

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

16. Dezember 2019
M135689/02 Version 3 BSG/WLR

B 27, Bodelshausen (L 389) - Nehren (L 394)

Luftschadstoffgutachten für das Planfeststellungsverfahren unter Berücksichtigung des HBEFA 4.1

Bericht Nr. M135689/02

Unterlage 17.3

Auftraggeber:

Regierungspräsidium Tübingen
Postfach 26 66
72016 Tübingen

Auftragsnummer:

44-20/39 – B 27 Bodelshausen-Nehren

Bearbeitet von:

Dr. rer. nat. Rainer Bösing

Berichtsumfang:

Insgesamt 59 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	6
2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen	7
2.1 Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit	7
2.2 Beurteilungsgrundlagen Stickstoffeintrag in Natura 2000-Gebieten	8
3 Örtliche Gegebenheiten und Beschreibung der Methodik	9
3.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse und des Planvorhabens	9
3.2 Vorgehensweise und Berechnungsverfahren	13
4 Eingangsdaten und technische Grundlagen	15
4.1 Verkehrsdaten	15
4.2 Emissionen Straßenverkehr	18
4.3 Berücksichtigung von Geländedaten	22
4.4 Rechengebiet und räumliche Auflösung	24
4.5 Meteorologische Daten	26
4.6 Simulation der Kaltluftströmungen	28
4.7 Hintergrundbelastung	31
5 Ergebnisse der Immissionsprognosen	35
5.1 Allgemeines	35
5.2 Immissionen in Bezug auf Schutz der menschlichen Gesundheit	35
5.3 Punktuelle Auswertung hinsichtlich Schutzes der menschlichen Gesundheit	39
5.4 Stickstoffeintrag in benachbarte FFH-Gebiete	43
6 Grundlagen, verwendete Literatur	48
A Emissionen des Straßenverkehrs	51
B PM_{2,5}-Immissionen (Jahresmittelwerte)	54
C PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte)	57

Zusammenfassung

Das Regierungspräsidium Tübingen plant den zweibahnigen Ausbau der B 27 zwischen Bodelshausen (L 389) und Nehren (L 394). Das vorliegende Luftschadstoffgutachten dient als Unterlage für die Planfeststellung.

Das Luftschadstoffgutachten beschreibt die Ermittlung der durch den Straßenverkehr im Untersuchungsgebiet verursachten Schadstoffemissionen auf Grundlage des aktuellen „Handbuchs Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA 4.1 Version November 2019“ [11] und die Berechnung der daraus resultierenden Immissionen in beurteilungsrelevanten Siedlungsbereichen. Die Immissionen wurden hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit nach der 39. BImSchV [23] bewertet. Darüber hinaus wurden die verkehrsbedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition) in umliegende FFH-Gebiete ermittelt und kartografisch gemäß dem Stickstoffleitfaden Straße H PSE [33] dargestellt.

Die Grundlage für die dazu durchgeführten Immissionsprognosen für den Bezugsfall (Nullfall) und den Planfall sind Ausbreitungsrechnungen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT [7] mit Einbindung von modellierten Kaltluftabflüssen 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“ [29].

Im Sinne einer konservativen Betrachtung (ungünstigste Annahme) wurden die Emissions- und Immissionsprognosen auf Grundlage der Verkehrsprognose 2030 [37] für eine Fahrzeugflotte des Jahres 2025 durchgeführt. 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 (PM_{10} und $PM_{2,5}$) zeigen entlang der Straßen leicht erhöhte Immissionen, an den beurteilungsrelevanten Immissionsorten (Wohnbebauung) werden jedoch die Grenzwerte für die Jahresmittelwerte nach der 39. BImSchV unterschritten. Die ermittelten $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerte liegen mit maximal $15 \mu g/m^3$ im Nullfall und maximal $13 \mu g/m^3$ im Planfall deutlich unter dem Grenzwert von $25 \mu g/m^3$. Auch die ermittelten PM_{10} -Jahresmittelwerte liegen mit maximal $26 \mu g/m^3$ im Nullfall und maximal $19 \mu g/m^3$ im Planfall deutlich unter dem Grenzwert von $40 \mu g/m^3$. Bei diesen PM_{10} -Immissionen ist davon auszugehen, dass an den Fassaden der betrachteten Gebäude die nach der 39. BImSchV zulässigen 35 Überschreitungstage der PM_{10} -Tagesmittelwerte nicht erreicht werden.

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 NO_2 -Stundenmittelwerte. Zur Bewertung der NO_2 -Immissionen werden daher die Belastungen auf Grundlage der NO_2 -Jahresmittelwerte diskutiert.

Die NO₂-Immissionen in der Prognose Nullfall zeigen längs der heutigen Ortsdurchfahrt Ofterdingen sowie in Bad Sebastiansweiler (B 27) die erwarteten hohen Konzentrationen. Für die genannten Bereiche wurden NO₂-Jahresmittelwerte mit örtlich mehr als 40 µg/m³ ermittelt, der Grenzwert von 40 µg/m³ nach 39. BImSchV wird dort nicht eingehalten.

Für die Prognose Planfall wurden deutliche Minderungen der Schadstoffbelastung im Vergleich zur Prognose Nullfall für die o. g. hoch belasteten Bereiche ermittelt. An der Randbebauung der Ortsdurchfahrt wurden NO₂-Immissionen von maximal noch 39 µg/m³ im Planfall berechnet. Damit wird im Planfall die Einhaltung des Grenzwerts erreicht.

Entlang der geplanten neuen Trasse treten im Planfall in heute weniger belasteten Bereichen leicht erhöhte Immissionen auf, mit maximal 29 µg/m³ liegen diese jedoch deutlich unter dem Grenzwert.

Für alle beurteilungsrelevanten Immissionsorte (Siedlungsbereiche) im Untersuchungsgebiet wurden in der Prognose Planfall Immissionen unterhalb der Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach der 39. BImSchV ermittelt.

Signifikante Minderungen der NO₂-Immissionen (bis zu -30 % gegenüber dem Prognose Nullfall) an der Ortsdurchfahrt Ofterdingen und bei Bad Sebastiansweiler stehen erhöhte Schadstoffbelastungen (max. +19 %) in heute weniger belasteten Bereichen gegenüber.

Zusammenfassend lässt sich aus lufthygienischer Sicht auf Grundlage der hier dokumentierten Immissionsprognosen festhalten, dass die Realisierung des Planfalls zu deutlichen Entlastungen an der Ortsdurchfahrt führen wird und zugleich längs der neuen Trasse an benachbarten Wohngebäuden keine unzulässigen Werte im Sinne der 39. BImSchV erreicht werden.

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.

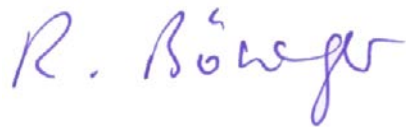
Für den Planfall wurden von den ermittelten N-Depositionen die an gleichem Ort für den Prognose Nullfall ermittelte N-Deposition abgezogen. Diese Differenzen stellen die jeweiligen vorhabenbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeinträgen dar.

Die Vorgehensweise und die Ergebnisdarstellung folgt den Vorgaben des Stickstoffleitfadens H PSE [33], insbesondere wird demnach die Differenz zwischen Planfall

und Nullfall nur für Werte größer als das zur Beurteilung (Abschnitt 2.2) dienende untere Abschneidekriterium von 0,3 kg N/(ha×a) dargestellt.

Die Zunahmen der N-Depositionen im Planfall sind in einem Bereich von teilweise mehreren 100 m Breite um die neue Trasse größer als das Abschneidekriterium von 0,3 kg N/(ha×a). Im nördlichen Planungsbereich zwischen Mössingen und Ofterdingen werden in Teilbereichen der FFH-Gebiete an der neuen Trasse zusätzliche N-Depositionen von mehr als 0,6 kg/(ha×a) ermittelt.

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

A handwritten signature in blue ink, reading "R. Bösing".

Dr. rer. nat. Rainer Bösing

1 Aufgabenstellung

Das Regierungspräsidium Tübingen plant südlich von Tübingen den zweibahnigen Ausbau der B 27 zwischen Bodelshausen (L 389) und Nehren (L 394). Für den Vorentwurf der Straßenplanung liegt das Luftschadstoffgutachten [1] auf der Grundlage der Verkehrsprognose für das Jahr 2025 vor. Als Unterlage für die Planfeststellung der Straßenplanungsmaßnahme ist ein aktualisiertes Luftschadstoffgutachten zu erstellen, welches die Auswirkungen der Realisierung der Straßenplanung auf die Luftschadstoffbelastung in den benachbarten Siedlungsbereichen und in 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 [23] zu bewerten. Dementsprechend sind Schadstoffprognosen für die Schadstoffleitkomponenten NO₂, PM₁₀ und PM_{2,5} durchzuführen.

Zusätzlich ist als Grundlage für die FFH-Vorprüfung bzw. -verträglichkeitsprüfung flächenhaft der Eintrag von Stickstoff in benachbarte Natura 2000-Gebiete (FFH-Gebiete bzw. Flächen mit empfindlichen FFH-Lebensraumtypen) zu ermitteln. Das Vorgehen soll entsprechend dem Forschungsbericht „Untersuchung und Bewertung von straßenbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope“ (2013) [3] erfolgen.

In der vorliegenden Untersuchung sind die aktuelle Straßenplanung und das aktuelle Verkehrsgutachten [37] mit den prognostizierten Verkehrszahlen für das Jahr 2030 zu berücksichtigen. Insbesondere bei den Irritations- und Lärmschutzwänden gibt es Abweichungen zum Vorentwurf der Straßenplanung. Neben der Prognose 2030 für den Planfall (Planfeststellungsvariante) ist die Prognose 2030 für den Nullfall aus der Verkehrsuntersuchung zu betrachten.

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 [23] 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 [23].

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 bereits 2008 sogenannte Critical Loads (kritische Eintragsraten) für verschiedene Vegetationstypen angegeben und die Vorgehensweise im April 2019 in der „Vollzugshilfe zur Ermittlung der Erheblichkeit von Stoffeinträgen in Natura 2000-Gebiete“ aktualisiert [13]. Critical Loads sind empirisch ermittelte lebensraumspezifische 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 Erheblichkeitsschwellen für die projektspezifische Zusatzbelastung definiert. Bei einem Unterschreiten der Schwellen wird eine erhebliche Beeinträchtigung der FFH-Lebensraumtypen und -arten ausgeschlossen.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat in einem Forschungsbericht zur Bewertung von straßenverkehrsbedingten Einträgen in empfindliche Biotope [3] einen Fachkonventionsvorschlag zur Erheblichkeitsbeurteilung veröffentlicht, der ein unteres Abschneidekriterium für die vorhabensbedingte Zusatzbelastung bei einem Depositionswert von $0,3 \text{ kg N} / (\text{ha} \times \text{a})$ setzt. Hierzu wird in diesem 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].

Diese Studie ist Grundlage des „Stickstoffleitfaden Straße - Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen, H PSE, Ausgabe 2019“ [33]. Der Wert von $0,3 \text{ kg N} / (\text{ha} \times \text{a})$ 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.

Der straßenverkehrsbedingte Stickstoffeintrag (N-Deposition) resultiert aus den in den Kfz-Abgasen enthaltenen Stickoxiden (NO_x) und Ammoniak (NH_3).

3 Örtliche Gegebenheiten und Beschreibung der Methodik

3.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse und des Planvorhabens

Das Untersuchungsgebiet (Abbildung 1) liegt am Nordrand der Schwäbischen Alb im Tal der Steinlach, einem rechten Nebenfluss des Neckars, etwa 10 km südlich von Tübingen. Das Geländere relief variiert im Untersuchungsgebiet von etwa 380 m bis 820 m über Normalhöhen null (NHN). Im Untersuchungsgebiet sind durch die Topografie geprägte Windsysteme vorherrschend.

Die B 27 stellt eine wichtige Nord-Süd-Verbindung im südwestdeutschen Raum dar. Sie dient hauptsächlich dem starken regionalen Durchgangsverkehr und dem Ziel-Quellverkehr der wirtschaftlich bedeutenden Räume Stuttgart - Tübingen/ Reutlingen - Balingen - Rottweil. Die Verkehrsströme verteilen sich etwa gleichmäßig zu je 50 % auf den regionalen Durchgangsverkehr und den Ziel- und Quellverkehr. Der hier betrachtete Streckenabschnitt ist ein Teilstück der Verbindung Stuttgart - Rottweil.

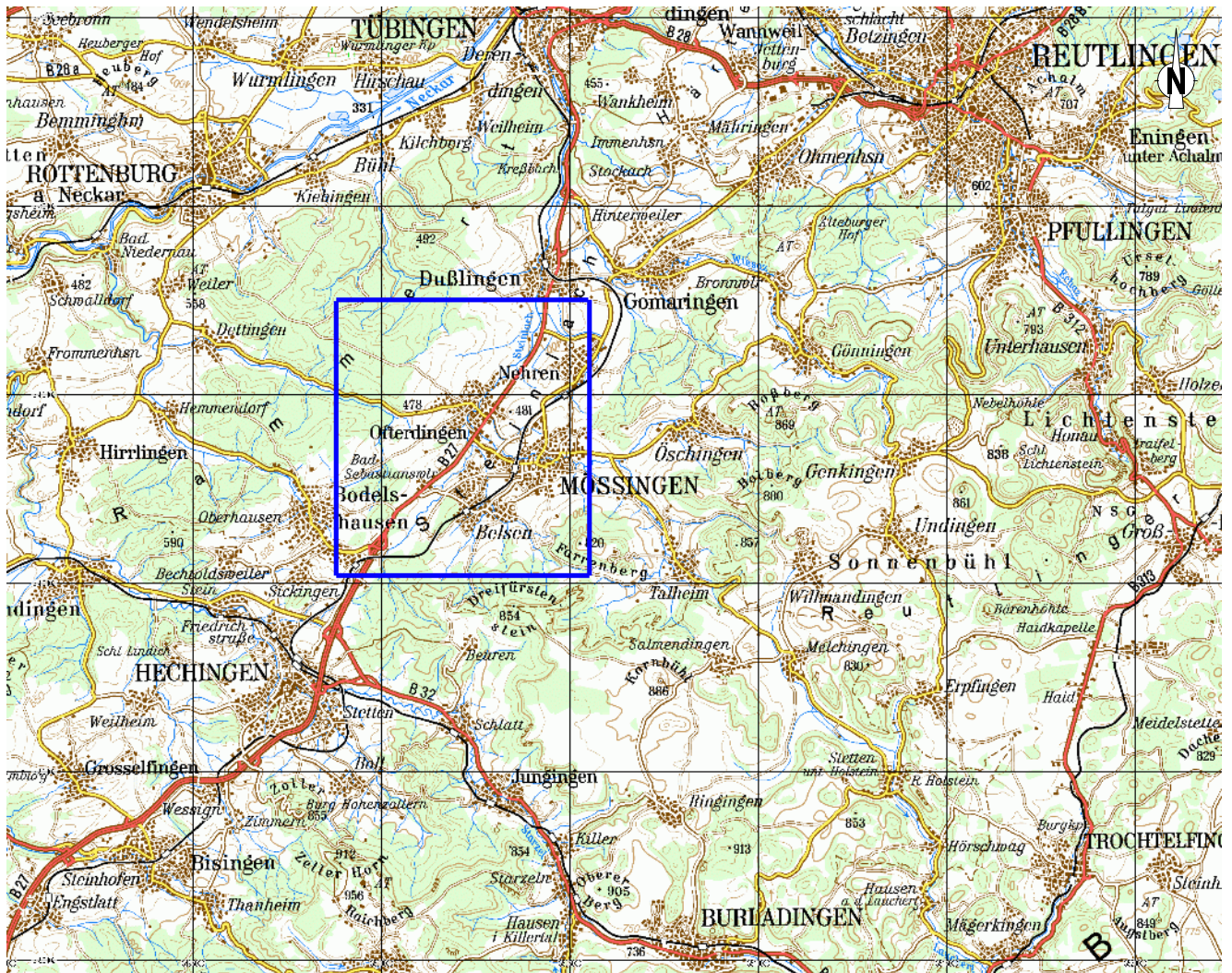


Abbildung 1. Übersichtskarte mit Lage des Untersuchungsraums (blau) [34].

Die heutige B 27 verläuft im Untersuchungsgebiet in gestreckter Linienführung durch das Steinlach- und Tannbachtal, wobei die Gemeinde Oferdingen und der Ortsteil Bad Sebastiansweiler stark tangiert werden. Die Ortsdurchfahrt von Oferdingen im Zuge der B 27 ist teilweise dicht bebaut (Abbildung 2). Entlang der Ortsdurchfahrt liegen im Wesentlichen Wohngebäude. In Stoßzeiten entstehen in der Ortsdurchfahrt von Oferdingen und bei Bad Sebastiansweiler (Abbildung 3) längere Stauungen.

