

Unterlage 19.7.2 / Anlage V9
Luftschadstoffuntersuchung / menschliche Gesundheit

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

21. Januar 2021
M154969/02 Version 2 BSG/WLR

B 293neu Ortsumfahrung Berghausen

Lufthygienische Untersuchung der Planvarianten zwischen B 3 und B 293 als Grundlage für die Umweltverträglichkeitsstudie

Bericht Nr. M154969/02

Auftraggeber:

Regierungspräsidium Karlsruhe
Referat 44 – Straßenplanung
76247 Karlsruhe

Bearbeitet von:

Dr. rer. nat. Rainer Bösing

Berichtsumfang:

Insgesamt 63 Seiten, davon
8 Seiten Anhang A,
8 Seiten Anhang B und
8 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
3 Örtliche Gegebenheiten und Beschreibung der Methodik	7
3.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse	7
3.2 Trassenvarianten der Straßenplanung	9
3.3 Vorgehensweise und Berechnungsverfahren	10
4 Technische Grundlagen	12
4.1 Verkehrsdaten	12
4.2 Emissionen des Straßenverkehrs	12
4.3 Rechengebiet und räumliche Auflösung	15
4.4 Berücksichtigung von Geländedaten	15
4.5 Meteorologische Daten	17
4.6 Simulation der Kaltluftströmung	20
4.7 Hintergrundbelastung	23
5 Ergebnisse der Immissionsprognosen	25
5.1 Allgemeines	25
5.2 Flächenhafte Verteilung der Immissionen	25
5.3 Punktuelle Auswertung an Untersuchungspunkten	33
6 Grundlagen, verwendete Literatur	37

Anhang

- A Verkehrsdaten**
- B Verkehrssituation**
- C Emissionen des Straßenverkehrs**

Zusammenfassung

Der heutige innerörtliche Verkehrsknoten B 10 / B 293 in Pfinztal-Berghausen ist überlastet. Die Messungen der LUBW an der Karlsruher Straße in Berghausen belegen NO₂-Immissionen mit Überschreitung der Grenzwerte nach 39. BImSchV, die zu mehr als die Hälfte vom Straßenverkehr verursacht werden [18].

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie UVS wurde im Jahr 2015 eine Luftschadstoffuntersuchung für verschiedene Planvarianten durchgeführt [2]. In der vorliegenden Untersuchung werden 5 Trassenvarianten zwischen B 3 und B 293 sowie der Planfall FE mit B 293neu in Berghausen (ohne B 10neu Tunnel Hopfenberg) betrachtet. Als Grundlage für die Umweltverträglichkeitsstudie (UVS) wurden Prognosen der NO₂-Immissionen für die o. g. Trassenvarianten und die Prognose Nullfall erstellt.

Das vorliegende Luftschadstoffgutachten beschreibt die Ermittlung der durch den Straßenverkehr im Untersuchungsgebiet verursachten Schadstoffemissionen für Stickoxide NO_x (Summe aus NO und NO₂) und die Berechnung der daraus resultierenden NO₂-Immissionen in beurteilungsrelevanten Siedlungsbereichen.

Die Grundlage für die dazu durchgeführten Immissionsprognosen sind Ausbreitungsrechnungen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT [7] mit Einbindung der modellierten Kaltluftabflüsse in das Windfeldmodell unter Berücksichtigung der Topografie und der Emissionen im Untersuchungsgebiet sowie punktuell für repräsentative Untersuchungspunkte in der Ortsdurchfahrt mit PROKAS [22]. Die Vorgehensweise erfüllt die Forderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 14 Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung [25].

Im Sinne einer konservativen Betrachtung (ungünstigste Annahme) wurden die Emissions- und Immissionsprognosen auf Grundlage der Verkehrsprognosen 2035 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 so ermittelten Emissionen des Straßenverkehrs und damit die Immissionen eher überschätzt.

Ergebnisse der Immissionsprognosen

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 für die Prognose Nullfall ermittelten NO₂-Immissionen zeigen längs der heutigen Ortsdurchfahrt Berghausen (Karlsruher Straße, B 10 / B 293) die erwarteten hohen Konzentrationen. Aufgrund der Verkehrszunahme in der Prognose 2035 gegenüber heute (siehe Abschnitt 4.1) wurde mit der hier angesetzten konservativen Betrachtung auf Basis einer Fahrzeugflotte des Jahres 2025 eine Überschreitung des Grenzwertes für den NO₂-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ ermittelt.

Bei den betrachteten Planfällen werden in der heutigen Ortsdurchfahrt Berghausen (Karlsruher Straße, B 10 / B 293) durch die Verkehrsverlagerungen auf die jeweilige neue Trasse unterschiedlich starke Minderung der NO₂-Belastungen im Vergleich zum Nullfall eintreten. An der Ortsdurchfahrt Berghausen gibt es in allen betrachteten Planfällen keine Überschreitung des Grenzwertes. Die Minderungen der NO₂-Jahresmittelwerte liegen zwischen -1 % und -26 % (bezogen auf den Grenzwert nach 39. BImSchV).

Im Umfeld der neuen Trassen sind die Immissionen erhöht. In allen Trassenvarianten zwischen B 3 und B 293 sind die NO₂-Immissionen in den nördlichen Siedlungsbereichen von Grötzingen grundsätzlich höher als im Nullfall. In den Planfällen Knittelberg A und Knittelberg B liegen die NO₂-Immission um bis zu 22 % höher als in der Prognose Nullfall. Am Gut Werrabronn sind in den Planfällen Werrabronn A und Werrabronn B die Immission um 6 % bzw. 4 % höher als in der Prognose Nullfall. Im Verlauf der Trasse Dachsbauschlag liegen keine nach 39. BImSchV zu beurteilenden Untersuchungspunkte.

An allen in den Planfällen von Mehrbelastung betroffenen Immissionsorten bleiben die NO₂-Immissionen jedoch deutlich unter dem Grenzwert. Die dort durch den Verkehr auf der jeweiligen Trasse der B 293neu zu erwartenden zusätzlichen Schadstoffbelastungen erreichen nach den hier vorgestellten Immissionsprognosen keine unzulässig hohen Werte.

Dr. rer. nat. Rainer Bösing

1 Aufgabenstellung

Das Regierungspräsidium Karlsruhe plant die Verlegung der B 293 im Bereich von Berghausen als Verkehrsverbindung von Pfinztal-Berghausen nach Bretten über Jöhlingen. Der heutige innerörtliche Verkehrsknoten B 10 / B 293 in Berghausen ist überlastet. Die Luftschadstoffbelastung ist in diesem Bereich sehr hoch. Die Messungen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) an der Karlsruher Straße in Pfinztal-Berghausen belegen bis 2015 Immissionen mit Überschreitung des NO₂-Grenzwerts nach 39. BImSchV [20], die zu mehr als die Hälfte vom Straßenverkehr verursacht werden.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsstudie UVS wurde im Jahr 2015 eine Luftschadstoffuntersuchung für verschiedene Varianten der Straßenplanung durchgeführt [2].

Nun sind auch Trassenvarianten zwischen B 3 und B 293 umweltfachlich abzuarbeiten, die in der o. g. Untersuchung nicht betrachtet wurden. Für 5 Trassenvarianten der Ortsumfahrung Berghausen und die Prognose Nullfall ist eine Luftschadstoffuntersuchung als Grundlage für die UVS zu erarbeiten. Zusätzlich ist der Planfall FE mit B 293neu in Berghausen (ohne B 10neu Tunnel Hopfenberg) zu betrachten.

Für die o. g. Untersuchungsfälle sind hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit die NO₂-Immissionen als Leitkomponente flächenhaft im Untersuchungsgebiet zu ermitteln und punktgenau an der nächstgelegenen Wohnbebauung tabellarisch darzustellen.

Anhand der ermittelten Luftschadstoffbelastungen ist eine Beurteilung der Luftqualität bezüglich der Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach der 39. BImSchV zu treffen.

2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen

Im Rahmen der vorliegenden lufthygienischen Untersuchung ist die Luftschadstoffbelastung hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit zu bewerten. Für die Beurteilung der Immissionen sind die entsprechenden Bewertungen nach der 39. BImSchV [20] vorzunehmen.

In der vorliegenden Untersuchung werden die v. a. vom Straßenverkehr emittierten Schadstoffe Stickoxide NO_x (Summe aus NO und NO_2) behandelt. Der Schadstoff NO_2 gilt als Leitsubstanz, weil die Luftbelastung mit anderen in der 39. BImSchV limitierten Schadstoffen in Bezug zu den zugehörigen Grenzwerten deutlich geringer ist. Die Substanz NO ist nicht reglementiert. Die zum Schutz der menschlichen Gesundheit hier maßgeblichen Grenzwerte sind in der folgenden Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1. Relevante Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit [20].

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

3 Örtliche Gegebenheiten und Beschreibung der Methodik

3.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Die Gemeinde Pfnztal-Berghausen liegt östlich von Karlsruhe am Rande des Kraichgaus. Wie der Name sagt, liegt es im Tal der Pfinz und ist von mehreren Erhebungen umgeben. Der Verlauf des Pfnztals knickt in Berghausen von Südsüdosten kommend nach Westen ab. Von Norden her mündet in Berghausen das Deisental ins Pfnztal (Abbildung 1). Das Geländere relief variiert im Untersuchungsgebiet von etwa 110 m bis 270 m NHN. Im Untersuchungsgebiet sind durch die Topografie geprägte Windsysteme vorherrschend.

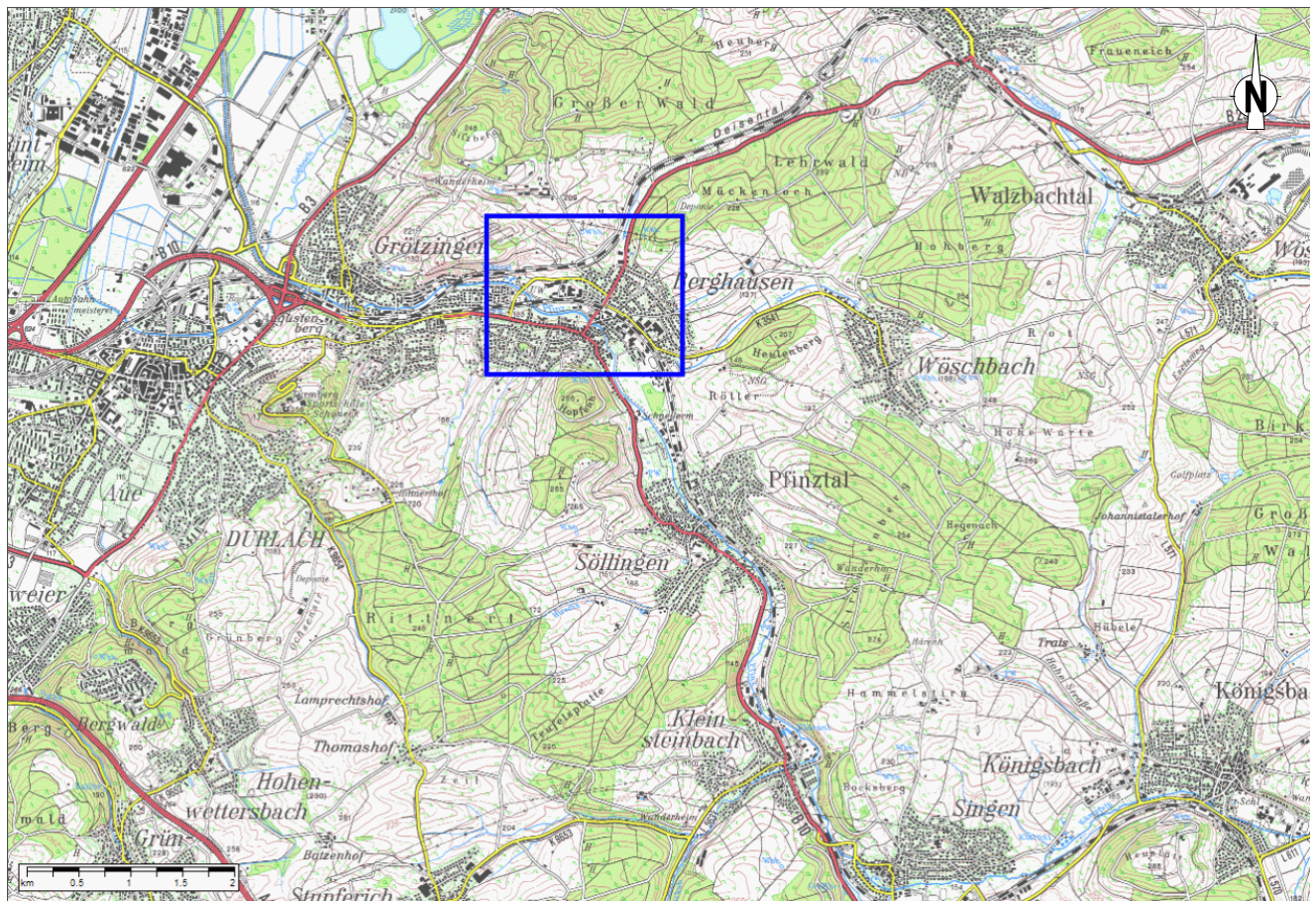


Abbildung 1. Topografische Karte [29] mit Untersuchungsgebiet (blau markiert).

