12 t würde die NO₂-Immission am Untersuchungsabschnitt um 0,2 µg/m³ zunehmen.

Tabelle 19. NO₂-Immissionen im Jahr 2020 mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und mit zusätzlichem Mautausweichverkehr von 100 SNF/24h mit zGG zwischen 7,5 t und 12 t.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2020	47	
2020 plus 100 SNF $>7,5$ t	47	0,2
Grenzwert	40	

5.7.4 Prognose 2020, Sperrung Mautausweichverkehr > 12 t zGG und Tempo 30

Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG. Für die Prognose 2020 wurde die Auswirkung des Verbots mit einer Reduzierung um 150 SNF > 12 t zGG (vgl. Abschnitt 4.2) angesetzt. Die für das Jahr 2020 abgeleiteten Verkehrsdaten sind in Tabelle 6 angegeben.

Die Minderung der NO_x- und NO₂-Emissionsfaktoren bei Tempo 30 wurde analog zu Abschnitt 5.3 angesetzt.

Die mit IMMIS^{em/luft} auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 20 angegeben. Nach den Berechnungen würden diese Maßnahmen die NO₂-Immissionen am Untersuchungsabschnitt im Jahr 2020 um 0,3 µg/m³

reduzieren. Die Minderung der Immission reicht alleine nicht aus, um die Unterschreitung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten. Nach den Rundungsregeln für die Bestimmung des Immissionswertes nach 39. BImSchV [18] kann die ermittelte Immissionsminderung von der Differenz der beiden Immissionswerte abweichen.

Tabelle 20. NO₂-Immissionen im Jahr 2020, mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und Tempo 30.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2020	47	
2020_T30	46	-0,3
Grenzwert	40	

5.7.5 Prognose 2020, Sperrung Mautausweichverkehr, Tempo 30 und Verkehrsverstetigung

Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG. Für die Prognose 2020 wurde die Auswirkung des Verbots mit einer Reduzierung um 150 SNF > 12 t zGG (vgl. Abschnitt 4.2) angesetzt. Die für das Jahr 2020 abgeleiteten Verkehrsdaten sind in Tabelle 6 angegeben.

Die Minderung der NO_x- und NO₂-Emissionsfaktoren bei Tempo 30 wurde analog zu Abschnitt 5.3 angesetzt.

Die Auswirkung von Verbesserungen im Bereich der Verkehrsverstetigung an der Stuttgarter Straße wurden analog zu Abschnitt 5.4.2 (Halteverbot) angesetzt. Dabei wird vorausgesetzt, dass die bei Tempo 50 festgestellte Minderungswirkung durch die Verkehrsverstetigung auch bei Tempo 30 auftritt. Dies stellt einen optimistischen Ansatz dar, da bei Tempo 30 bereits Verkehrsverstetigungen auftreten können.

Die mit IMMIS^{em/luft} auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 21 angegeben. Die mögliche Minderung des NO₂-Jahresmittelwertes am Untersuchungsabschnitt Stuttgarter Straße erreicht nach diesen Ansätzen bis zu 2,1 µg/m³.

Die Minderung der Immission reicht alleine nicht aus, um die Unterschreitung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten.

Tabelle 21. NO₂-Immissionen im Jahr 2020, mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG, Tempo 30 und bei möglicher Minderungswirkung durch Verkehrsverstetigung bei Einführung des absoluten Halteverbots.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2020	47	
Halteverbot -2%	45	-1,2
Halteverbot -4%	44	-2,1
Grenzwert	40	

5.7.6 Prognose 2020, Sperrung Mautausweichverkehr > 12 t zGG und Blaue Umweltplakette

Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG. Für die Prognose 2020 wurde die Auswirkung des Verbots mit einer Reduzierung um 150 SNF > 12 t zGG (vgl. Abschnitt 4.2) angesetzt. Die für das Jahr 2020 abgeleiteten Verkehrsdaten sind in Tabelle 6 angegeben.

Die Auswirkung der Einführung einer Blauen Plakette und entsprechende Einfahrverbote in die Umweltzone wurde analog zu Abschnitt 5.5 behandelt. Im Folgenden wird daher der Einfluss „Umweltzone Blaue Plakette“ ohne weitere Differenzierung der Geltungsflächen der Einfahrverbote betrachtet, d. h. die Fälle a), b) und c) nach Abschnitt 5.5 haben die gleichen Ergebnisse.