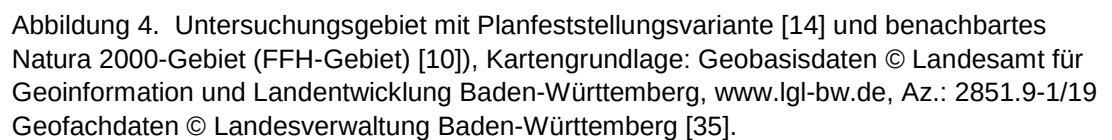


Abbildung 2. Bestehende B 27, Ortsdurchfahrt von Oferdingen [24].



Abbildung 3. Bestehende B 27 bei Bad Sebastiansweiler [24].

Die Planfeststellungsvariante verläuft zwischen den Siedlungsbereichen von Opferdingen, Mössingen und Nehren und wird im Süden bei Bad Sebastiansweiler und nördlich von Opferdingen an die Bestandstrasse angebunden. In Abbildung 4 sind neben dem Trassenverlauf auch die Lage des FFH-Gebietes dargestellt.



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 Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen (Masse der von den Fahrzeugen verursachten Schadstoffe) erfolgte entsprechend den Vorgaben der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ [28] auf Grundlage der aktuellen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA Version 4.1“ [11]. Die Schadstoffemissionen wurden auf Grundlage der im Verkehrsgutachten angegebenen Verkehrsmengen [37] 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 lokal repräsentative meteorologische Daten verwendet [18]. Die Kaltluftbildung und Kaltluftströmungen wurden durch Berechnungen mit dem Simulationsmodell KLAM_21 des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [12] quantifiziert und bei den Ausbreitungsrechnungen einbezogen. Es wurden die Schadstoffkonzentrationen flächenhaft im Untersuchungsgebiet und punktuell für repräsentative Untersuchungspunkte an der zur Trasse nächstgelegenen Bebauung berechnet.

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 [31]. Dieser Ansatz wurde durch Auswertungen von Messdaten 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 [27] angesetzt.

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 Bun-

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).

desanstalt 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 [15]. Nach [26] 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 der Fortschreibung 2017 des Verkehrsgutachtens [37] entnommen. Der Prognosehorizont der Verkehrsdaten liegt im Jahr 2030. Die Verkehrszahlen sind als durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV_w in Kfz/24 h) und als täglicher Schwerverkehr SV ($> 3,5 \text{ t zGG}^2$) angegeben. Die in den Emissions- und Immissionsberechnungen verwendeten Verkehrsdaten für die Untersuchungsfälle sind in Abbildung 5 und Abbildung 6 angegeben. Nach Angaben des Verkehrsgutachters wurde bei den Emissionsberechnungen zur Umrechnung von DTV_w auf DTV ein Umrechnungsfaktor von 0,908 angesetzt.

Für die Fahrzeugflottenzusammensetzung wurde entsprechend einer Auswertung der Automatischen Straßenverkehrszählungen in Baden-Württemberg an der Zählstelle „B 27 Tübingen-Süd“ ein Anteil der leichten Nutzfahrzeuge (INfz $< 3,5 \text{ t zGG}^2$) von 7 % am Leichtverkehr (Pkw und INfz) und ein Anteil der Linien- oder Reisebusse von 4 % am Schwerverkehr angesetzt.

Die heutige B 27 verläuft durch die Gemeinde Oferdingen und den Ortsteil Bad Sebastiansweiler. Die zu Stoßzeiten überlasteten Anschlüsse an das klassifizierte Straßennetz sind alle plangleich mit Linksabbiegespuren ausgebildet. Verkehrstechnisch genügt die heutige B 27 den Anforderungen des stark angewachsenen Kfz-Verkehrs nicht mehr. Als Folge entstehen in der ca. 1.200 m langen Ortsdurchfahrt von Oferdingen und bei Bad Sebastiansweiler längere Stauungen. Ausschlaggebend für die Überlastung sind die unzureichende Leistungsfähigkeit und die mangelnde Sicherheit der Knotenpunkte.

Im Planfall wird die zweibahnige B 27neu mit kreuzungsfreien Anschlüssen den Verkehrsfluss positiv beeinflussen, so dass die Staubildungen im Berufsverkehr künftig entfallen werden [36].

² zGG zulässiges Gesamtgewicht

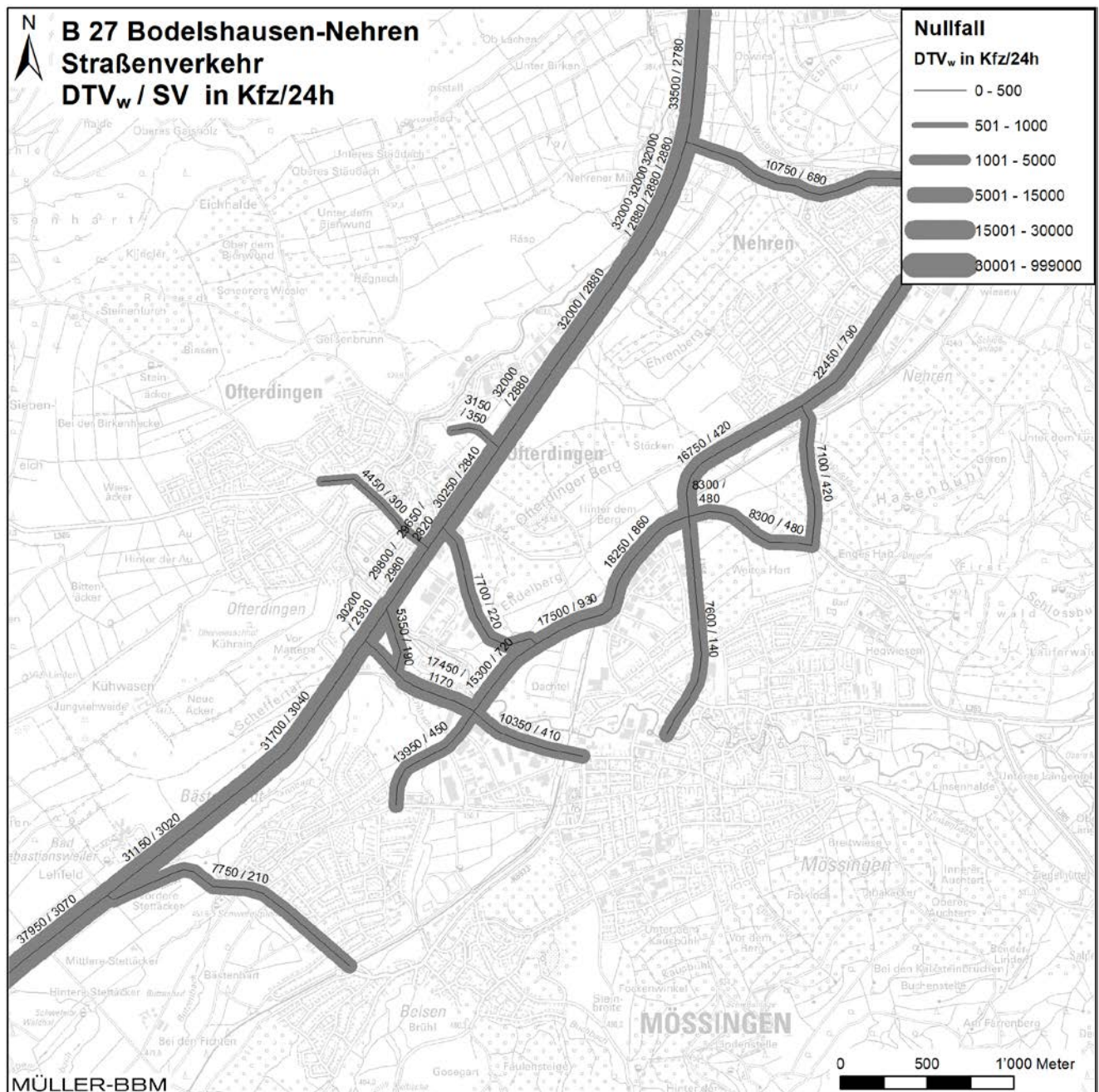


Abbildung 5. Nullfall Prognose 2030 - durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV_w) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SV (über 3,5 t zGG²) [37], Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

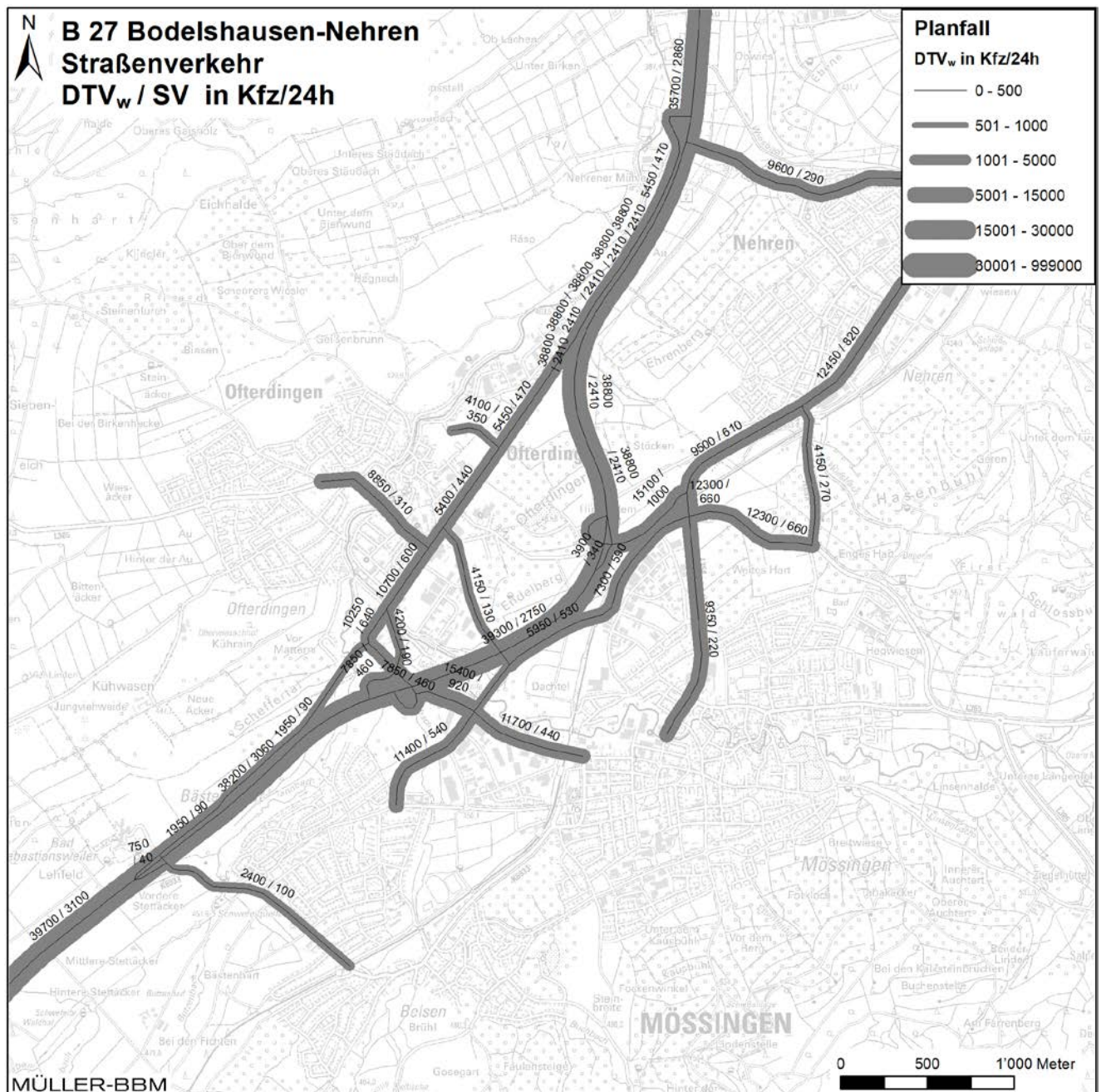


Abbildung 6. Planfall Prognose 2030 - durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV_w) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SV (über 3,5 t zGG²) [37], Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

4.2 Emissionen Straßenverkehr

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“ [28] 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 4.1, November 2019" [11] für das betrachtete Bezugsjahr entnommen. Es wurden zusätzlich auch nicht-motorbedingte Partikelemissionen (non-exhaust) durch Abrieb und Aufwirbelung von Feinstaub nach HBEFA 4.1 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 5stufigen level of service (LOS) klassifiziert.

Die Verkehrssituation im Untersuchungsgebiet wurde nach HBEFA dem Gebietstyp „ländlicher Raum“ zugeordnet. Für den fließenden Verkehr wurde 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.

Entsprechend den Angaben des Verkehrsgutachters [36] sowie den Erkenntnissen bei der Ortseinsicht [24] bestehen auf der Ortsdurchfahrt von Ofterdingen und bei Bad Sebastiansweiler erhebliche Behinderungen des Verkehrsablaufs, die zu längeren Stauungen in den Spitzenstunden führen. Auf den genannten Straßenabschnitten wurden im Nullfall für die Spitzenstunden „stop+go“ (LOS 4) angesetzt. Im Planfall sind auf der zweibahnigen B 27neu mit kreuzungsfreien Anschlüssen auch in den Spitzenstunden keine regelmäßigen Staubildungen mehr zu erwarten [37].

Die Emissionsfaktoren für die Prognosen 2030 wurden für eine Verkehrsflottenszusammensetzung nach HBEFA 4.1 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 [19] bei den Emissionsberechnungen berücksichtigt. Die Längsneigungen der Straßenabschnitte wurden ebenfalls bei den Berechnungen berücksichtigt.

Die angesetzten Verkehrssituationen sind Abbildung 7 (Nullfall) und Abbildung 8 (Planfall) zu entnehmen. In Tabelle 2 sind die verwendeten Emissionsfaktoren differenziert nach Leichtverkehr LV (Personenkraftwagen Pkw und leichte Nutzfahrzeuge INfz) und Schwerverkehr SV (schwere Nutzfahrzeuge SNF und Busse) aufgeführt.

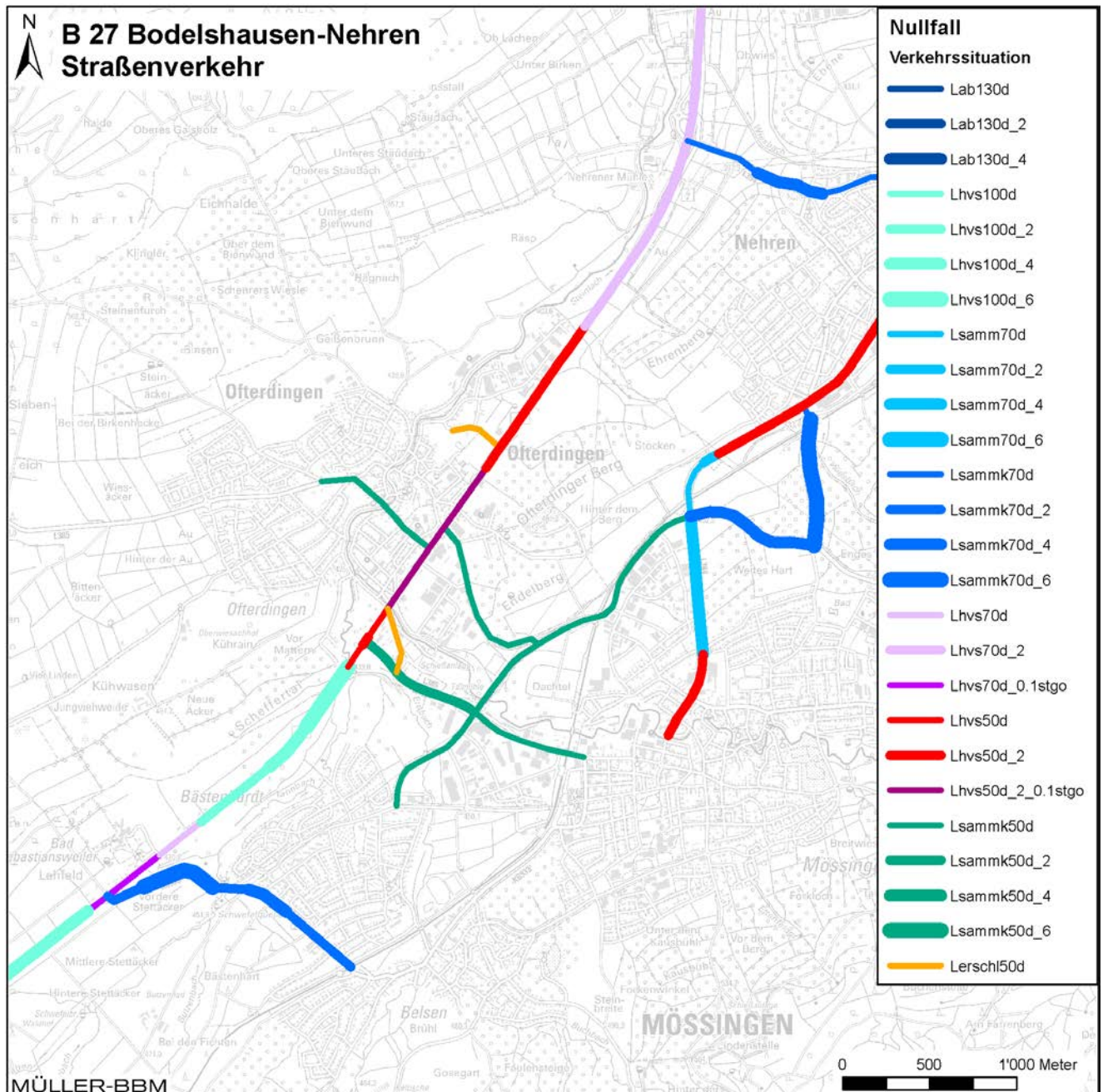


Abbildung 7. Verkehrssituationen im Nullfall nach HBEFA [11], Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