Die Verkehrssituation in Berghausen wird geprägt durch die beiden Bundesstraßen B 10 und B 293. Die B 10 durchquert Berghausen von Karlsruhe kommend in Richtung Söllingen (Südost). Die B 293 führt in der Ortsmitte von Berghausen nach Norden in Richtung Bretten. Die Ortsdurchfahrt von Berghausen ist teilweise dicht bebaut (Abbildung 2). In Stoßzeiten entstehen in der Ortsdurchfahrt längere Stauungen. Der Verkehrsfluss wird von der Abzweigung auf die B 293 Richtung Bretten geprägt. Die Abbiegespur vor der Lichtsignalanlage liegt unmittelbar auf Höhe der LUBW-Messstelle (Abbildung 2 unten).



Abbildung 2. Ortsdurchfahrt von Berghausen, B 293 von Bretten kommend Blickrichtung Südwest (oben), Blickrichtung West auf bestehenden Knoten B 10/ B 293 (Mitte) und etwa 40 m weiter westlich der Querschnitt mit Messcontainer der LUBW (unten) [21].

3.2 Trassenvarianten der Straßenplanung

In Abbildung 3 sind die Trassenverläufe der zu untersuchenden Planvarianten B 293neu zwischen B 3 und B 293alt [16] sowie in Berghausen [17] dargestellt. In den Planvarianten gibt es Tunnelstrecken unterschiedlicher Länge.

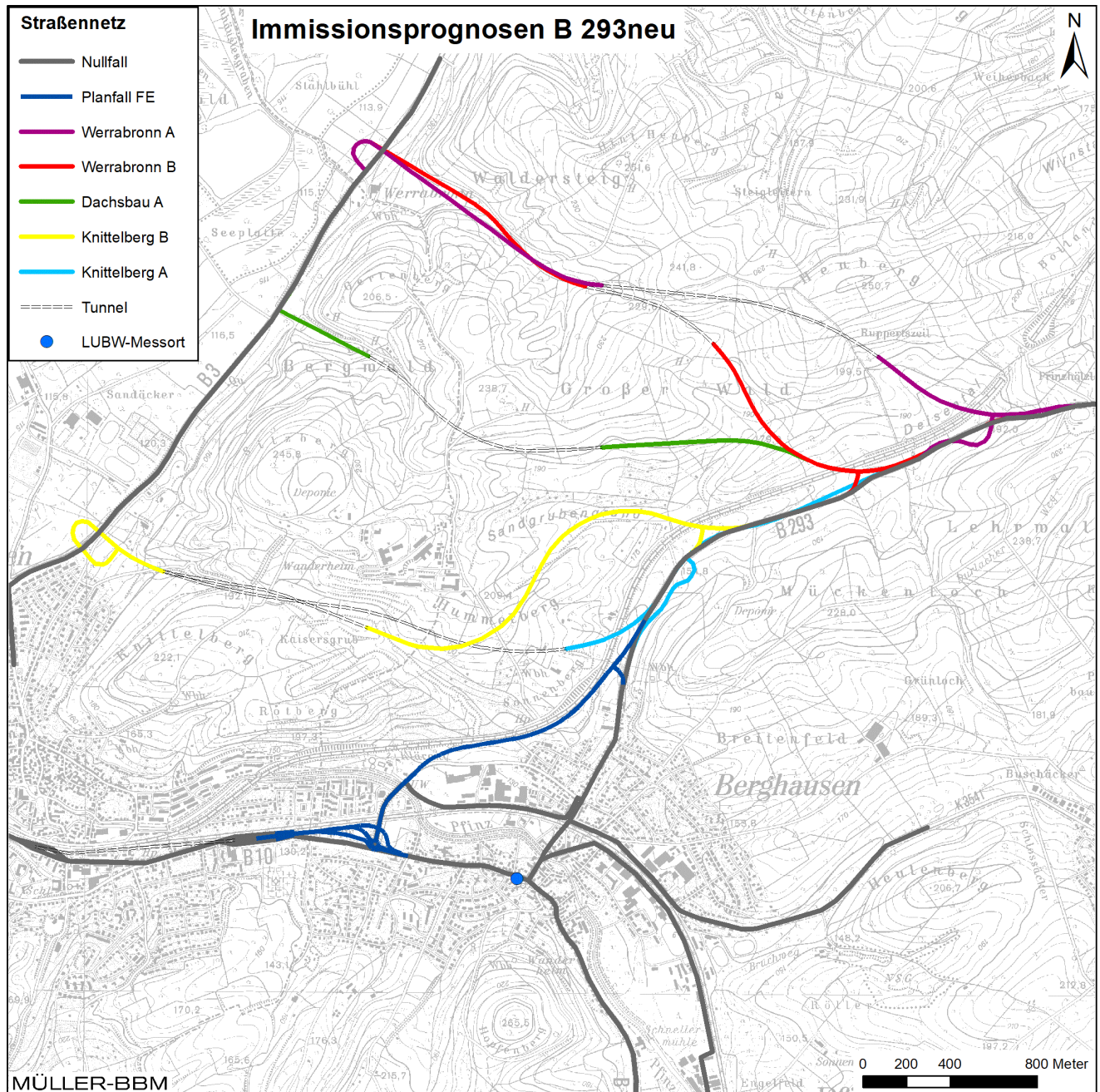


Abbildung 3. Trassenverläufe der Planvarianten B 293neu [16] zwischen B 3 und B 293alt und in Berghausen [17], Kartengrundlage [28].

3.3 Vorgehensweise und Berechnungsverfahren

Für die Prognose der Luftschadstoffbelastungen ist ein Verfahren anzuwenden, das die topografischen Gegebenheiten und das Straßennetz mit innerörtlichen Bereichen berücksichtigt. Um die örtlichen Windverhältnisse zu berücksichtigen, sind die Immissionsberechnungen mit einem geeigneten dreidimensionalen Strömungs- und Ausbreitungsmodell durchzuführen. Die von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) veröffentlichten synthetischen Windrosen [5] zeigen für das Untersuchungsgebiet Einflüsse von lokalen Windsystemen (Kaltluftabflüsse). Die Kaltluftbildung und Kaltluftflüsse sind durch Modellrechnungen zu quantifizieren und bei den durchzuführenden Immissionsberechnungen einzubeziehen.

Die der vorliegenden Untersuchung zugrundeliegende Vorgehensweise und die Berechnungsverfahren genügen den Forderungen der Richtlinie VDI 3783 Blatt 14 „Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung – Kraftfahrzeugbedingte Immissionen“ [25].

Die Berechnungen der Emissionen und Immissionen wurden flächenhaft im Untersuchungsgebiet mit den für diese Aufgabenstellung geeigneten Prognosemodellen LASAT [7] und punktuell für repräsentative Untersuchungspunkte in der Ortsdurchfahrt mit PROKAS [22] für die o. g. Schadstoffe durchgeführt. Die Schadstoffkonzentrationen wurden flächenhaft im Untersuchungsgebiet und punktuell für repräsentative Belastungspunkte an der nächstgelegenen Bebauung berechnet.

Die Berechnung der verkehrsbedingten Emissionen (Masse der von den Fahrzeugen verursachten Schadstoffe) erfolgte entsprechend den Vorgaben der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ [24] auf Grundlage der aktuellen Datenbank „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA Version 4.1“ [14]. Die Schadstoffemissionen wurden auf Grundlage der vom Verkehrsgutachter zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen [32] und der den angesetzten Verkehrssituationen zugehörigen Emissionsfaktoren berechnet.

Für die Berechnung der Kaltluftabflüsse wird das Simulationsmodell KLAM_21 des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [8] eingesetzt. KLAM_21 berücksichtigt die Geländestruktur, die Oberflächenbeschaffenheit und kleinräumige Strömungshindernisse, wie z. B. Dämme, Wälle, Mauern oder Gebäude. KLAM_21 ist dafür konzipiert, die zeitliche Entwicklung der Kaltluftentstehung zu simulieren und dabei quantitative Aussagen zur Strömungsgeschwindigkeit und zur Kaltluftschichtdicke zu liefern.

Die von der Topografie beeinflussten Luftströmungen und die Ausbreitung der Schadstoffe wurden mit dem dreidimensionalen Ausbreitungsmodell LASAT¹ berechnet. Damit konnten die Emissionen auf den berücksichtigten Straßenabschnitten und die örtlichen meteorologischen Verhältnisse in die Berechnungen einbezogen werden.

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).

Für die Immissionsberechnungen wurden lokal repräsentative meteorologische Daten einer synthetischen Ausbreitungsklassenstatistik aus dem Windrosenatlas des Landes Baden-Württemberg verwendet [19]. Die Kaltluftbildung und Kaltluftströmungen wurden durch Berechnungen mit dem Simulationsmodell KLAM_21 quantifiziert und bei den Ausbreitungsrechnungen einbezogen.

Die in der lufthygienischen Untersuchung zur UVS [2] für die Bestandssituation am LUBW-Messpunkt berechneten Immissionen wurden dazu verwendet, um die lokal anzusetzende Hintergrundbelastung abzuschätzen. 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 [27]. Dieser Ansatz wurde durch Auswertungen von Messdaten für NO₂-Jahresmittelwerte bis 60 µg/m³ bestätigt [3].

NO₂-Kurzzeitbelastungswerte

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 Technische Grundlagen

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrszahlen wurden vom Verkehrsgutachter [32] übergeben. Die zur Verfügung gestellten und in den Emissions- und Immissionsberechnungen verwendeten Verkehrsdaten sind im Anhang A in den Abbildung 17 bis Abbildung 23 angegeben. Der Prognosehorizont der Verkehrsdaten liegt im Jahr 2035. Die Verkehrszahlen wurden als durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTVw in Kfz/24h) und als werktäglicher Schwerverkehr SVw ($> 3,5 \text{ t zGG}^2$) angegeben.

Die Umrechnungsfaktoren der werktäglichen Verkehrsmengen auf durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) 0,95 bzw. 0,87 für den SV wurden aus den Daten des Verkehrsmonitoring 2018 [31] für die Zählstelle B293 ZS 81139 ermittelt.

Auf den berücksichtigten Straßenabschnitten wurde nach TREMOD [1] für die Fahrzeugflottenzusammensetzung ein mittlerer Anteil der leichten Nutzfahrzeuge (LNF $< 3,5 \text{ t zGG}^2$) von 9 % am Leichtverkehr (Pkw und LNF) und ein mittlerer Anteil der Linien- oder Reisebusse von 13 % am Schwerverkehr angesetzt.

Die Verkehrsprognose 2035 für den Basis-Nullfall mit werktäglich 28200 Kfz/24h und ca. 10 % SV-Anteil geht von einer deutlichen Verkehrszunahme im Vergleich zur heutigen Belastung laut Verkehrsmonitoring 2018 [31] von etwa 20000 Kfz/24h und 8 % SV-Anteil aus.

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 die vom Straßenverkehr freigesetzten Schadstoffmengen (Emissionen) entsprechend der einschlägigen Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 „Kfz-Emissionsbestimmung“ [24] berechnet. In der vorliegenden Untersuchung werden die Schadstoffe Stickoxide (NO_x bzw. NO und NO_2) behandelt.

Die Abgas-Emissionsfaktoren der Kraftfahrzeuge wurden dem einschlägigen "Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA 4.1" [14] für das betrachtete Bezugsjahr entnommen. Neben den Partikeln im Abgas wurden zusätzlich auch nicht-motorbedingte Partikelemissionen durch Abrieb und Aufwirbelung von Feinstaub (non-exhaust) 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.

