

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg Bundesstraße 463 v. NK 7719 051 n. NK 7719 003 Stat. 620 bis NK 7719 005 n. NK 7720 002 Stat. 750	Regierungspräsidium Tübingen
B 463 OU Lautlingen	
PSP-Element: V.2410.B0463.N73	

Feststellungsentwurf **UNTERLAGE 17.2**

Luftschadstoffgutachten

Aufgestellt: Regierungspräsidium Tübingen Abt. 4 Straßenwesen und Verkehr Ref. 44 Planung Tübingen, den 22.02.2021	

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 Bösing
Telefon +49(721)504379 15
Rainer.Boesinger@mbbm.com

20. Mai 2019
M135138/02 BSG/BSG

B 463 Ortsumfahrung Lautlingen

Luftschadstoffgutachten für die Planfeststellung

Bericht Nr. M135138/02

Auftraggeber:	Regierungspräsidium Tübingen Postfach 26 66 72016 Tübingen
Auftragsnummer:	44-6/39 – B 463 OU Lautlingen
Bearbeitet von:	Dr. rer. nat. Rainer Bösing
Berichtsumfang:	Insgesamt 53 Seiten, davon 3 Seiten Anhang A, 3 Seiten Anhang B und 3 Seiten Anhang C

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 Aufgabenstellung	5
2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen	6
2.1 Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit	6
2.2 Beurteilungsgrundlagen Stickstoffeintrag in Natura 2000-Gebieten	6
3 Örtliche Gegebenheiten und Beschreibung der Methodik	8
3.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse und des Planvorhabens	8
3.2 Vorgehensweise und Berechnungsverfahren	11
4 Eingangsdaten und technische Grundlagen	13
4.1 Verkehrsdaten	13
4.2 Emissionen des Straßenverkehrs	16
4.3 Berücksichtigung von Geländedaten	19
4.4 Meteorologische Daten	21
4.5 Simulation der Kaltluftströmungen	26
4.6 Hintergrundbelastung	29
4.7 Vorbelastungsdaten der Stickstoffdeposition	31
4.8 Rechengebiet und räumliche Auflösung	21
5 Ergebnisse der Immissionsprognosen	32
5.1 Allgemeines	32
5.2 Immissionen in Bezug auf Schutz der menschlichen Gesundheit	32
5.3 Punktuelle Auswertung hinsichtlich Schutz der menschlichen Gesundheit	35
5.4 Stickstoffeintrag in benachbarte FFH-Gebiete	39
6 Grundlagen, verwendete Literatur	42
A Emissionen des Straßenverkehrs	46
B PM_{2,5}-Immissionen (Jahresmittelwerte)	49
C PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte)	52

Zusammenfassung

Das Regierungspräsidium Tübingen betreibt die Planung für die Straßenbaumaßnahme „B 463 OU Lautlingen“. Das vorliegende Luftschadstoffgutachten dient als Unterlage für die Planfeststellung.

Das Luftschadstoffgutachten beschreibt die Ermittlung der durch den Straßenverkehr im Untersuchungsgebiet verursachten Schadstoffemissionen und die Berechnung der daraus resultierenden Immissionen in beurteilungsrelevanten Siedlungsbereichen. Die Immissionen wurden hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit nach der 39. BImSchV [25] bewertet. Darüber hinaus wurden die verkehrsbedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition) in umliegende FFH-Gebiete ermittelt und kartografisch dargestellt.

Die Grundlage für die dazu durchgeführten Immissionsprognosen für den Prognosebezugsfall (Prognose Nullfall) und den Prognose Planfall 1G1 sind Ausbreitungsrechnungen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT [7] mit Einbindung der modellierten Kaltluftabflüsse in das Windfeldmodell unter Berücksichtigung der Topografie und der verkehrsbedingten Emissionen im Untersuchungsgebiet. Die Vorgehensweise erfüllt die Forderungen der einschlägigen Richtlinie VDI 3783 Blatt 14 „Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung – Kraftfahrzeugbedingte Immissionen“ [31].

Im Sinne einer konservativen Betrachtung (ungünstigste Annahme) wurden die Emissions- und Immissionsprognosen auf Grundlage der Verkehrsprognose 2030 [39] für eine Fahrzeugflotte des Jahres 2025 durchgeführt. Das Jahr 2025 kann im Hinblick auf den frühesten Zeitpunkt der Realisierung der Maßnahme als Bezugsjahr für die Inbetriebnahme der Straße angenommen werden. Aufgrund der gesetzlichen Regelungen zur technischen Emissionsminderung ist in späteren Jahren mit geringeren Emissionsfaktoren der Kraftfahrzeuge zu rechnen. Damit werden die tatsächlich zu erwartenden Emissionen des Straßenverkehrs und Immissionen eher überschätzt.

Ergebnisse der Immissionsprognosen und Beurteilung hinsichtlich Schutzes der menschlichen Gesundheit

Die Feinstaubbelastungen an den beurteilungsrelevanten Immissionsorten (Wohnbebauung) unterschreiten die Grenzwerte für die Jahresmittelwerte nach der 39. BImSchV. Die ermittelten PM_{2,5}-Jahresmittelwerte liegen mit maximal 14 µg/m³ deutlich unter dem Grenzwert von 25 µg/m³. Auch die ermittelten PM₁₀-Jahresmittelwerte liegen mit maximal 20 µg/m³ deutlich unter dem Grenzwert von 40 µg/m³. Bei diesen PM₁₀-Immissionen ist davon auszugehen, dass an den Fassaden der betrachteten Gebäude die nach der 39. BImSchV zulässigen 35 Überschreitungstage für den PM₁₀-Tagesmittelwert nicht erreicht werden.

Die NO₂-Jahresmittelwerte sind bezogen auf den Grenzwert deutlich höher als die NO₂-Kurzzeitbelastungen, d. h. die ermittelten NO₂-Jahresmittelwerte schöpfen den Grenzwert nach 39. BImSchV stärker aus als die zulässigen Überschreitungen der NO₂-Stundenmittelwerte. Zur Bewertung der NO₂-Immissionen werden daher die Belastungen auf Grundlage der NO₂-Jahresmittelwerte diskutiert.

Die NO₂-Immissionen im Nullfall zeigen längs der heutigen Ortsdurchfahrt (B 463) die erwarteten erhöhten Konzentrationen. An der nächstgelegenen Bebauung gibt es jedoch keine Überschreitungen des NO₂-Grenzwertes von 40 µg/m³.

Die Prognose Planfall 1G1 weist im Vergleich zur Prognose Nullfall erhöhte NO₂-Belastungen an der neuen Trasse südlich von Lautlingen und am Ortseingang von Albstadt auf, mit maximal 21 µg/m³ liegen diese jedoch deutlich unter dem Grenzwert. Zugleich gibt es an der Ortsdurchfahrt Lautlingen deutliche NO₂-Entlastungen von 33 µg/m³ im Nullfall auf 20 µg/m³ im Planfall 1G1. Im Planfall unterschreiten die prognostizierten NO₂-Immissionen auch an der zur neuen Trasse nächstgelegenen Wohnbebauung den Grenzwert von 40 µg/m³.

Zusammenfassend lässt sich aus lufthygienischer Sicht auf der Grundlage der verwendeten Eingangsdaten und Methodik festhalten, dass die Realisierung des Planfalls 1G1 zu deutlichen Entlastungen an der Ortsdurchfahrt und zugleich keinen unzulässig hohen Belastungen längs der neuen Trasse führen wird.

Nach den hier dokumentierten Untersuchungen werden im Planfall alle Grenzwerte nach 39. BImSchV eingehalten.

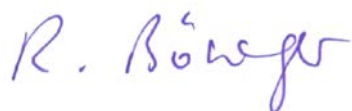
Da die Immissionszusatzbelastung im Planfall Prognose 2030 mit den Emissionsfaktoren einer Fahrzeugflotte des Jahres 2025 ermittelt wurde, stellt die vorliegende Immissionsprognose einen konservativen Ansatz im Sinne einer „ungünstigsten Annahme“ dar. Aufgrund der gesetzlichen Regelungen zur technischen Emissionsminderung ist in späteren Jahren mit geringeren Emissionsfaktoren der Kraftfahrzeuge zu rechnen.

Stickstoffeintrag in benachbarte FFH-Gebiete

Neben den Luftschadstoffkonzentrationen wurden die aus den vom Straßenverkehr emittierten Stickoxiden (NO_x) und Ammoniak (NH₃) resultierenden Stickstoffeinträge (N-Deposition) in die FFH-Gebiete im Untersuchungsgebiet berechnet und für die weitere Bearbeitung an den FFH-Gutachter weitergegeben.

Für den Planfall wurden von den ermittelten N-Depositionen die an gleichem Ort für den Prognose Nullfall ermittelte N-Deposition abgezogen. Diese Differenzen stellen die jeweiligen vorhabensbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeinträgen dar.

Die im Planfall vom Straßenverkehr verursachten N-Depositionen sind in Teilbereichen höher als im Prognose Nullfall und in anderen Teilbereichen geringer. Die Bewertung des zusätzlichen Stickstoffeintrags ist Gegenstand einer separaten FFH-Vor- und FFH-Verträglichkeitsprüfung.



Dr. rer. nat. Rainer Böwger

1 Aufgabenstellung

Das Regierungspräsidium Tübingen betreibt die Planung für die Straßenbaumaßnahme „B 463 OU Lautlingen“. Als Unterlage für die Planfeststellung der Straßenplanungsmaßnahme ist ein Luftschadstoffgutachten zu erstellen, welches die Auswirkungen der Straßenplanung der Vorzugsvariante auf die Luftschadstoffbelastung in den benachbarten Siedlungsbereiche und den Natura 2000-Gebieten beschreibt.

Aufgabe der Luftschadstoffuntersuchung sind flächendeckende Immissionsprognosen und zusätzliche punktuelle Berechnungen der Immissionen für repräsentative Belastungspunkte an der nächstgelegenen Bebauung und im Innerortsbereich.

Für die Wohnbereiche sind die zu erwartenden, hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit relevanten Immissionen zu ermitteln und entsprechend der hier maßgebenden 39. BImSchV [25] zu bewerten. Dementsprechend sind Schadstoffprognosen für die Schadstoffleitkomponenten NO_2 , PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ durchzuführen.

Zusätzlich ist als Grundlage für die FFH-Vorprüfung bzw. FFH-Verträglichkeitsprüfung flächenhaft der Eintrag von Stickstoff in benachbarte Natura 2000-Gebiete (FFH-Gebiete) zu ermitteln. Das Vorgehen soll entsprechend dem Forschungsbericht „Untersuchung und Bewertung von straßenbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotop“ (2013) erfolgen.

Es sind folgende Untersuchungsfälle Prognose 2030 aus der Verkehrsuntersuchung [39] zu betrachten:

- Prognosebezugsfall (Prognose Nullfall) und
- Prognose Planfall 1G1

Aufgrund der vorliegenden topografischen und klimatischen Gegebenheiten werden die Einsatzgrenzen der RLUS 2012 [33] überschritten. Die Luftschadstoffbelastungen sind daher mit einem geeigneten Berechnungsverfahren unter Berücksichtigung der vorhandenen Topografie zu ermitteln.

2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen

2.1 Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit

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 Bewertungen nach der 39. BImSchV [25] vorzunehmen.

In der vorliegenden Untersuchung werden die v. a. vom Straßenverkehr emittierten Schadstoffe Stickoxide NO_x (Summe aus NO und NO_2) sowie Feinstaubpartikel (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$) behandelt. Diese Schadstoffe gelten als Leitkomponenten im Aufgabengebiet der Luftreinhaltung, weil die Luftbelastung mit anderen in der 39. BImSchV limitierten Schadstoffen in Bezug auf die zugehörigen Grenzwerte deutlich geringer ist. Die zum Schutz der menschlichen Gesundheit maßgeblichen und hier betrachteten Grenzwerte sind in der folgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1. Relevante Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit [25].

Schadstoffkomponente Bezugszeitraum	Konzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Zulässige Überschreitungen im Kalenderjahr
Stickstoffdioxid NO_2		
Jahresmittel	40	-
Stundenmittel	200	18
Feinstaub PM_{10}		
Jahresmittel	40	-
Tagesmittel	50	35
Feinstaub $\text{PM}_{2,5}$		
Jahresmittel	25	-

2.2 Beurteilungsgrundlagen Stickstoffeintrag in Natura 2000-Gebieten

Für die Beurteilung des Schadstoffeintrags in Natura 2000-Gebiete hat z. B. das Landesumweltamt Brandenburg in der „Vollzugshilfe zur Ermittlung erheblicher und irrelevanter Stoffeinträge in Natura 2000-Gebiete, Stand Nov. 2008“ [15] sogenannte Critical Loads (kritische Eintragsraten) für verschiedene Vegetationstypen herausgegeben. Critical Loads sind empirisch ermittelte Lebensraum spezifische Zielwerte für die Stickstoffdeposition (Berner Liste aus dem Jahr 2002, aktualisiert und ergänzt im Jahr 2010). Bei einer Überschreitung des maßgeblichen FFH-spezifischen Critical Loads in der Gesamtbelastung wird ein begründetes Risiko angenommen, dass erhebliche Beeinträchtigungen durch Stickstoffeintrag kurz-, mittel- oder langfristig auftreten.

Um im Rahmen einer Vorprüfung zu entscheiden, ob eine FFH-Verträglichkeitsprüfung bezüglich möglicher Stoffeinträge für ein Natura 2000-Gebiet überhaupt durchgeführt werden muss, werden Irrelevanzschwellen für die projektspezifische

Zusatzbelastung definiert. Bei einem Unterschreiten der Irrelevanzschwellen wird eine erhebliche Beeinträchtigung der FFH-Lebensraumtypen und -arten ausgeschlossen. Die in der o. g. Vollzugshilfe [15] angegebenen Irrelevanzschwellen sind jedoch infolge des Urteils des Bundesverwaltungsgerichts vom April 2010 [38] nicht mehr anwendbar.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat in einem Forschungsbericht zur Bewertung von straßenverkehrsbedingten Einträgen in empfindliche Biotop [3] einen Fachkonventionsvorschlag zur Erheblichkeitsbeurteilung veröffentlicht, der ein unteres Abschneidekriterium für die vorhabensbedingte Zusatzbelastung bei einem Depositionswert von $0,3 \text{ kg N} / (\text{ha} \cdot \text{a})$ setzt. Hierzu wird in o. g. Bericht ausgeführt: *Die zusätzliche Menge an vorhabensbedingten Stickstoffeinträgen ist bis zu dieser Schwelle weder durch Messungen empirisch nachweisbar noch wirkungsseitig relevant und damit nach den Maßstäben der praktischen Vernunft und der Verhältnismäßigkeit irrelevant* [3]. Der Wert von $0,3 \text{ kg N} / (\text{ha} \cdot \text{a})$ gilt unabhängig von einem Critical Load.

Die vorliegende lufthygienische Untersuchung hat zur Aufgabe, die planungsbedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition) in FFH-Gebieten im Untersuchungsgebiet zu ermitteln. Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens. Die N-Deposition wird für die Natura 2000-Gebiete (FFH-Gebiete) im Untersuchungsgebiet ermittelt, als Grundlage für die Bewertung der Situation durch den FFH-Gutachter.

3 Örtliche Gegebenheiten und Beschreibung der Methodik

3.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse und des Planvorhabens

Das Untersuchungsgebiet (Abbildung 1) liegt auf der Schwäbischen Alb im Zollernalbkreis. Lautlingen im Eyachtal ist ein Stadtteil von Albstadt. Östlich von Lautlingen liegt die Europäische Wasserscheide. Die Schmiecha in Albstadt fließt Richtung Sigmaringen und mündet in die Donau. Dagegen ist die Eyach ein rechter Nebenfluss des Neckars. Das Geländere relief variiert im Untersuchungsgebiet zwischen etwa 600 m und 1.000 m Normalhöhen null (NHN).



Abbildung 1. Topografische Karte des Untersuchungsgebietes [36].

Die von Ost nach West verlaufende Ortsdurchfahrt von Lautlingen (B 463) ist heute mit 19.000 bis 24.000 Kfz/24 h und einem Schwerverkehrsanteil von ca. 10 % stark belastet [39]. Die Ortsdurchfahrt ist kurvig mit teilweise hohen Längsneigungen und die Bebauung liegt nahe an der Straße (Abbildung 2). Die Nord-Süd-Verbindungen auf den untergeordneten Kreisstraßen Vordere Gasse (K 7151) und Hörstraße (K 7151), sowie die Ebinger Straße (K 7153) und Lautlinger Straße (K 7152) sind geringer belastet.



Abbildung 2. Ortsdurchfahrt B 463 im Zentrum von Lautlingen (Blickrichtung West) [26].

Die Planfeststellungsvariante der geplanten Ortsumfahrung (OU) Lautlingen verläuft südlich der Siedlungsbereiche und wird im Osten und Westen von Lautlingen an die Ortsdurchfahrt angebunden. In Abbildung 3 sind neben dem Trassenverlauf auch die Lage der FFH-Gebiete und der FFH-Lebensraumtypen (FFH-LRT) dargestellt.