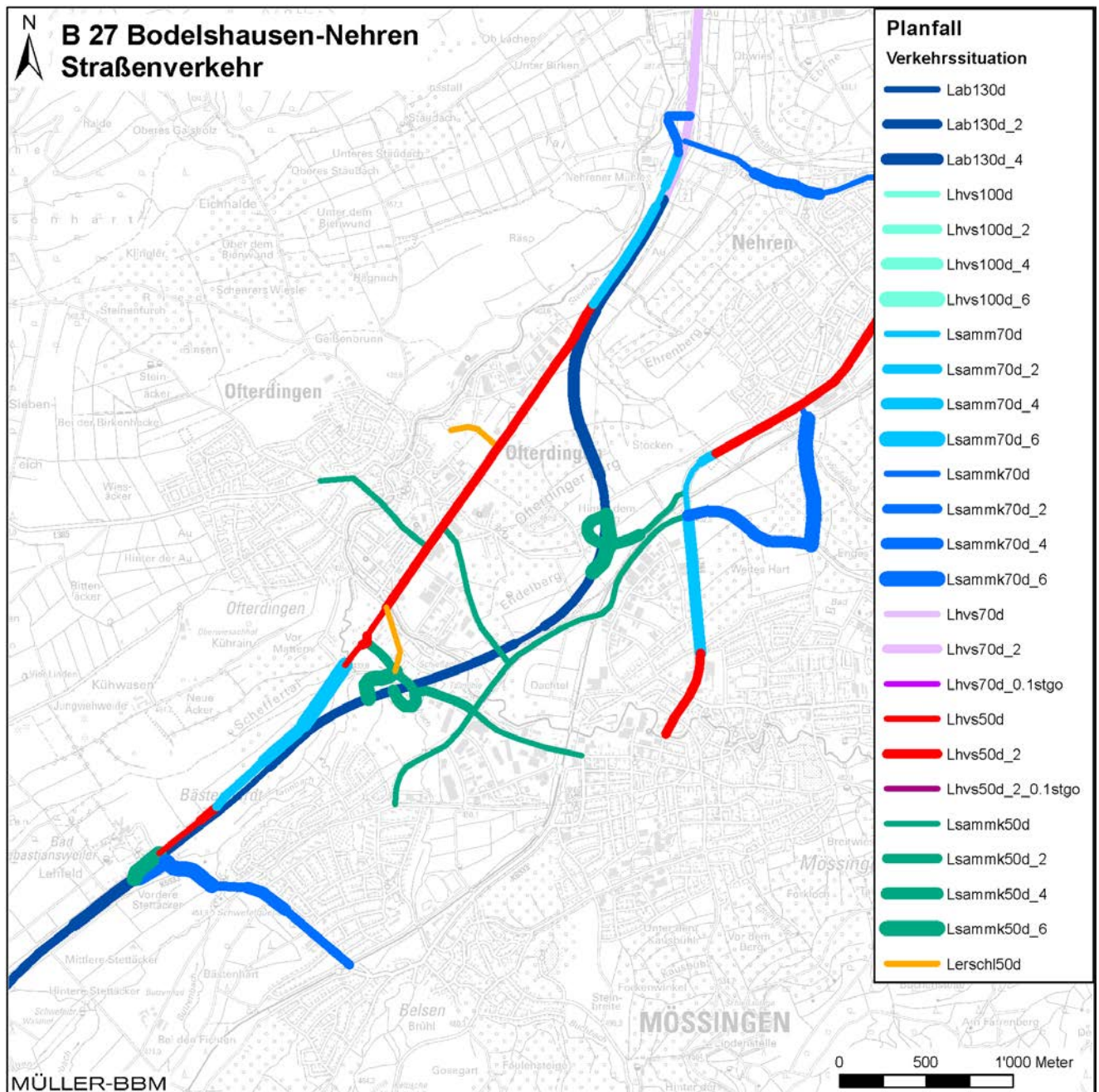


Abbildung 8. Verkehrssituationen im Planfall nach HBEFA [11], Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

Tabelle 2. Emissionsfaktoren Leichtverkehr LV (Pkw und INfz) und Schwerverkehr SV (SNF und BUS) nach HBEFA 4.1 (Nov. 2019) [11] für eine Fahrzeugflotte im Jahr 2025.

Verkehrssituation	Längs- neigung	NO _x		NH ₃		PM _{2,5}		PM ₁₀	
		LV	SV	LV	SV	inkl. non-exhaust		inkl. non-exhaust	
						LV	SV	LV	SV
Lab130d	0%	310	720	19,2	13,0	13	62	34	144
Lab130d_2	+/-2%	340	1.160	19,2	13,0	13	59	34	141
Lab130d_4	+/-4%	420	670	19,2	13,0	15	57	36	139
Lhvs100d	0%	180	940	11,6	12,5	13	70	32	145
Lhvs100d_2	+/-2%	200	1.270	11,6	12,5	13	68	32	143
Lhvs100d_4	+/-4%	250	910	11,6	12,5	14	66	32	141
Lhvs100d_6	+/-6%	330	880	11,6	12,5	15	67	33	142
Lhvs70d	0%	200	1.350	11,6	12,5	15	79	35	365
Lhvs70d_2	+/-2%	210	1.560	11,6	12,5	15	78	35	364
Lsamm70d	0%	190	1.300	11,6	12,5	16	81	35	366
Lsamm70d_2	+/-2%	200	1.480	11,6	12,5	16	80	35	365
Lsamm70d_4	+/-4%	230	1.250	11,6	12,5	16	79	35	364
Lsamm70d_6	+/-6%	280	1.100	11,6	12,5	17	80	36	365
Lsammk70d	0%	200	1.620	11,6	12,5	17	85	35	367
Lsammk70d_2	+/-2%	210	1.780	11,6	12,5	17	84	35	366
Lsammk70d_4	+/-4%	240	1.410	11,6	12,5	18	84	35	366
Lsammk70d_6	+/-6%	300	1.320	11,6	12,5	18	84	36	366
Lhvs50d	0%	230	1.970	11,5	11,8	18	86	35	368
Lhvs50d_2	+/-2%	240	1.760	11,5	11,8	18	86	36	368
Lsammk50d	0%	310	2.810	12,4	15,9	18	93	36	375
Lsammk50d_2	+/-2%	310	2.560	12,4	15,9	19	93	36	375
Lsammk50d_4	+/-4%	340	2.170	12,4	15,9	19	93	36	375
Lsammk50d_6	+/-6%	380	1.950	12,4	15,9	19	94	37	376
Lersch150d	0%	320	2.150	12,4	15,9	19	88	38	520
Lhvs70d_0.1stgo	0%	220	1.820	11,7	12,9	16	83	36	453
Lhvs50d 2_0.1stgo	+/-2%	250	2.240	11,6	12,2	18	90	37	457

Abkürzungsbeispiele

Lab130d_4 Ländlich, Autobahn, Tempo 130, dichter Verkehr, Längsneigung ±4%

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

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

Lsammk50d Ländlich, Sammelstr., kurvig, Tempo 50, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Lerschl50d Ländlich, Erschließungsstr., Tempo 50, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Lhvs50d_2_0.1stgo = Lhvs50d_2 mit 10% Anteil stop+go.

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 für das Rechengebiet wurden vom Auftraggeber bzw. dem Landesvermessungsamt in einem 5 m-Raster zur Verfügung gestellt [6]. Auf Basis dieser Geländedaten wurde ein digitales Geländemodell in einer Rasterauflösung von 10 m (siehe Relief in Abbildung 9) erstellt, das für den Nullfall für die Kaltluftsimulationen und bei den Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen mit LASAT verwendet wurde.



Abbildung 9. Geländere relief [6] für den Nullfall im erweiterten Klam21-Rechengebiet mit Abgrenzung des LASAT-Rechengebiets (Achsenbeschriftung Gauß-Krüger-Koordinaten).

Für den Planfall wurden die Geländehöhen an der geplanten Trasse vom Straßenplaner zur Verfügung gestellt [14]. Diese Daten wurden in das Geländemodell eingearbeitet (Abbildung 10).

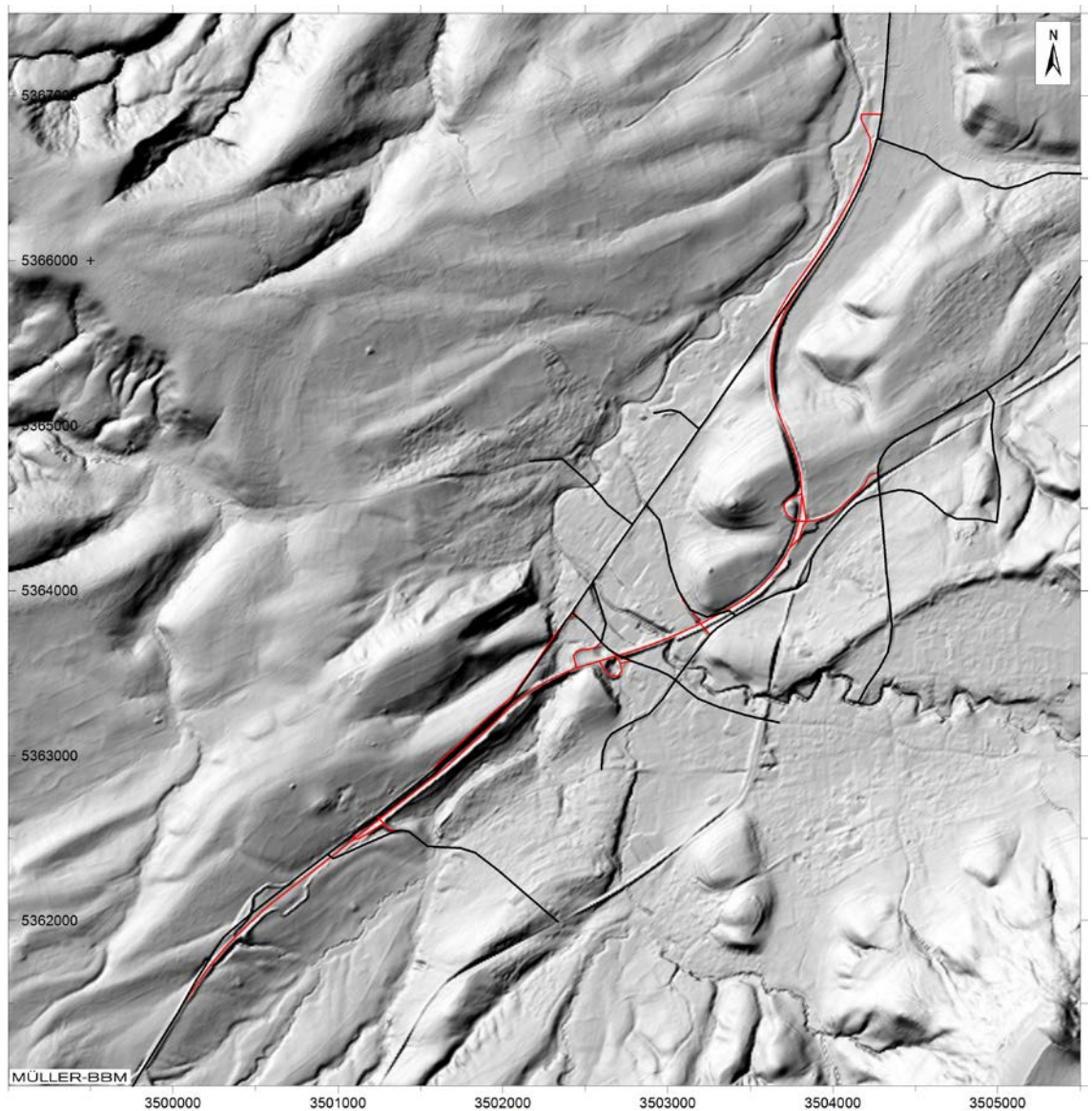


Abbildung 10. Geländeerelief [6] für den Planfall [14] im LASAT-Rechengebiet (Achsenbeschriftung Gauß-Krüger-Koordinaten).

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 Gelände-nutzungsdaten wird in den Ausbreitungsrechnungen die Bodenrauigkeit $z_0 = 0,5$ m angesetzt. Die Verdrängungshöhe d_0 ergibt sich nach Anhang 3 der TA Luft [9] mit $d_0 = z_0 \times 6$.

4.4 Rechengebiet und räumliche Auflösung

Das LASAT-Rechengebiet für die Ausbreitungsrechnung wurde als ein rechteckiges Gebiet mit einer Kantenlänge von 6.700 m × 7.300 m festgelegt (Abbildung 11). 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.

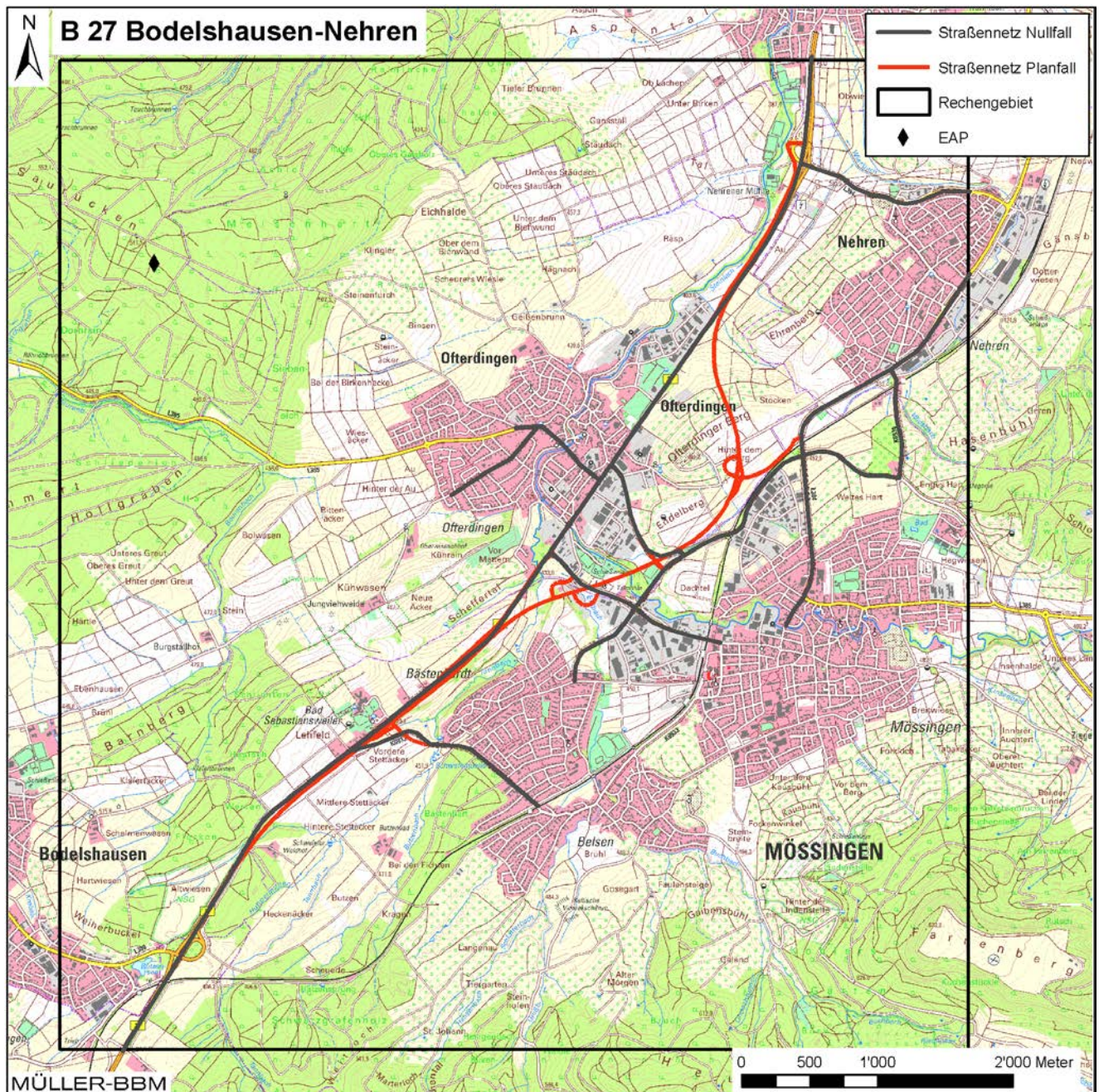


Abbildung 11. LASAT-Rechengebiet auf topografischer Karte mit Straßenplanung und Ersatz-Anemometerposition EAP, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

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.