² zGG zulässiges Gesamtgewicht

Die Verkehrssituation im Untersuchungsgebiet wurde nach HBEFA dem Gebietstyp „ländlicher Raum“ zugeordnet. Für den fließenden Verkehr wurde nach Erkenntnissen bei der Ortseinsicht [21] 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. In der Prognose Nullfall wird basierend auf Auswertungen der Verkehrszählung an der Verkehrsmessstation Pfinztal Karlsruher Straße für den innerörtlichen Verkehrsknoten B 10 / B 293 in der Ortsdurchfahrt Berghausen [30] für die Spitzenstunden Stau angesetzt. Für Tempo 30 auf der B 10 wurden die Emissionsfaktoren für städtische Hauptverkehrsstraßen mit Tempo 30 in Ballungsräumen (Agglo) angesetzt, da es im HBEFA diese Verkehrssituation für den Gebietstyp „ländlicher Raum“ nicht gibt.

Die Emissionsfaktoren für die Prognosen wurden für eine Verkehrsflottenzusammensetzung nach HBEFA im Bezugsjahr 2025³ 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 VDI 3782 Blatt 7 [24] bei den Emissionsberechnungen berücksichtigt.

Die im Untersuchungsgebiet angesetzten Verkehrssituationen sind Abbildung 24 bis Abbildung 30 im Anhang B zu entnehmen. In Tabelle 2 sind die verwendeten Emissionsfaktoren differenziert nach Leichtverkehr LV (Personenkraftwagen PKW und leichte Nutzfahrzeuge LNF) und Schwerverkehr SV (schwere Nutzfahrzeuge SNF und Busse) aufgeführt.

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 NO_x-Emissionsdichten sind für die betrachteten Untersuchungsfälle im Anhang C in den Abbildung 31 bis Abbildung 37 dargestellt.

³ Das Jahr 2025 kann im Hinblick auf den frühesten Zeitpunkt der Realisierung der Maßnahme als Bezugsjahr für die Inbetriebnahme der Straße angenommen werden.

Tabelle 2. Emissionsfaktoren Leichtverkehr (LV=PKW und LNF) und Schwerverkehr SV (SNF und BUS) nach HBEFA 4.1 [14] für eine Fahrzeugflotten im Jahr 2025.

Verkehrssituation	Längs- neigung	NO _x	
		LV	SV
		in [mg/km] je Fahrzeug	
Lhvs100d	0%	180	970
Lhvs100d_2	+/-2%	200	1'280
Lhvs100d_4	+/-4%	250	950
Lhvs100d_6	+/-6%	340	940
Lhvs70d	0%	210	1'360
Lhvs70d_2	+/-2%	220	1'580
Lhvs70d_4	+/-4%	250	1'250
Lhvs70d_6	+/-6%	310	1'110
Lhvs50d	0%	230	1'990
Lhvs50d_2	+/-2%	240	1'800
Lhvs50d_4	+/-4%	270	1'410
Lhvs50d_6	+/-6%	320	1'350
Lhvs50d+2	+2%	300	1'570
Lhvs50d+4	+4%	390	1'680
Lhvs50d+6	+6%	510	1'920
Lhvs50d-2	-2%	180	2'030
Lhvs50d-4	-4%	140	1'150
Lhvs50d-6	-6%	120	780
Lhvs50d	0%	280	3'120
Lhvs50d_2	+/-2%	290	2'720
Lhvs50d_4	+/-4%	320	2'330
Lsamm50d	0%	270	2'140
Lsamm50d_6	+/-6%	340	1'700
Lsammk50d	0%	310	2'810
Lsammk50d_2	+/-2%	320	2'570
Lsammk50d_4	+/-4%	340	2'200
Lsammk50d_6	+/-6%	390	2'000
Lersch130d	0%	300	2'640
Ahvs30d	0%	230	2'930
Ahvs30d_2	+/-2%	240	2'090
Ahvs30d_4	+/-4%	250	1'730
Ahvs30s	0%	380	8'270
Ahvs30d_0.05stgo	0%	240	3'200
Lhvs50s_4	+/-4%	380	6'120
Lhvs50d_0.05stgo	0%	240	2'200
Lhvs50s_4	+/-4%	380	6'120
Lhvs50d_4_0.05stgo	+/-4%	270	1'650

Lhvs100d Ländlich, Hauptverkehrsstraße, Tempo 100, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Lhvs70d Ländlich, Hauptverkehrsstraße, Tempo 70, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Lsammk50d_6 Ländlich, Sammelstraße kurvig, Tempo 70, dichter Verkehr, Längsneigung +/-6%

Lhvs50d Ländlich, Hauptverkehrsstraße kurvig, Tempo 50, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Lhvs50d+6 Ländlich, Hauptverkehrsstraße, Tempo 50, dichter Verkehr, Längsneigung +6%

Ahvs30d Agglo, Hauptverkehrsstraße, Tempo 30, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

Ahvs30d_0.05stgo Ahvs30d mit 5 % Stauanteil

Lersch130d Ländlich, Erschließungsstraße, Tempo 30, dichter Verkehr, Längsneigung 0%

4.3 Rechengebiet und räumliche Auflösung

Das LASAT-Rechengebiet für die Strömungs- und Ausbreitungsrechnung wurde auf $5.610 \text{ m} \times 4.740 \text{ m}$ festgelegt. Die räumliche Auflösung des Rechengitters in der Horizontalen beträgt $15 \text{ m} \times 15 \text{ m}$. 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.

Für die Kaltluftsimulationen mit KLAM21 (siehe Abschnitt 4.6) wurde ein wesentlich größeres Rechengebiet von etwa $13 \text{ km} \times 16 \text{ km}$ festgelegt (vgl. Abbildung 4).

4.4 Berücksichtigung von Geländedaten

Die geografische Höhe über Normalhöhennull (NHN) im erweiterten Rechengebiet (Kaltluftsimulationen mit KLAM21, siehe Abschnitt 4.6) variiert zwischen 110 m und 400 m. Die Geländehöhen des Rechengebietes von LASAT liegen zwischen 110 m und 270 m NHN.

Zur Berücksichtigung der Orographie bei der Berechnung des Windfeldes wurden die Höhendaten im Rechengebiet in Form eines Digitalen Geländemodells (DGM) in einer Rasterauflösung von 15 m zugrunde gelegt. Die digitalen Geländehöhen des Landesvermessungsamtes wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt [6].

Auf Basis dieser Geländedaten wurde ein digitales Geländemodell (Abbildung 4) erstellt, das bei den Kaltluftsimulationen mit KLAM21 und 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 $z_0 = 0,5 \text{ m}$ angesetzt. Die Verdrängungshöhe d_0 ergibt sich nach Anhang 3 der TA Luft [12] mit $d_0 = z_0 \times 6$.

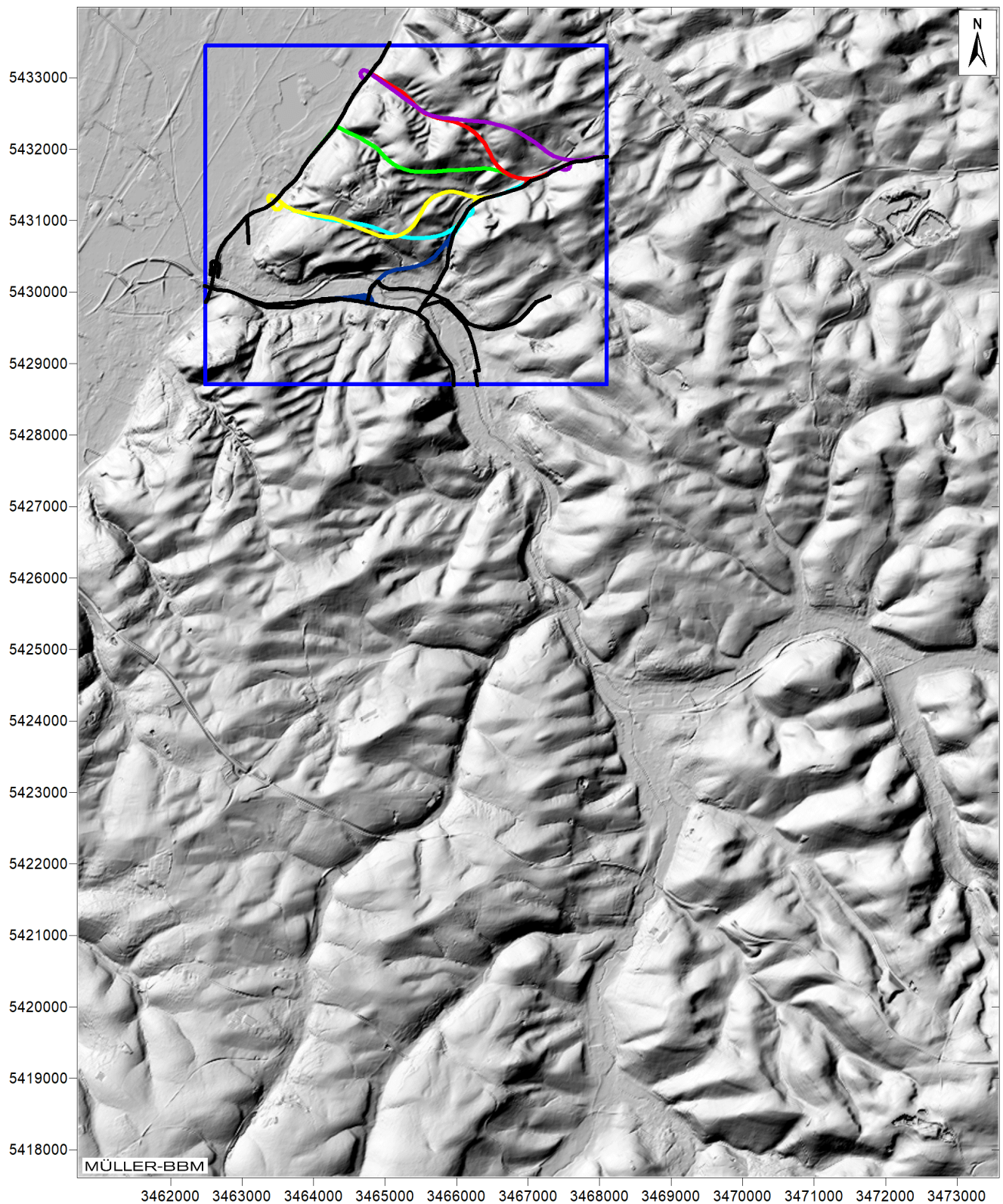


Abbildung 4. Geländere relief im erweiterten KLAM21-Rechengebiet mit Abgrenzungen des LASAT-Rechengebietes (blau) und berücksichtigten Straßenabschnitten (Nullfall schwarz, Planfälle farbig).

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 meteorologischen Verhältnisse können mit den Daten einer synthetischen Ausbreitungsklassenstatistik aus dem Windrosenatlas des Landes Baden-Württemberg abgebildet werden, die für das Untersuchungsgebiet charakteristisch ist. Im vorliegenden Fall wurde bei den Ausbreitungsrechnungen mit LASAT die synthetische Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) für die Gauß-Krüger-Koordinaten RW 3465000, HW 5431000 (Kuppenlage) als Referenzstatistik verwendet [19].

Die Topografie (insbesondere das Geländere Relief) hat infolge von Umlenkungs- oder Kanalisierungseffekten einen Einfluss auf das örtliche Windfeld und damit auf die Ausbreitungsbedingungen. Das diagnostische Windfeldmodell des eingesetzten Ausbreitungsmodells LASAT [7] 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 5 zeigt die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen für die AKS in Kuppenlage. Es gibt ein deutlich ausgeprägtes Maximum der Winde aus den südwestlichen Richtungen sowie ein breites Sekundärmaximum um Ost. Das wesentliche Charakteristikum für den Turbulenzzustand und damit die Fähigkeit zur Verdünnung von Schadstoffemissionen stellen die sogenannten Ausbreitungsklassen ABK dar. Stabile Schichtungen der Atmosphäre (ABK I und II), zu denen unter anderem die austauscharmen Inversionswetterlagen gehören, sind in ca. 31 % aller Jahresstunden zu erwarten. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3,0 m/s.

Die vom Partikelmodell LASAT benötigten meteorologischen Grenzschichtprofile und die hierzu benötigten Größen (Windrichtung in Anemometerhöhe, Monin-Obukhov-Länge, Mischungsschichthöhe, Rauigkeitslänge und Verdrängungshöhe) wurden gemäß Richtlinie VDI 3783 Blatt 8 [26] bestimmt.