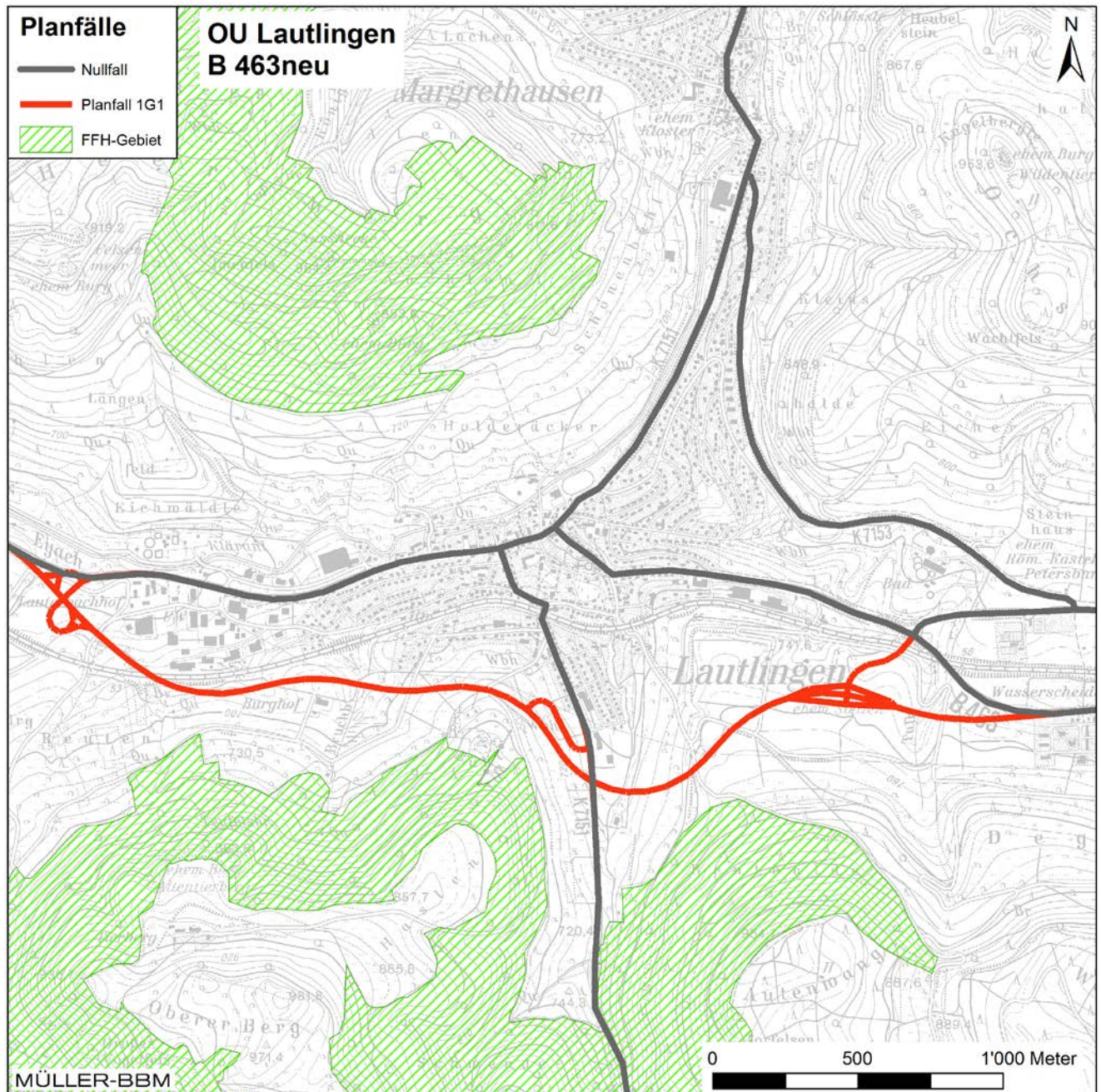


Abbildung 3. Planfeststellungsvariante der OU Lautlingen [16] und benachbarte Natura 2000-Gebiete (FFH-Gebiete bzw. Flächen mit empfindlichen FFH-Lebensraumtypen [11]), Kartengrundlage Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

3.2 Vorgehensweise und Berechnungsverfahren

Für die Prognose der Luftschadstoffbelastungen ist ein Verfahren anzuwenden, das die topografischen Gegebenheiten mit dem ausgeprägten Relief berücksichtigt. Um die örtlichen Windverhältnisse zu berücksichtigen, sind die Immissionsberechnungen mit einem geeigneten dreidimensionalen Strömungs- und Ausbreitungsmodell durchzuführen. Die Luftströmungen sind durch Modellrechnungen zu quantifizieren und bei den durchzuführenden Ausbreitungsrechnungen einzubeziehen.

Die Berechnungen der Emissionen und Immissionen wurden mit dem für diese Aufgabenstellung geeigneten Prognosemodell LASAT [7] durchgeführt. Es wurden die Schadstoffkonzentrationen flächenhaft im Untersuchungsgebiet und punktuell für repräsentative Untersuchungspunkte an der zur Trasse nächstgelegenen Bebauung berechnet.

Die Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen (Masse der von den Fahrzeugen verursachten Schadstoffe) erfolgte entsprechend den Vorgaben der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ [29] auf Grundlage der aktuellen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA Version 3.3“ [13]. Die Schadstoffemissionen wurden auf Grundlage der im Verkehrsgutachten angegebenen Verkehrsmengen [39] und der den angesetzten Verkehrssituationen zugehörigen Emissionsfaktoren berechnet.

Die von der Topografie beeinflussten Luftströmungen und die Ausbreitung der Schadstoffe wurden mit dem dreidimensionalen Ausbreitungsmodell LASAT¹ berechnet [7]. Damit konnten die Emissionen auf den berücksichtigten Straßenabschnitten und die örtlichen meteorologischen Verhältnisse in die Berechnungen einbezogen werden. Für die Immissionsberechnungen wurden die meteorologischen Daten der Windmessstation Meßstetten vom Deutschen Wetterdienst verwendet [19]. Die Kaltluftbildung und Kaltluftströmungen wurden durch Berechnungen mit dem Simulationsmodell KLAM_21 des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [14] quantifiziert und bei den Ausbreitungsrechnungen einbezogen.

Die Schadstoffhintergrundbelastung wurde anhand von Messdaten abgeschätzt. Es wurden die verkehrsbedingten Immissionen im Untersuchungsgebiet flächenhaft ermittelt und der Hintergrundbelastung überlagert.

Die Parametrisierung der luftchemischen Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ erfolgte nach [34]. Diese Vorgehensweise wurde durch Auswertungen von Messdaten der Jahre 2000 – 2003 für NO₂-Jahresmittelwerte bis 60 µg/m³ bestätigt [2].

Bei der Ausbreitungsrechnung wurden für die Ermittlung der Deposition der Schadstoffe, hier v. a. Stickoxide (NO und NO₂) und Ammoniak (NH₃), stoffspezifisch unterschiedliche Depositionsgeschwindigkeiten sowie die Auswaschraten (nasse Deposition) nach VDI 3782 Bl. 5 [28] angesetzt.

¹ Das Ausbreitungsmodell LASAT (Lagrange-Simulation von Aerosol-Transport) berechnet die Ausbreitung von Spurenstoffen in der Atmosphäre, indem für eine Gruppe repräsentativer Stoffteilchen der Transport und die turbulente Diffusion durch einen Zufallsprozess auf dem Computer simuliert wird (Lagrange-Simulation).

Ermittlung der Kurzzeitbelastungswerte

Die Betrachtung der PM₁₀-Kurzzeitbelastung erfolgt mit Hilfe der funktionalen Abhängigkeit zwischen der Anzahl der Tage mit PM₁₀-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM₁₀-Jahresmittelwert, die in einem Forschungsprojekt der Bundesanstalt für Straßenwesen BASt aus Messdaten abgeleitet wurde [8]. Eine Überschreitung des PM₁₀-Kurzzeitgrenzwertes wird mit diesem Ansatz für PM₁₀-Jahresmittelwerte größer als 30 µg/m³ abgeleitet.

Nach einem Ansatz des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz LANUV von Nordrhein-Westfalen wird bei einem PM₁₀-Jahresmittelwert zwischen 29 µg/m³ und 32 µg/m³ die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes möglicherweise nicht eingehalten [17]. Nach [27] kann davon ausgegangen werden, dass der PM₁₀-Tagesmittelgrenzwert eingehalten wird, wenn der PM₁₀-Jahresmittelwert nicht mehr als 27 bis 30 µg/m³ beträgt. Der PM₁₀-Kurzzeitgrenzwert ist daher wesentlich strenger als der zulässige Jahresmittelwert für PM₁₀ von 40 µg/m³.

Bezüglich NO₂ ist aus Messdaten der umgekehrte Zusammenhang bekannt. Hier ist der Jahresmittelwert erwartungsgemäß die kritischere Größe. Statistische Auswertungen von gemessenen NO₂-Konzentrationen weisen im Vergleich der NO₂-Kurzzeitbelastungswerte mit dem zugehörigen Jahresmittelwert an allen Messorten den Jahresmittelwert als die kritischere Größe aus. Unterschreitet die NO₂-Belastung im Jahresmittel den Grenzwert der 39. BImSchV von 40 µg/m³, so ist im Regelfall auch die Einhaltung der zulässigen Überschreitungshäufigkeit (18mal pro Jahr) des Stundengrenzwerts von 200 µg/m³ zu erwarten. Aus diesem Grund erfolgt im Zuge des vorliegenden Berichts keine explizite Bestimmung und Bewertung der Überschreitungshäufigkeit des NO₂-Stundengrenzwerts. Die Beurteilung der Luftqualität erfolgt anhand der kritischeren Komponente NO₂-Jahresmittelwert.

4 Eingangsdaten und technische Grundlagen

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrszahlen wurden dem Verkehrsgutachten [39] und der Darstellung der Knotenpunktströme [40] entnommen. Der Prognosehorizont der Verkehrsdaten liegt im Jahr 2030. Die Verkehrszahlen wurden als durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV_w in Kfz/24 h) und als täglicher Schwerverkehr SV ($> 3,5$ t zGG²) angegeben. Die in den Emissions- und Immissionsberechnungen verwendeten Verkehrsdaten für die Untersuchungsfälle sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 angegeben. Nach Angabe des Verkehrsgutachters wurde bei den Emissionsberechnungen zur Umrechnung von DTV_w auf DTV ein Umrechnungsfaktor von 0,95 angesetzt.

Auf den berücksichtigten Straßenabschnitten wurde nach [1] für die Fahrzeugflottenzusammensetzung ein mittlerer Anteil der leichten Nutzfahrzeuge (INfz $< 3,5$ t zGG²) von 9 % am Leichtverkehr (Pkw und INfz) und der Linien- oder Reisebusse von 13 % am Schwerverkehr angesetzt.

² zGG zulässiges Gesamtgewicht

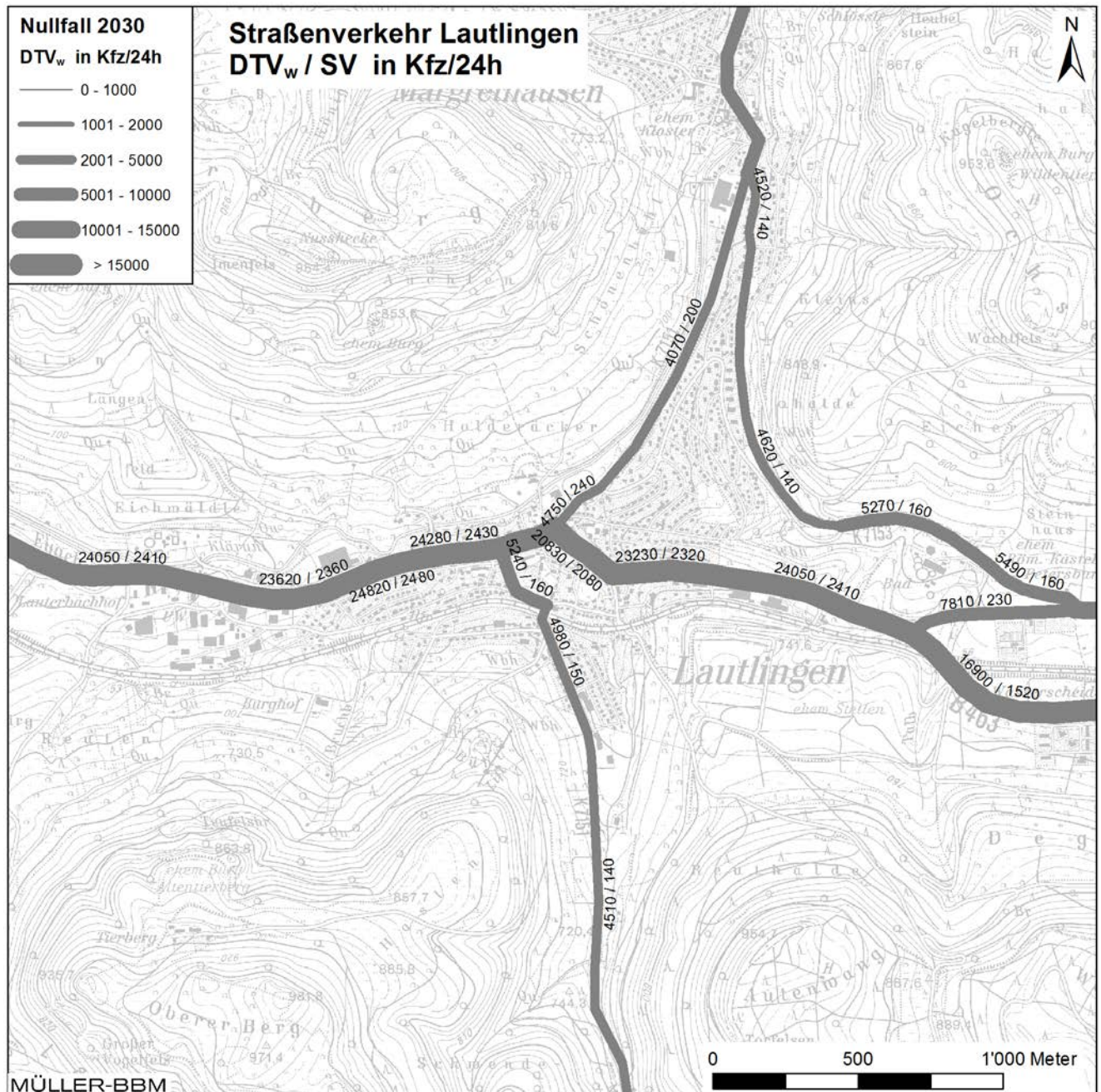


Abbildung 4. Nullfall Prognose 2030 - durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV_w) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SV (über 3,5 t zGG²) [39], Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

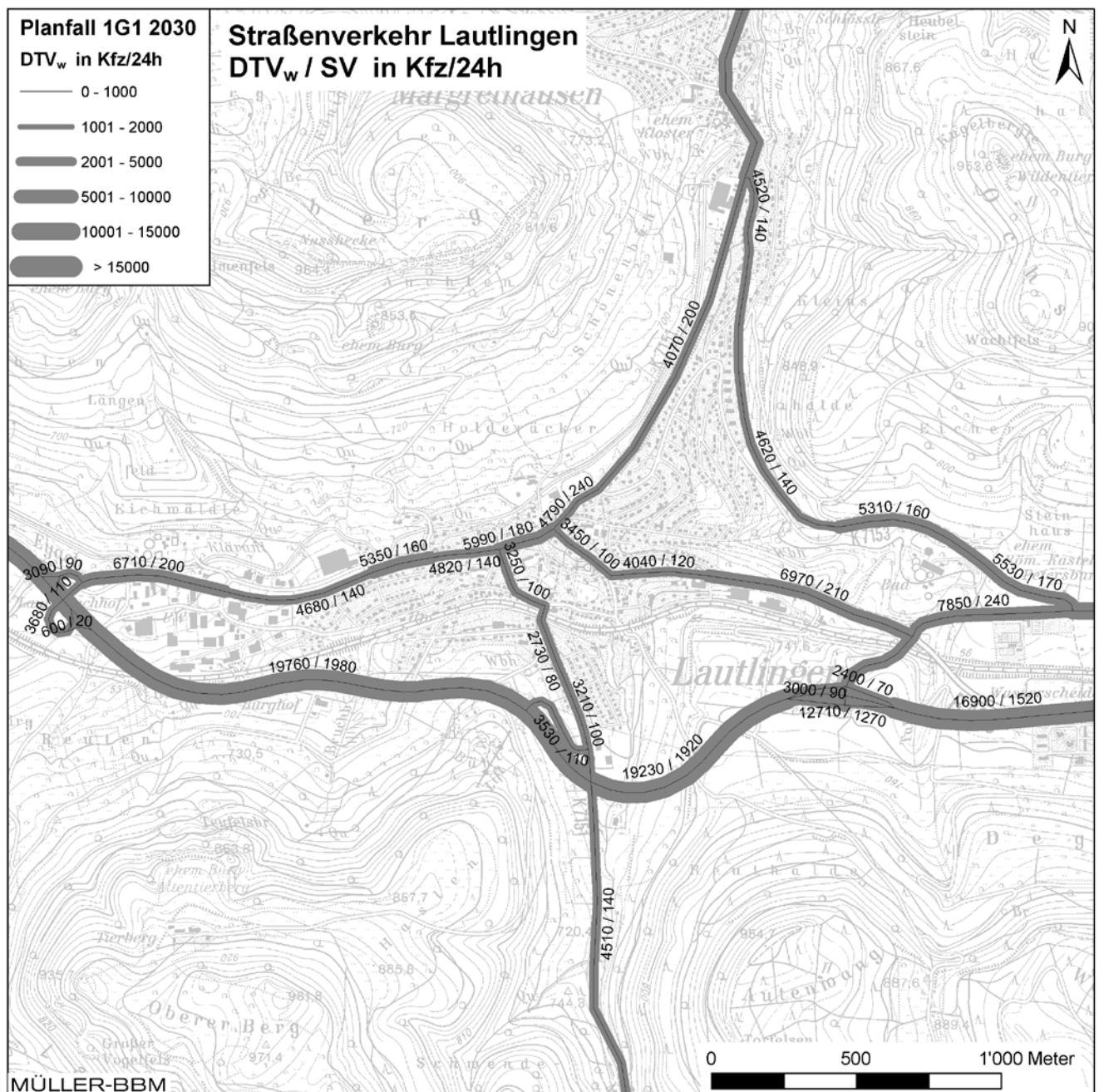


Abbildung 5. Planfall 1G1 Prognose 2030 - durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV_w) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SV (über 3,5 t zGG²) [39] [40], Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

4.2 Emissionen des Straßenverkehrs

Die Berechnung der Schadstoffemissionen erfolgte auf Basis der o. a. Verkehrsmengen und Aufteilungen auf Fahrzeugarten sowie der Verkehrssituationen. Anhand der Verkehrsdaten und den Emissionsfaktoren pro Kfz wurden entsprechend der einschlägigen Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 „Kfz-Emissionsbestimmung“ [29] die vom Straßenverkehr freigesetzten Schadstoffmengen (Emissionen) berechnet. In der vorliegenden Untersuchung werden die Schadstoffe Stickoxide (NO_x bzw. NO und NO_2) und Feinstaubpartikel ($\text{PM}_{2,5}$ und PM_{10}) sowie Ammoniak (NH_3) behandelt.

Die Abgas-Emissionsfaktoren der Kraftfahrzeuge wurden dem einschlägigen "Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA 3.3" [13] für die betrachteten Bezugsjahre entnommen. Es wurden zusätzlich auch nicht-motorbedingte Partikelemissionen durch Abrieb und Aufwirbelung von Feinstaub nach einer Veröffentlichung des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) [9] berücksichtigt.

Das HBEFA gliedert die Verkehrssituationen anhand von vier Kategorien: Gebietstyp (ländlicher Raum oder städtisch/Ballungsraum), funktionale Straßentypen, Tempolimit und Verkehrsqualität. Die Straßentypen werden unterschieden nach Autobahnen (AB), Fern- und Bundesstraßen (fern), Verbindungsstraßen zwischen Ortschaften (samm), dto. mit Kurven (sammk), Hauptverkehrsstraßen (hvs) und Erschließungsstraßen (erschl). Zudem werden im HBEFA die Emissionsfaktoren für verschiedene Längsneigungen der Straßen angegeben. Die Verkehrsqualität wird im HBEFA durch einen vierstufigen level of service (LOS) klassifiziert.

Die Verkehrssituation im Untersuchungsgebiet wurde nach HBEFA dem Gebietstyp „ländlicher Raum“ zugeordnet. Für den fließenden Verkehr wurde nach Erkenntnissen bei der Ortseinsicht [26] auf den Straßen im Untersuchungsgebiet die Verkehrsqualität nach HBEFA überwiegend als „dichter Verkehr (LOS 2)“ eingestuft. Nach Aussagen der Herausgeber des HBEFA ist diese Verkehrsqualität die bei Verkehr ohne Störung auf nahezu allen Straßen anzusetzende.

Die Emissionsfaktoren für die Prognosen 2030 wurden für eine Verkehrsflottensammensetzung nach HBEFA 3.3 im Bezugsjahr 2025 ermittelt. Dieser Ansatz ist konservativ, da er die zukünftig ungünstigste Situation abbildet. Aufgrund der gesetzlichen Regelungen zur technischen Emissionsminderung ist in späteren Jahren mit geringeren Emissionsfaktoren der Kraftfahrzeuge zu rechnen.