Für das Untersuchungsgebiet selbst liegen keine Windmessungen vor. Die Daten der nächstgelegenen meteorologischen Messstationen Tübingen, Reutlingen und Schwäbische Alb sind für die Anwendung im Untersuchungsgebiet nicht geeignet.

Die meteorologischen Verhältnisse können mit den synthetischen Winddaten der Landesanstalt Umwelt Baden-Württemberg LUBW [5] für das Untersuchungsgebiet abgebildet werden. Im vorliegenden Fall wurde bei den Ausbreitungsrechnungen die synthetisch repräsentative Ausbreitungsklassenstatistik für die Gauß-Krüger-Koordinaten RW 3499500 HW 5366001 als Referenzstatistik angesetzt [18].

Abbildung 12 zeigt die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen der Daten. Die Windrose für das Steinlachtal bei Ofterdingen weist – wie für das Untersuchungsgebiet erwartet – als Hauptwindrichtung Südwest und als zweites Maximum Winde aus Nordost auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2,2 m/s.

Das diagnostische Windfeldmodell des eingesetzten Ausbreitungsmodells LASAT berechnet für das gesamte Untersuchungsgebiet die durch Topografie und Landnutzung geprägte örtliche Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung. Die o. g. Referenzstatistik repräsentiert in dieser Vorgehensweise nur die Windverhältnisse für den ausgewiesenen Anemometerstandort, die dann mit den berechneten örtlichen Windfeldern im Untersuchungsgebiet statistisch gekoppelt werden. Somit liegt für das Untersuchungsgebiet flächendeckend die Information zu den lokalen Windverhältnissen vor.

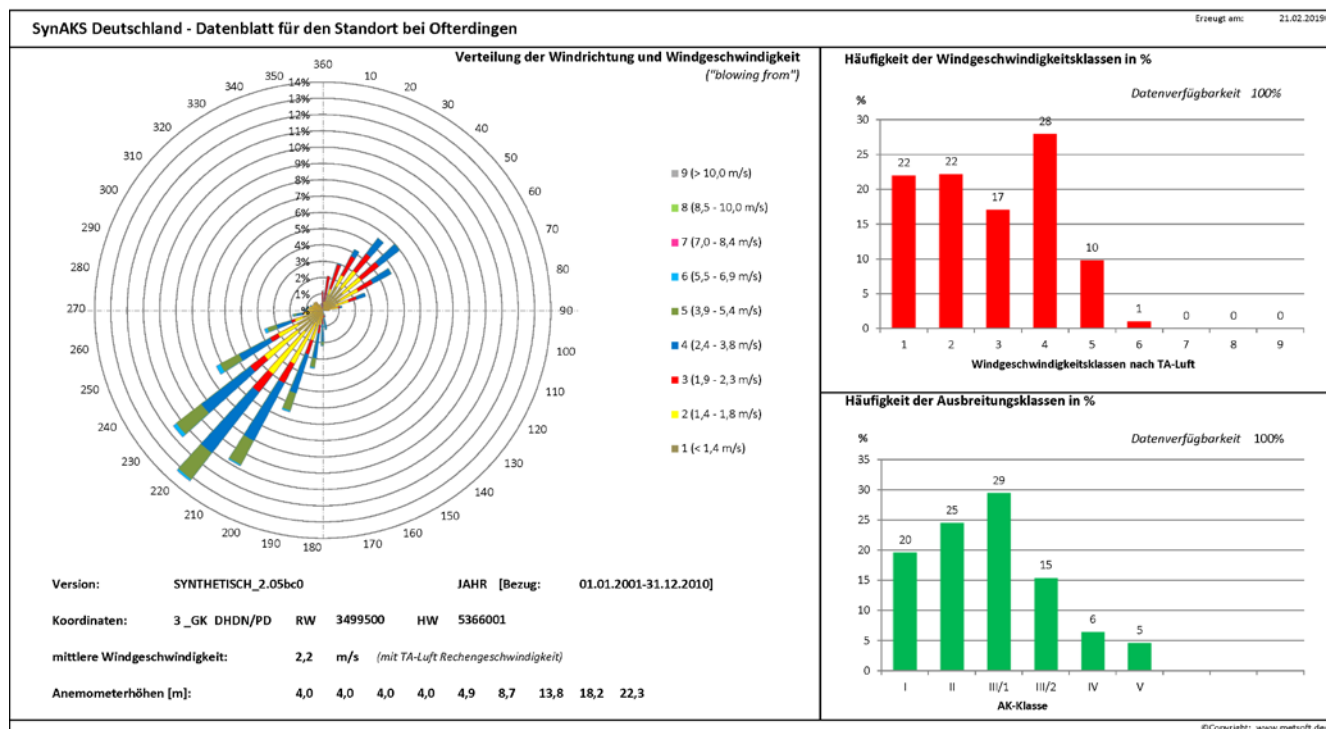


Abbildung 12. Synthetische Ausbreitungsklassenstatistik Ofterdingen, Häufigkeitsverteilungen von Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen [18].

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 [30] bestimmt.

Die jährliche Niederschlagsmenge im Untersuchungsgebiet liegt nach den Daten der LUBW-Station Tübingen aus den Jahren 2008 bis 2010 im Mittel bei 700 mm.

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 [12] 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 der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Geländehöhen [6] und [14] sowie der Landnutzungsdaten [4] wurden digitale Geländemodelle für den Nullfall (Abbildung 9) und den Planfall (Abbildung 10) mit Landnutzung erstellt. Auf dieser Grundlage wurden Simulationsrechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM_21 durchgeführt.

Das KLAM_21-Rechengebiet umfasst ein Gebiet von 20 km x 15 km, in dem das Untersuchungsgebiet bzw. das LASAT-Rechengebiet enthalten ist.

In Abbildung 13 sind die für den Planfall 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 14 zeigt für den Planfall die entsprechende Darstellung für den Ausschnitt des LASAT-Rechengebietes. Die hellblaue Farbe in Abbildung 13 und Abbildung 14 zeigt an, dass im Steinlachtal 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 Ausbreitungsclassenstatistik mit den geringen Windgeschwindigkeiten in der Ausbreitungsclassenklasse I (sehr stabil) entsprechend Anhang 3 der TA Luft [9] identifiziert.

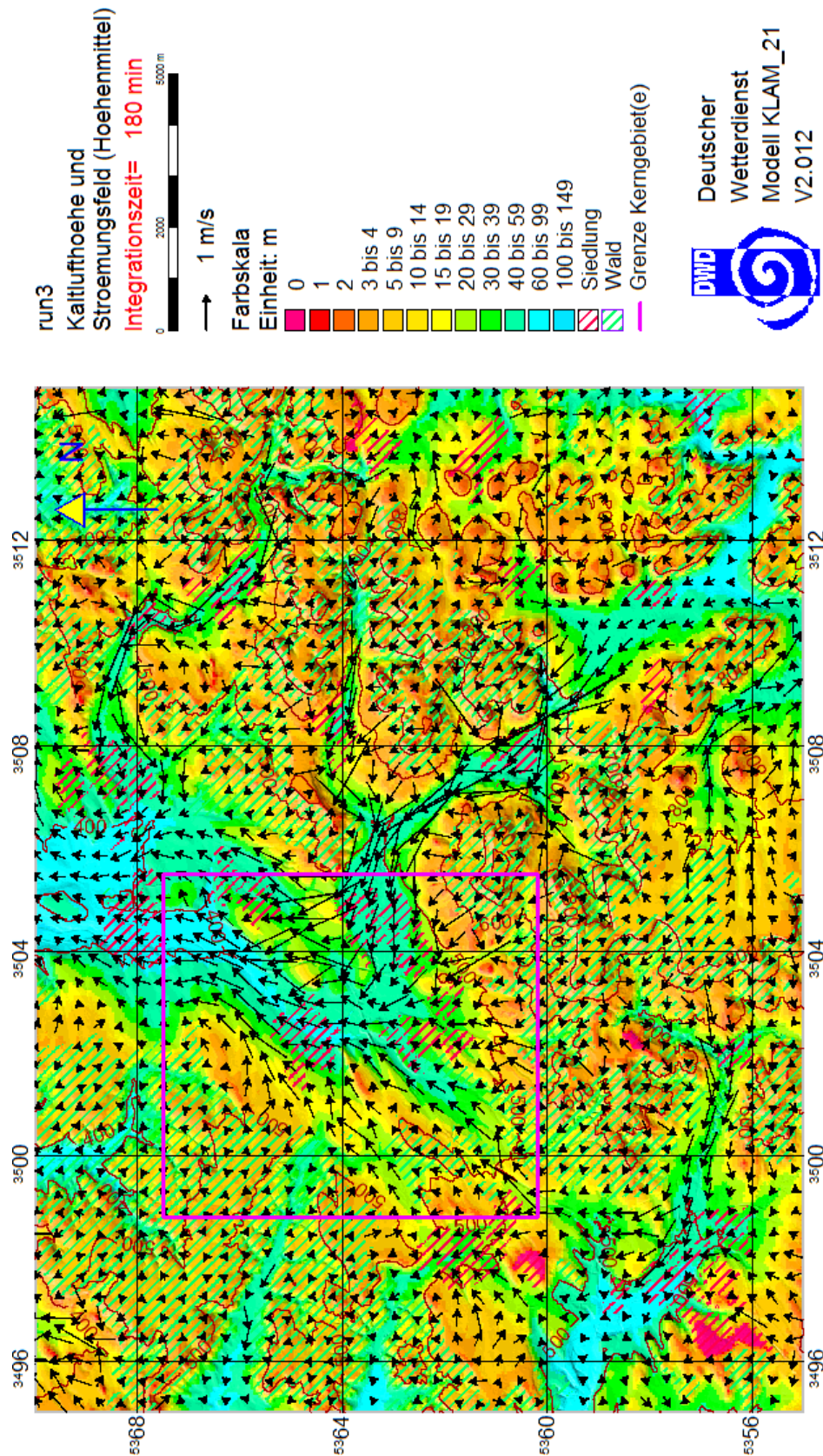


Abbildung 13. Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftschichtdicken bei ausgeprägter Kaltluft-situation im Planfall, der Ausschnitt des LASAT-Rechengebietes ist markiert (nicht einge-nordet).

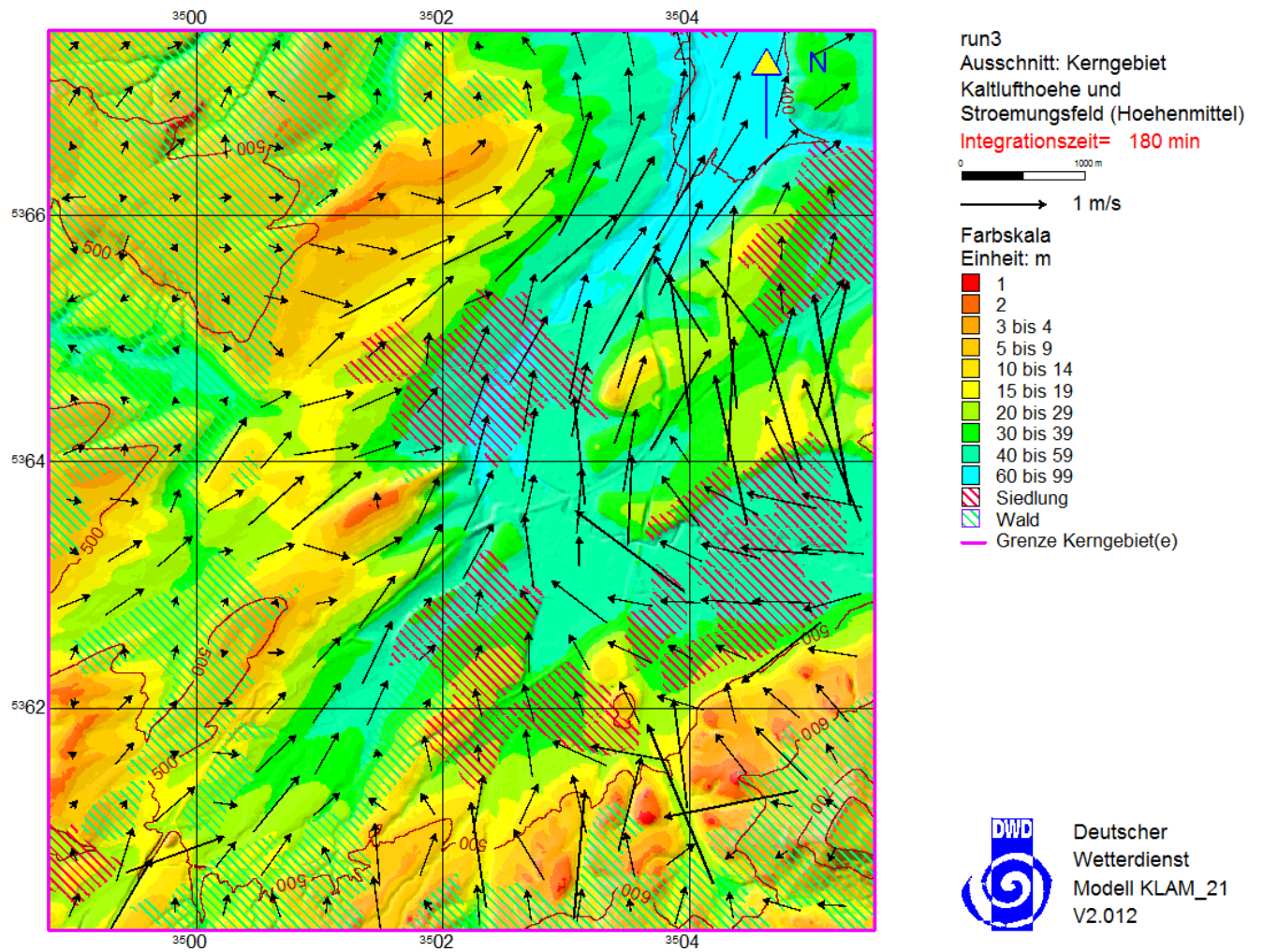


Abbildung 14. Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftschichtdicken bei ausgeprägter Kaltluft-situation im Planfall, Ausschnitt LASAT-Rechengebiet.

4.7 Hintergrundbelastung

4.7.1 Luftschadstoffkonzentrationen

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 quellfern 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 [17]. Die Messstationen werden vom Betreiber entsprechend ihrer Lage in Bezug zu den wesentlichen Schadstoffemittenten klassifiziert.

Die Station Tübingen, 11 km nördlich des Untersuchungsgebietes, repräsentiert nach Angaben des Betreibers die Hintergrundbelastung im vorstädtischen Bereich der Stadt Tübingen. Die Station Schwäbische Alb (Erpfingen), etwa 15 km östlich des Untersuchungsgebietes, liefert als Messstation in weitgehend abgeschiedener Höhenlage Aufschluss über die „emittentenferne Hintergrundbelastung“. Die Station Reutlingen ist dagegen städtisch geprägt. Die Jahreskenngrößen für diese Messstationen sind zusammen mit der vom Betreiber angegebenen Klassifizierung der Station in der Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3. Messdaten (Jahreskenngößen) der umliegenden Messstationen sowie deren Klassifizierung [17].

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	15
	2015	8	8	12	0		
	2016	7	8	10	0		
	2017	7	7	10	1		
	2018	7	8	11	2		
Tübingen	2014	21	11	16	5	vorstädtisch, Hintergrund	11
	2015	22	12	18	1		
	2016	22	11	16	1		
	2017	21	11	16	10		
	2018	21	11	16	4		
Reutlingen	2014	25	--	17	6	städtisch, Hintergrund	16
	2015	27	--	17	1		
	2016	26	--	17	4		
	2017	25	--	16	11		
	2018	25	--	16	7		

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

- 21 µg/m³ für NO₂
- 11 µg/m³ für PM_{2,5}
- 16 µg/m³ für PM₁₀.

4.7.2 Stickstoffbelastung

Im Rahmen eines Forschungsprojektes vom Umweltbundesamt über Einträge von Luftschadstoffen [22] [25] 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.

Der Kartendienst des Umweltbundesamtes weist für das Untersuchungsgebiet für die hier relevanten Landnutzungsklassen folgende Werte für die Stickstoff-Hintergrunddeposition aus:

- Ackerland	8 kg N/(ha·a)
- Wiesen und Weiden	8 kg N/(ha·a)
- Mischwald	11 kg N/(ha·a).

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 [20] [21] für das Jahr 2009. Darauf aufbauend erfolgte eine Korrektur durch die Walddepositions-messdaten aus Baden-Württemberg [32]. Der Daten- und Kartendienst weist für die im Untersuchungsgebiet vorliegenden Landnutzungsklassen (laut CORINE Land Cover) folgende Werte für die Stickstoff-Hintergrunddeposition aus (Abbildung 15):

- Ackerland	13 kg N/(ha·a)
- Wiesen und Weiden	12 kg N/(ha·a)
- Mischwald	19 kg N/(ha·a).