Die mit IMMIS^{em/luft} auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 22 angegeben. Nach den Berechnungen würden diese Maßnahmen die NO₂-Immissionen am Untersuchungsabschnitt im Jahr 2020 um 6,1 µg/m³ reduzieren. In diesem Szenario würde die Minderung der Immission ausreichen, um die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten.

Unter der Annahme, dass die Hintergrundbelastung durch die Einführung einer Blauen Plakette über die Umweltzone hinaus die regionale Fahrzeugflotte ändert, kann die lokale Vorbelastung an der Stuttgarter Straße reduziert werden. Dieses Szenario „2020_blaue_Plakette_HGred“ in Tabelle 22 wurde mit dem Ansatz einer um 5 % reduzierten Vorbelastung ermittelt. In diesem Szenario würde die Minderung der Immission eine Unterschreitung des NO₂-Grenzwertes bedeuten.

Tabelle 22. NO₂-Immissionen im Jahr 2020, mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG und Einfahrt nur mit Blauer Umweltplakette.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2020	47	
2020 blaue Plakette	40	-6,1
2020_blaue_Plakette_HGred	39	-7,9
Grenzwert	40	

5.7.7 Prognose 2020, Sperrung Mautausweichverkehr > 12 t zGG, Tempo 30 und Blaue Umweltplakette

Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG. Für die Prognose 2020 wurde die Auswirkung des Verbots mit einer Reduzierung um 150 SNF > 12 t zGG (vgl. Abschnitt 4.2) angesetzt. Die für das Jahr 2020 abgeleiteten Verkehrsdaten sind in Tabelle 6 angegeben.

Die Minderung der NO_x- und NO₂-Emissionsfaktoren bei Tempo 30 wurde analog zu Abschnitt 5.3 angesetzt.

Die Auswirkung der Einführung einer Blauen Plakette und entsprechende Einfahrverbote in die Umweltzone wurde analog zu Abschnitt 5.5 behandelt. Im Folgenden wird daher der Einfluss „Umweltzone Blaue Plakette“ ohne weitere Differenzierung der Geltungsflächen der Einfahrverbote betrachtet, d. h. die Fälle a), b) und c) nach Abschnitt 5.5 haben die gleichen Ergebnisse.

Die mit IMMIS^{em/luft} auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 23 angegeben. Nach den Berechnungen würden diese Maßnahmen die NO₂-Immissionen am Untersuchungsabschnitt im Jahr 2020 um 6,2 µg/m³ reduzieren. Die Minderung der Immission reicht aus, um die Einhaltung des NO₂-Grenzwertes zu gewährleisten.

Tabelle 23. NO₂-Immissionen im Jahr 2020, mit Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG, Tempo 30 und Einfahrt nur mit Blauer Umweltplakette. ⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO ₂ in µg/m ³	NO ₂ in µg/m ³
B10_2020	47	
2020 blaue Plakette T30	40	-6,2
Grenzwert	40	

5.7.8 Prognose 2020, Sperrung Mautausweichverkehr > 12 t zGG, Tempo 30, Verkehrsverstetigung und Blaue Umweltplakette

Seit dem 29.06.2015 gilt für die Stuttgarter Straße in Mühlacker das Durchfahrtsverbot für SNF > 12 t zGG. Für die Prognose 2020 wurde die Auswirkung des Verbots mit einer Reduzierung um 150 SNF > 12 t zGG (vgl. Abschnitt 4.2) angesetzt. Die für das Jahr 2020 abgeleiteten Verkehrsdaten sind in Tabelle 6 angegeben.

Die Minderung der NO_x- und NO₂-Emissionsfaktoren bei Tempo 30 wurde analog zu Abschnitt 5.3 angesetzt.

Die Auswirkung von Verbesserungen im Bereich der Verkehrsverstetigung an der Stuttgarter Straße wurden analog zu Abschnitt 5.4.2 (Halteverbot) angesetzt. Dabei wird vorausgesetzt, dass die bei Tempo 50 festgestellte Minderungswirkung durch die Verkehrsverstetigung auch bei Tempo 30 auftritt.