Die sog. Kühl- und Kaltstartemissionen, d. h. die Emissionen aus noch nicht warmgelaufenen Fahrzeugmotoren, wurden nach Angaben des Entwicklers des HBEFA [20] bei den Emissionsberechnungen berücksichtigt.

Die im Untersuchungsgebiet angesetzten Verkehrssituationen sind Abbildung 6 zu entnehmen. In Tabelle 2 sind die verwendeten Emissionsfaktoren differenziert nach Leichtverkehr LV (Personenkraftwagen Pkw, inkl. 9 % leichte Nutzfahrzeuge INfz) und Schwerverkehr SV (schwere Nutzfahrzeuge SNF, inkl. 13 % Busse) aufgeführt.

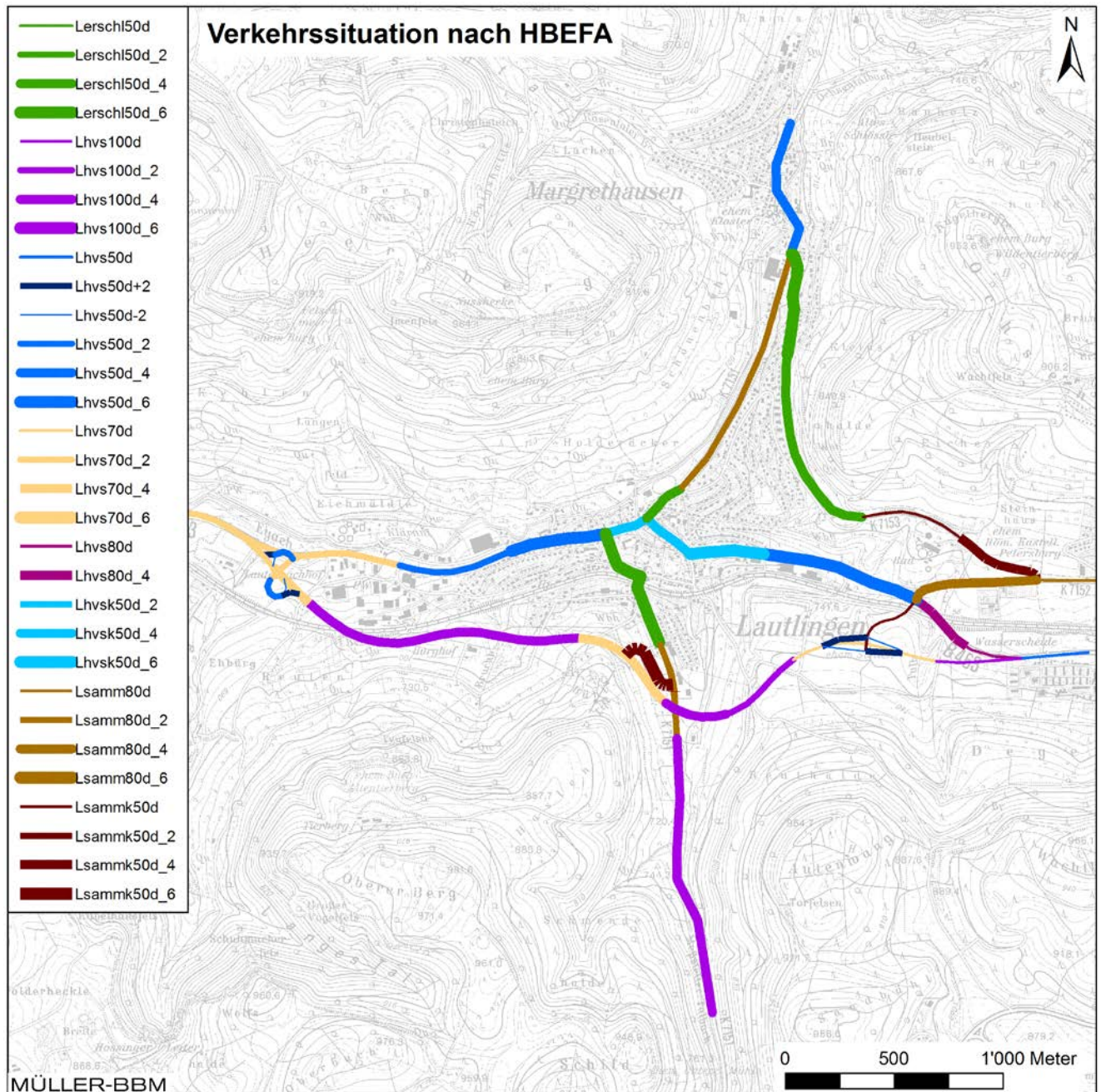


Abbildung 6. Verkehrssituationen entsprechend HBEFA [13], Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

Tabelle 2. Emissionsfaktoren Leichtverkehr LV (Pkw und INfz) und Schwerverkehr SV (SNF und BUS) nach HBEFA 3.3 [13] für eine Fahrzeugflotte im Jahr 2025.

Verkehrssituation	Längs- neigung	NO _x		NH ₃		Partikel (Abgas)		PM _{2,5} (Abrieb)		PM ₁₀ (Abrieb/Aufw.)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
		in [mg/km] je Fahrzeug									
LerschI50d	0%	250	930	2,7	3,0	4,5	10	14,5	87	35	500
LerschI50d_2	+/-2%	260	1.130	2,7	3,0	4,5	11	14,5	87	35	500
LerschI50d_4	+/-4%	280	1.210	2,7	3,0	4,6	11	14,5	87	35	500
LerschI50d_6	+/-6%	310	1.050	2,7	3,0	4,9	12	14,5	87	35	500
Lhvs100d	0%	160	410	14,1	3,0	2,4	6	14,5	87	30	130
Lhvs100d_2	+/-2%	170	620	14,1	3,0	2,5	6	14,5	87	30	130
Lhvs100d_4	+/-4%	210	640	14,1	3,0	2,7	7	14,5	87	30	130
Lhvs100d_6	+/-6%	280	670	14,1	3,0	3,3	8	14,5	87	30	130
Lhvs50d	0%	180	890	14,1	3,0	3,4	9	14,5	87	33	350
Lhvs50d_2	+/-2%	190	1.110	14,1	3,0	3,4	9	14,5	87	33	350
Lhvs50d_4	+/-4%	210	970	14,1	3,0	3,5	9	14,5	87	33	350
Lhvs50d_6	+/-6%	250	860	14,1	3,0	3,8	10	14,5	87	33	350
Lhvs70d	0%	180	530	14,1	3,0	2,7	8	14,5	87	30	130
Lhvs70d_2	+/-2%	190	730	14,1	3,0	2,7	7	14,5	87	30	130
Lhvs70d_4	+/-4%	220	840	14,1	3,0	2,9	8	14,5	87	30	130
Lhvs70d_6	+/-6%	270	800	14,1	3,0	3,4	9	14,5	87	30	130
Lhvs80d	0%	140	470	14,1	3,0	2,3	7	14,5	87	30	130
Lhvs80d_4	+/-4%	180	660	14,1	3,0	2,5	7	14,5	87	30	130
LhvsK50d_2	+/-2%	190	1.500	2,7	3,0	3,5	12	14,5	87	33	350
LhvsK50d_4	+/-4%	210	1.490	2,7	3,0	3,7	12	14,5	87	33	350
LhvsK50d_6	+/-6%	240	1.340	2,7	3,0	3,9	13	14,5	87	33	350
Lsamm80d	0%	200	480	14,1	3,0	2,8	7	14,5	87	30	130
Lsamm80d_2	+/-2%	210	650	14,1	3,0	2,8	7	14,5	87	30	130
Lsamm80d_4	+/-4%	240	800	14,1	3,0	3,1	7	14,5	87	30	130
Lsamm80d_6	+/-6%	290	800	14,1	3,0	3,5	9	14,5	87	30	130
LsammK50d	0%	180	1.060	2,7	3,0	3,5	12	14,5	87	33	350
LsammK50d_2	+/-2%	190	1.210	2,7	3,0	3,6	12	14,5	87	33	350
LsammK50d_4	+/-4%	210	1.380	2,7	3,0	3,8	12	14,5	87	33	350
LsammK50d_6	+/-6%	250	1.320	2,7	3,0	4,2	13	14,5	87	33	350

LerschI50d Ländlich, Erschließungsstr., Tempo 50, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Lhvs100d Ländlich, Hauptverkehrsstr., Tempo 100, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Lhvs50d_2 Ländlich, Hauptverkehrsstr., Tempo 50, dichter Verkehr, Längsneigung ±2%

LhvsK50d_6 Ländlich, Hauptverkehrsstr., kurvig, Tempo 60, dichter Verkehr, Längsneigung ±6%

LsammK50d Ländlich, Sammelstr., kurvig, Tempo 50, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Die für die Immissionsprognosen angesetzten Emissionsquellstärken der jeweiligen Straßenabschnitte wurden aus den o. a. Emissionsfaktoren in Verbindung mit den Verkehrsmengen für die betrachteten Straßenabschnitte (Abschnitt 4.1) berechnet. Die ermittelten Emissionsdichten sind für die hier betrachteten Untersuchungsfälle im Anhang A dargestellt.

4.3 Berücksichtigung von Geländedaten

Das Geländere relief variiert im Rechengebiet zwischen ca. 600 m und 980 m über Normalhöhen null (NHN). Zur Berücksichtigung der Orographie bei der Berechnung des Windfeldes wurde die Geländestruktur in Form eines Digitalen Geländemodells zugrunde gelegt. Die digitalen Geländehöhen im LASAT-Rechengebiet wurden vom Auftraggeber bzw. dem Landesvermessungsamt zur Verfügung gestellt [6]. Für das erweiterte KLAM21-Rechengebiet wurden die Höhendaten aus Satellitenmessungen [12] in einer Rasterauflösung von 50 m ergänzt.

Auf Basis dieser Geländedaten wurde ein digitales Geländemodell in einer Rasterauflösung von 10 m (siehe Relief in Abbildung 7) erstellt, das bei den Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen mit LASAT verwendet wurde.

Die Bodenrauigkeit des Geländes wird durch eine mittlere Rauigkeitslänge z_0 beschrieben. Sie ist nach Anhang 3 der TA Luft aus den Landnutzungsklassen des CORINE-Katasters [4] zu bestimmen. Auf Basis der Geländenutzungsdaten wird in den Ausbreitungsrechnungen die Bodenrauigkeit $z_0 = 0,5$ m angesetzt. Die Verdrängungshöhe d_0 ergibt sich nach Anhang 3 der TA Luft [10] mit $d_0 = z_0 \times 6$.

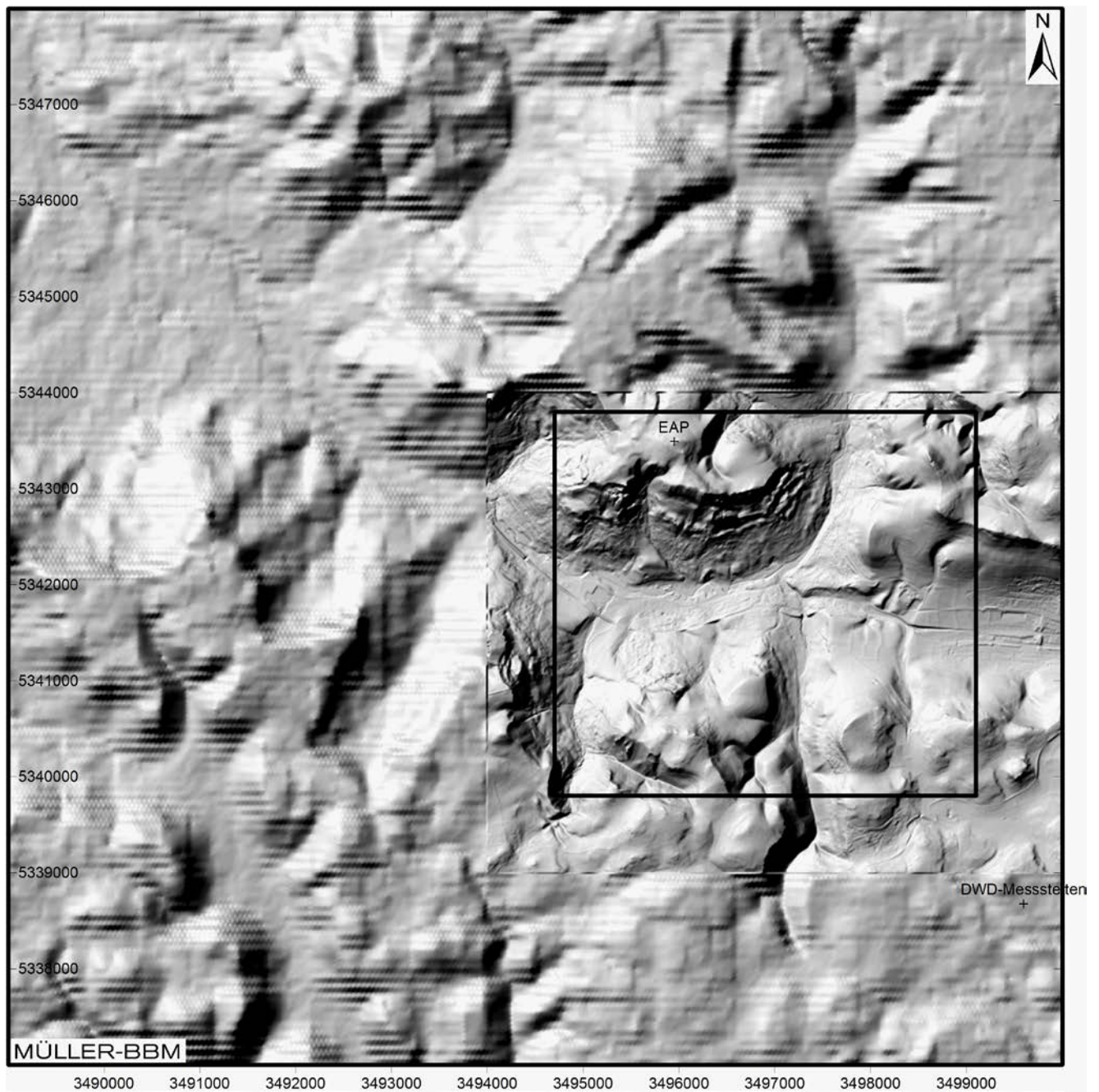


Abbildung 7. Geländere relief [6] [12] im erweiterten Klam21-Rechengebiet mit Abgrenzung des LASAT-Rechengebiets, Lage der Windmessstelle und Ersatz-Anemometerposition EAP (Achsenbeschriftung Gauß-Krüger-Koordinaten).

4.4 Rechengebiet und räumliche Auflösung

Das LASAT-Rechengebiet für die Ausbreitungsrechnung wurde als ein rechteckiges Gebiet mit einer Kantenlänge von 4.400 m × 4.000 m festgelegt (Abbildung 8). Damit können die Strömungsverhältnisse im Planungsbereich mit einem geeigneten Windfeldmodell berechnet und die Auswirkungen der Verkehrsbelastungen auf die Schadstoffimmissionen vollständig erfasst werden.

Das Raster zur Berechnung der Immissionen wurde mit einem Gitter festgelegt, dessen Maschenweite 10 m beträgt. Die bodennahen Konzentrationen an den Aufpunkten wurden als Mittelwerte über ein vertikales Intervall vom Erdboden bis 3 m Höhe über dem Erdboden berechnet und sind damit repräsentativ für eine Aufpunkthöhe von 1,5 m über Flur. Die so für ein Volumen eines Rechengitterelementes berechneten Mittelwerte werden als Punktwerte für die darin enthaltenen Aufpunkte interpretiert.

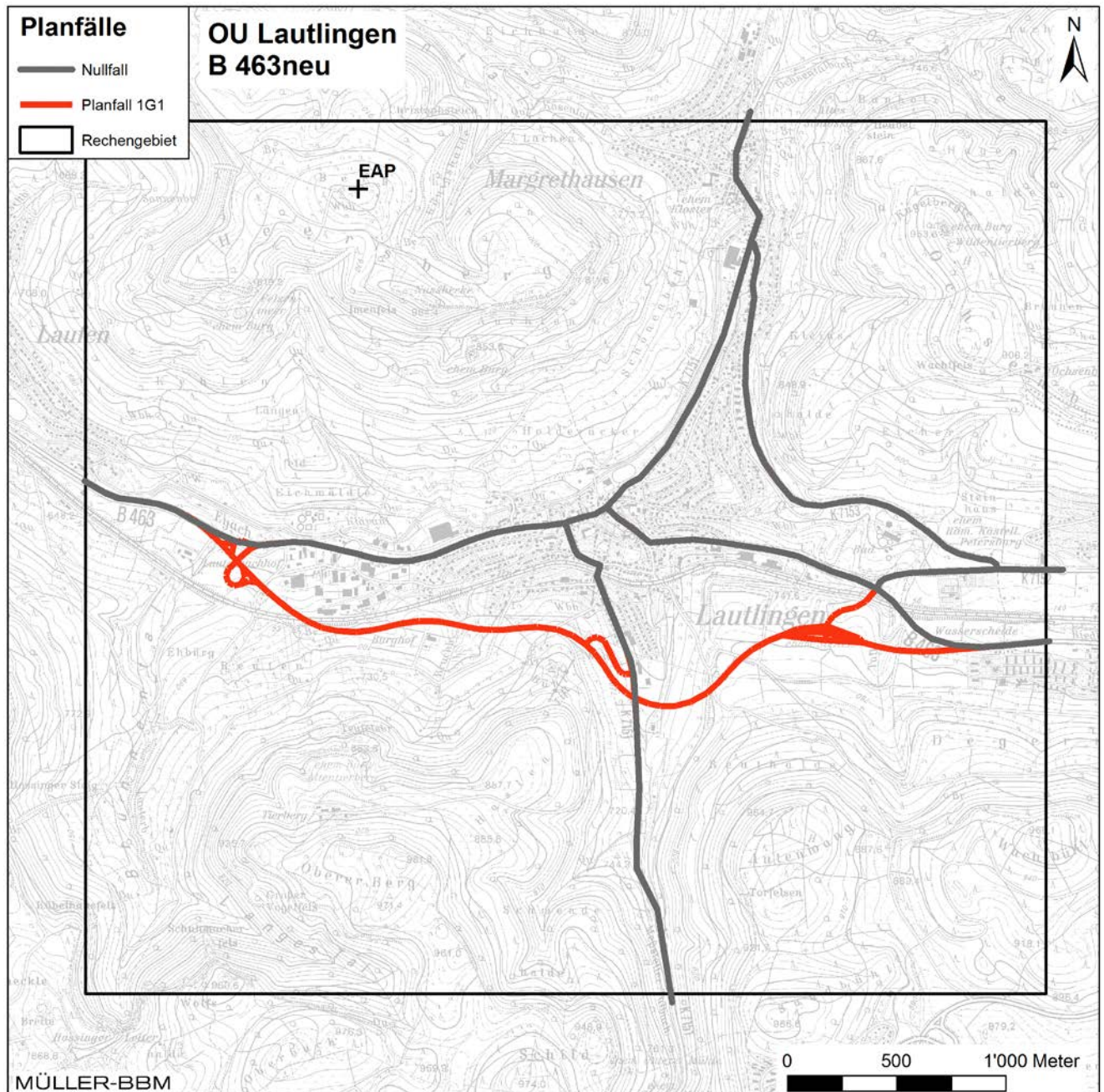


Abbildung 8. LASAT-Rechengebiet auf topografischer Karte mit Straßenplanung und Ersatz-Anemometerposition EAP, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

4.5 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten benötigt, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind. Hierfür sind meteorologische Daten zu verwenden, die für das Untersuchungsgebiet charakteristisch sind.