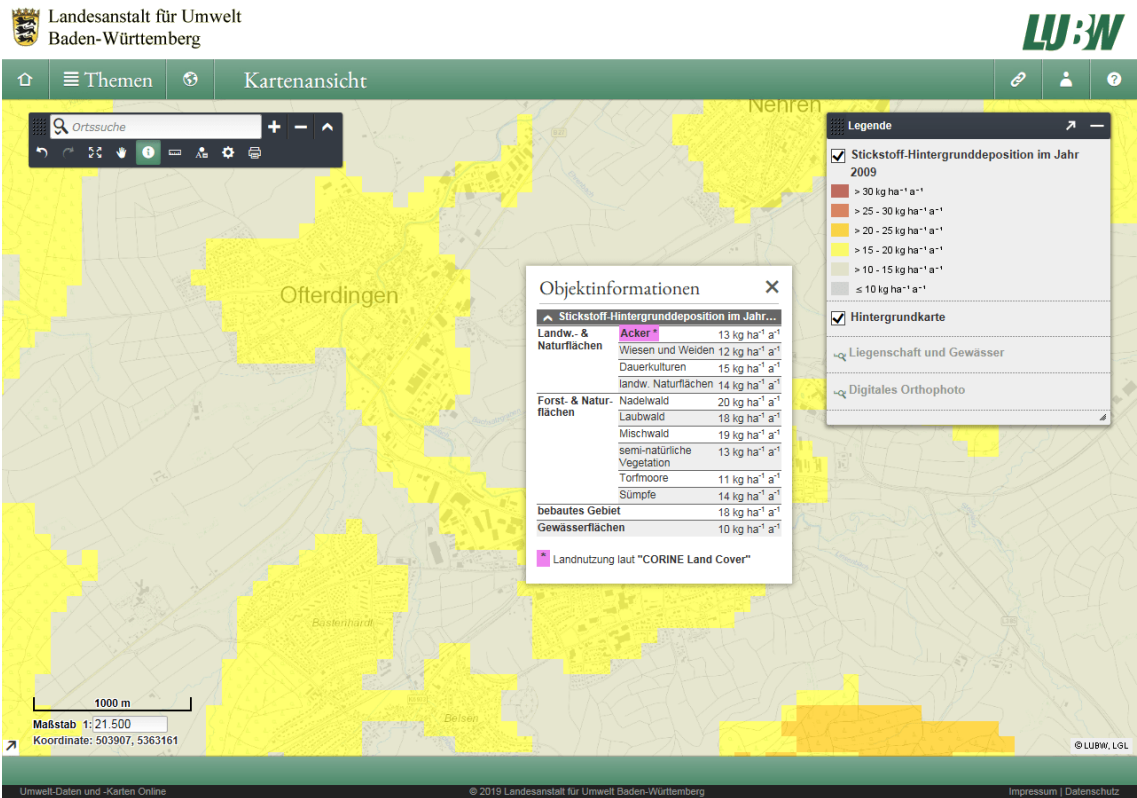


Abbildung 15. Stickstoff-Hintergrunddeposition im Jahr 2009 (LUBW [5], abgerufen am 26.02.2019).

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 4.5 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 [23].

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 25 und Abbildung 26) in beiden Untersuchungsfällen geringer als der Immissionsgrenzwert für den Jahresmittelwert von $25 \mu g/m^3$. An beurteilungsrelevanten Gebädefassaden im Untersuchungsgebiet sind die $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerte deutlich geringer als der Grenzwert.

Die ermittelten PM_{10} -Immissionen (Abbildung 27 bis Abbildung 28) 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 Gebädefassaden von weniger als $23 \mu g/m^3$ ist nicht mit einer Überschreitung der zulässigen Anzahl von 35 Tagen mit Tagesmittelwerten größer $50 \mu g/m^3$ zu rechnen [8] [15] [26].

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 Immissionskenngößen der anderen Schadstoffe schöpfen den jeweiligen Grenzwert deutlich weniger aus. Die NO_2 -Jahresmittelwerte sind bezogen auf den Grenzwert auch deutlich höher als die zulässigen Überschreitungen der NO_2 -Stundenmittelwerte. Zur Bewertung der NO_2 -Immissionen werden daher die Belastungen auf Grundlage der NO_2 -Jahresmittelwerte diskutiert.

In Abbildung 16 sind die für den Prognose Nullfall 2030 mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025 ermittelten NO₂-Jahresmittelwerte dargestellt. Die NO₂-Immissionen im Nullfall zeigen längs der heutigen Ortsdurchfahrt Ofterdingen und in Bad Sebastianweiler (B 27) die erwarteten hohen Konzentrationen mit örtlich mehr als 40 µg/m³ (Grenzwert).

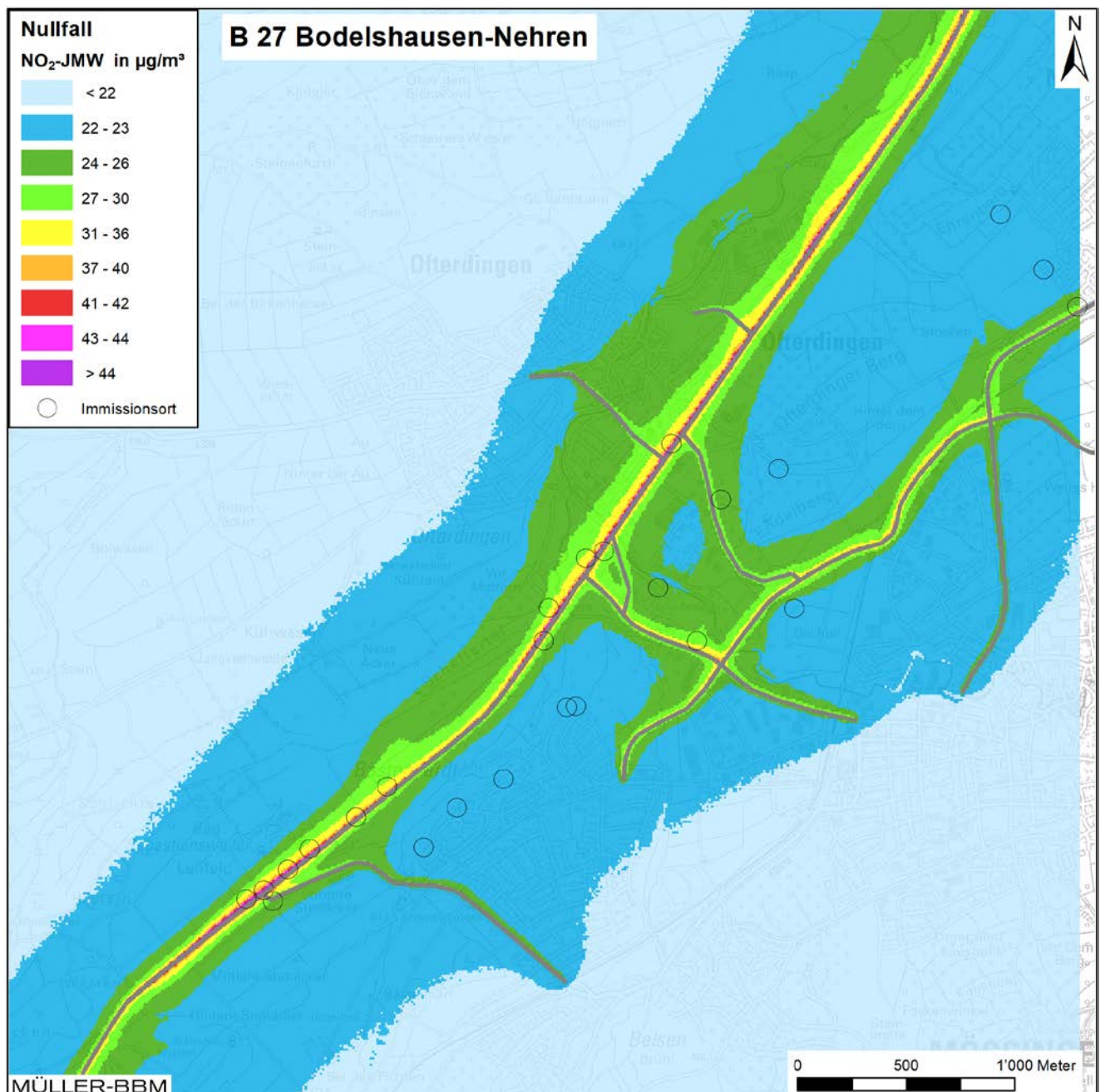


Abbildung 16. Prognose Nullfall 2030, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

Abbildung 17 zeigt die für den Planfall in der Prognose 2030 mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025 berechneten NO₂-Immissionen. Die Verkehrsverlagerung auf die neue Trasse bewirkt v. a. in Ofterdingen eine erhebliche Minderung der NO₂-Belastungen. Auch an den Gebäuden westlich der B 27 in Bad Sebastianweiler sind die NO₂-Immissionen im Planfall verringert, da die neue Trasse nach Osten abgerückt ist.

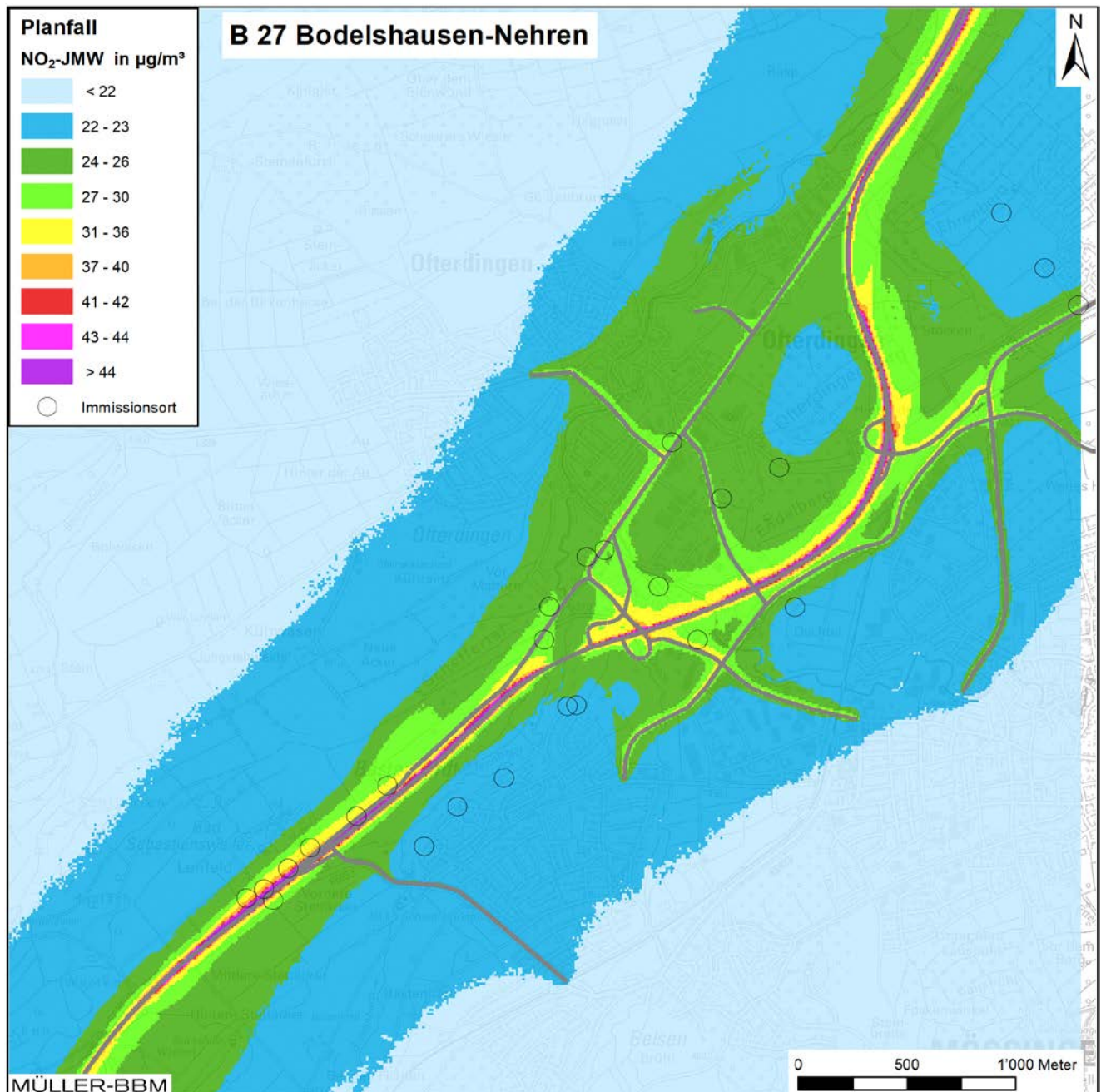


Abbildung 17. Prognose Planfall 2030, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19
Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

In der Abbildung 18 sind zusätzlich die für den Planfall ermittelten Änderungen der NO₂-Jahresmittelwerte im Vergleich zum Nullfall dargestellt. Die Prognose Planfall weist im Vergleich zur Prognose Nullfall erhöhte NO₂-Belastungen an der neuen Trasse v. a. östlich von Oferdingen und Minderungen der NO₂-Belastungen an der heutigen Ortsdurchfahrt Oferdingen auf. Im Planfall unterschreiten die prognostizierten NO₂-Immissionen an der nächstgelegenen Wohnbebauung den Grenzwert von 40 µg/m³.

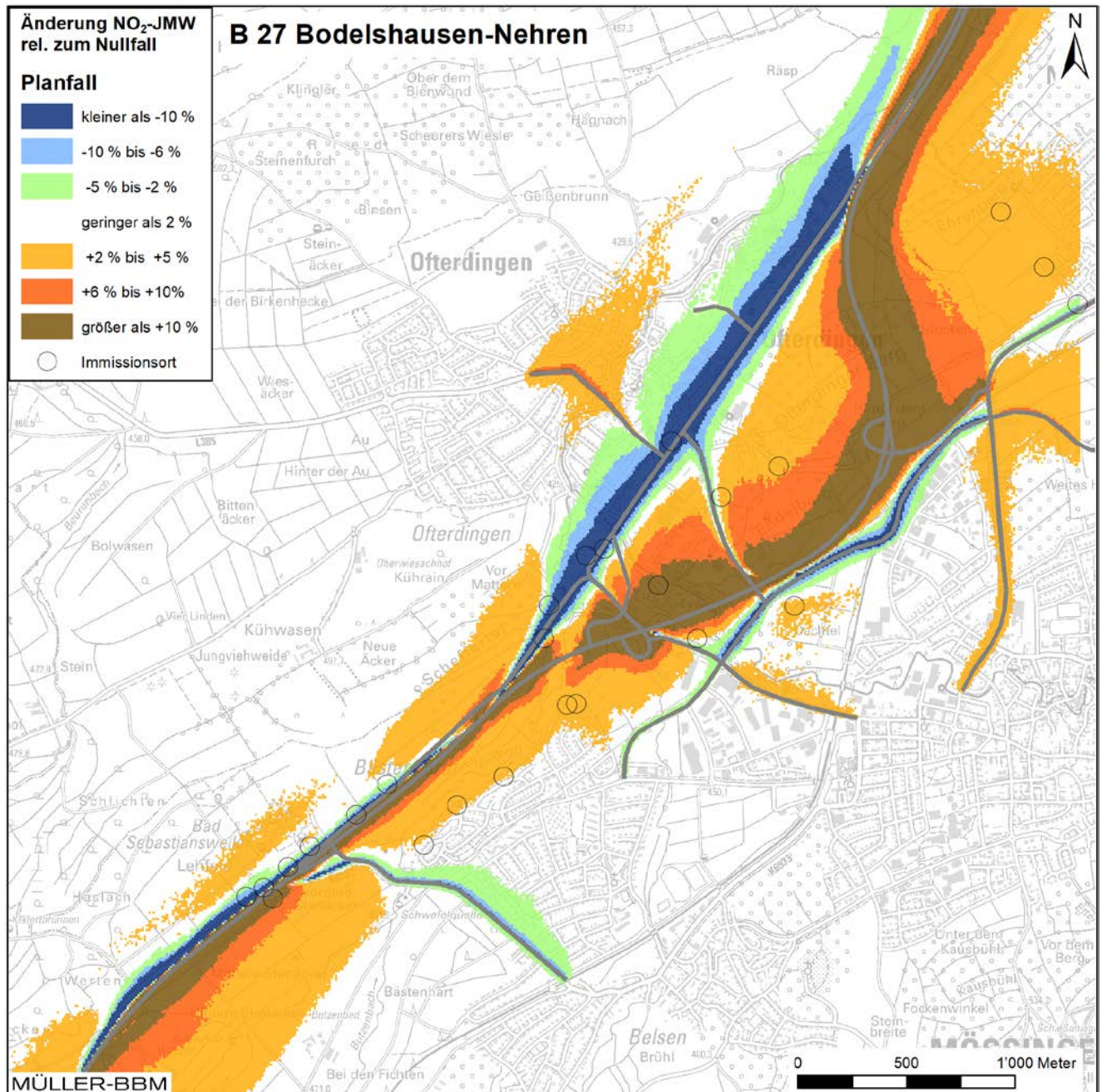


Abbildung 18. Prognose Planfall, Änderung der NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) im Vergleich zum Nullfall, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

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 19 zeigt die Lage der ausgewählten Immissionsorte, für die die Immissionen berechnet wurden.