Entsprechend den Untersuchungen in [15] treten im Untersuchungsgebiet regelmäßig Kaltluftabflüsse von den Hanglagen in die Täler auf. Abbildung 6 zeigt die Häufigkeitsverteilungen der synthetischen Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) in Tallage für die Koordinaten RW 3465000, HW 5430000. In beiden synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken sind die Kaltluftabflüsse in den Stabilitätsklassen I + II mit unterschiedlichen Häufigkeiten abgebildet.

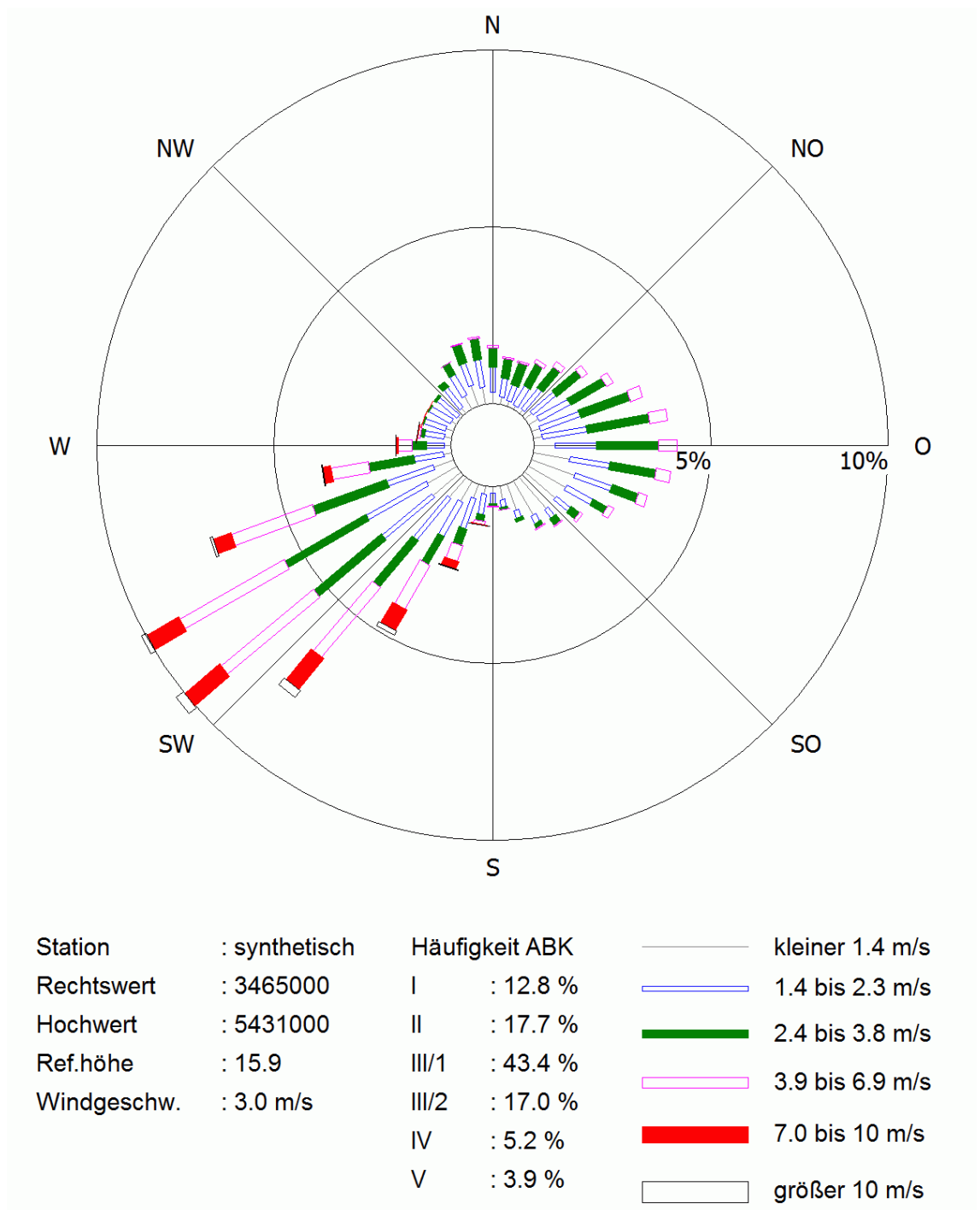


Abbildung 5. AKS Kuppenlage - Häufigkeitsverteilungen von Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen [19]

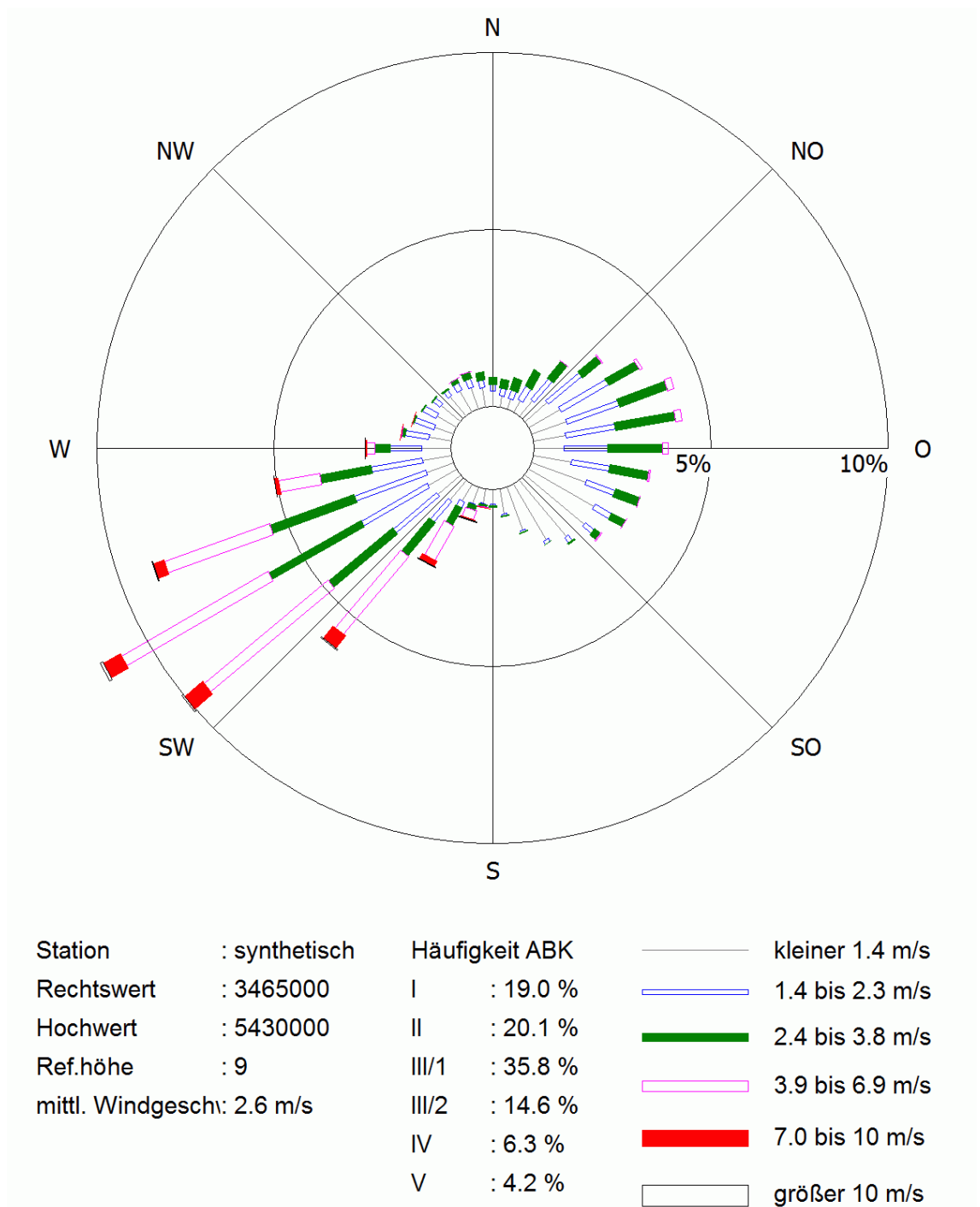


Abbildung 6. AKS Tallage - Häufigkeitsverteilungen von Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen [19]

Die Einflüsse der Kaltluftabflüsse auf die Ausbreitung von Schadstoffen wurden bei den Immissionsprognosen mit LASAT durch die Verwendung der mit KLAM_21 berechneten Kaltluftströmungen (Abschnitt 4.6) und der AKS für die Kuppenlage (Abbildung 5) berücksichtigt. Bei den Immissionsprognosen für die Ortsdurchfahrt mit PROKAS wurde die AKS für die Tallage (Abbildung 6) angesetzt.

4.6 Simulation der Kaltluftströmung

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 [7] 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] wurde ein digitales Geländemodell (Abbildung 4) mit Landnutzung erstellt. Damit wurden Simulationsrechnungen mit dem Kaltluftabflussmodell KLAM_21 durchgeführt. Das KLAM_21-Rechengebiet umfasst ein Gebiet von etwa 13 km × 16 km, in dem das Untersuchungsgebiet bzw. das LASAT-Rechengebiet enthalten ist.

In Abbildung 7 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 8 zeigt die entsprechende Darstellung für den Ausschnitt des LASAT-Rechengebietes. Die ermittelten Kaltluftströmungen bilden die nach [15] zu erwartenden Verhältnisse ab. Das Pfinztal fungiert als Kaltluftsammelgebiet für ein großes Einzugsgebiet, das von den seitlichen Hanglagen gespeist wird. Die hellblaue Farbe im Pfinztal zeigt an, dass 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 den Ausbreitungsklassen I (sehr stabil) und II (stabil) entsprechend Anhang 3 der TA Luft [11] identifiziert.

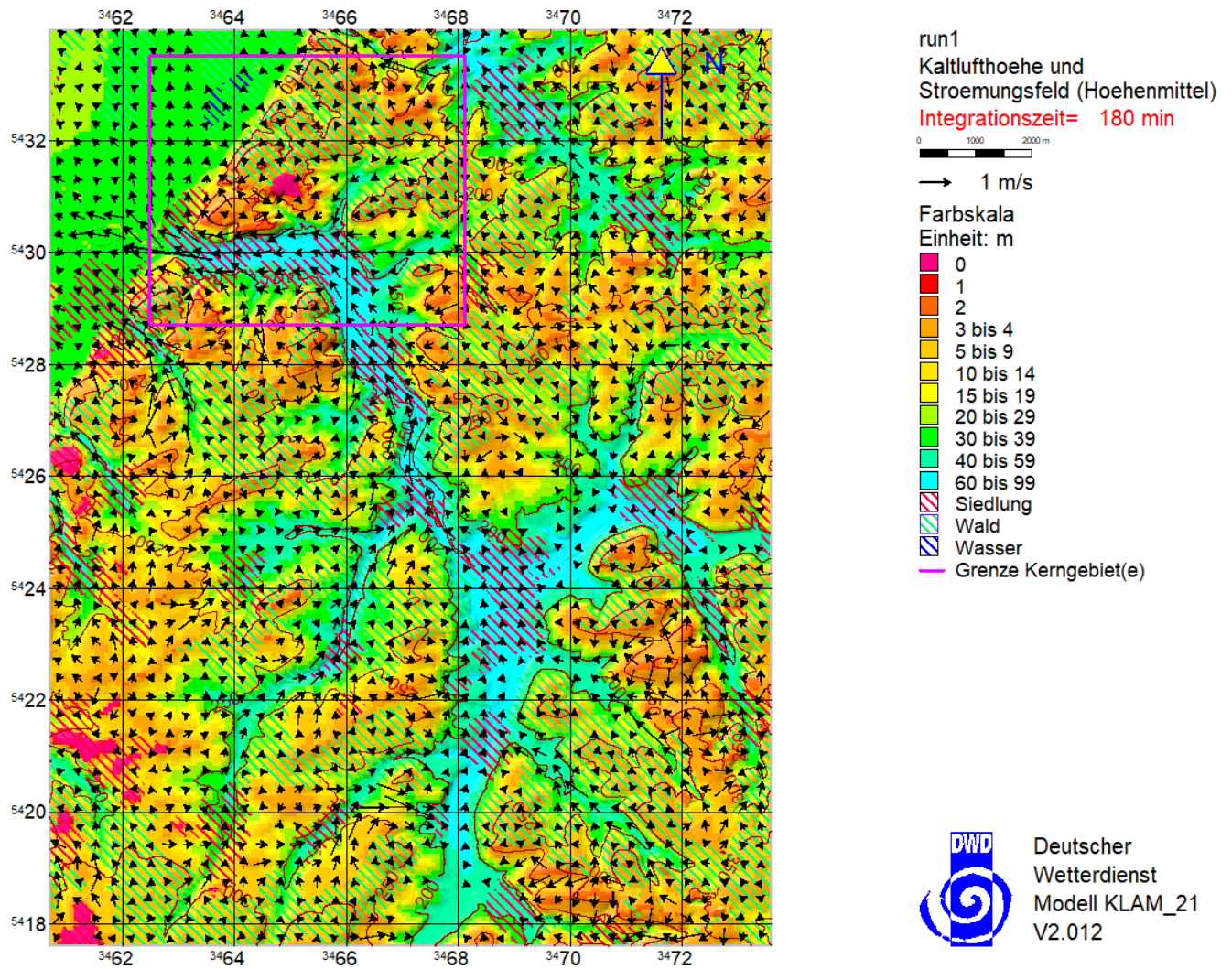


Abbildung 7. Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftschichtdicken bei ausgeprägter Kaltluftsituation, der innere Ausschnitt des LASAT-Rechengebietes ist markiert.