Die Windrichtungsverteilung an einem Standort wird primär durch die großräumige Luftdruckverteilung geprägt. Die Strömung in der vom Boden unbeeinflussten Atmosphäre (ab ca. 1.500 m über Grund) hat daher in Mitteleuropa ein Maximum bei südwestlichen bis westlichen Richtungen. Ein zweites Maximum, das vor allem durch die Luftdruckverteilung in Hochdruckgebieten bestimmt wird, ist bei Winden aus Ost bis Nordost vorherrschend. In Bodennähe, wo die lokale Ausbreitung von verkehrsbedingten Schadstoffen erfolgt, wird die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung jedoch durch die topographischen Strukturen modifiziert. Dies ist vor allem im Bereich von Tälern sichtbar. Dort werden die Windrichtungen entlang der Talachse kanalisiert.

Die meteorologischen Verhältnisse in den Kuppenlagen im Untersuchungsgebiet können mit den Daten der nahegelegenen Windmessstation Meßstetten des Deutschen Wetterdienst (DWD) abgebildet werden. Der Messstandort liegt in der Höhe 920 m NHN etwa 4 km südwestlich vom Ortszentrum Lautlingen (Verkehrsknoten B 463 / K 7151). Die meteorologischen Daten liegen in Form einer Ausbreitungs-klassenstatistik für den 10-jährigen Zeitraum 1999 bis 2008 vor [19]. Die Windgeberhöhe ist nach Angaben des DWD in 19 m über Grund.

Abbildung 9 zeigt die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen an der Station Meßstetten. Die Windrose zeigt ein für die Kuppenlage typisches Primärmaximum aus südwestlichen Richtungen. Ein schwächer ausgeprägtes Sekundärmaximum liegt bei ost-südöstlichen Richtungen vor. Hohe Windgeschwindigkeiten liegen überwiegend bei südwestlichen Richtungen vor. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2,9 m/s.

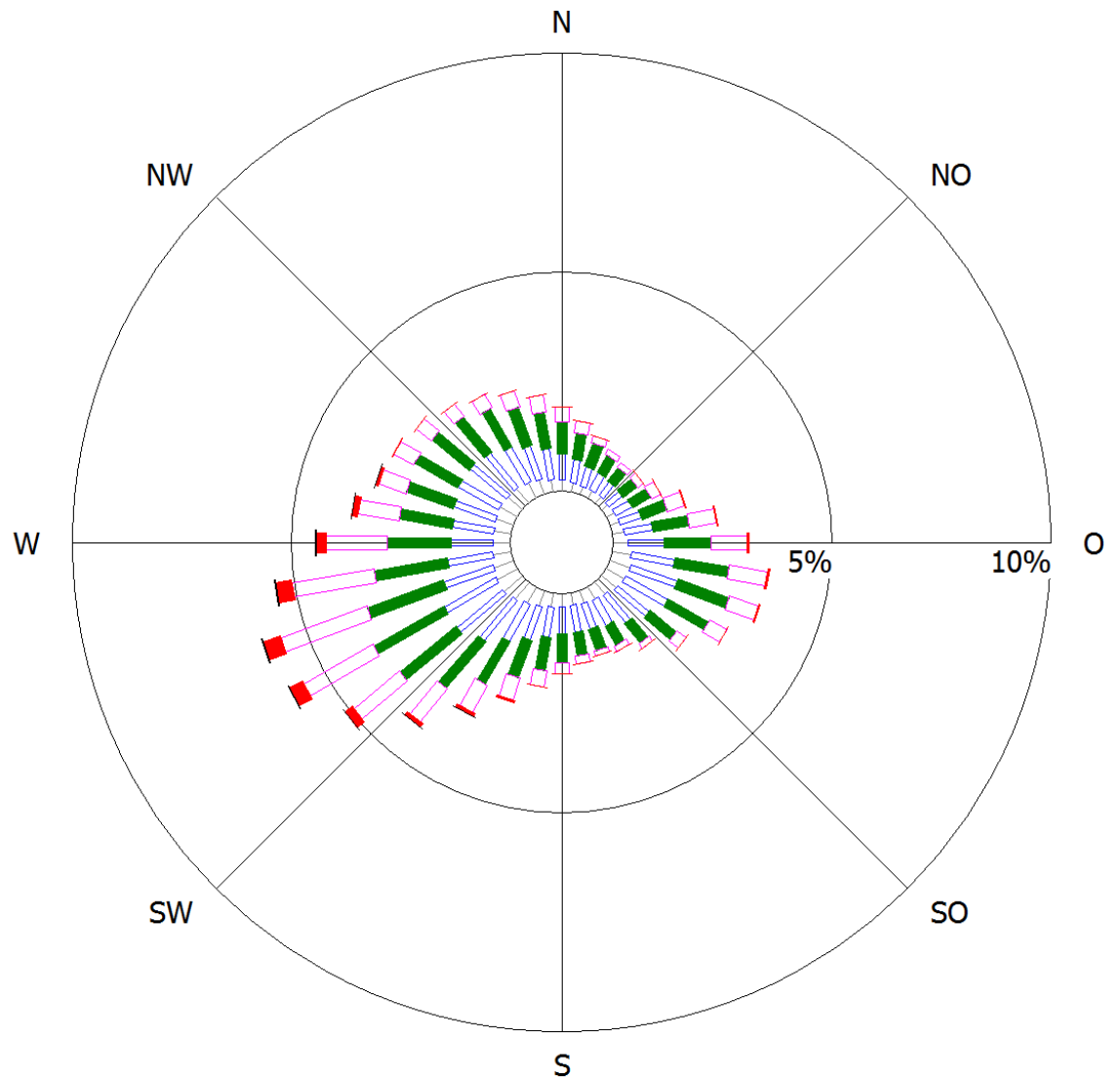
Das wesentliche Charakteristikum für den Turbulenzzustand und damit die Fähigkeit zur Verdünnung von Schadstoffemissionen stellen die sogenannten Ausbreitungs-klassen ABK dar. Stabile Schichtungen der Atmosphäre (ABK I und II), zu denen unter anderem die austauscharmen Inversionswetterlagen gehören, sind in ca. 40 % aller Jahresstunden zu erwarten.

Die vom Partikelmodell LASAT benötigten meteorologischen Grenzschichtprofile und die hierzu benötigten Größen

- Windrichtung in Anemometerhöhe
- Monin-Obukhov-Länge
- Mischungsschichthöhe

wurden gemäß Richtlinie VDI 3783 Blatt 8 [32] und entsprechend den im Anhang 3 der TA Luft [10] festgelegten Konventionen bestimmt.

Die Ersatz-Anemometerposition in dem LASAT-Rechengebiet wurde auf folgenden Standort gelegt: GK Rechtswert 3495950, GK Hochwert 5343490, 950 m NHN.



DWD-Station	: Meßstetten	Häufigkeit ABK		kleiner 1.4 m/s
RW	: 3499596	I	: 17.8 %	1.4 bis 2.3 m/s
HW	: 5338677	II	: 22.5 %	2.4 bis 3.8 m/s
Meßhöhe	: 19,4	III/1	: 31.2 %	3.9 bis 6.9 m/s
Windgeschw.	: 2.9 m/s	III/2	: 16.2 %	7.0 bis 10 m/s
		IV	: 7.9 %	größer 10 m/s
		V	: 4.3 %	

Abbildung 9. DWD-Messstation Meßstetten - Häufigkeitsverteilungen von Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen [19].

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) veröffentlicht auf ihrer Internetseite flächendeckend Windrosen, die mit einem mesoskaligen prognostischen Windfeldmodell berechnet wurden [5]. Die Windverteilungen für das Untersuchungsgebiet sind in der Abbildung 10 dargestellt. Die Windrosen zeigen für die Kuppenlagen vergleichbare Verteilungen wie an der Station Meßstetten gemessen. Dies bestätigt, dass die Winddaten von Meßstetten lokal repräsentativ und geeignet für die Immissionsprognosen sind.

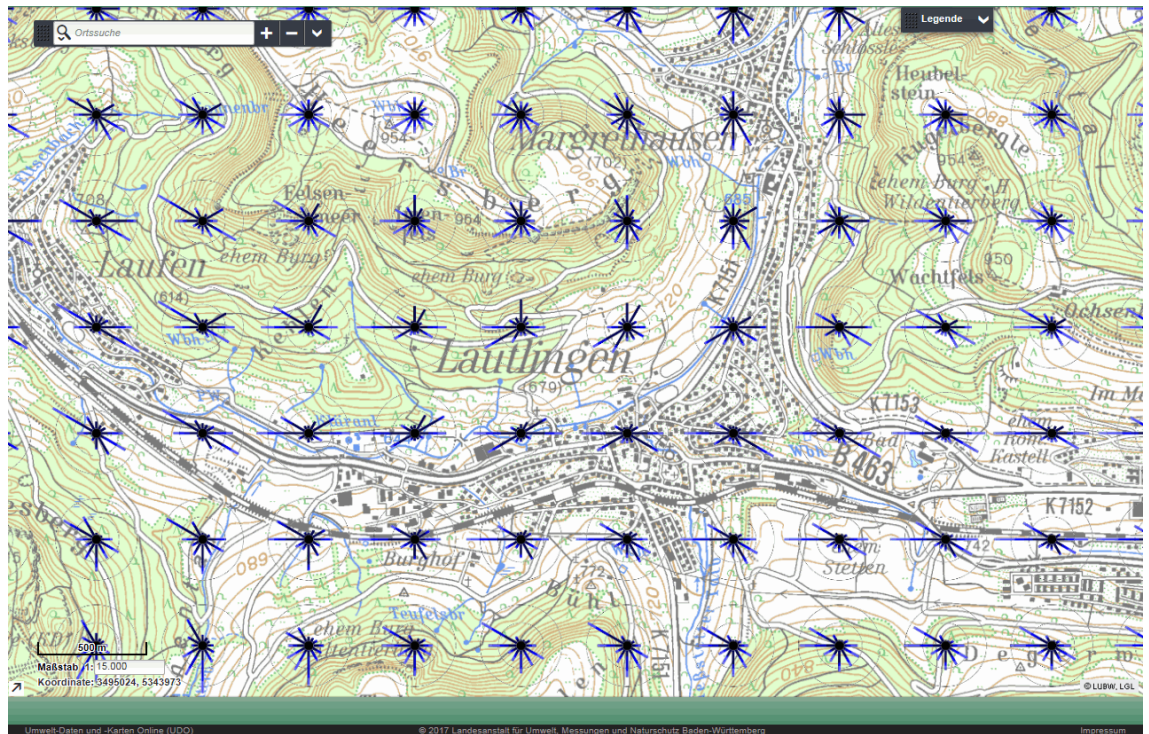


Abbildung 10. Synthetische Windrosen im Untersuchungsgebiet [5].

Die Topografie (insbesondere das Gelände relief) hat infolge von Umlenkungs- oder Kanalisierungseffekten einen Einfluss auf das örtliche Windfeld und damit auf die Ausbreitungsbedingungen. Dem wird durch die Anwendung des der Ausbreitungsrechnung vorgeschalteten Windfeldmodells LPRWND [7] Rechnung getragen, welches die genannten Effekte abbildet. Die mit dem mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodell [7] berechneten Windfeldbibliotheken weisen einen maximalen Divergenzfehler von 0,027 auf und entsprechen damit den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 [30], nach denen die Windfelder möglichst divergenzfrei sein sollten und die dimensionslose skalierte Divergenz in keiner Gitterzelle den Wert 0,05 überschreiten sollte. Aus diesem Grund kann von der Verwendung eines deutlich aufwendigeren prognostischen Windfeldmodells abgesehen werden.

Die in Abbildung 10 dargestellten synthetischen Windstatistiken belegen in den Hang- und Tallagen deutliche Einflüsse von Kaltluftströmungen. Zur Ermittlung der Immissionssituation sind daher die im Untersuchungsgebiet auftretenden Kaltluftströme in den Ausbreitungsrechnungen zu berücksichtigen (siehe Abschnitt 4.6).

4.6 Simulation der Kaltluftströmungen

In gegliedertem Gelände kann die Ausbreitung von Schadstoffen durch Kaltluftabflüsse modifiziert werden. Die sich in den Abend- und Nachtstunden am Boden bildende Kaltluft weist gegenüber den umgebenden Luftmassen eine höhere Dichte auf. Dementsprechend setzen sich die Kaltluftmassen auf geneigten Flächen dem Gefälle folgend in Bewegung. Zur Ermittlung der Immissionssituation sind die im Untersuchungsgebiet auftretenden Kaltluftströme in den Ausbreitungsrechnungen zu berücksichtigen.

Für die Berechnung der Kaltluftabflüsse wird das Simulationsmodell KLAM_21 [14] des Deutschen Wetterdienstes (DWD) eingesetzt. KLAM_21 berücksichtigt die Geländestruktur, die Oberflächenbeschaffenheit und kleinräumige Strömungshindernisse, wie z. B. Dämme, Wälle, Mauern oder Gebäude. KLAM 21 simuliert die zeitliche Entwicklung der Kaltluftentstehung und liefert quantitative Aussagen zur Strömungsgeschwindigkeit und zur Kaltluftschichtdicke.

Auf Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Geländehöhen [6] und Landnutzungen [4] sowie Satellitendaten [12] wurde ein digitales Geländemodell (Abbildung 7) mit Landnutzung erstellt. Damit wurden Simulationsrechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM_21 durchgeführt.

Das KLAM_21-Rechengebiet umfasst ein Gebiet von 11 km × 11 km, in dem das Untersuchungsgebiet bzw. das LASAT-Rechengebiet enthalten ist.

In Abbildung 11 sind die ermittelten Kaltluftströmungen und Kaltluftschichtdicken bei ausgeprägter Kaltluftsituation für das gesamte KLAM_21-Modellgebiet zu sehen. Dargestellt ist die über die örtliche Kaltluftschichthöhe gemittelte Strömungsgeschwindigkeit. Abbildung 12 zeigt die entsprechende Darstellung für den Ausschnitt des LASAT-Rechengebietes. Die ermittelten Kaltluftströmungen bilden die zu erwartenden Verhältnisse ab. Östlich von Lautlingen liegt die Europäische Wasserscheide. Die Schmiecha in Albstadt fließt Richtung Sigmaringen und mündet in die Donau. Dagegen senkt sich das Eyachtal nach Nordwesten in Richtung Neckar.

Das Eyachtal fungiert als Kaltluftsammelgebiet, das von den seitlichen Hanglagen gespeist wird. Die hellblaue Farbe in Abbildung 11 und Abbildung 12 zeigt an, dass im Eyachtal Kaltluftschichtdicken von mehr als 60 m vorliegen.

Diese Ergebnisse der Kaltluftsimulationen fließen in die Ausbreitungsrechnungen mit LASAT ein. Dabei wurden die nächtlichen Kaltluftsituationen in der Ausbreitungs-klassenstatistik mit den geringen Windgeschwindigkeiten in der Ausbreitungs-klasse I (sehr stabil) entsprechend Anhang 3 der TA Luft [10] identifiziert.

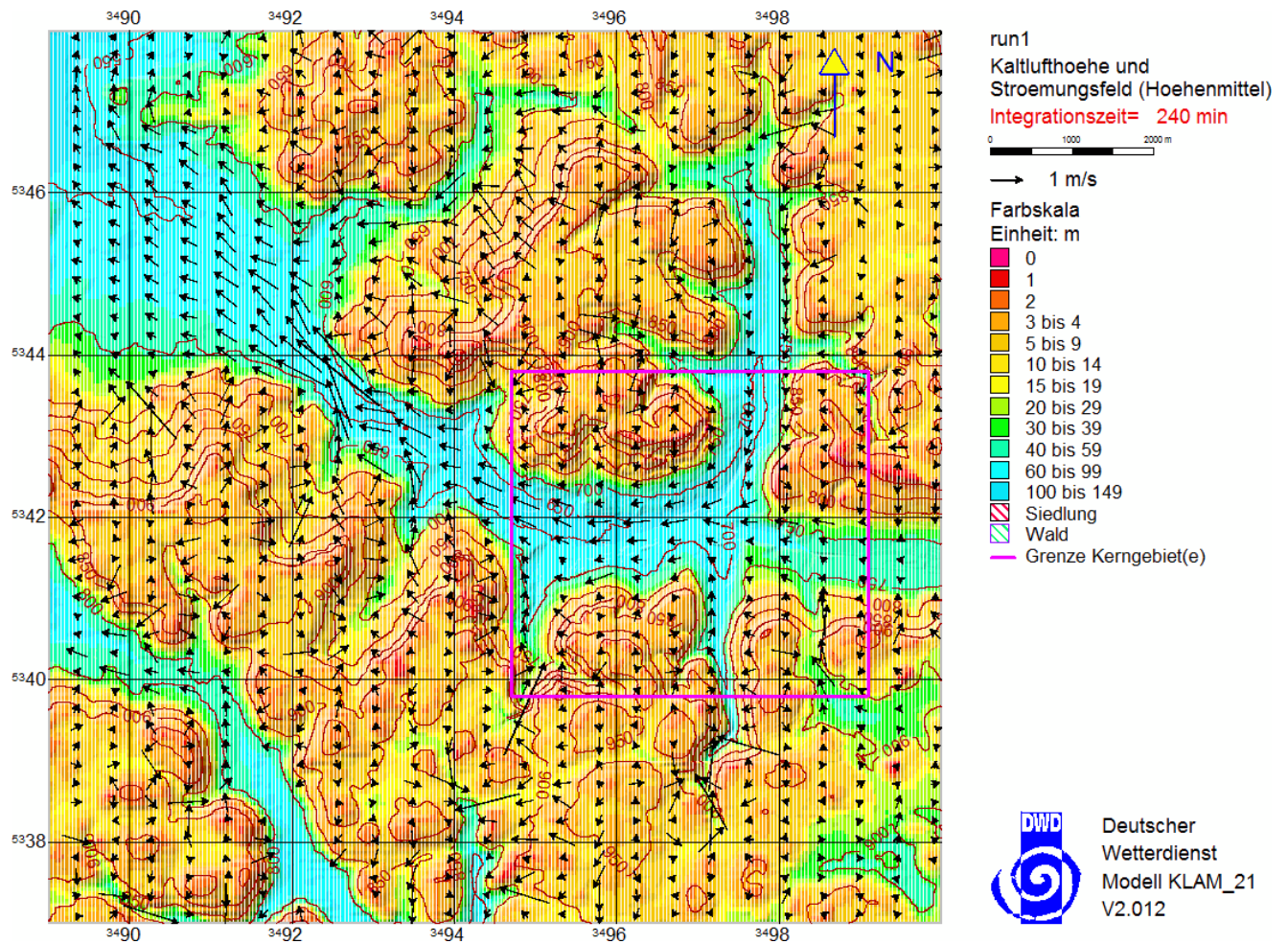


Abbildung 11. Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftschichtdicken bei ausgeprägter Kaltluftsituation, der Ausschnitt des LASAT-Rechengebietes ist markiert.