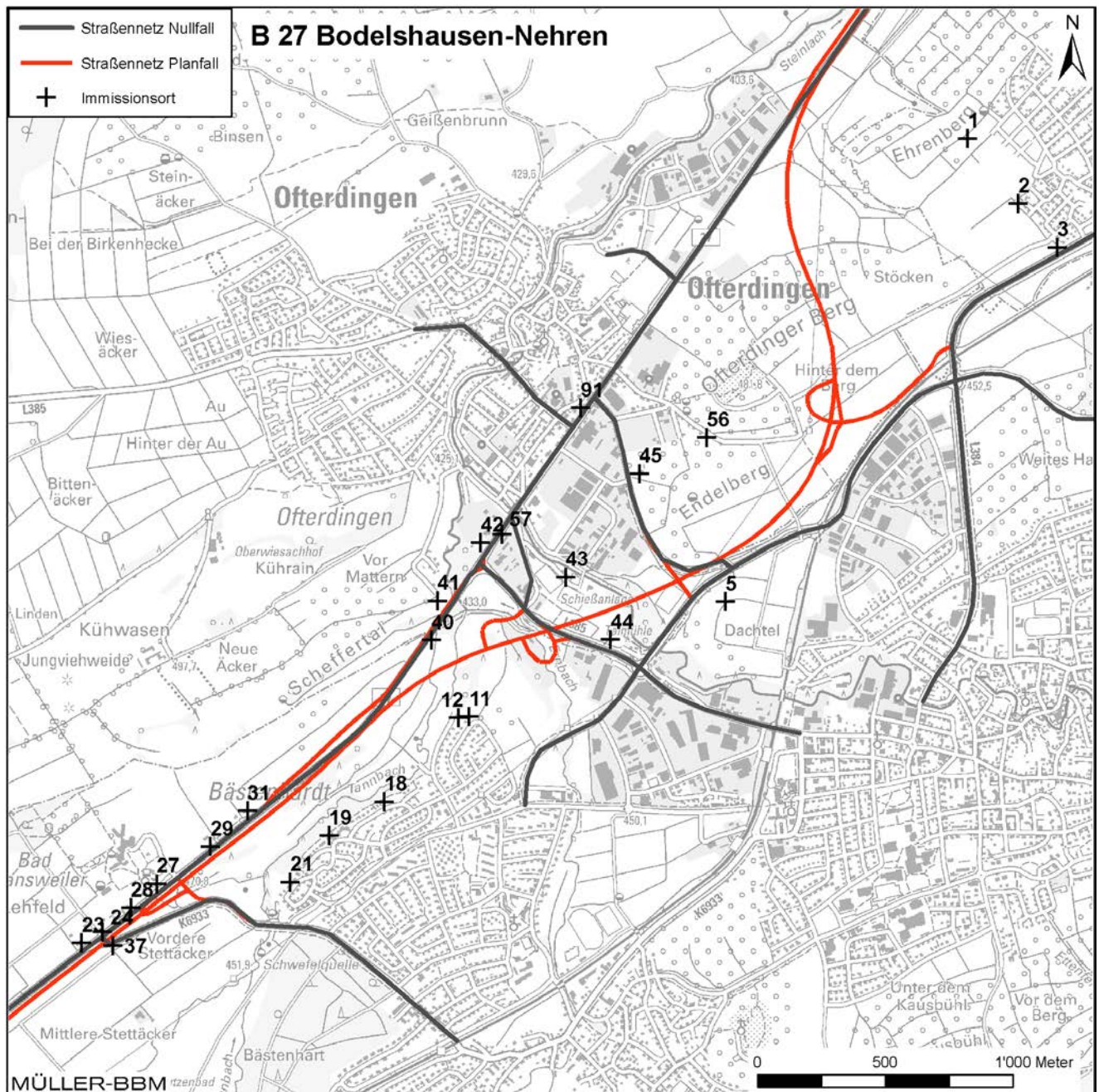


Abbildung 19. Lage der ausgewählten Untersuchungspunkte (Immissionsorte), Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

Die für die ausgewählten Untersuchungspunkte prognostizierten Gesamtbelastungen sind für die Prognose Nullfall in Tabelle 4 und für die Prognose Planfall in Tabelle 5 aufgeführt. Die an diesen Untersuchungspunkten ermittelten Immissionen stehen für die verkehrsbedingt am höchsten belasteten, beurteilungsrelevanten Bereiche (Wohnnutzung).

Tabelle 4. Immissionen Nullfall Prognose 2030 (Jahresmittelwerte) an den ausgewählten Immissionsorten (siehe Abbildung 19), 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				
1	22	11	16	4
2	22	11	16	4
3	27	12	18	5
5	23	11	16	4
11	22	11	16	4
12	23	11	16	4
18	22	11	16	4
19	22	11	16	4
21	22	11	16	4
23	41	14	22	11
24	46	15	26	20
27	34	13	20	7
28	42	14	24	14
29	41	14	24	15
31	34	13	20	7
37	26	12	17	4
40	31	12	18	5
41	30	12	18	5
42	33	13	19	6
43	24	11	17	4
44	29	12	18	5
45	25	11	17	4
56	23	11	16	4
57	37	13	21	9
91	39	14	22	11
Grenzwert	40	25	40	35

Tabelle 5. Immissionen Planfall Prognose 2030 (Jahresmittelwerte) an den ausgewählten Immissionsorten (siehe Abbildung 19), ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025.

Untersuchungspunkt	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM ₁₀ -TM>50
	Jahresmittelwerte [µg/m ³]	Jahresmittelwerte [µg/m ³]	Jahresmittelwerte [µg/m ³]	Anzahl [-]
Prognose Planfall				
1	22	11	16	4
2	23	11	16	4
3	26	12	17	4
5	23	11	16	4
11	23	11	16	4
12	23	11	16	4
18	23	11	16	4
19	23	11	16	4
21	23	11	16	4
23	36	12	18	5
24	39	13	19	6
27	33	12	18	5
28	37	13	19	6
29	35	12	19	6
31	32	12	18	5
37	31	12	18	5
40	28	12	17	4
41	27	12	17	4
42	26	12	17	4
43	27	12	17	4
44	29	12	18	5
45	26	11	17	4
56	24	11	16	4
57	29	12	18	5
91	28	12	17	4
Grenzwert	40	25	40	35

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 15 µg/m³ im Nullfall und maximal 13 µg/m³ im Planfall deutlich unter dem Grenzwert von 25 µg/m³. Auch die ermittelten PM₁₀-Jahresmittelwerte liegen mit maximal 26 µg/m³ im Nullfall und maximal 19 µg/m³ im Planfall deutlich unter dem Grenzwert von 40 µg/m³. Bei diesen PM₁₀-Jahresmittelwerten 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.

Die höchsten NO₂-Immissionen werden im Nullfall an der B 27 in der Ortsdurchfahrt Ofterdingen für die Untersuchungspunkte 91 und 57 und in Bad Sebastiansweiler an den Untersuchungspunkten 23, 24, 28 und 29 festgestellt. Dort werden NO₂-Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ ermittelt, das bedeute, der Grenzwert nach 39. BImSchV wird nicht eingehalten. Für den Planfall werden für diese Untersuchungspunkte

Minderungen der Schadstoffbelastung im Vergleich zum Nullfall ermittelt, z. B. am höchst belasteten Untersuchungspunkt 24 von 46 µg/m³ im Nullfall auf 39 µg/m³ im Planfall.

Im Planfall sind aufgrund der Verkehrsverlagerung auf die neue Trasse die Immissionen an den nahe der Trasse liegenden Untersuchungspunkten etwas höher als im Nullfall, mit maximal 29 µg/m³ jedoch deutlich unter dem Grenzwert.

Hinsichtlich der Beurteilung der Auswirkungen der Planung sind auch die zu erwartenden Änderungen der Luftschadstoffbelastung von Interesse. In Tabelle 6 sind die an den ausgewählten Immissionsorten für den Planfall gegenüber dem Nullfall ermittelten relativen Änderungen³ der Immissionen angegeben.

Tabelle 6. Änderungen der Immissionen³ (Jahresmittelwerte) im Planfall gegenüber dem Nullfall an den ausgewählten Immissionsorten (siehe Abbildung 19).

Untersuchungspunkt	Differenzen Planfall zu Nullfall		
	Jahresmittelwerte		
	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀
	bezogen auf den Nullfall		
1	2%	0%	0%
2	2%	1%	1%
3	-4%	-3%	-2%
5	2%	0%	0%
11	3%	0%	1%
12	3%	0%	0%
18	2%	-1%	0%
19	2%	0%	0%
21	1%	-1%	0%
23	-13%	-12%	-18%
24	-15%	-16%	-27%
27	-1%	-5%	-9%
28	-11%	-11%	-22%
29	-16%	-13%	-24%
31	-4%	-5%	-9%
37	19%	2%	2%
40	-11%	-4%	-6%
41	-11%	-4%	-5%
42	-21%	-8%	-11%
43	14%	3%	2%
44	2%	1%	0%
45	2%	0%	0%
56	5%	0%	1%
57	-22%	-10%	-16%
91	-30%	-13%	-21%

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 6 angegebenen Änderungen abweichen können.

Aufgrund der Verkehrsverlagerung im Planfall sind die Immissionen an einigen Untersuchungspunkten höher als im Nullfall (positive Differenz in Tabelle 6). An den betroffenen Untersuchungspunkten resultieren Schadstoffzunahmen von bis zu 19 %. Demgegenüber stehen Minderungen der Schadstoffbelastungen an anderen Untersuchungspunkten von bis zu -30 %. Die bei Realisierung der Straßenplanung zu erwartenden erhöhten Schadstoffbelastungen im Umfeld der neuen Trasse erreichen nach den hier vorgestellten Immissionsprognosen keine unzulässig hohen Werte.

Zusammenfassend lässt sich aus lufthygienischer Sicht auf der Grundlage der verwendeten Eingangsdaten und Methodik festhalten, dass die Realisierung des Planfalls 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 20 zeigt die für den Nullfall Prognose 2030 mit den Emissionsfaktoren einer Fahrzeugflotte des Jahres 2025 ermittelten straßenverkehrsbedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition). Die Stickstoffeinträge aus anderen Quellen (z. B. Landwirtschaft) sind in der Hintergrundbelastung (Abschnitt 4.7) enthalten und werden durch das Vorhaben nicht beeinflusst.

In Abbildung 21 sind die für den Prognose Planfall 2030 mit den Emissionsfaktoren einer Fahrzeugflotte des Jahres 2025 ermittelten straßenverkehrsbedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition) dargestellt.

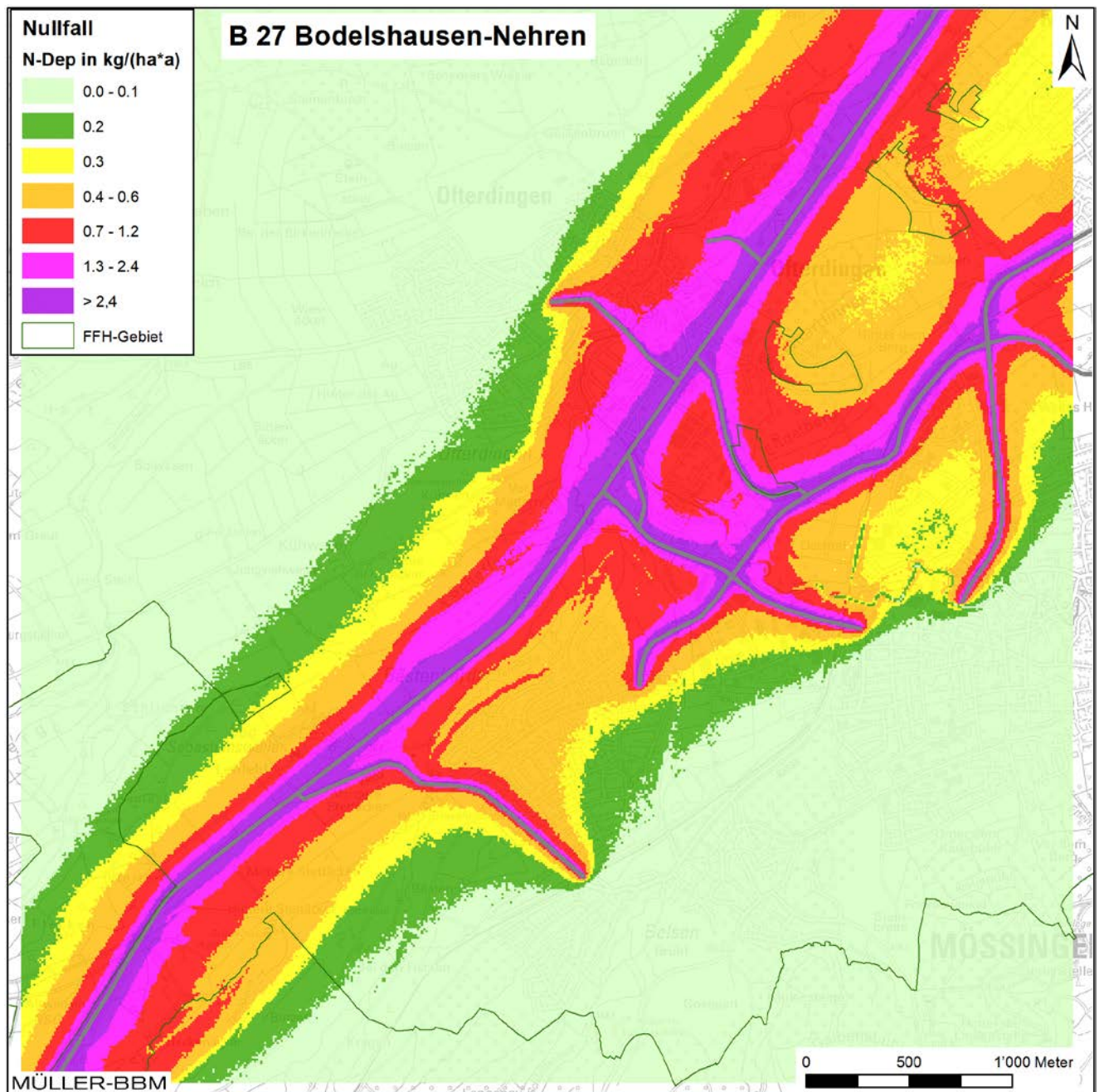


Abbildung 20. Prognose Nullfall 2030, Stickstoffeintrag (N-Deposition) am Boden im Untersuchungsgebiet, verkehrsbedingte Zusatzbelastung berechnet mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

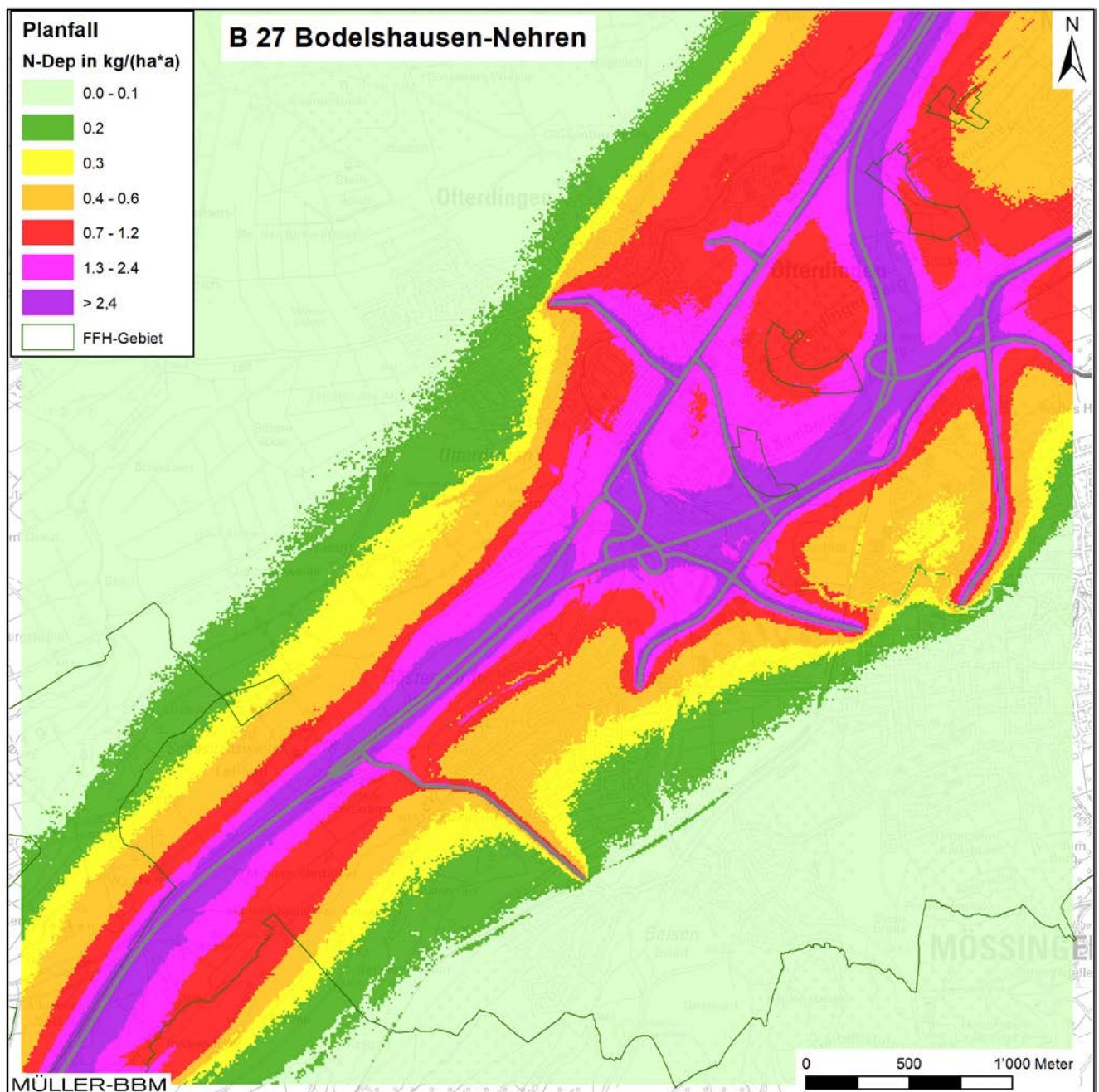


Abbildung 21. Prognose Planfall 2030, Stickstoffeintrag (N-Deposition) am Boden im Untersuchungsgebiet, verkehrsbedingte Zusatzbelastung berechnet mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

Für den Planfall wurden von den ermittelten N-Depositionen die an gleichem Ort für den Nullfall ermittelten N-Depositionen abgezogen. Diese Differenzen stellen die jeweiligen vorhabenbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeinträgen dar. Sie sind in Abbildung 22 dargestellt.