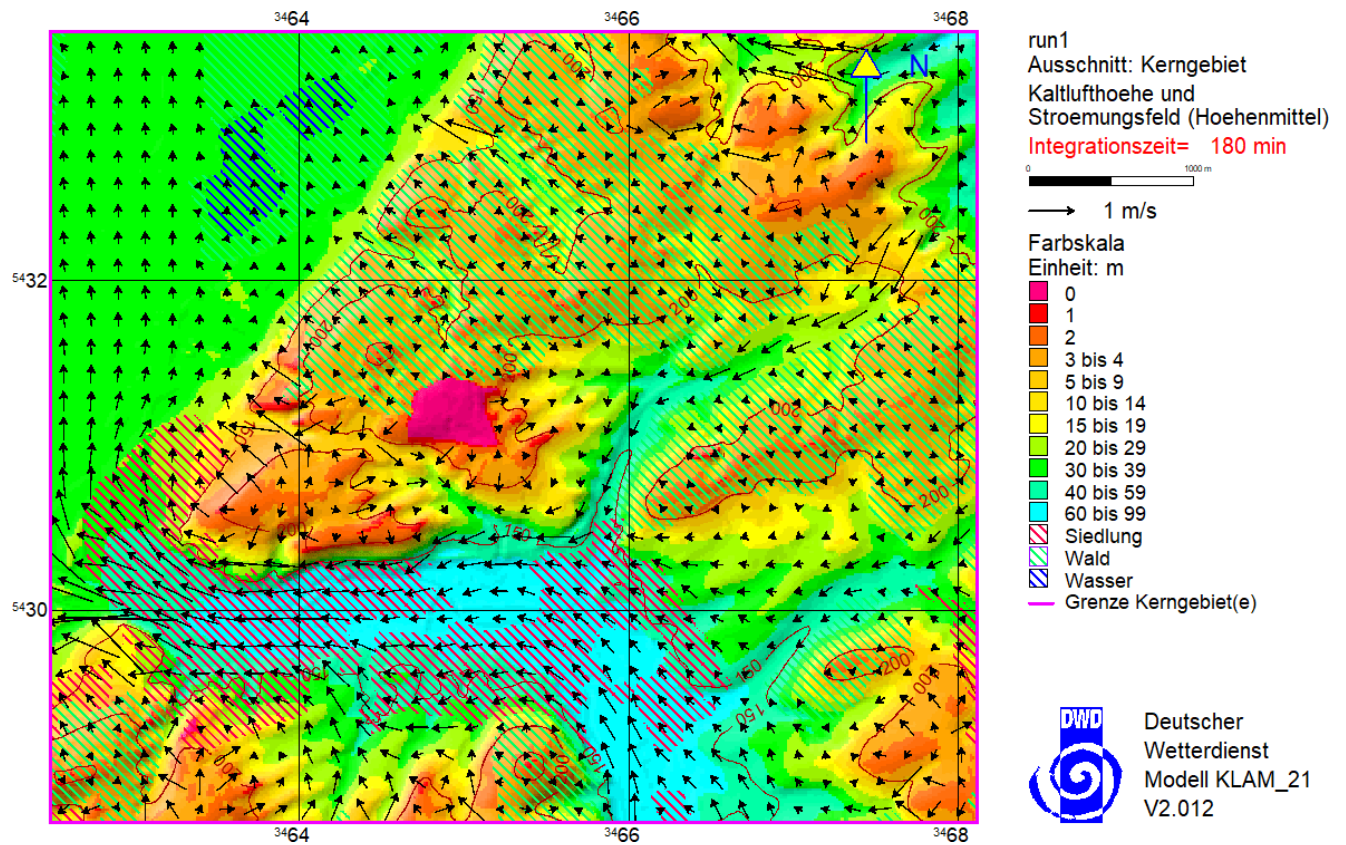


Abbildung 8. Kaltluftströmungsfeld und Kaltluftschichtdicken bei ausgeprägter Kaltluftsituation, Ausschnitt LASAT-Rechengebiet.

4.7 Hintergrundbelastung

Die Gesamt-Immission (Konzentration) eines Schadstoffes setzt sich aus der lokal vorhandenen Hintergrundbelastung und der Zusatzbelastung zusammen, die von den bei 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.

Im vorliegenden Fall liegen Messungen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg LUBW in Pfinztal-Berghausen vor [9], die im Rahmen der sogenannten Spotmessungen an stark verkehrsbelasteten Straßen in Baden-Württemberg durchgeführt wurden. Die Messorte in der Ortsdurchfahrt von Berghausen (Karlsruher Straße) werden stark von den Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs beaufschlagt.

Die NO₂-Messwerte im Jahr 2008 in der Karlsruher Straße (57 µg/m³ bis 79 µg/m³) belegen deutliche Überschreitungen des NO₂-Grenzwertes von 40 µg/m³ als Jahresmittelwert [10]. Die Spotmessungen der LUBW aus dem Jahr 2015 am Referenzpunkt in der Karlsruher Straße weisen mit einem NO₂-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ erstmalig keine Überschreitung des Grenzwertes mehr aus [11]. Die Messstation wurde dann in das Luftmessnetz von Baden-Württemberg zur Langzeitüberwachung von Luftschadstoffen als Verkehrsmessstation aufgenommen. Die Messungen der letzten Jahre zeigen einen abnehmenden Trend der Jahresmittelwerte [18]. Die Jahreskenngrößen für diese Messstation sind zusammen mit der vom Betreiber angegebenen Klassifizierung der Station in der Tabelle 3 aufgeführt.

Bei den o. a. Messungen wird auch die durch den Straßenverkehr verursachte Luftschadstoffbelastung erfasst. In der lufthygienischen Untersuchung zur UVS aus dem Jahr 2015 [2] wurden für die Bestandssituation die Immissionen an den Messpunkten der LUBW berechnet, um die anzusetzende lokale Hintergrundbelastung durch Vergleich mit den Schadstoffmessungen in Berghausen zu kalibrieren. Durch Ausbreitungsrechnungen unter Zugrundelegung der Verkehrsbelastungen in der Analyse (Bezugsjahr 2008) wurden die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an den Messpunkten ermittelt. Damit konnten die Messdaten um die berechnete Zusatzbelastung am Standort bereinigt werden. Die so um den Verkehrseinfluss bereinigten Immission wird in der vorliegenden Untersuchung als die lokale Hintergrundbelastung angesetzt:

- 20 µg/m³ für NO₂

Dabei wurde im Sinne einer konservativen Betrachtung keine Reduktion für das Prognosejahr 2025 berücksichtigt.

Tabelle 3. Messdaten (Jahreskenngößen) der Messstation Pfinztal Karlsruher Straße [18].

Station	Jahr	NO ₂	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM ₁₀ -TM>50	Stations- klassifizierung
		[µg/m ³]	[µg/m ³]	[µg/m ³]	[-]	
Pfinztal Karlsruher Straße	2007	58	--	29	24	vorstädtisch, Verkehr
	2008	57	--	27	14	
	2009	55	--	29	29	
	2010	52	--	29	35	
	2011	52	19	26	24	
	2012	47	16	22	9	
	2013	46	17	23	13	
	2014	43	14	20	9	
	2015	40	14	20	4	
	2016	38	13	18	1	
	2017	36	13	18	11	
	2018	35	13	18	4	
	2019	34	12	17	2	

5 Ergebnisse der Immissionsprognosen

5.1 Allgemeines

Mit dem Ausbreitungsmodell LASAT [7] bzw. PROKAS [22] wurden unter Berücksichtigung der Schadstoffemissionen (Abschnitt 4.2), der Topografie (Abschnitt 4.4) sowie der meteorologischen Daten (Abschnitt 4.5) und der Kaltluftströmungen (Abschnitt 4.6) die Immissionszusatzbelastungen ermittelt und der Hintergrundbelastung (Abschnitt 4.7) überlagert. Als Ergebnisse der Berechnungen liegen für die betrachteten Immissionsorte die prognostizierten NO₂-Gesamtbelastungen vor.

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.

5.2 Flächenhafte Verteilung der Immissionen

In den nachfolgenden Abbildungen sind die 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 an der Hintergrundbelastung (hellblau) und Überschreitungen des Grenzwertes (rot bis lila). Die berücksichtigten Straßenabschnitte und die ausgewählten Untersuchungspunkte (Abschnitt 5.3) sind in den Abbildungen jeweils markiert.

Die ermittelten NO₂-Immissionen in der Prognose Nullfall 2035 (ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025) (Abbildung 9) zeigen längs der heutigen Ortsdurchfahrt Berghausen (Karlsruher Straße, B 10 / B 293) die erwarteten hohen Konzentrationen. Aufgrund der Verkehrszunahme gegenüber heute (siehe Abschnitt 4.1) wurde mit der hier angesetzten konservativen Betrachtung eine Überschreitung des Grenzwertes von 40 µg/m³ ermittelt.

Bei den betrachteten Planfällen (Abbildung 11 bis Abbildung 15) werden in der Ortsdurchfahrt durch die Verkehrsverlagerungen auf die jeweilige neue Trasse unterschiedlich starke Minderung der NO₂-Belastungen eintreten. An der heutigen Ortsdurchfahrt Berghausen (Karlsruher Straße, B 10 / B 293) gibt es in allen betrachteten Planfällen keine Überschreitung des Grenzwertes. Im Verlauf der neuen Trassen sind die NO₂-Immissionen erhöht.