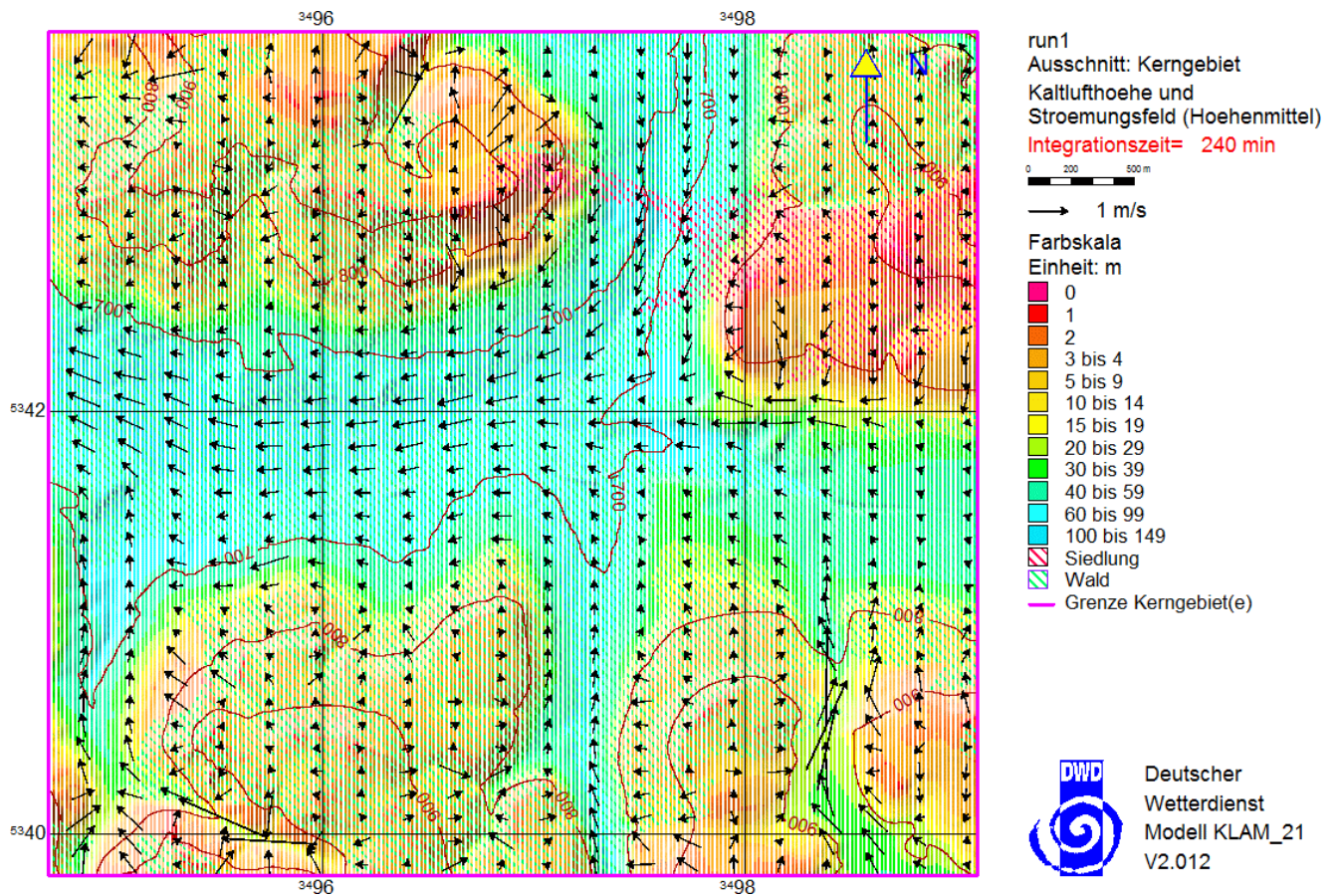


Abbildung 12. Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftschichtdicken bei ausgeprägter Kaltluft-situation, Ausschnitt LASAT-Rechengebiet.

4.7 Hintergrundbelastung

Die Gesamt-Immission (Konzentration) eines Schadstoffes setzt sich aus der lokal vorhandenen Hintergrundbelastung und der Zusatzbelastung zusammen, die von den in den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigten Emissionen verursacht wird. Die lokale Hintergrundbelastung resultiert aus der Überlagerung von Schadstoffen aus überregionalem Ferntransport und aus Industrie, Hausbrand sowie anderen bei den Ausbreitungsrechnungen nicht berücksichtigten Schadstoffquellen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die explizit in den Ausbreitungsrechnungen einbezogenen Emissionen vorliegen würde. Die Hintergrundbelastung kann aus geeigneten quellen erhobenen Messdaten abgeleitet werden oder bei Vorliegen von Messungen innerhalb des Untersuchungsgebietes durch Ermittlung der von den berücksichtigten Straßen an der Messstelle verursachten Schadstoffbelastung, so dass die lokale Hintergrundbelastung ohne Verkehrseinfluss abgeleitet werden kann.

Die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg LUBW betreibt das Luftmessnetz zur Überwachung der Luftqualität. Die Immissionsmesswerte werden von der LUBW im Internet veröffentlicht, dort sind statistische Jahreskenngrößen der gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen zu finden [18]. Die Messstationen werden vom Betreiber entsprechend ihrer Lage in Bezug zu den wesentlichen Emittenten klassifiziert.

Die nächstgelegenen Messstellen sind Erpfingen (etwa 24 km nordöstlich, ländlicher Hintergrund), Tübingen (etwa 33 km nördlich, vorstädtischer Hintergrund), Villingen-Schwenningen (etwa 41 km südwestlich, vorstädtischer Hintergrund) und Gärtringen (etwa 48 km nördlich, vorstädtischer Hintergrund). Die Jahreskenngrößen für diese Messstationen sind zusammen mit der vom Betreiber angegebenen Klassifizierung der Station in der Tabelle 3 aufgeführt.

Die Messstelle in Erpfingen ist repräsentativ für emissionsfreie ländliche Bereiche, während in Tübingen aufgrund der höheren Einwohnerzahlen höhere Belastungen aus Gewerbe, Verkehr und Heizungsfeuerungen als im Untersuchungsgebiet erwartet werden. Aufgrund der jeweiligen regionalen Umgebung werden die Messstellen Villingen-Schwenningen und Gärtringen als vergleichbar mit dem Untersuchungsgebiet eingeschätzt und dementsprechend zur Einschätzung der Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet herangezogen. Da für diese Messstellen jedoch keine PM_{2,5}-Daten verfügbar sind, wird die PM_{2,5}-Hintergrundbelastung konservativ auf der Grundlage der Messwerte von Tübingen angesetzt.

Tabelle 3. Messdaten (Jahreskenngößen) der umliegenden Messstationen sowie deren Klassifizierung [18].

Station	Jahr	NO ₂ [µg/m ³]	PM _{2,5} [µg/m ³]	PM ₁₀ [µg/m ³]	PM ₁₀ -TM>50 [-]	Stations- klassifizierung	Entfernung [km]
Schwäbische Alb (Erpfingen)	2014	7	7	11	1	ländlich, Hintergrund	24
	2015	8	8	12	0		
	2016	7	8	10	0		
	2017	7	7	10	1		
	2018	7	8	11	2		
Villingen- Schwenningen	2014	13	--	13	1	vorstädtisch, Hintergrund	41
	2015	15	--	15	1		
	2016	14	--	13	0		
	2017	13	--	13	1		
	2018	14	--	14	1		
Gärtringen	2014	15	--	14	2	vorstädtisch, Hintergrund	48
	2015	15	--	14	1		
	2016	15	--	13	6		
	2017	14	--	14	6		
	2018	14	--	14	2		
Tübingen	2014	21	11	16	5	vorstädtisch, Hintergrund	33
	2015	22	12	18	1		
	2016	22	11	16	1		
	2017	21	11	16	10		
	2018	21	11	16	4		

Bei den Immissionsprognosen wurden auf dieser Grundlage die folgenden Jahresmittelwerte als Hintergrundbelastung angesetzt:

- 15 µg/m³ für NO₂
- 11 µg/m³ für PM_{2,5}
- 14 µg/m³ für PM₁₀

4.8 Vorbelastungsdaten der Stickstoffdeposition

Im Rahmen eines Forschungsprojektes vom Umweltbundesamt über Einträge von Luftschadstoffen [23] [24] wurden u. a. Vorbelastungsdaten der Stickstoffdeposition (im Raster von $1 \times 1 \text{ km}^2$) ermittelt, die unter <http://gis.uba.de/website/depo1/> abgerufen werden können. Die genannten Werte werden dort unter dem Titel „Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff, Bezugszeitraum: Dreijahresmittelwert der Jahre 2013-2015“ angegeben.

In den Erläuterungen des Umweltbundesamtes zum Kartendienst wird in einer Fußnote folgender Hinweis gegeben: *„Ergänzend hat die Überprüfung der Daten im Land Baden-Württemberg (BW) ergeben, dass für eine Anwendung im Vollzug BW-spezifische Korrekturfaktoren zur Anwendung kommen, welche die nationalen Berechnungen erhöhen.“*

Die LUBW veröffentlicht in ihrem Daten- und Kartendienst [5] die Gesamtdesposition an reaktivem Stickstoff in Baden-Württemberg (in Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr) differenziert nach der Landnutzung. Der Datensatz für die Hintergrunddeposition (Stand 2009) wurde im Auftrag der LUBW von der Universität Stuttgart, Institut für Navigation (INS) erstellt. Datengrundlage ist die vormals vom Umweltbundesamt veröffentlichte nationale Modellierung der Hintergrunddeposition [21] [22] für das Jahr 2009. Darauf aufbauend erfolgte eine Korrektur durch die Walddepositionsmessdaten aus Baden-Württemberg [35]. Der Daten- und Kartendienst weist für die im Untersuchungsgebiet vorliegenden Landnutzungsklassen folgende Werte für die Stickstoff-Hintergrunddeposition aus:

[1] Wiesen/Weiden	12 kg N/(ha*a)
[2] Ackerland	13 kg N/(ha*a)
[3] Laubwald	18 kg N/(ha*a)
[4] Mischwald	19 kg N/(ha*a).

5 Ergebnisse der Immissionsprognosen

5.1 Allgemeines

Mit dem Ausbreitungsmodell LASAT [7] wurden unter Berücksichtigung der Schadstoffemissionen (Abschnitt 4.2), der Topografie (Abschnitt 4.3) sowie der meteorologischen Daten (Abschnitte 4.4 und 4.6) die Immissionszusatzbelastungen ermittelt und der Hintergrundbelastung (Abschnitt 4.7) überlagert. Als Ergebnisse der Berechnungen liegen für die betrachteten Immissionsorte die prognostizierten Luftschadstoff-Gesamtbelastungen (Immissionen) vor. Die Beurteilung der Immissionen erfolgt nach den Vorgaben der 39. BImSchV [25].

In den nachfolgenden Abbildungen sind die für das Niveau in 1,5 m über Grund (bodennah) berechneten Immissionen flächendeckend für das Untersuchungsgebiet grafisch dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Farben, die bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet sind. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Die Farbgebung orientiert sich jeweils an der Hintergrundbelastung (hellblau) und Überschreitungen des Grenzwertes (rot bis lila). Die berücksichtigten Straßenabschnitte und ausgewählte Untersuchungspunkte / Immissionsorte (Abschnitt 5.3) sind in den Abbildungen markiert.

5.2 Immissionen in Bezug auf Schutz der menschlichen Gesundheit

Die ermittelten Feinstaubimmissionen sind für $PM_{2,5}$ in Anhang B und für PM_{10} in Anhang C dargestellt.

Auch straßennah sind die $PM_{2,5}$ -Immissionen (Abbildung 21 bis Abbildung 22) in beiden Untersuchungsfällen geringer als der Immissionsgrenzwert für den Jahresmittelwert von $25 \mu g/m^3$. An beurteilungsrelevanten Gebäudefassaden im Untersuchungsgebiet sind die $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerte deutlich geringer als der Grenzwert.

Die ermittelten PM_{10} -Immissionen (Abbildung 23 bis Abbildung 24) unterschreiten in beiden Untersuchungsfällen den Grenzwert für den Jahresmittelwert von $40 \mu g/m^3$ deutlich. Die nach 39. BImSchV zulässigen 35 Überschreitungstage für den Tagesgrenzwert von PM_{10} werden an den beurteilungsrelevanten Bereichen entsprechend der in Abschnitt 3.2 genannten Korrelation deutlich unterschritten. Bei prognostizierten Gesamtbelastungen an den Gebäudefassaden von weniger als $21 \mu g/m^3$ ist nicht mit einer Überschreitung der zulässigen Anzahl von 35 Tagen mit Tagesmittelwerten größer $50 \mu g/m^3$ zu rechnen [8] [17] [27].

Der Vergleich der Immissionen mit dem jeweiligen Grenzwert zeigt die unterschiedliche Relevanz der Schadstoffkomponenten. Die NO_2 -Jahresmittelwerte stellen in Bezug zum Grenzwert die höchsten Immissionsbelastungen dar, d. h. die ermittelten Immissionskenngrößen der anderen Schadstoffe schöpfen den jeweiligen Grenzwert deutlich weniger aus.

Die NO_2 -Jahresmittelwerte sind bezogen auf den Grenzwert deutlich höher als die NO_2 -Kurzzeitbelastungen, d. h. die ermittelten NO_2 -Jahresmittelwerte schöpfen den Grenzwert nach 39. BImSchV stärker aus als die zulässigen Überschreitungen der

NO₂-Stundenmittelwerte. Zur Bewertung der NO₂-Immissionen werden daher die Belastungen auf Grundlage der NO₂-Jahresmittelwerte diskutiert.

In Abbildung 13 sind die für den Prognose Nullfall 2030 mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025 ermittelten NO₂-Jahresmittelwerte dargestellt.

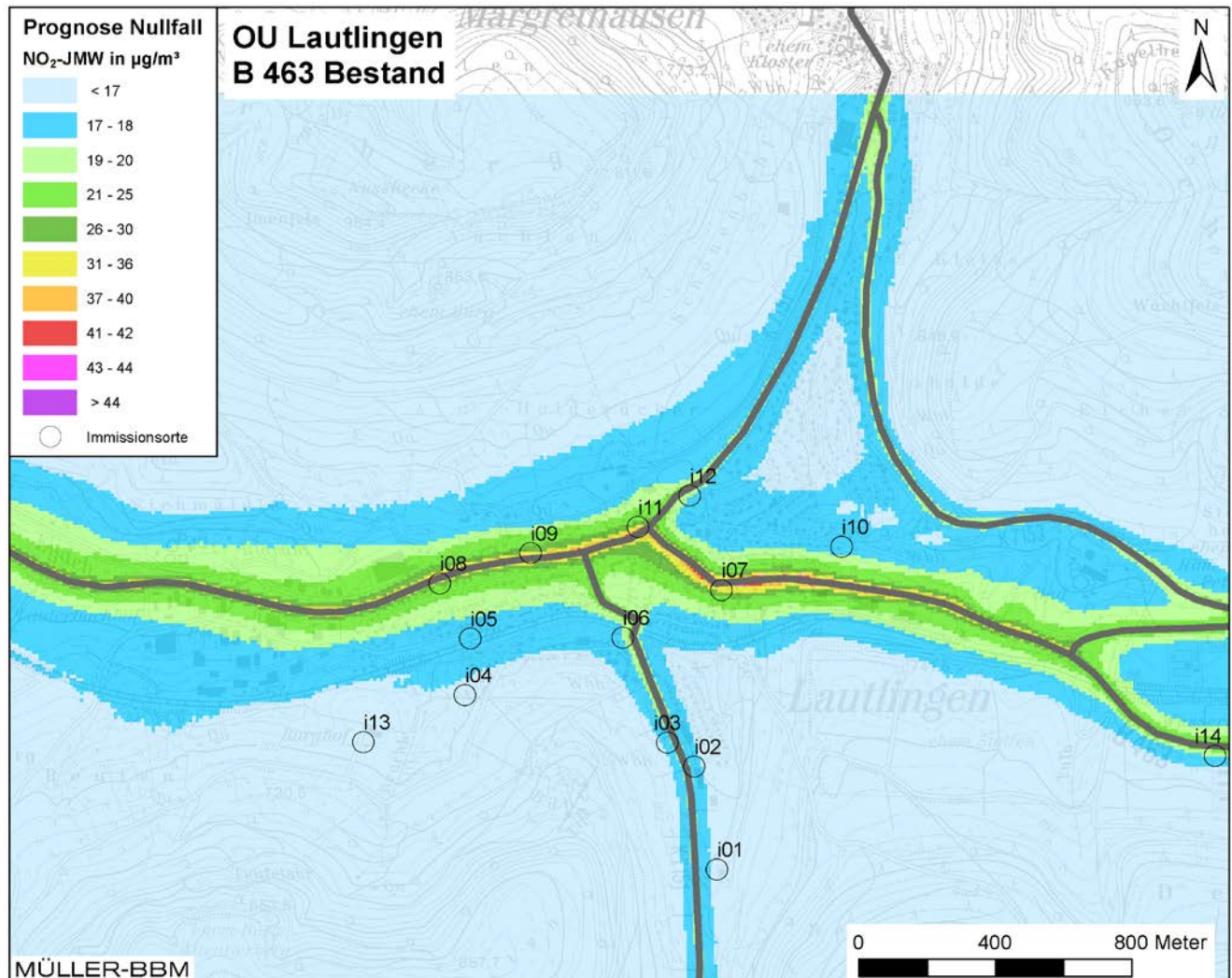


Abbildung 13. Prognose Nullfall 2030, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

Die NO₂-Immissionen im Nullfall zeigen längs der heutigen Ortsdurchfahrt (B 463) die erwarteten erhöhten Konzentrationen. An der nächstgelegenen Bebauung gibt es jedoch keine Überschreitungen des Grenzwertes von 40 µg/m³.

Abbildung 14 zeigt die für die betrachtete Planfstellungsvariante in der Prognose 2030 mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025 berechneten NO₂-Immissionen. In der Abbildung 15 sind zusätzlich die für den Planfall ermittelten Änderungen der NO₂-Jahresmittelwerte im Vergleich zum Nullfall dargestellt.