Die Ergebnisdarstellung folgt den Vorgaben des Stickstoffleitfadens H PSE [33], insbesondere wird demnach die Differenz zwischen Planfall und Nullfall nur für Werte größer als das Abschneidekriterium von 0,3 kg N/(ha*a) dargestellt.

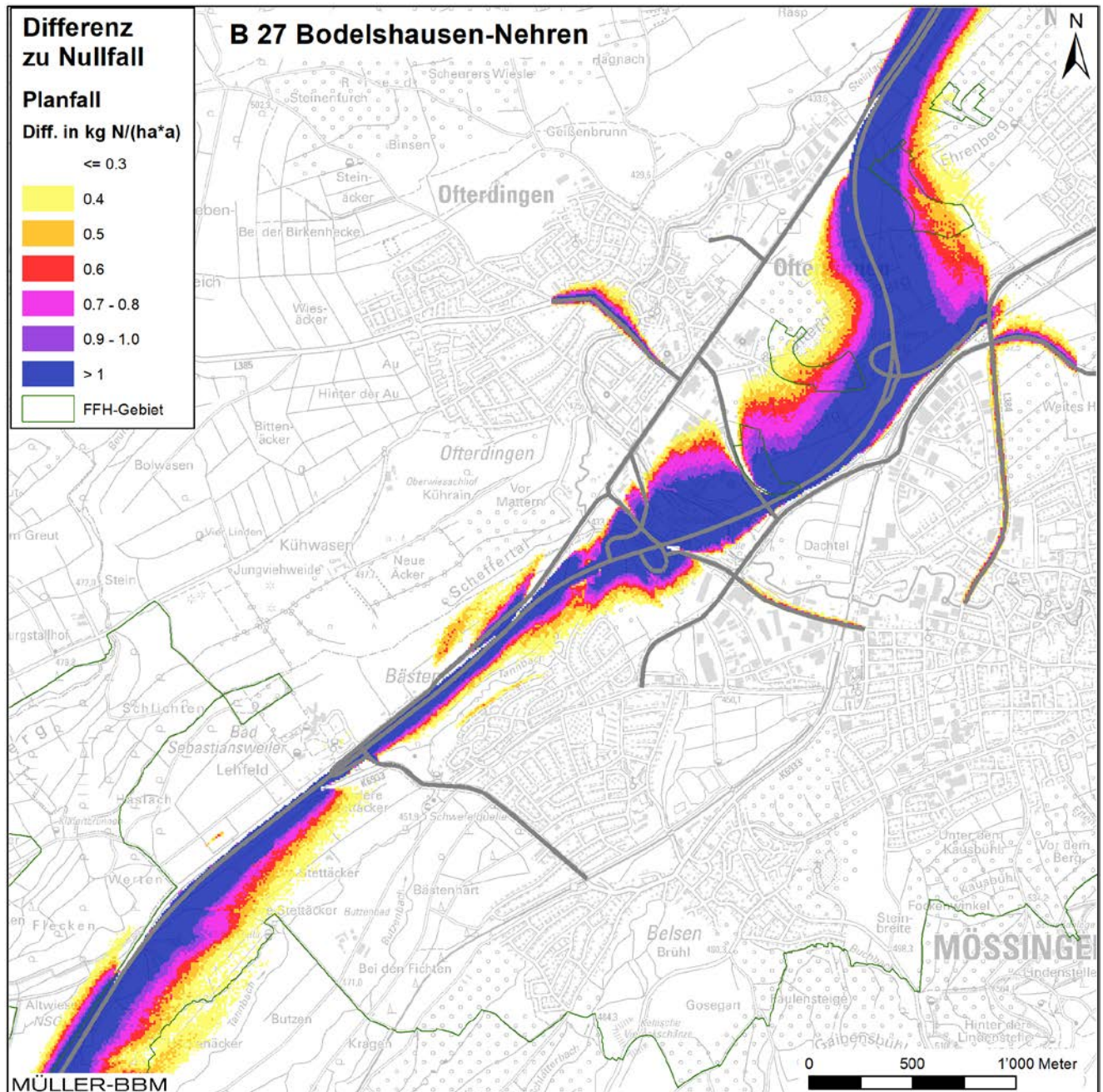


Abbildung 22. Prognose 2030 Planfall, vorhabenbedingte Änderung der Stickstoffeinträge ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

Die Zunahmen der N-Depositionen im Planfall sind in einem Bereich von teilweise mehreren 100 m Breite um die neue Trasse größer als das zur Beurteilung (Abschnitt 2.2) dienende untere Abschneidekriterium von 0,3 kg N/(ha×a).

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

6 Grundlagen, verwendete Literatur

Bei der Erstellung des Gutachtens wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- [1] B 27 Neu- und Ausbau zwischen Nehren und Bodelshausen – Luftschadstoffgutachten, Prognose der Schadstoffimmissionen (Schutz der menschlichen Gesundheit) und der Stickstoffeinträge in Natura 2000-Gebiete (FFH), Müller-BBM Bericht Nr. M91239/01, November 2012.
- [2] Bächlin, W., Bösing, 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, Februar 2011.
- [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., Bösing, R., Lohmeyer, A.: PM10-Emissionen an Außerortsstraßen; Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), BASt-Reihe "Verkehrstechnik" Band V 125, 96 S, 2005.
- [9] 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).
- [10] FFH-Gebiete, Entwicklungs- und Freiraumplanung Eberhard + Partner GbR Landschaftsarchitekten, Konstanz, 15.02.2019.
- [11] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA, Version 4.1, November 2019, INFRAS Bern/Zürich, www.hbefa.net.
- [12] Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21 Version V2.012. Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Juni 2013.
- [13] Landesumweltamt Brandenburg: Vollzugshilfe zur Ermittlung der Erheblichkeit von Stoffeinträgen in Natura 2000-Gebiete, Stand: 18. April 2019.

- [14] Lage- und Höhenpläne der Straßenplanung für die Planfeststellungsvariante, Regierungspräsidium Tübingen, Abt.4 /Ref. 44, 21.11.2018 und 30.01.2019.
- [15] 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.
- [16] Luftbilder, topografische Karten, Geobasisdaten, ALK-Daten, Regierungspräsidium Tübingen, Feb. 2011.
- [17] Luftdaten, Messungen der Luftqualität, Mehrjährige Datenreihen, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- [18] Meteorologische Daten (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Ausbreitungs-klassse) der synthetischen repräsentativen Ausbreitungsklassenzeitreihe für den Standort Ofterdingen mit den Koordinaten RW 3499500 HW 5366001, metSoft GbR, Heilbronn, 25.02.2019.
- [19] Methodik zur Ermittlung der Startzuschläge auf die Emissionsfaktoren nach HBEFA, INFRAS Bern/Zürich, Mario Keller, schriftliche Mitteilung 16.12.2012.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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).
- [24] Ortsbesichtigung am 25.02.2011 mit Fotodokumentation.
- [25] 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.

- [26] 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.
- [27] Richtlinie VDI 3782 Blatt 5: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2006.
- [28] Richtlinie VDI 3782 Blatt 7: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003 bzw. Entwurf Sept. 2018.
- [29] 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.
- [30] Richtlinie VDI 3783 Blatt 8: Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2017.
- [31] 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.
- [32] 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/>.
- [33] Stickstoffleitfaden Straße - Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen H PSE, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 2019.
- [34] Topographische Karte Baden-Württemberg, Geogrid®-Viewer V6, EADS Deutschland GmbH.
- [35] Topografische Karten, Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9- 1/19, Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg, Februar 2019.
- [36] Verkehrsuntersuchung B27 Neu Abschnitt Bodelshausen – Nehren, Prognosehorizont 2025, BS Ingenieure, Ludwigsburg, Juni 2012.
- [37] Verkehrsuntersuchung B27 Neu Abschnitt Bodelshausen – Nehren Fortschreibung 2017, BS Ingenieure, i. A. des Regierungspräsidiums Tübingen, Ludwigsburg, 20.02.2018.

Anhang

A Emissionen des Straßenverkehrs

\\S-KAR-FS01\VALLEFIRMEN\MIPRO\1135\M135689\M135689_02_BER_3D.DOCX:18. 12. 2019

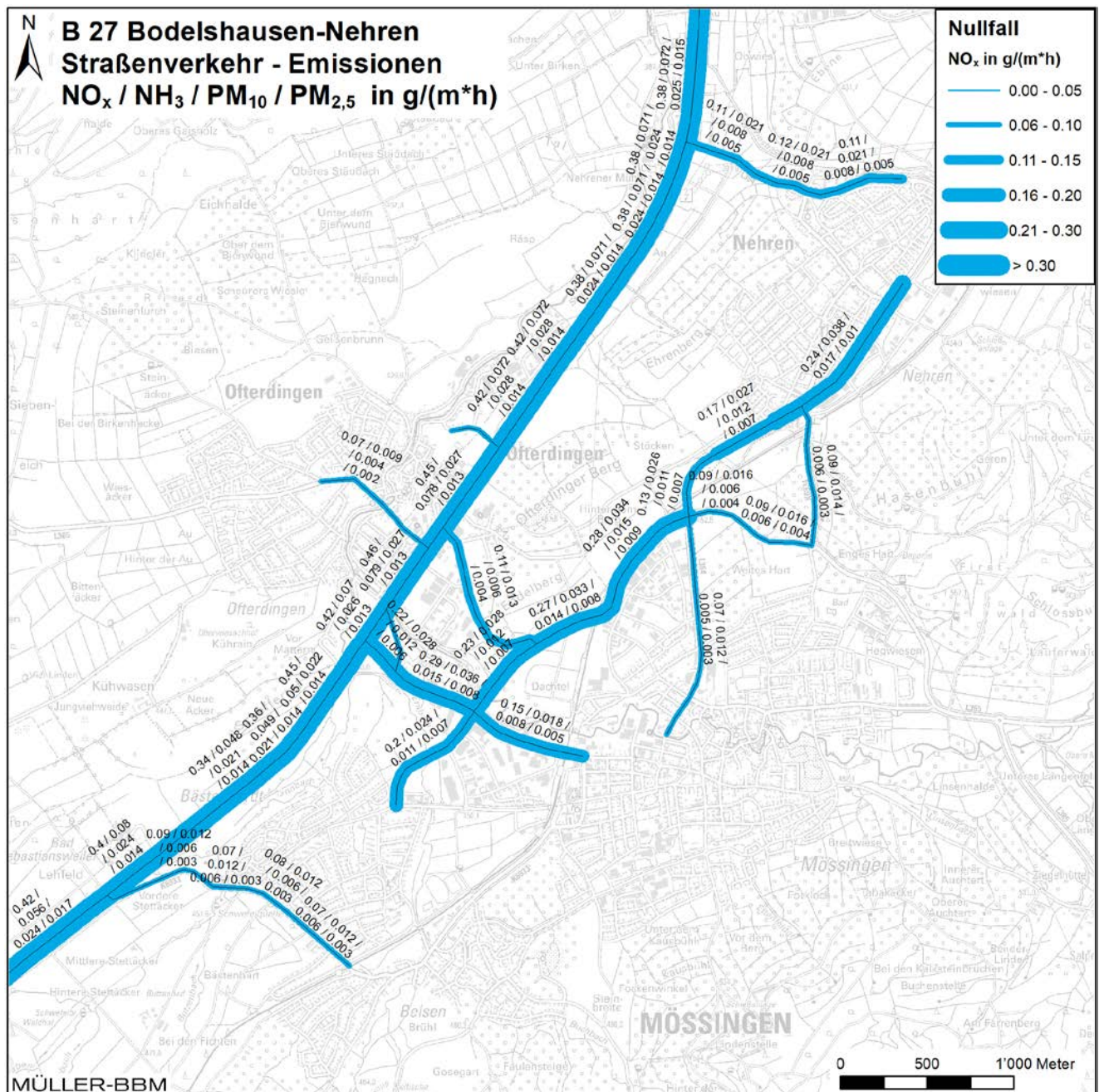


Abbildung 23. Jahresmittlere Emissionsquellstärken Straßenverkehr - Prognose Nullfall 2030 ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

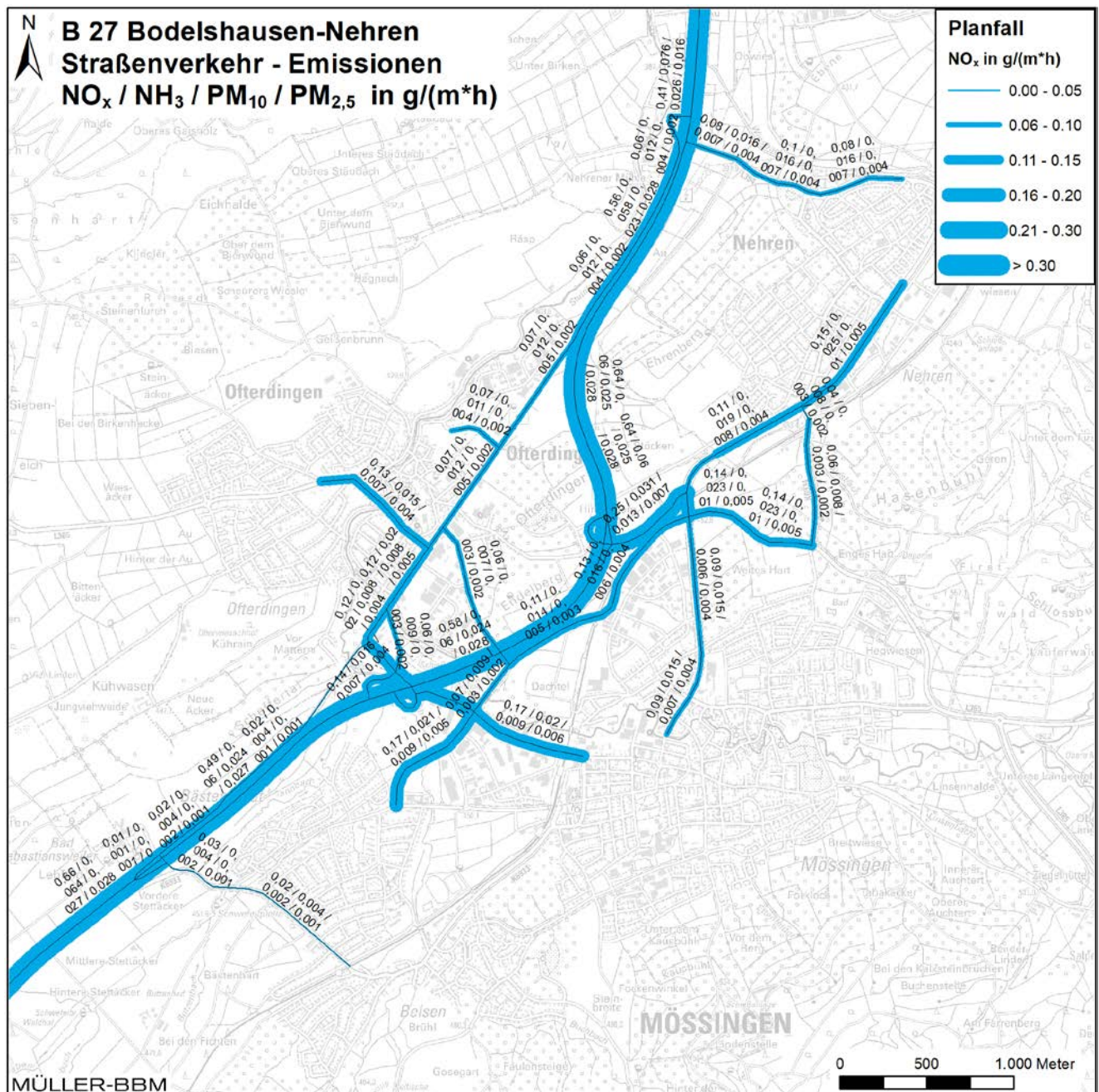


Abbildung 24. Jahresmittlere Emissionsquellstärken Straßenverkehr - Prognose Planfall 2030 ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