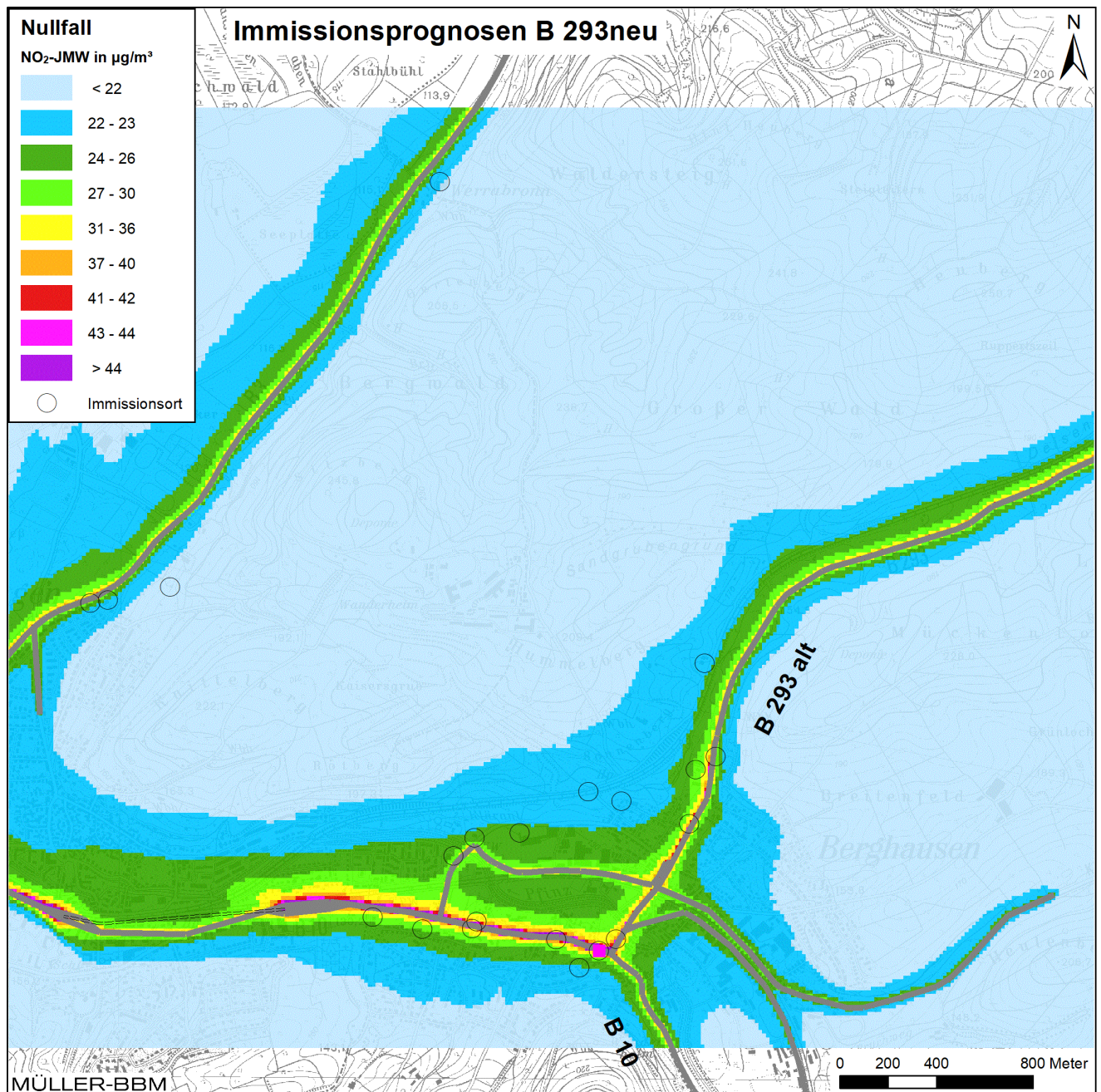


Abbildung 9. Nullfall Prognose 2035, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage [28].

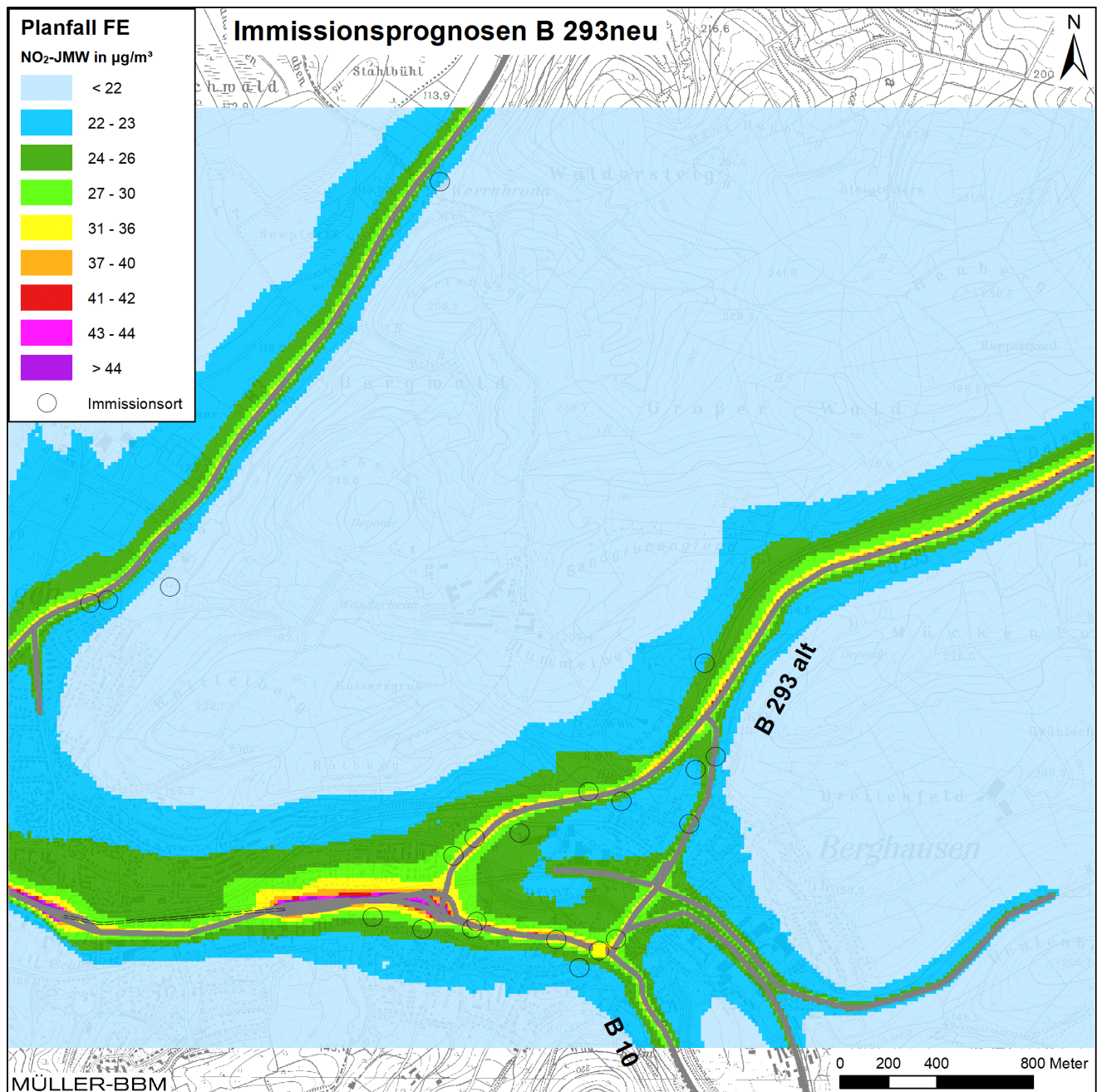


Abbildung 10. Planfall FE Prognose 2035, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage [28].

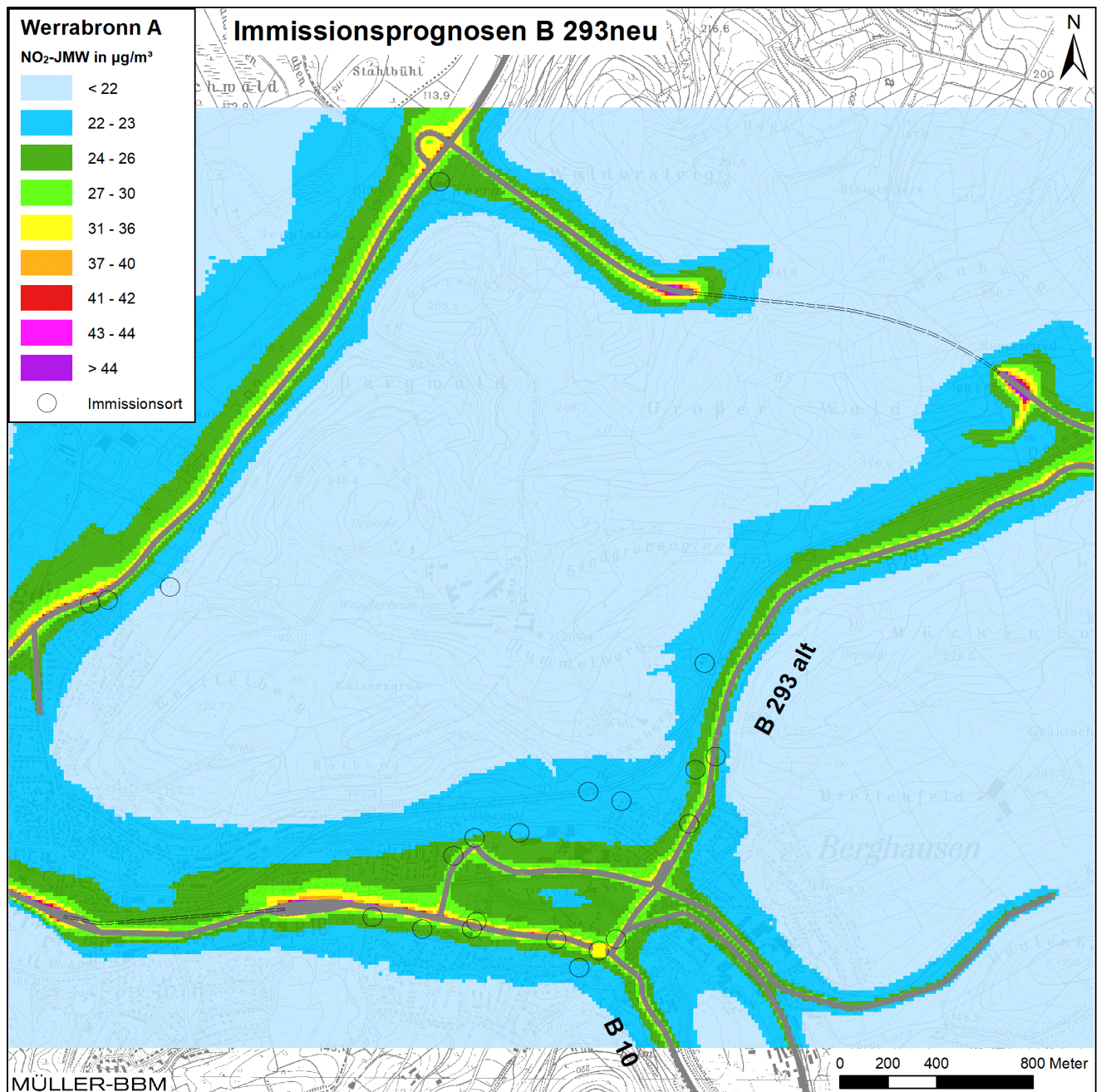


Abbildung 11. Planfall Werrabronn A Prognose 2035, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage [28].

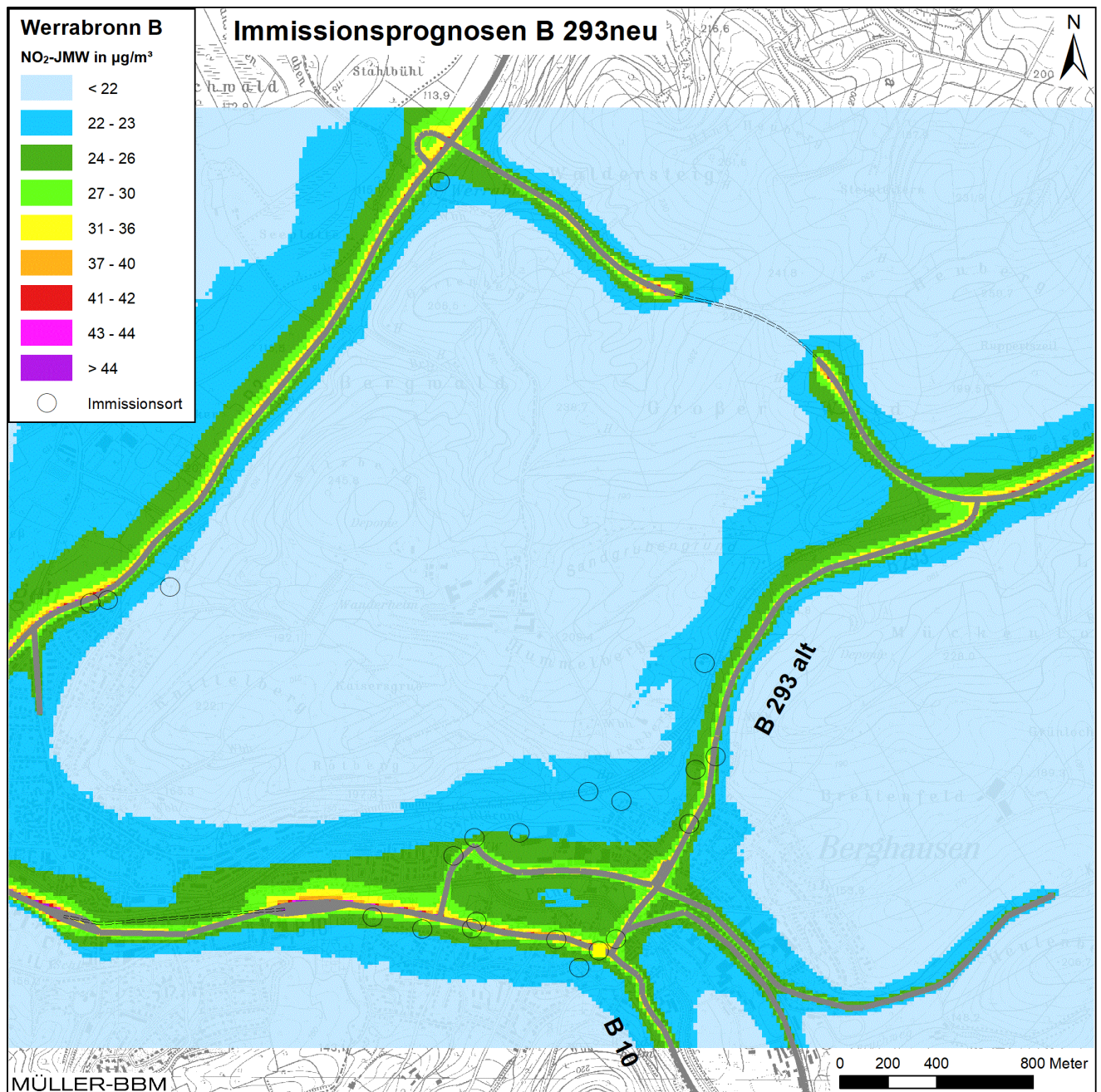


Abbildung 12. Planfall Werrabronn B Prognose 2035, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage [28].