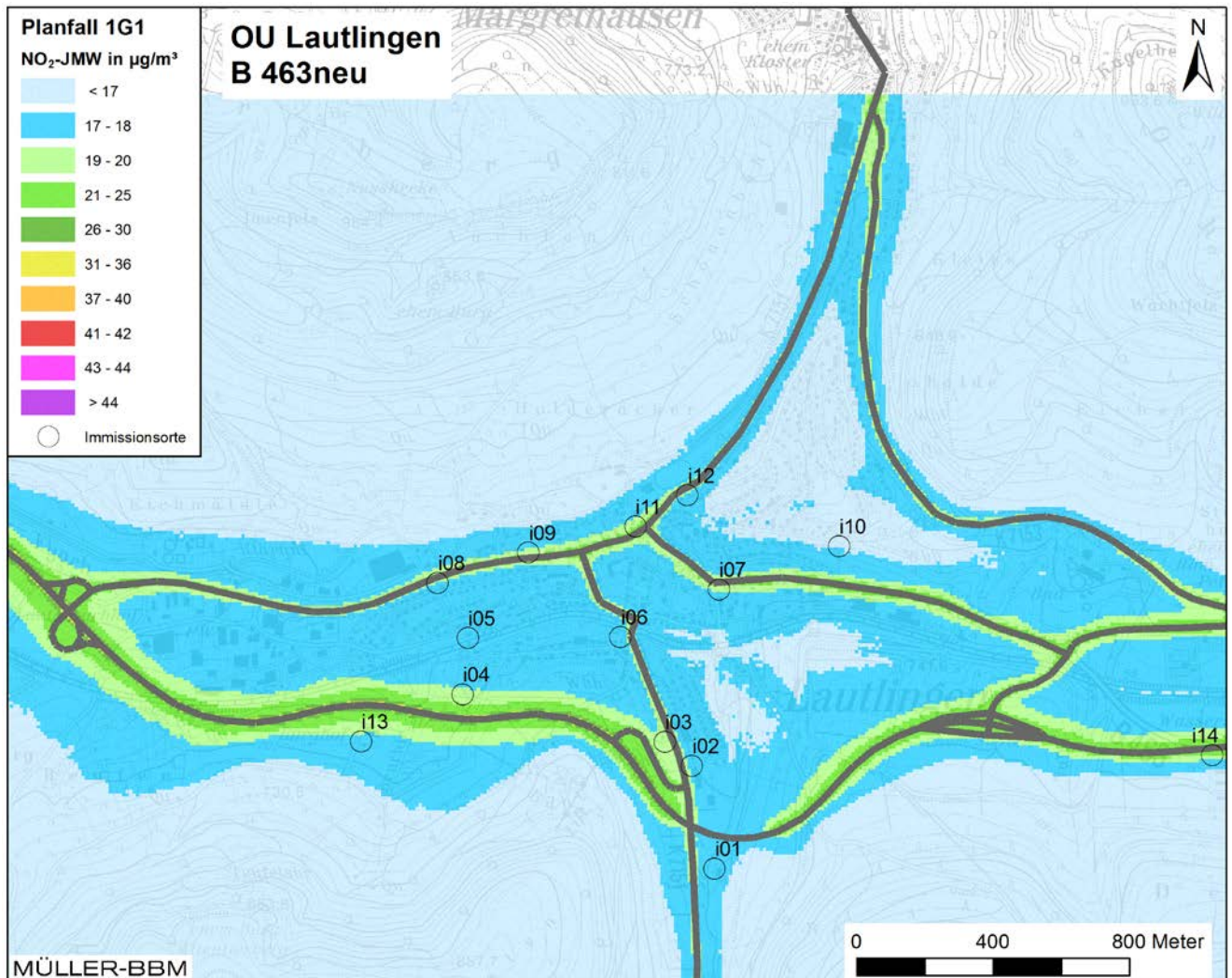


Abbildung 14. Prognose 2030 Planfall 1G1, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

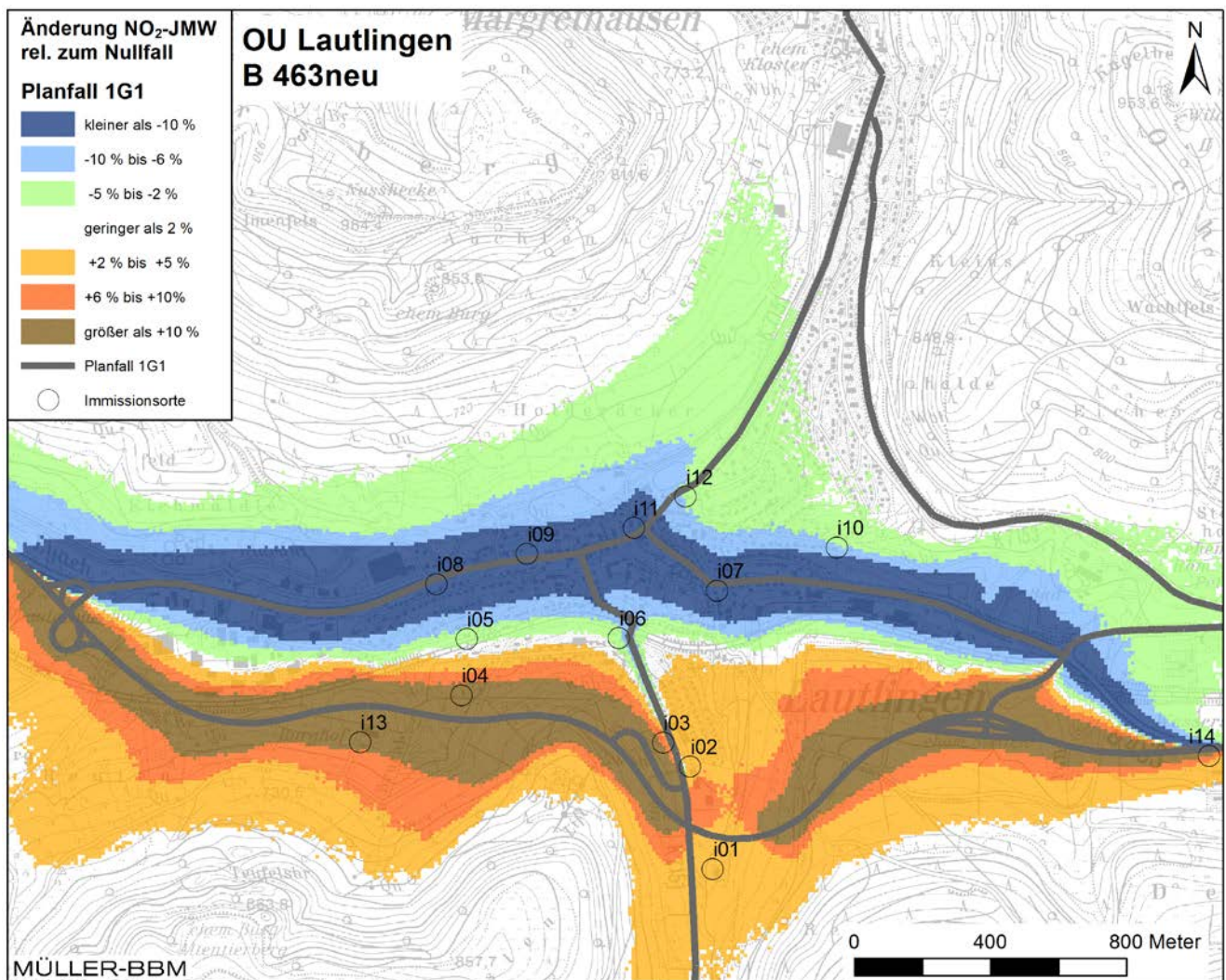


Abbildung 15. Prognose 2030 Planfall 1G1, Änderung der NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) im Vergleich zum Bezugsfall ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

Die Prognose Planfall 1G1 (Abbildung 14) weist im Vergleich zur Prognose Nullfall erhöhte NO₂-Belastungen an der neuen Trasse südlich von Lautlingen und Minderungen der NO₂-Belastungen an der Ortsdurchfahrt Lautlingen auf. Im Planfall unterschreiten die prognostizierten NO₂-Immissionen an der nächstgelegenen Wohnbebauung den Grenzwert von 40 µg/m³.

5.3 Punktuelle Auswertung hinsichtlich Schutzes der menschlichen Gesundheit

Neben der flächenhaften Darstellung wurden für ausgewählte Untersuchungspunkte (Immissionsorte) die ermittelten Immissionen punktgenau ermittelt. Die Immissionsorte wurden an die zu den Trassenverläufen nächstgelegenen Wohngebäude gelegt. Abbildung 16 zeigt die Lage der ausgewählten Immissionsorte, für die die Immissionen berechnet wurden.

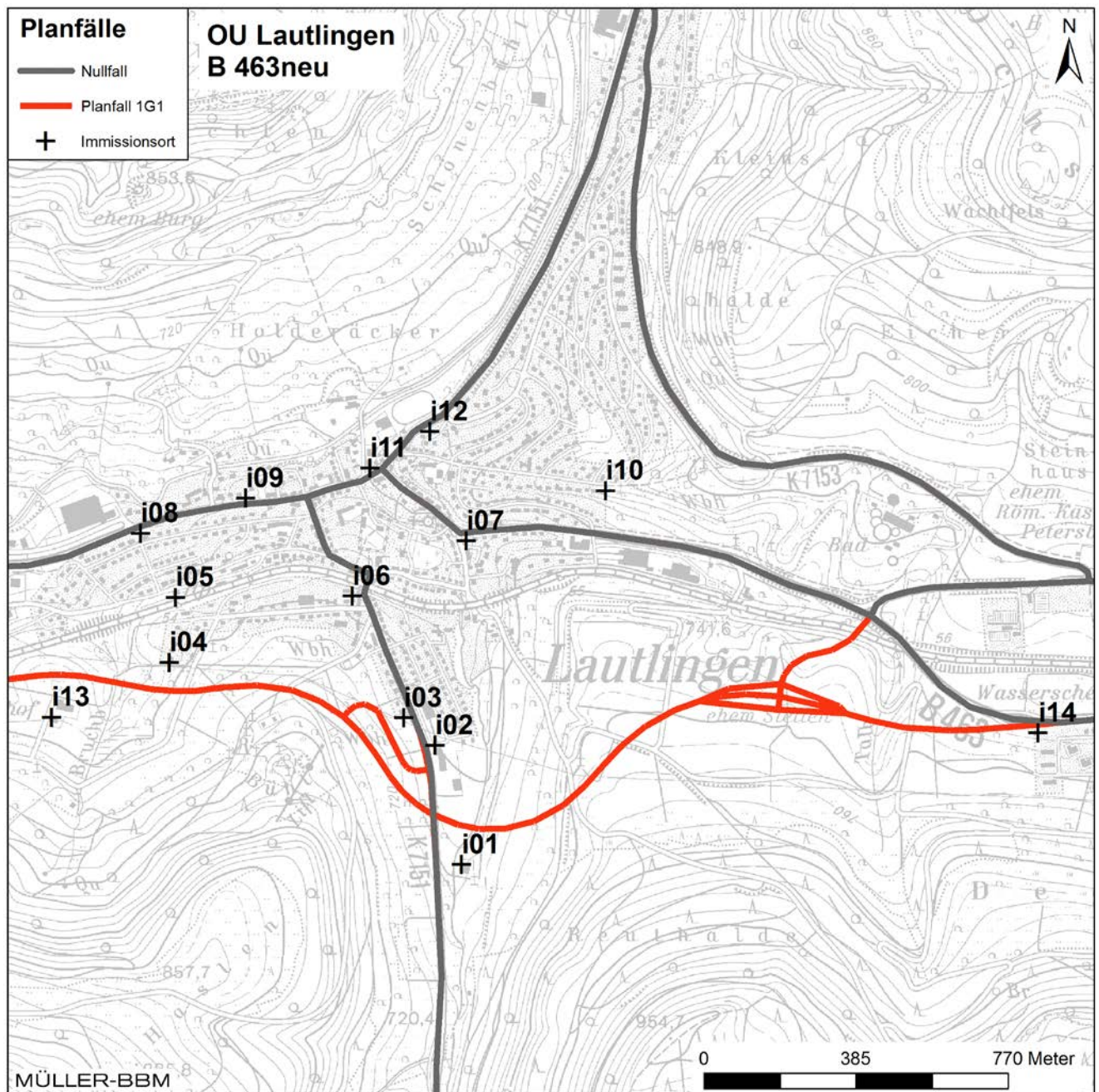


Abbildung 16. Lage der ausgewählten Untersuchungspunkte (Immissionsorte), Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

Die für die ausgewählten Untersuchungspunkte prognostizierten Gesamtbelastungen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die an diesen Untersuchungspunkten ermittelten Immissionen stehen für die verkehrsbedingt am höchsten belasteten, beurteilungsrelevanten Bereiche (Wohnnutzung).

Die Feinstaubbelastungen an den ausgewählten Immissionsorten unterschreiten die Grenzwerte für die Jahresmittelwerte nach der 39. BImSchV. Die ermittelten PM_{2,5}-Jahresmittelwerte liegen mit maximal 14 µg/m³ deutlich unter dem Grenzwert von 25 µg/m³. Auch die ermittelten PM₁₀-Jahresmittelwerte liegen mit maximal 20 µg/m³ deutlich unter dem Grenzwert von 40 µg/m³. Damit ist an den Fassaden der betrachteten Gebäude davon auszugehen, dass die nach der 39. BImSchV zulässigen 35 Überschreitungstage für den PM₁₀-Tagesmittelwert nicht erreicht werden.

Tabelle 4. Immissionen Prognose 2030 (Jahresmittelwerte) an den ausgewählten Immissionsorten (siehe Abbildung 16), ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025.

Untersuchungspunkt	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM ₁₀ -TM _{>50}
	Jahresmittelwerte			Anzahl
	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[-]
Prognose Nullfall				
i01	16	11	14	3
i02	17	11	14	3
i03	17	11	14	3
i04	16	11	14	3
i05	17	11	14	3
i06	19	11	15	3
i07	31	13	18	5
i08	28	13	18	5
i09	33	14	20	7
i10	18	11	14	3
i11	32	14	19	6
i12	19	12	15	3
i13	16	11	14	3
i14	19	12	15	3
Prognose Planfall				
i01	17	11	14	3
i02	18	11	15	3
i03	19	12	15	3
i04	19	12	15	3
i05	17	11	14	3
i06	18	11	14	3
i07	19	12	15	3
i08	18	11	15	3
i09	20	12	15	3
i10	16	11	14	3
i11	20	12	15	3
i12	18	11	15	3
i13	18	11	14	3
i14	21	12	16	3
Grenzwert	40	25	40	35

Im Nullfall wie auch im Planfall 1G1 liegen an allen Untersuchungspunkten die NO₂-Immissionen unterhalb des Grenzwertes von 40 µg/m³ im Jahresmittelwert. Im Planfall 1G1 sind aufgrund der Verkehrsverlagerung auf die neue Trasse die Immissionen an den Untersuchungspunkten i01 bis i04, sowie i13 und i14 etwas höher als im Nullfall, mit maximal 21 µg/m³ jedoch deutlich unter dem Grenzwert. Zugleich gibt es an den Untersuchungspunkten an der Ortsdurchfahrt i07, i08, i09 und i11 deutliche Entlastungen, z. B. am Untersuchungspunkt i09 von 33 µg/m³ im Nullfall auf 20 µg/m³.

Hinsichtlich der Beurteilung der Auswirkungen der Planung sind auch die zu erwartenden Änderungen der Luftschadstoffbelastung von Interesse. In Tabelle 5 sind die an den ausgewählten Immissionsorten für den jeweiligen Planfall gegenüber dem Nullfall ermittelten relativen Änderungen³ der Immissionen angegeben.

Tabelle 5. Änderungen der Immissionen³ (Jahresmittelwerte) im Planfall gegenüber dem Nullfall an den ausgewählten Immissionsorten (siehe Abbildung 16).

Untersuchungspunkt	Differenzen Planfall zu Nullfall		
	Jahresmittelwerte		
	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀
	bezogen auf den Nullfall		
i01	4,3%	0,9%	0,7%
i02	4,1%	0,9%	0,7%
i03	9,3%	1,8%	2,1%
i04	19,3%	4,5%	4,3%
i05	-2,9%	-0,9%	-0,7%
i06	-4,3%	-0,9%	-1,4%
i07	-39,5%	-13,5%	-18,9%
i08	-33,8%	-12,3%	-18,3%
i09	-41,0%	-17,1%	-25,4%
i10	-6,3%	-0,9%	-1,4%
i11	-36,2%	-13,3%	-20,1%
i12	-5,3%	-0,9%	-2,0%
i13	12,6%	2,7%	2,1%
i14	12,1%	4,2%	5,3%

Aufgrund der Verkehrsverlagerungen in den Planfällen sind die Immissionen an einigen Untersuchungspunkten höher als im Nullfall (positive Differenz in Tabelle 5). An den betroffenen Untersuchungspunkten resultieren Schadstoffzunahmen von bis zu 19 %. Die bei Realisierung der jeweiligen Straßenplanung zu erwartenden erhöhten Schadstoffbelastungen im Umfeld der Trassen erreichen jedoch nach den hier vorgestellten Immissionsprognosen keine unzulässig hohen Werte.

³ Nach 39. BImSchV sind die Immissionen auf ganze Zahlen zu runden, das bedeutet, dass die Differenzen der in Tabelle 4 angegebenen Immissionswerte von den in Tabelle 5 angegebenen Änderungen abweichen können.

Zusammenfassend lässt sich aus lufthygienischer Sicht auf der Grundlage der verwendeten Eingangsdaten und Methodik festhalten, dass die Realisierung des Planfalls 1G1 zu deutlichen Entlastungen an der Ortsdurchfahrt und zugleich keinen unzulässig hohen Belastungen längs der neuen Trasse führen wird.

Nach den hier dokumentierten Untersuchungen werden im Planfall alle Grenzwerte nach 39. BImSchV eingehalten. Für die beurteilungsrelevanten Bereiche (Gebäudefassaden in Wohnbereichen) wurden Immissionen ermittelt, die die Grenzwerte der 39. BImSchV unterschreiten.

Da die Immissionszusatzbelastung im Planfall Prognose 2030 mit den Emissionsfaktoren einer Fahrzeugflotte des Jahres 2025 ermittelt wurde, stellt die vorliegende Immissionsprognose einen konservativen Ansatz im Sinne einer „ungünstigsten Annahme“ dar. Aufgrund der gesetzlichen Regelungen zur technischen Emissionsminderung ist in späteren Jahren mit geringeren Emissionsfaktoren der Kraftfahrzeuge zu rechnen.

5.4 Stickstoffeintrag in benachbarte FFH-Gebiete

Auf Basis der oben erläuterten Ausbreitungsrechnungen mit LASAT wurden zudem die durch den Verkehr auf den berücksichtigten Straßen bedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition) am Boden im Untersuchungsgebiet flächenhaft berechnet. Den so ermittelten N-Depositionen ist die von den FFH-LRT abhängige Hintergrundbelastung (vgl. Abschnitt 4.7) aufzusummieren, je nach Landnutzungs-kategorie zwischen 12 kg N/(ha*a) für Wiesen/Weiden und 19 kg N/(ha*a) für Mischwald.

Abbildung 17 zeigt die für den Prognose Nullfall 2030 mit den Emissionsfaktoren einer Fahrzeugflotte des Jahres 2025 ermittelten straßenverkehrsbedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition) zeigt. Die Stickstoffeinträge aus anderen Quellen (z. B. Landwirtschaft) sind in der Hintergrundbelastung (Abschnitt 4.7) enthalten und werden durch das Vorhaben nicht beeinflusst.

Für den Planfall wurden von den ermittelten N-Depositionen die an gleichem Ort für den Prognose Nullfall ermittelte N-Deposition abgezogen. Diese Differenzen stellen die jeweiligen vorhabenbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeinträgen dar. Sie sind in Abbildung 18 dargestellt. Die im Planfall vom Straßenverkehr verursachten N-Depositionen sind in Teilbereichen höher als im Nullfall (Differenz positiv) und in anderen Teilbereichen geringer als im Nullfall (Differenz negativ).