Anhang

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

\\S-KAR-FS01\VALLEFIRMEN\MIPROJ1135\M135689\M135689_02_BER_3D.DOCX:18. 12. 2019

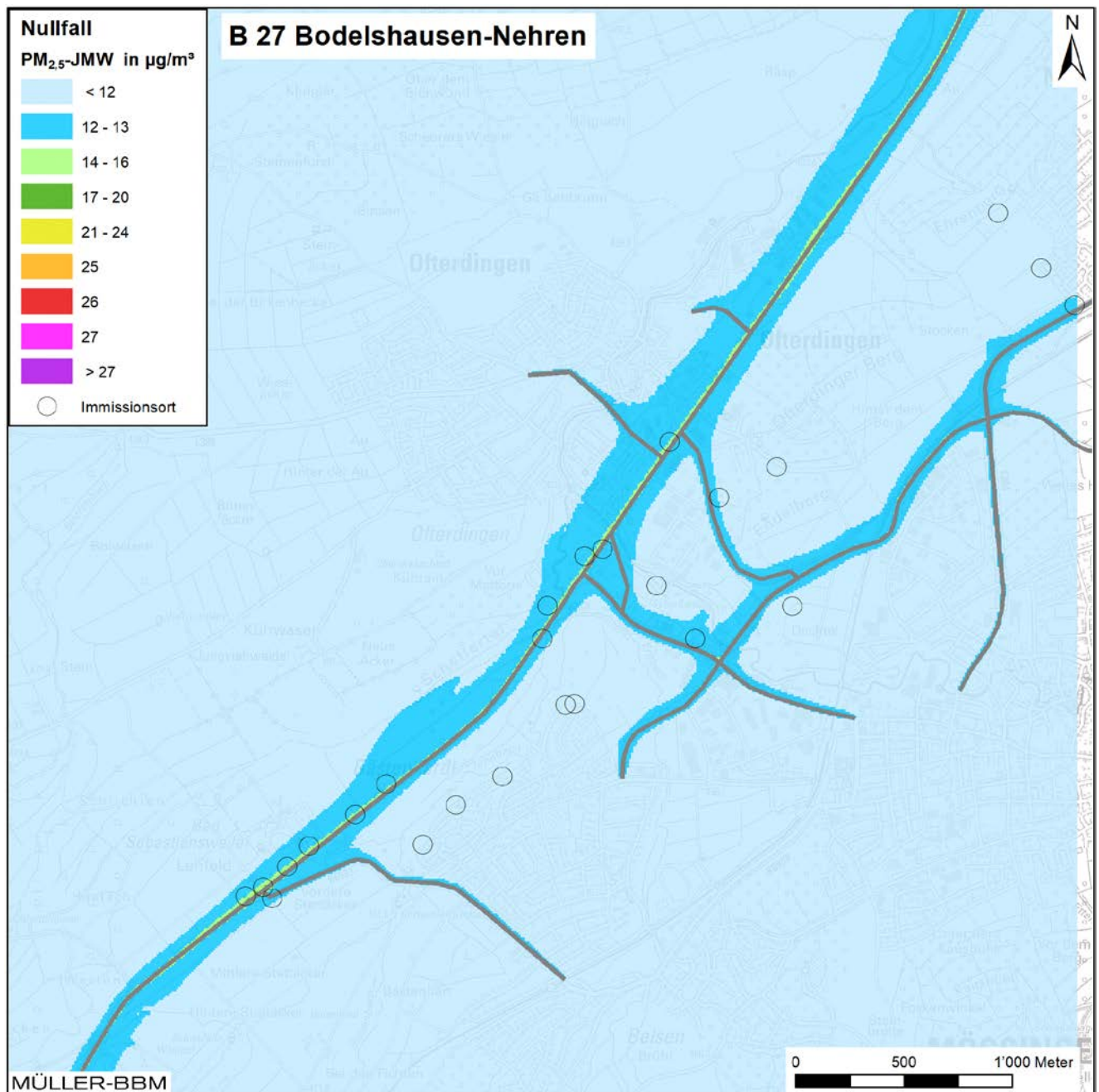


Abbildung 25. Prognose Nullfall 2030, PM_{2,5}-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19
Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

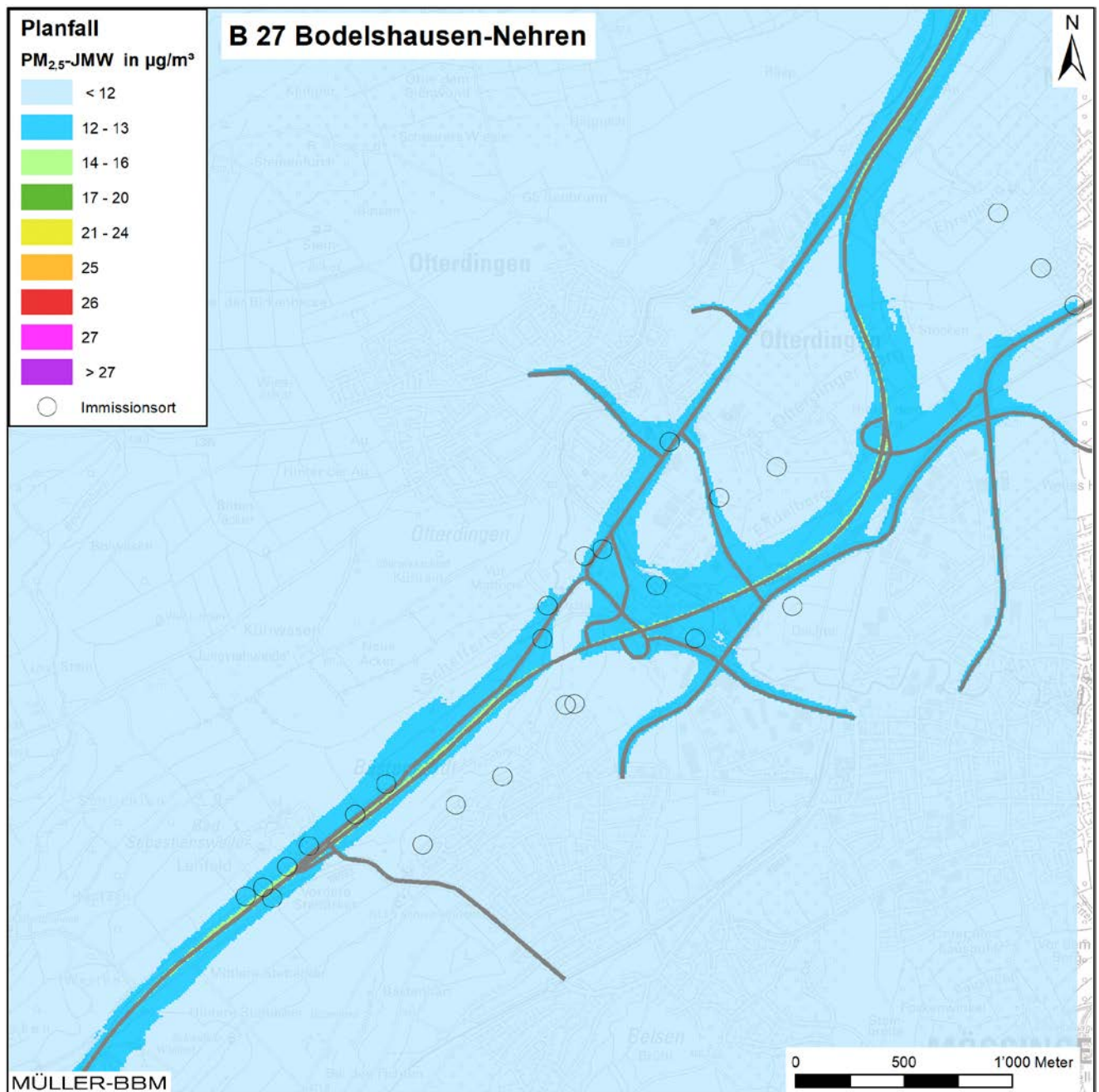


Abbildung 26. Prognose Planfall 2030, PM_{2,5}-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19
Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

Anhang

C PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte)

\\S-KAR-FS01\VALLEFIRMEN\MIPRO\1135\M135689\M135689_02_BER_3D.DOCX:18. 12. 2019

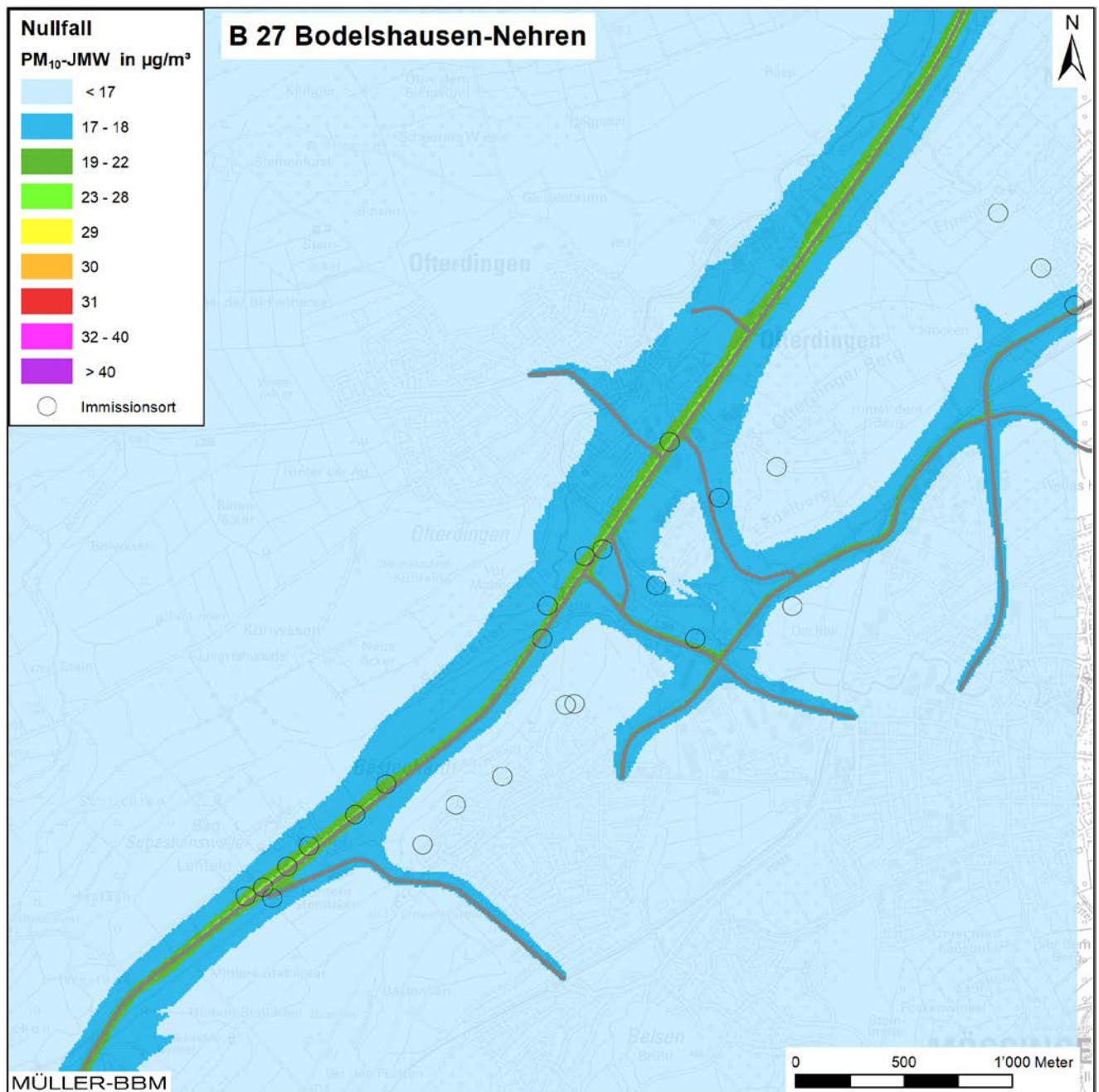


Abbildung 27. Prognose Nullfall 2030, PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].

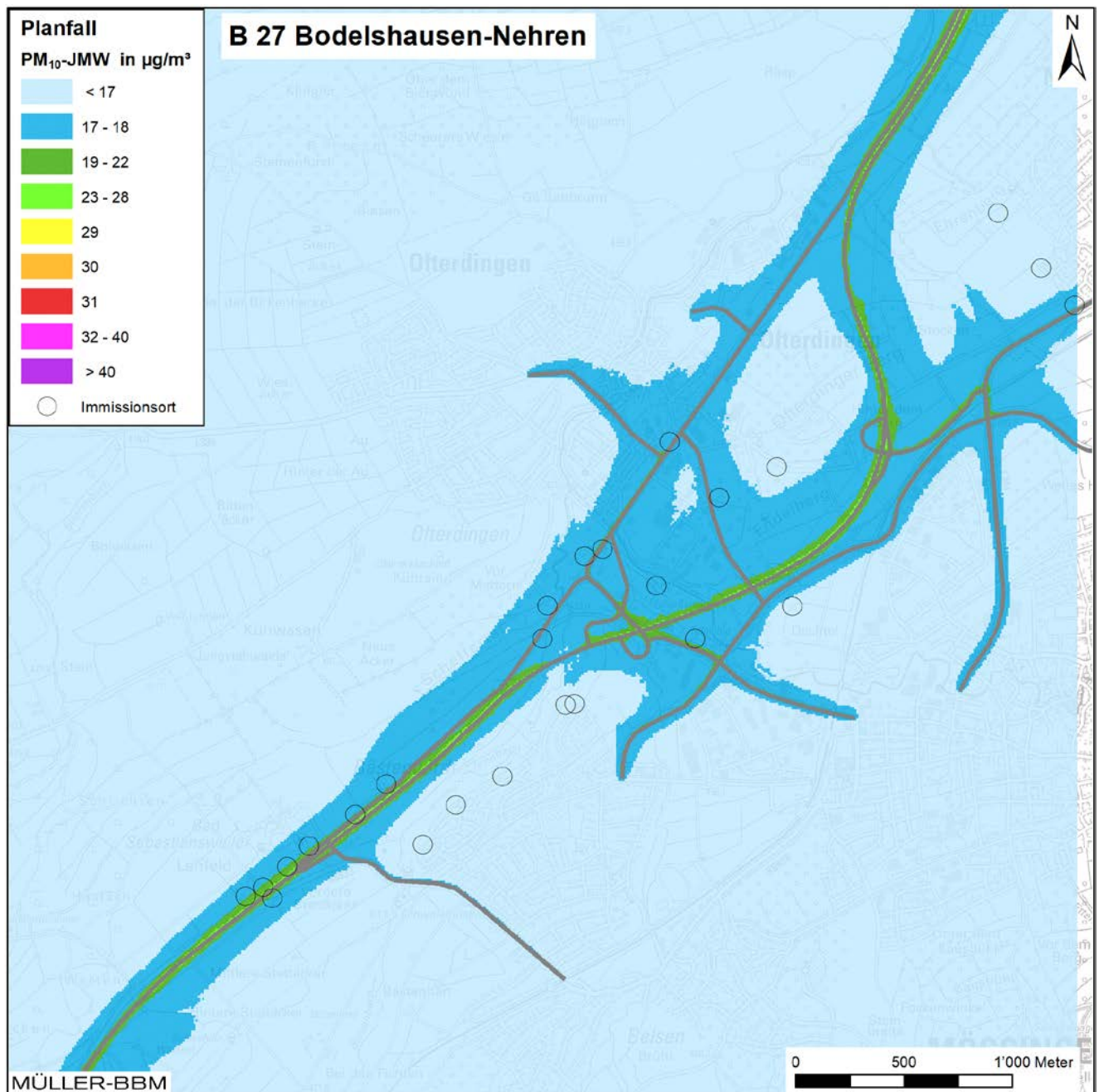


Abbildung 28. Prognose Planfall 2030, PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage: www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19 Geofachdaten © Landesverwaltung Baden-Württemberg [35].