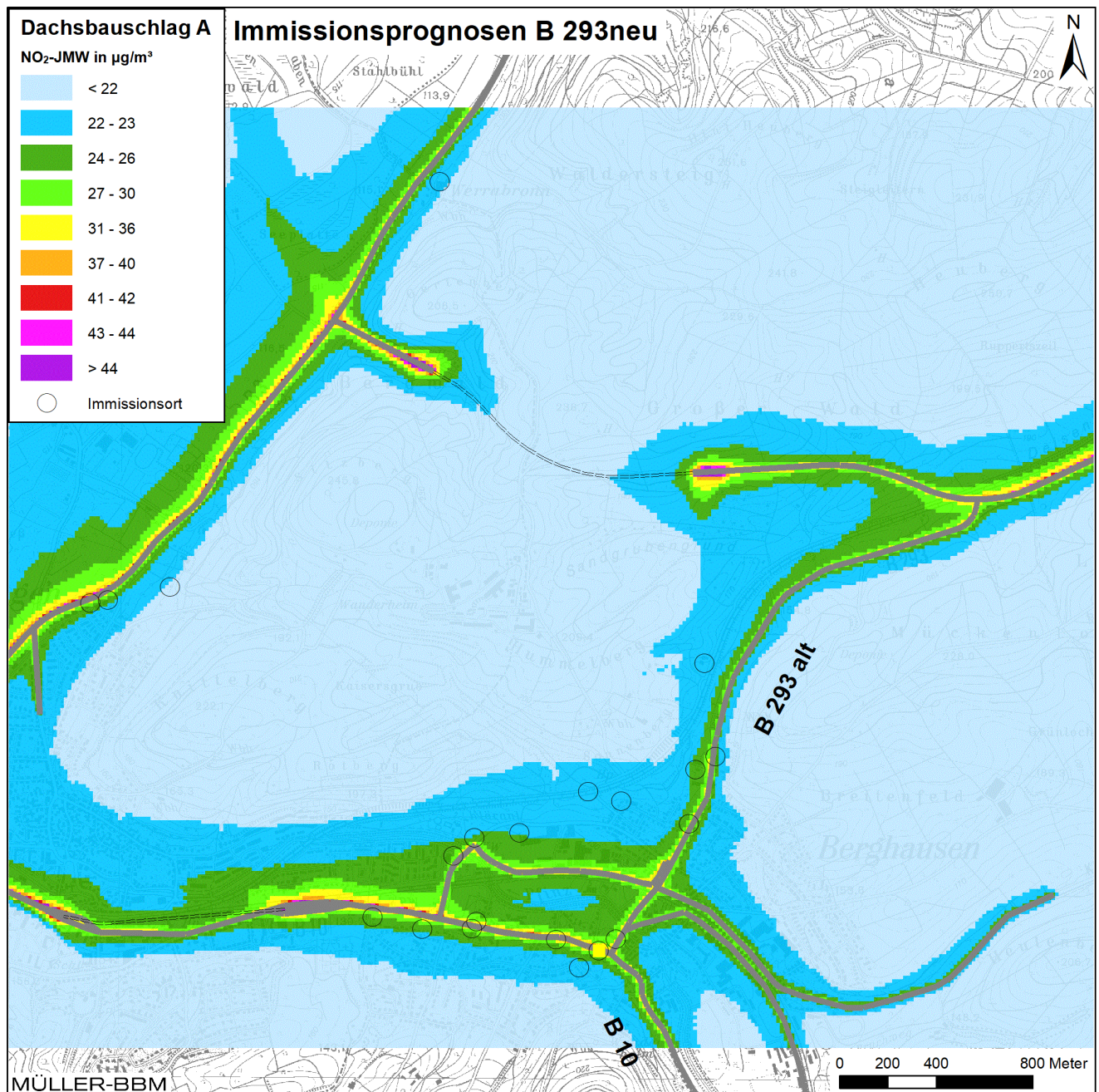


Abbildung 13. Planfall Dachsbauerschlag A Prognose 2035, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage [28].

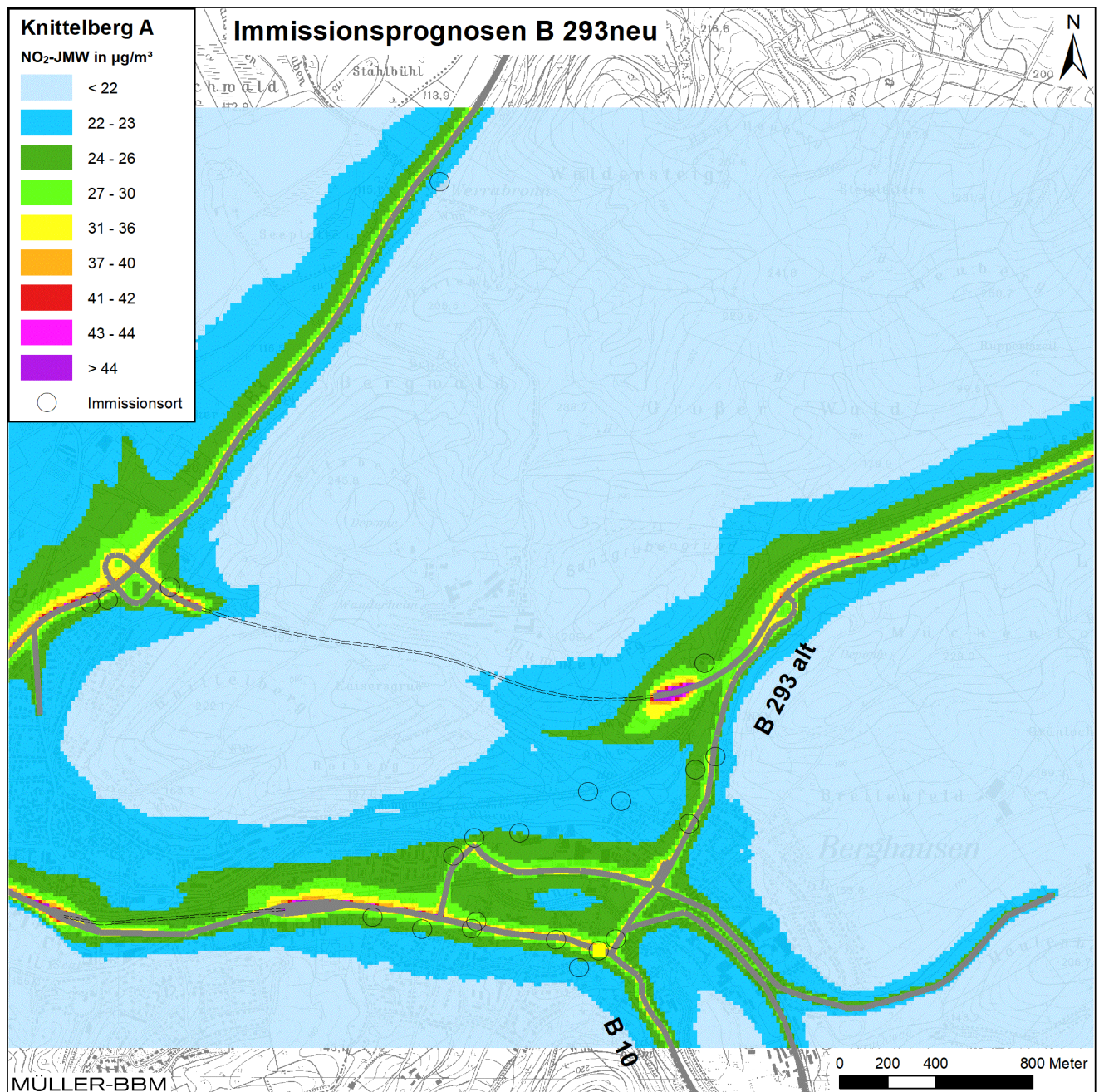


Abbildung 14. Planfall Knittelberg A Prognose 2035, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage [28].

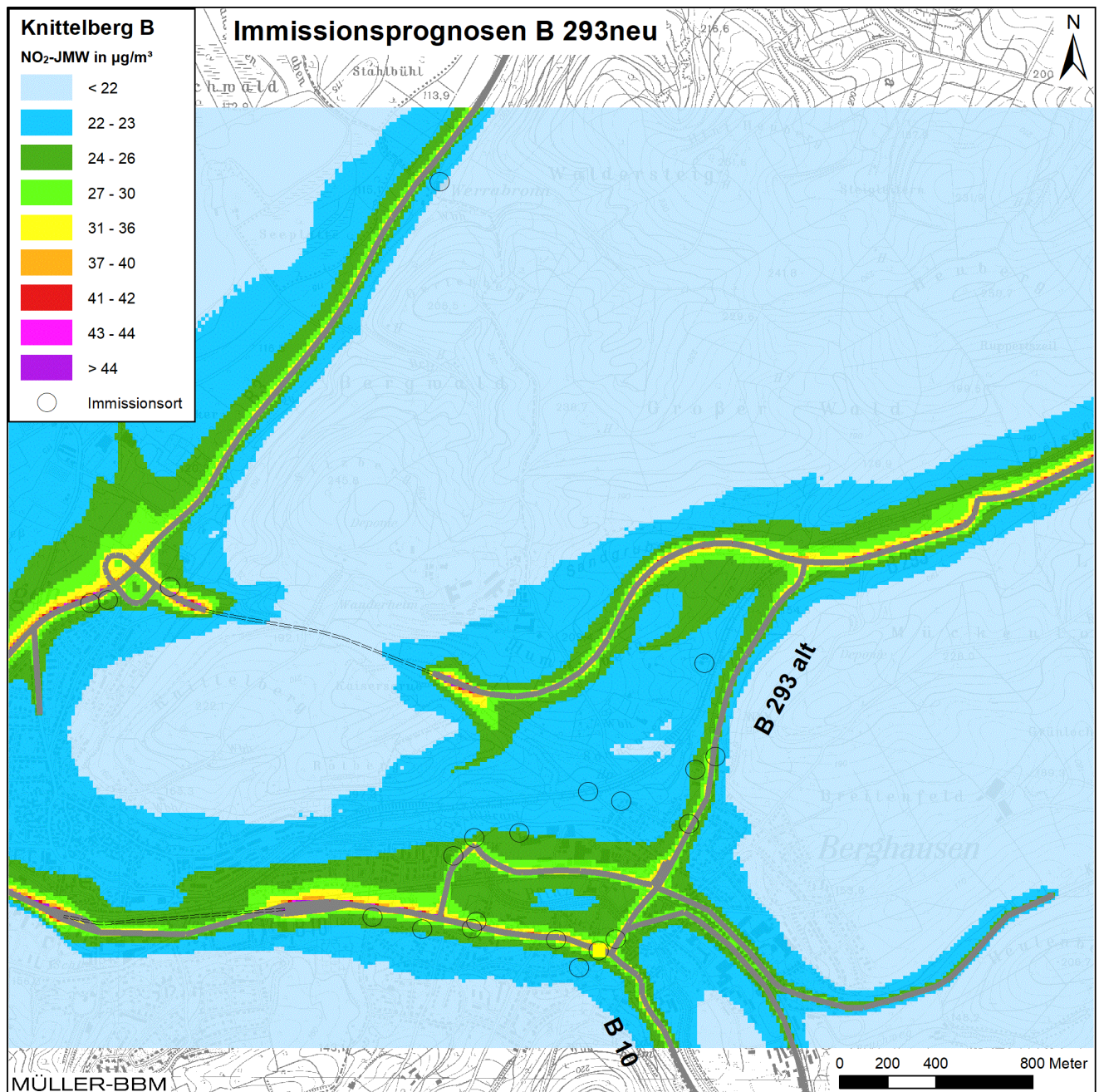


Abbildung 15. Planfall Knittelberg B Prognose 2035, NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025, Kartengrundlage [28].