Die Zunahmen der N-Depositionen im jeweiligen Planfall sind teilweise in bis zu 300 m Abstand zur neuen Trasse größer als das zur Beurteilung (Abschnitt 2.2) dienende untere Abschneidekriterium von 0,3 kg N/(ha*a). Einige Bereiche der FFH-Gebiete bzw. FFH-LRT liegen näher an der Trasse und erfahren planungsbedingt zusätzliche höhere Stickstoffeinträge als 0,3 kg N/(ha*a).

Die Bewertung des zusätzlichen Stickstoffeintrags ist Gegenstand einer separaten FFF-Verträglichkeitsprüfung.

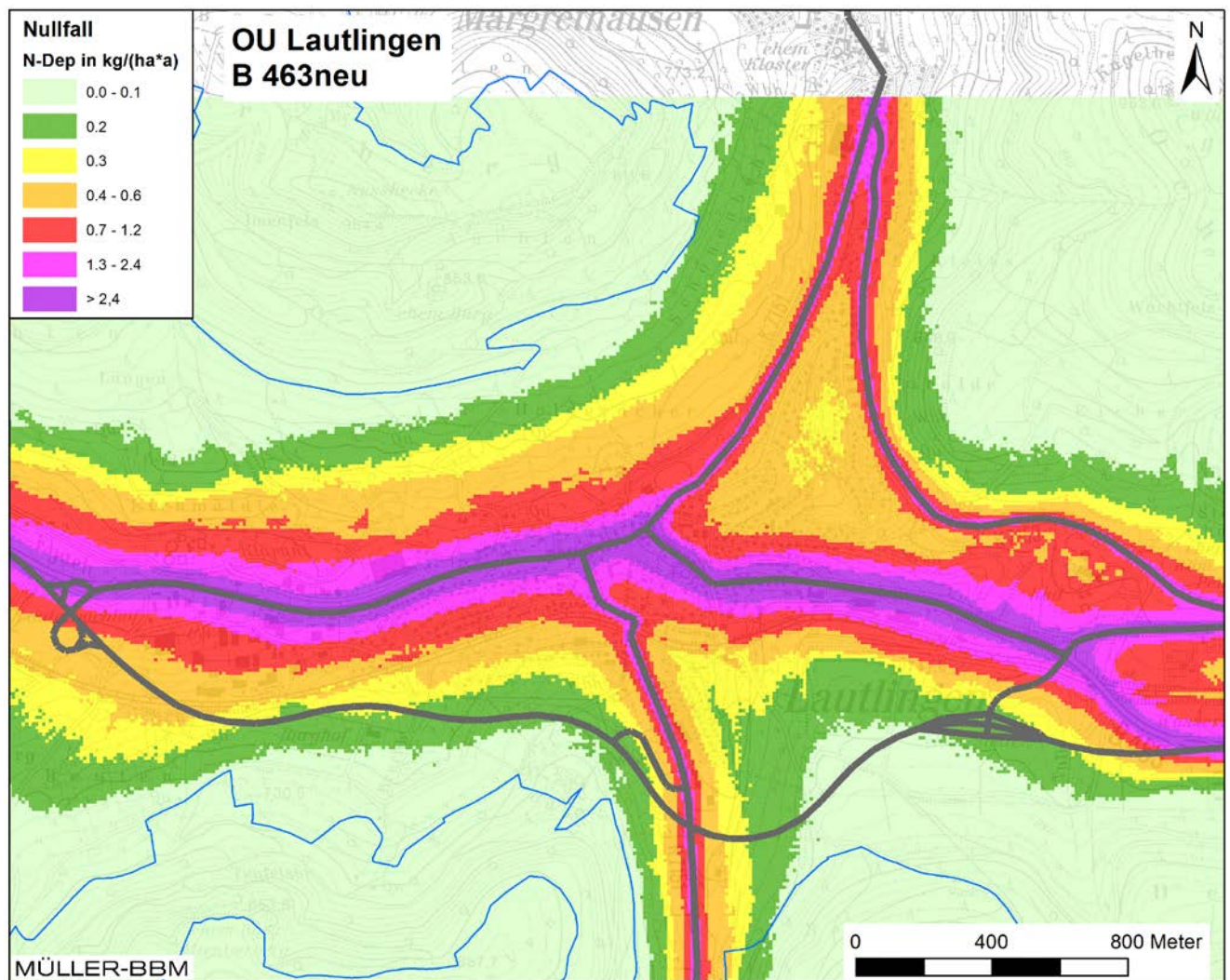


Abbildung 17. Prognose Nullfall 2030, Stickstoffeintrag (N-Deposition) am Boden im Untersuchungsgebiet, verkehrsbedingte Zusatzbelastung berechnet mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

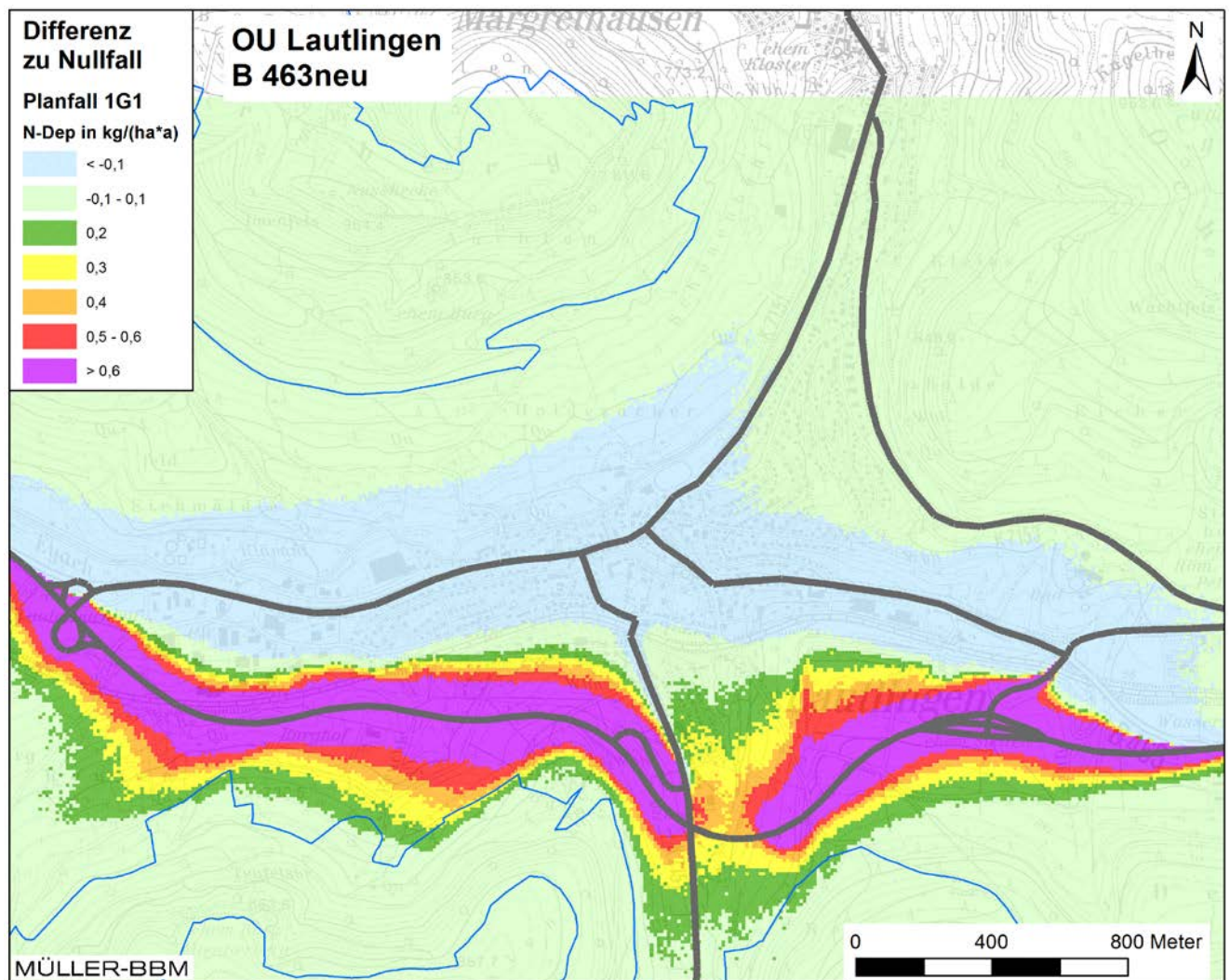


Abbildung 18. Prognose 2030 Planfall 1G1, vorhabenbedingte Änderung der Stickstoffeinträge ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

6 Grundlagen, verwendete Literatur

Bei der Erstellung des Gutachtens wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- [1] 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.
- [2] Bächlin, W., Bössinger, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April 2006.
- [3] Balla et al. (2013), Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope, Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben FE 84.0102/2009, Heft 1099, Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, November 2013.
- [4] CORINE Land Cover, Daten zur Bodenbedeckung, Landnutzung (CORINE 2012), Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9 -1/19, Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg, Juni 2017.
- [5] Daten- und Kartendienst der LUBW, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public>.
- [6] Digitale Höhendaten, Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9 -1/19, Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg, Juni 2017.
- [7] Dispersion Model LASAT, Version 3.4.16-64WI17-m4, Copyright (c) L. Janicke 1989-2017, Januar 2019, <http://www.janicke.de/de/lasat.html>.
- [8] Düring, I., Bössinger, R., Lohmeyer, A.: PM10-Emissionen an Außerortsstraßen; Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), BASt-Reihe "Verkehrstechnik" Band V 125, 96 S, 2005.
- [9] Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs, Schmidt, W., Düring, I., Lohmeyer, A., i. A. des Sächsischen Landesamts für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Dresden, Juni 2011, sowie Korrekturen, pers. Mitteilung Schmidt, W., April 2012.
- [10] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002, (GMBI. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605).
- [11] FFH-Gebiete Nr. 7819-341 Östlicher Großer Heuberg und Nr. 7719-341 Gebiete um Albstadt, Regierungspräsidium Tübingen, Mai 2019.
- [12] globDEM50, digitales Geländemodell im 50 m-Raster aus aufbereiteten Satellitenmessungen, Version 2.0, metSoft GbR.

- [13] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA, Version 3.3, 24. April 2017, INFRAS Bern/Zürich, www.hbefa.net.
- [14] Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21 Version V2.012. Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Juni 2013.
- [15] Landesumweltamt Brandenburg, 2008: Vollzugshilfe zur Ermittlung erheblicher und irrelevanter Stoffeinträge in Natura 2000-Gebiete, http://www.mlul.brandenburg.de/media_fast/4055/vh2008e.pdf.
- [16] Lage- und Höhenpläne der Straßenplanung für die Planfeststellungsvariante, Regierungspräsidium Tübingen, Abt.4 /Ref. 44, 21.11.2018 und 30.01.2019.
- [17] LUA NRW Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, www.lanuv.nrw.de.
- [18] Luftdaten, Messungen der Luftqualität, Mehrjährige Datenreihen, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- [19] Meteorologische Ausbreitungsklassenstatistik der Windmessstation Meßstetten, Zeitraum 01.01.1999 bis 31.12.2008, Deutscher Wetterdienst, Offenbach.
- [20] Methodik zur Ermittlung der Startzuschläge auf die Emissionsfaktoren nach HBEFA, INFRAS Bern/Zürich, Mario Keller, schriftliche Mitteilung 16.12.2012.
- [21] Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge und kritischer Belastungsschwellen zur kontinuierlichen Bewertung der ökosystemspezifischen Gefährdung der Biodiversität in Deutschland - PINETI (Pollutant INput and EcosysTem Impact), Teilbericht 2 Weiterentwicklung der Modellierung der nassen Deposition im Chemie-Transport-Modell REM-Calgrid. Hrsg.: Umweltbundesamt, Texte 61/2014, Dessau-Roßlau, December 2014.
- [22] Modelling and mapping of atmospheric nitrogen and sulphur deposition and critical loads for ecosystem specific assessment of threats to biodiversity in Germany – PINETI (Pollutant INput and EcosysTem Impact) Part 1, Hrsg.: Umweltbundesamt, Texte 60/2014, Dessau-Roßlau, December 2014.
- [23] Modellierung und Kartierung atmosphärischer Stoffeinträge von 2000 bis 2015 zur Bewertung der ökosystem-spezifischen Gefährdung von Biodiversität in Deutschland, PINETI-III, Vorläufige Fassung für den Kartendienst des Umweltbundesamtes zu den Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Forschungskennzahl FKZ 3714 64 2010, i. A. des Umweltbundesamtes, Juli 2018.
- [24] PINETI-3: Modellierung atmosphärischer Stoffeinträge von 2000 bis 2015 zur Bewertung der ökosystem-spezifischen Gefährdung von Biodiversität durch Luftschadstoffe in Deutschland, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, Forschungskennzahl 3714 64 2010, UBA-FB 002693, Hrsg.: Umweltbundesamt, Texte 79/2018, Juli 2018.

- [25] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen - 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2244).
- [26] Ortsbesichtigung am 08.07.2017 mit Fotodokumentation.
- [27] Rabl, P., 2003: Ermittlung der Vorbelastung bei der Anwendung der TA-Luft, Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Veranst.), TA Luft 2002 – Ausbreitungsrechnung, Allgemeine Anforderungen, Augsburg 2003.
- [28] Richtlinie VDI 3782 Blatt 5: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2006.
- [29] Richtlinie VDI 3782 Blatt 7: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- [30] Richtlinie VDI 3783 Blatt 13: Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung – Anlagenbezogener Immissionsschutz – Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Januar 2010.
- [31] 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.
- [32] Richtlinie VDI 3783 Blatt 8: Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2017.
- [33] RLU 2012- Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 29/2012, Bonn, 3. Januar 2013, Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln.
- [34] Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- [35] StickstoffBW (2016): Beurteilung der Stickstoffdeposition in Baden-Württemberg - Kurzmitteilung 1/2016 für eine zwischen Bund und Ländern abgestimmte Stickstoffstrategie. Fachdokumentendienst Umweltbeobachtung, ID U10-S7-J16, Karlsruhe, Januar 2016, Bezug: <http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/>.
- [36] Topographische Karte Baden-Württemberg, Maßstab 1:50.000, Geogrid®-Viewer V6, EADS Deutschland GmbH.
- [37] Topografische Karten, Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9 -1/19, Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg, Juni 2017.

- [38] Urteil des Bundesverwaltungsgerichts Leipzig in der Verwaltungsstreitsache „Neubau der Bundesautobahn A 44 Kassel - Herleshausen im Teilabschnitt Anschlussstelle Hessisch Lichtenau-Ost bis Hasselbach (VKE 32)“, verkündet am 14. April 2010, BVerwG 9 A 5.08.
- [39] Verkehrsuntersuchung B 463 Ortsumfahrung Lautlingen, Fortschreibung Verkehrsprognose auf das Jahr 2030, brenner BERNARD ingenieure GmbH i. A. des Regierungspräsidiums Tübingen, Aalen, 09.05.2019.
- [40] Verkehrsuntersuchung B 463 Ortsumfahrung Lautlingen, Knotenpunktströme, brenner BERNARD ingenieure GmbH i. A. des Regierungspräsidiums Tübingen, Aalen, 30.01.2019.

Anhang

A Emissionen des Straßenverkehrs

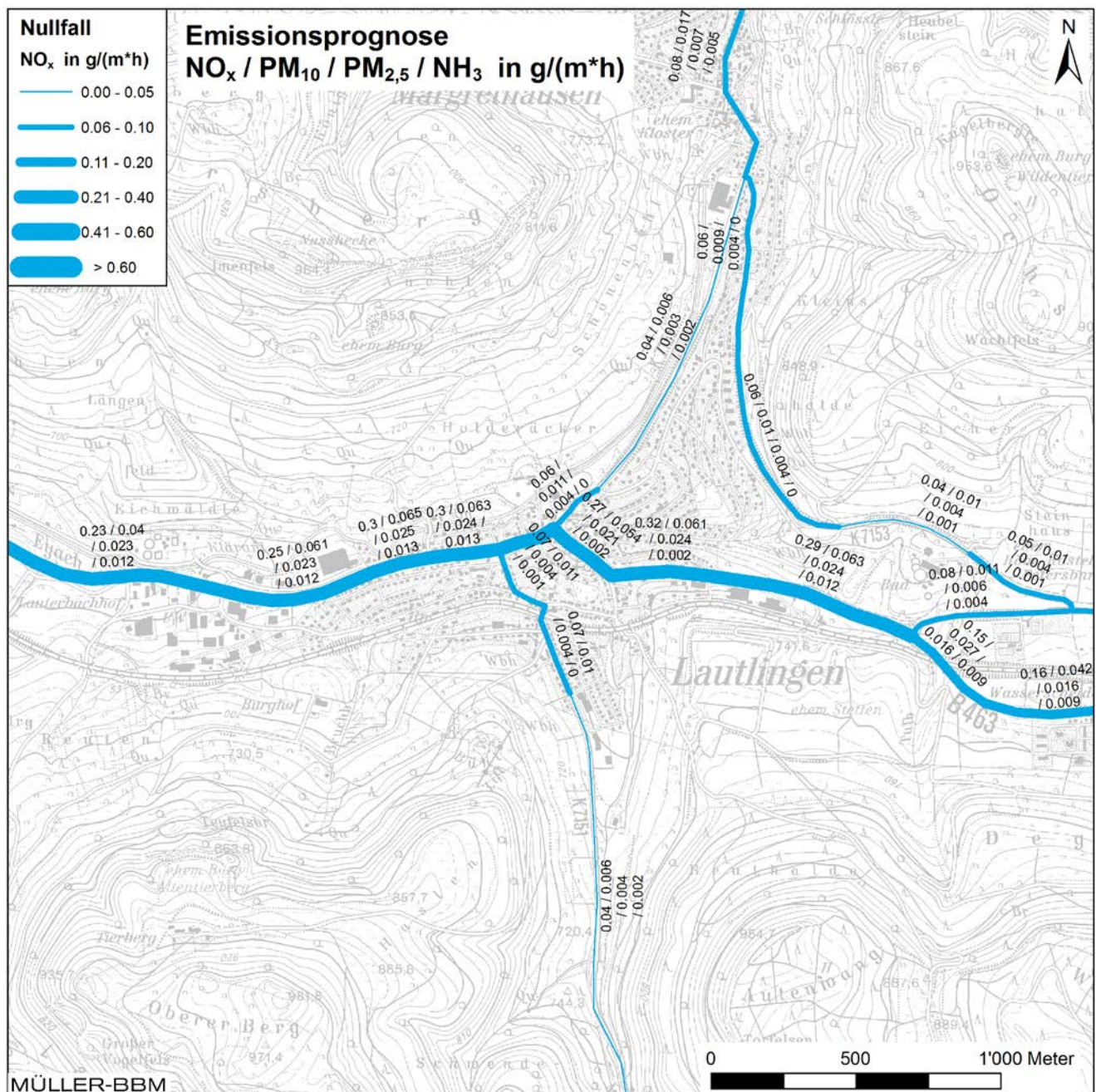


Abbildung 19. Jahresmittlere Emissionsquellstärken Straßenverkehr
 - Prognose Nullfall 2030 ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage:
www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg
 [37].