Die Auswirkung der Einführung einer Blauen Plakette und entsprechende Einfahrverbote in die Umweltzone wurde analog zu Abschnitt 5.5 behandelt. Im Folgenden wird daher der Einfluss „Umweltzone Blaue Plakette“ ohne weitere Differenzierung der Geltungsflächen der Einfahrverbote betrachtet, d. h. die Fälle a), b) und c) nach Abschnitt 5.5 haben die gleichen Ergebnisse.

Die mit $\text{IMMIS}^{\text{em/luft}}$ auf der Grundlage der o. g. Ansätze berechneten Immissionen sind in der Tabelle 24 angegeben. Nach den Berechnungen könnte die Kombination dieser Maßnahmen die NO_2 -Immissionen am Untersuchungsabschnitt im Jahr 2020 um bis zu $7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ reduzieren.

Die Minderung der Immission an der Messstelle Mühlacker Stuttgarter Straße bei Durchführung der Maßnahmen Sperrung Mautausweichverkehr > 12 t zGG, Tempo 30, Verkehrsverstetigung und Blaue Umweltplakette wäre unter den o. g. Annahmen in der Summe ausreichend, um die Unterschreitung des NO_2 -Grenzwertes im Jahr 2020 zu gewährleisten.

Tabelle 24. NO_2 -Immissionen im Jahr 2020, mit Sperrung des Mautausweichverkehrs, Tempo 30, Einfahrt nur mit Blauer Umweltplakette und bei möglicher Minderungswirkung durch Verkehrsverstetigung bei Einführung des absoluten Halteverbots.⁸

Untersuchungsfall	Jahresmittelwert	Änderung
	NO_2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	NO_2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
B10_2020	47	
2020 blaue Plakette T30 Halteverbot -2%	39	-7,0
2020 blaue Plakette T30 Halteverbot -4%	39	-7,8
Grenzwert	40	

Die o. a. Ergebnisse sind unter Vorbehalt zu bewerten, da bei jeder Maßnahme Unsicherheiten im angesetzten Minderungseffekt enthalten sind. Beispielsweise sind die angesetzten Befolgungsgrade von jeweils 100 % bei der Sperrung des Durchgangsverkehrs von SNF und bei Tempo 30 nicht realistisch. Auch ist die angesetzte mögliche Minderung bei Einführung eines absoluten Halteverbots in der Stuttgarter Straße nicht gesichert.

Geringere Minderungseffekte können die o. g. Einhaltung des Grenzwerts gefährden.

6 Grundlagen, verwendete Literatur

Bei der Erstellung des Gutachtens wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- [1] Adaptive Steuerung im Straßennetz – Besserer Verkehrsfluss und weniger Emissionen? Prof. Dr.-Ing. Werner Brilon, Ruhr-Universität Bochum, Schriftliche Fassung des Vortrags bei dem FGSV-Kolloquium „Kommunale Straßen“ am 15./16.4. 2013 in Erfurt.
- [2] Aktualisierung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030" (TREMODO, Version 5.2) für die Emissionsberichtserstattung 2012 (Berichtsperiode 1990-2010), ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 363 01 370, 30.11.2011.
- [3] Bericht über Verkehrsverlagerungen auf das nachgeordnete Straßennetz in Folge der Einführung der Lkw-Maut, Deutscher Bundestag, Drucksache 17/12028, 02.01.2013.
- [4] Bestimmung der emissionsseitigen Auswirkungen von Tempo 30 im Rahmen der Fortschreibung der Luftreinhaltepläne des Regierungspräsidiums Karlsruhe - Teilplan Mühlacker, Ingenieurbüro Rau und Aviso GmbH, 29.10.2010.
- [5] Bestimmung der emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen der Massnahme Umweltzone Gelb und Grün im Zusammenhang mit der Aktualisierung des Luftreinhalteplans des Regierungspräsidiums Karlsruhe für die Bezugsjahre 2012 und 2013 - Teilplan Mühlacker, Ingenieurbüro Rau und Aviso GmbH, 14.11.2010.
- [6] Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung - 35. BImSchV) vom 10. Oktober 2006 (BGBl. I, Nr. 46, S. 2218), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 5. Dezember 2007 (BGBl. I, Nr. 61, S. 2793), in Kraft getreten am 8. Dezember 2007.
- [7] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG).
- [8] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA, Version 3.1, 30. Januar 2010, INFRAS Bern/Zürich, www.hbefa.net.
- [9] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA, Version 3.2, 17. Juli 2014, INFRAS Bern/Zürich, www.hbefa.net.
- [10] Handbuch IMMISem/luft/lärm zur Version 6, IVU Umwelt GmbH, Juni 2015.
- [11] Hintergrundpapier - Einführung einer Blauen Plakette zur Minderung der NO₂-Belastung in Städten. Deutsche Umwelthilfe e.V., BUND e.V., NABU e.V., August 2014.
- [12] IMMIS Version 6.1, DLL-Version 6.1, IMMIS-Em/Luft, Copyright (c) IVU Umwelt GmbH 1994-2015, Freiburg.