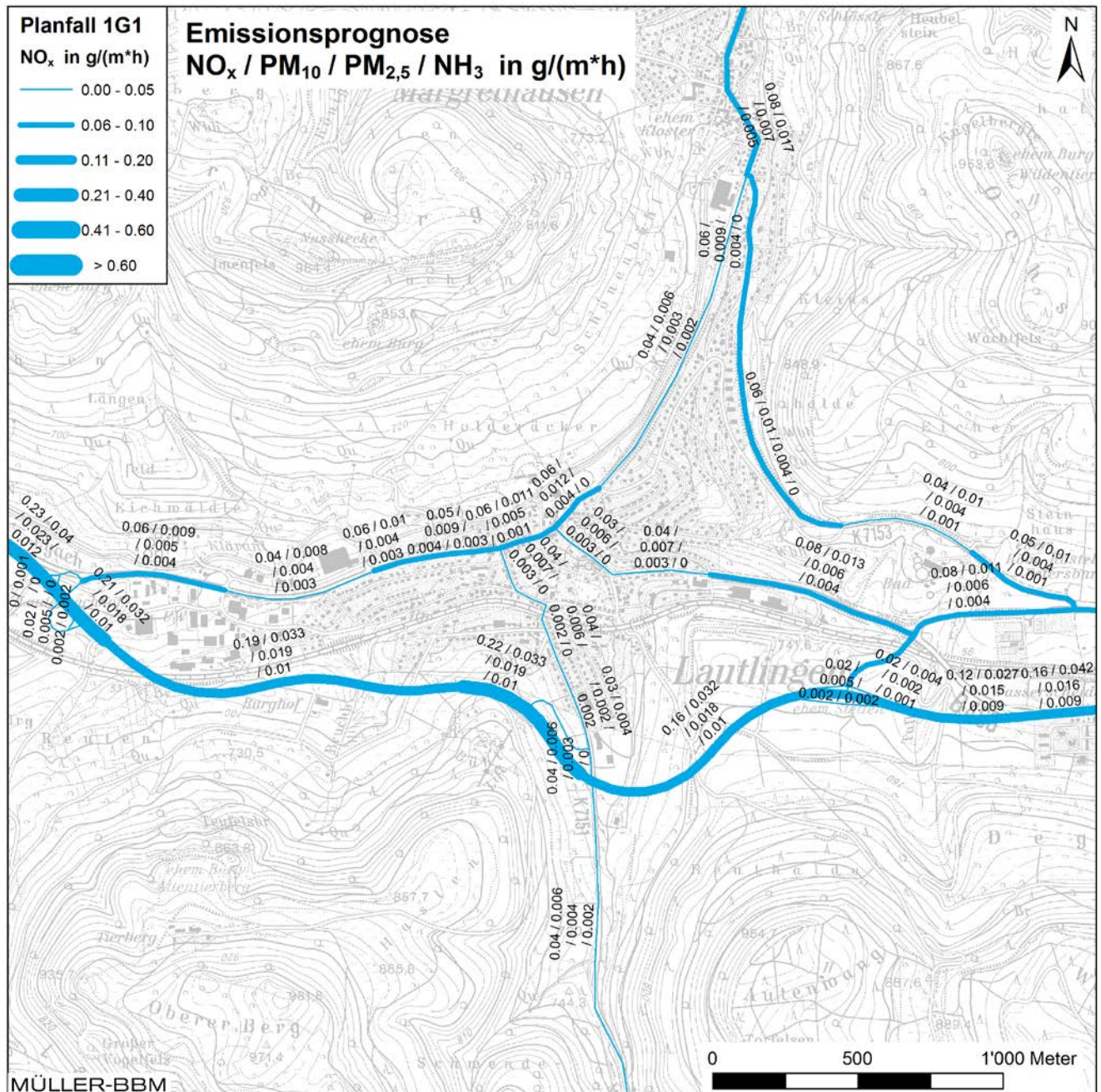


Abbildung 20. Jahresmittlere Emissionsquellenstärken Straßenverkehr
 - Prognose 2030 Planfall 1G1 ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage:
www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg
 [37].

Anhang

B PM_{2,5}-Immissionen (Jahresmittelwerte)

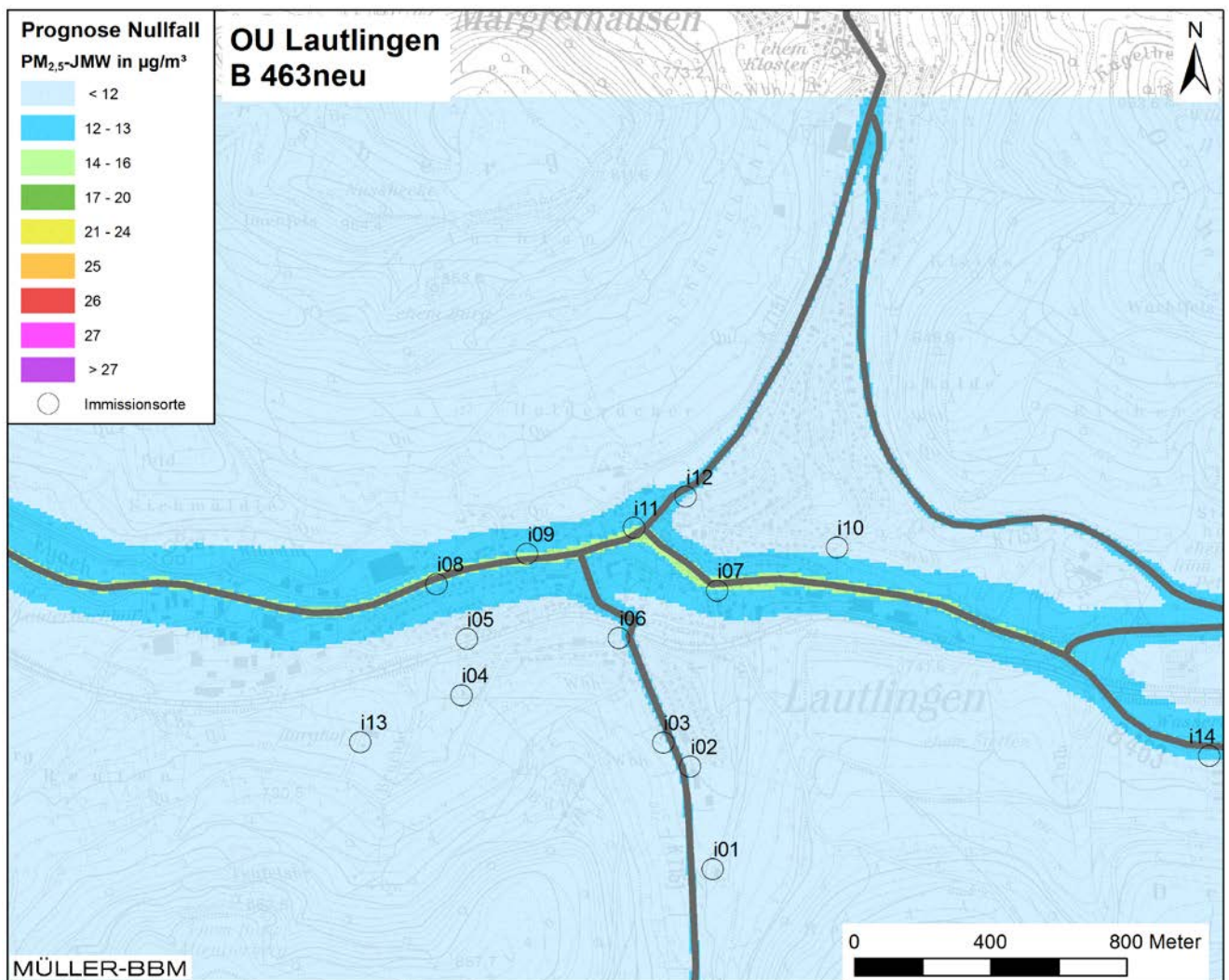


Abbildung 21. Prognose Nullfall 2030, PM_{2,5}-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

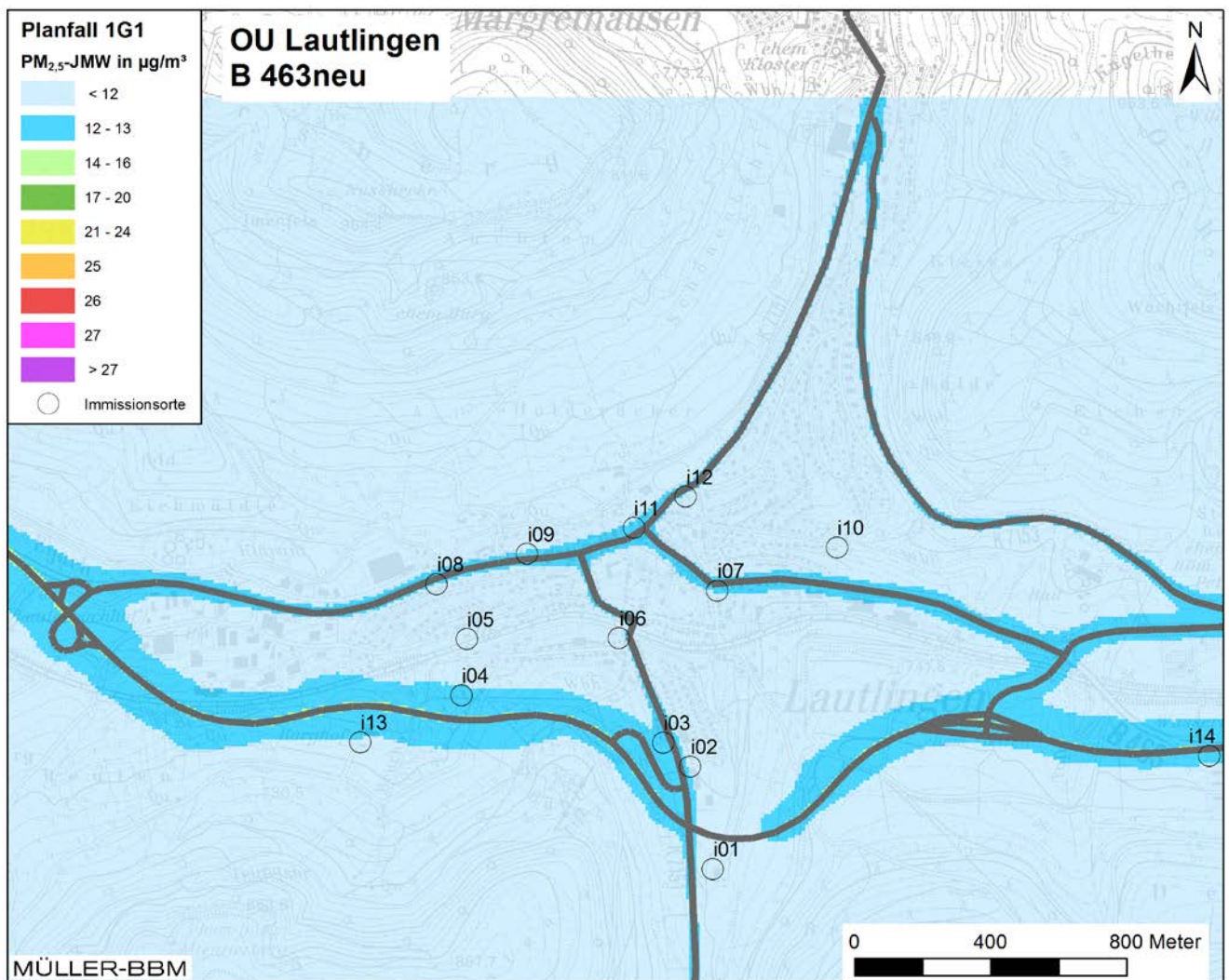


Abbildung 22. Prognose 2030 Planfeststellungsvariante 1G1, PM_{2,5}-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

Anhang

C PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte)

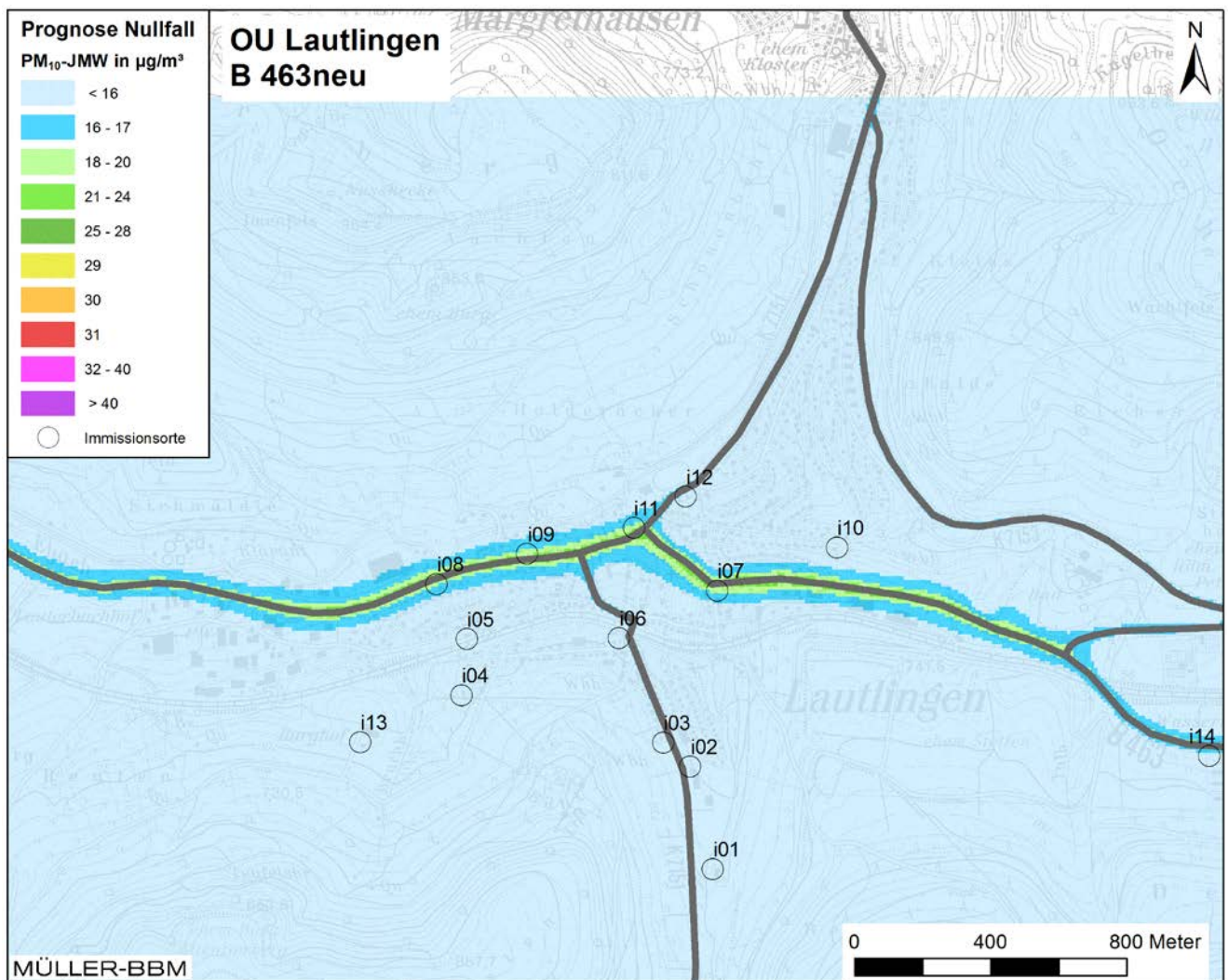


Abbildung 23. Prognose Nullfall 2030, PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19
 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].

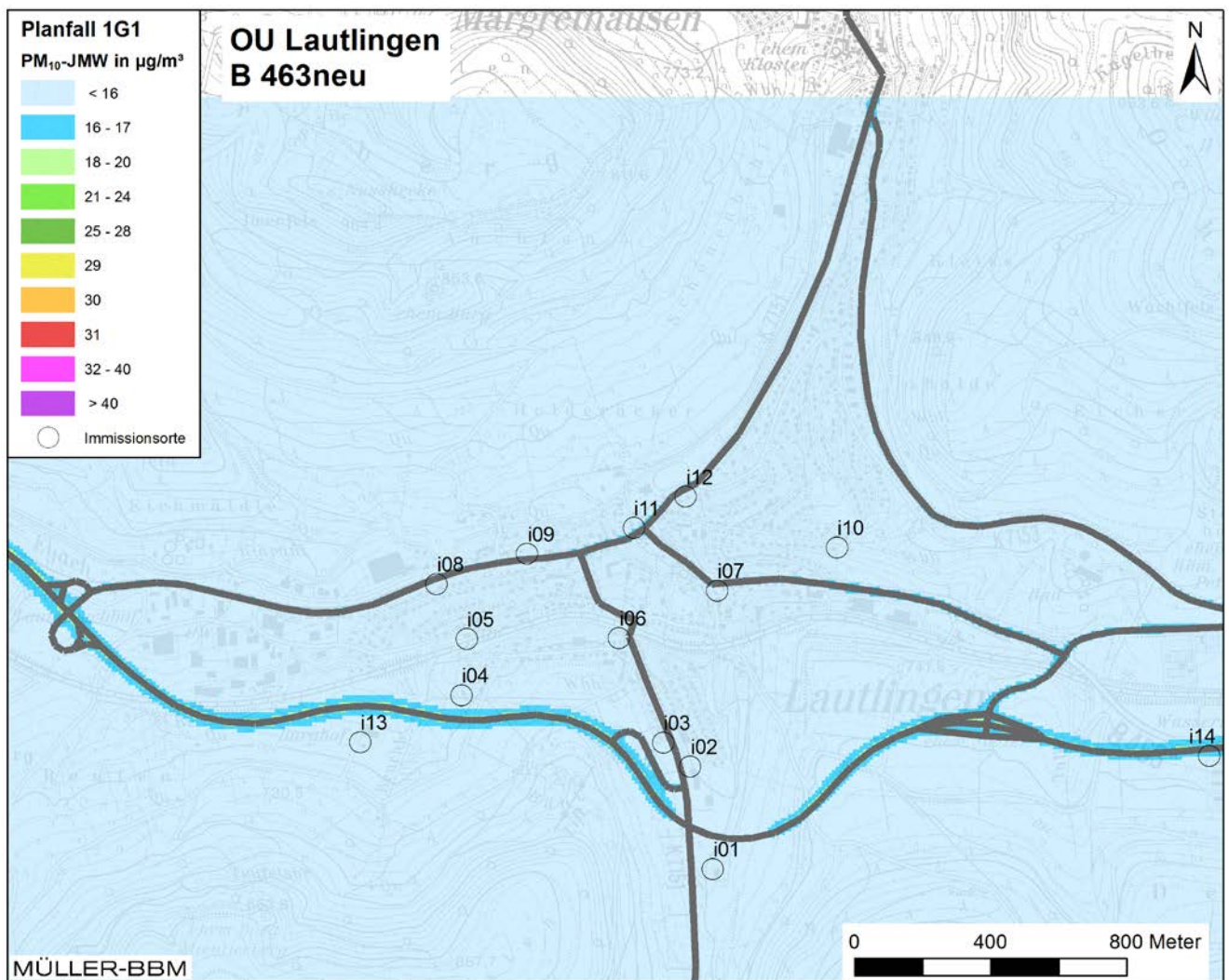


Abbildung 24. Prognose 2030 Planfeststellungsvariante 1G1, PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [37].