- [13] Luftdaten, Messungen der Luftqualität, Mehrjährige Datenreihen, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de> .
- [14] Luftreinhalteplan Bremen, Verkehrliche Wirkungen der Maßnahmen. Janßen T., IVV Ingenieurgruppe für Verkehrswesen und Verfahrensentwicklung Aachen / Berlin, Anhörung am 28.03.08 in Bremen.
- [15] Luftreinhaltepläne für Baden-Württemberg - Grundlagenband 2014, Hrsg.: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, Dezember 2015.
- [16] Luftreinhalteplan für den Regierungsbezirk Karlsruhe, Teilplan Mühlacker, Regierungspräsidium Karlsruhe, 2006, 2008, 2010 und 2012.
- [17] Meteorologische Daten (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Ausbreitungs-klasse) der synthetischen Ausbreitungs-klassenstatistik für die Koordinaten RW 3488508, HW 5423007. Regierungspräsidium Karlsruhe, November 2015.
- [18] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen - 39. BImSchV) vom 02.08.2010 (BGBl. I S. 1065).
- [19] Ortsbesichtigung am 15.03.2016 mit Fotodokumentation.
- [20] PHEM Emissionsberechnungen für Fahrkurven von Messfahrten, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, Technische Universität Graz, Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hausberger, Dezember 2015 und April 2016.
- [21] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- [22] Richtlinie VDI 3782 Blatt 7: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- [23] Richtlinie VDI 3783 Blatt 14: Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung – Kraftfahrzeugbedingte Immissionen. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, August 2013.
- [24] Senkung der NO₂-Konzentrationen durch Maßnahmen zur Verkehrsverstetigung an der Hohenheimer Straße in Stuttgart - Auswirkungen einer geänderten Parkzeitenregelung und der Einführung von Tempo 40 an einer Steigungsstrecke. Scholz W., Metzner D., Scheu-Hachtel H., Ramser B., Immissionsschutz 4-14, Dezember 2014.
- [25] Topographische Karte Baden-Württemberg, Maßstab 1:50.000, Geogrid®-Viewer V6, EADS Deutschland GmbH.
- [26] Topographische Karte und Luftbilder, Umwelt-Daten und Karten online (UDO), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de> .

- [27] Ursachenanalyse NO₂ für die Spotmessstelle Mühlacker Stuttgarter Straße - Aktualisierung für das Jahr 2014, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, 05.Juli 2016.
- [28] Ursachenanalyse NO₂ für den Spotmesspunkt Mühlacker Stuttgarter Straße für das Jahr 2015, in: Luftreinhaltepläne für Baden-Württemberg - Grundlagenband 2015, LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, Dezember 2016.
- [29] Verkehrsadaptive Netzsteuerung - Untersuchung ihrer Einflussmöglichkeiten auf die Emissions- und Immissionsbelastung städtischer Straßennetze. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 230, Bericht zum Forschungsprojekt: FE 77.0484/2006, Oktober 2013.
- [30] Verkehrszählraten der Stuttgarter Straße in Mühlacker und Fahrzeugflottenzusammensetzung für den Enzkreis (Zulassungszahlen), LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, Oktober und Dezember 2015.