5.3 Punktuelle Auswertung an Untersuchungspunkten

Neben der flächenhaften Darstellung wurden für ausgewählte Untersuchungspunkte (Immissionsorte) die ermittelten Immissionen punktgenau ermittelt. Die Lage der Immissionsorte wurde entsprechend der Schalltechnischen Untersuchung gewählt. Zusätzlich wurden Immissionsorte an die heutige und frühere Messstellen der LUBW gelegt. Abbildung 16 zeigt die Lage der ausgewählten Immissionsorte, für die punktgenau die Immissionen berechnet wurden.

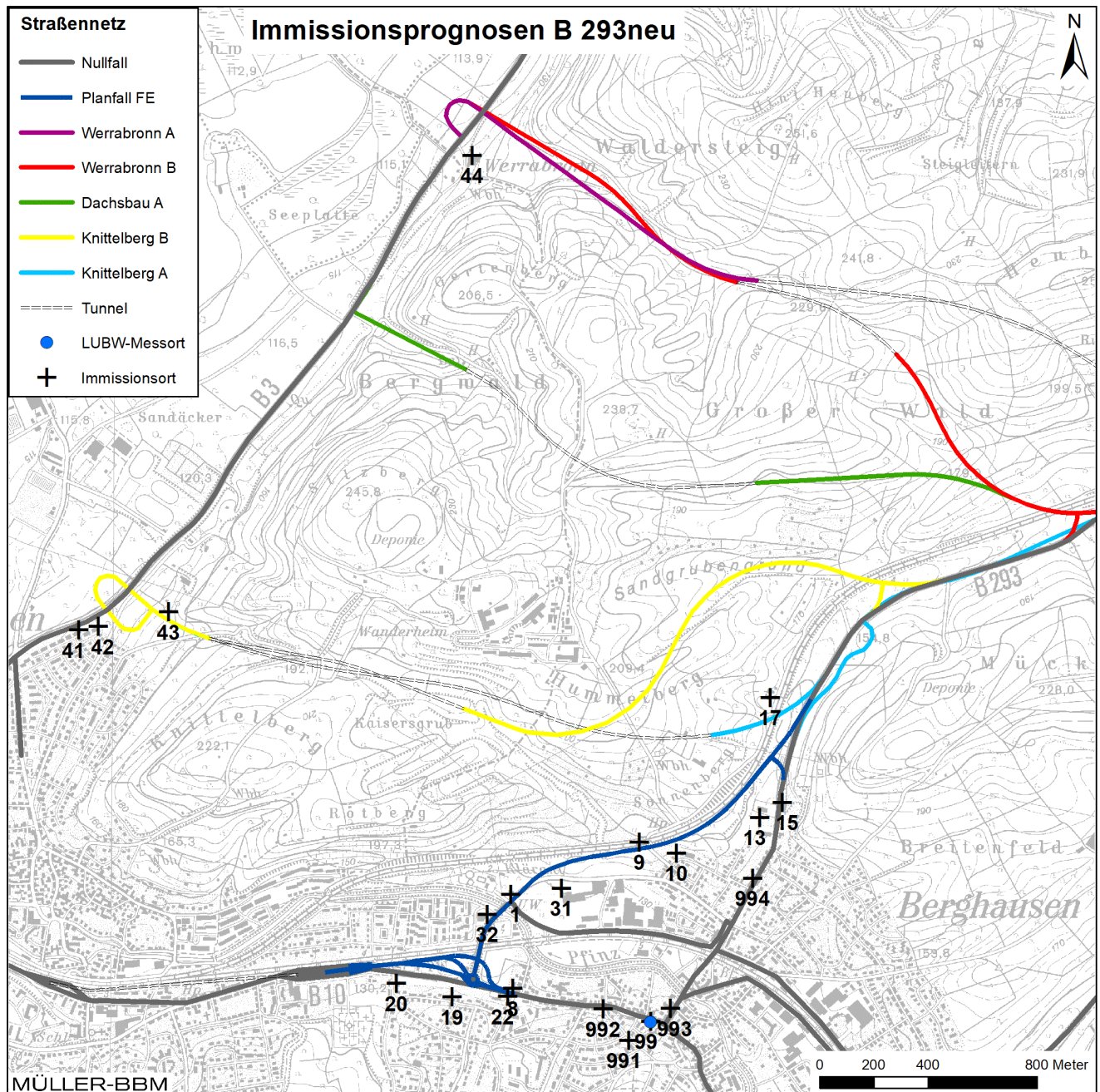


Abbildung 16. Lage der ausgewählten Untersuchungspunkte (Immissionsorte), Kartengrundlage [28].

Die für die ausgewählten Untersuchungspunkte (Abbildung 16) prognostizierten Immissionsbelastungen sind in Tabelle 4 aufgeführt. Die an diesen Untersuchungspunkten ermittelten NO₂-Gesamtbelastungen stehen für die planungsbedingt am höchsten belasteten, beurteilungsrelevanten Bereiche [23].

Tabelle 4. NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) an den ausgewählten Immissionsorten (siehe Abbildung 16), Prognose 2035 ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025.

Unter- suchungs- punkt	NO ₂ -Immissionen				Jahresmittelwert in µg/m ³		
	Nullfall	Planfall FE	Werra A	Werra B	Dachs A	Knittel B	Knittel A
1	24	31	24	24	24	24	24
8	35	30	29	29	28	29	29
9	23	32	22	22	22	22	22
10	23	23	22	22	22	22	22
13	27	23	24	25	24	24	24
15	28	23	25	25	24	25	25
17	23	24	22	22	22	22	26
19	27	25	24	24	24	24	24
20	30	27	27	27	27	27	27
22	35	30	29	29	28	28	28
31	24	25	23	23	23	24	23
32	26	29	26	26	26	26	26
99	43	35	34	34	33	33	33
991	23	23	23	23	23	23	23
992	40	33	32	32	31	31	31
993	38	31	30	30	29	29	29
994	33	24	28	29	28	28	28
41	25	24	26	26	27	27	27
42	23	23	24	24	24	25	25
43	21	21	21	21	21	30	29
44	22	22	24	24	22	22	22
Grenzwert					40		

Die Immissionsorte an der Ortsdurchfahrt Karlsruher Straße (99, 992, 8, 22) und Jöhlinger Straße (993, 994) weisen in der Nullfall-Prognose hohe NO₂-Jahresmittelwerte auf. Im Bereich der LUBW-Messstelle (99) ist der prognostizierte NO₂-Jahresmittelwert größer als 40 µg/m³.

Bei den Planfällen sinken aufgrund der Verkehrsverlagerung die NO₂-Belastungen in der Ortsdurchfahrt. Es verbleiben jedoch an den Immissionsorten 8, 22, 992, 99 und 993 an der heutigen Ortsdurchfahrt B 10 und am Verkehrsknoten mit der B 293alt erhöhte bis hohe NO₂-Immissionen zwischen 28 µg/m³ und 35 µg/m³. Im weiteren Verlauf der B 293alt Richtung Norden sinken die NO₂-Immissionen an den Untersuchungspunkten 994 und 15 unter 30 µg/m³. An den beurteilungsrelevanten Untersuchungspunkten 41 bis 44 im Umfeld der Trassenvarianten zwischen B 3 und B 293 sind die ermittelten NO₂-Immissionen deutlich geringer als 30 µg/m³ und damit unterhalb des Grenzwertes.

Hinsichtlich der Beurteilung der Auswirkungen der Planung sind die zu erwartenden Änderungen der Luftschadstoffbelastung von Bedeutung. In Tabelle 5 sind die relativen Differenzen (bezogen auf den Grenzwert) der an den ausgewählten Untersuchungspunkten für die Trassenvarianten ermittelten NO₂-Jahresmittelwerte gegenüber den für die Prognose Nullfall ermittelten Jahresmittelwerte angegeben.

Tabelle 5. Änderungen der NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) bezogen auf den Grenzwert, in den Planfallvarianten gegenüber dem Nullfall an den ausgewählten Immissionsorten (siehe Abbildung 16).

Untersuchungspunkt	NO ₂ -Jahresmittelwert					
	Differenz zum Nullfall bezogen auf den Grenzwert					
	Untersuchungsfall					
	Planfall FE	Werra A	Werra B	Dachs A	Knittel B	Knittel A
1	17%	-2%	-1%	-1%	-1%	-1%
8	-12%	-14%	-14%	-16%	-16%	-16%
9	24%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%
10	1%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%
13	-11%	-8%	-7%	-8%	-8%	-7%
15	-12%	-8%	-7%	-9%	-9%	-8%
17	2%	-2%	-2%	-2%	-2%	8%
19	-3%	-6%	-6%	-6%	-6%	-6%
20	-7%	-7%	-7%	-8%	-8%	-8%
22	-13%	-14%	-15%	-16%	-16%	-16%
31	3%	-1%	-1%	-1%	-1%	-1%
32	6%	-2%	-2%	-1%	-1%	-1%
99	-20%	-23%	-23%	-26%	-26%	-26%
991	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%	-2%
992	-17%	-21%	-21%	-23%	-22%	-22%
993	-16%	-18%	-18%	-21%	-21%	-21%
994	-22%	-12%	-10%	-14%	-14%	-14%
41	-1%	4%	4%	5%	6%	6%
42	0%	2%	2%	3%	6%	6%
43	0%	0%	0%	1%	22%	20%
44	0%	6%	4%	0%	0%	0%

Aufgrund der Verkehrsverlagerung sind die Immissionen an den Untersuchungspunkten entlang der Ortsdurchfahrt in den Planvarianten geringer als im Nullfall. Die Minderungen der NO₂-Immissionen liegen zwischen -1 % und -26 % (bezogen auf den Grenzwert nach 39. BImSchV).

An den Immissionsorten 41 bis 44 an der B 3 werden im Planfall FE die Immissionen keine Änderung bzw. eine geringe Minderung (Immissionsort 41) erfahren. Aufgrund des zusätzlichen Verkehrs auf der jeweiligen Trasse der B 293neu sind bei den Trassenvarianten zwischen B 3 und B 293 die NO₂-Immissionen an den Immissionsorten 41 und 42 grundsätzlich höher als im Nullfall. Die Zunahmen der NO₂-

Immissionen liegen dort zwischen +2 % und +6 % (bezogen auf den Grenzwert nach 39. BImSchV).

Am Immissionsort 43 sind in den Planfällen Knittelberg A und Knittelberg B die NO₂-Immission um 20 % bzw. 22 % höher als in der Prognose Nullfall. Im Planfall Knittelberg A wird der Immissionsort 17 mit 8 % höheren NO₂-Immissionen beaufschlagt. Am Immissionsort 44 sind in den Planfällen Werrabronn A und Werrabronn B die NO₂-Immission um 6 % bzw. 4 % höher als in der Prognose Nullfall. Im Verlauf der Trasse Dachsbauschlag liegen keine nach 39. BImSchV zu beurteilenden Untersuchungspunkte.

An allen in den Planfällen von Mehrbelastung betroffenen Immissionsorten bleiben die NO₂-Immissionen jedoch deutlich unter dem Grenzwert. Die dort durch den Verkehr auf der jeweiligen Trasse der B 293neu zu erwartenden zusätzlichen Schadstoffbelastungen erreichen nach den hier vorgestellten Immissionsprognosen keine unzulässig hohen Werte.

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] B 293 Ortsumfahrung Berghausen, Lufthygienische Untersuchung der Planvarianten als Grundlage für die Umweltverträglichkeitsstudie, Müller-BBM Bericht Nr. M118476/01, 30.04.2015.
- [3] 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.
- [4] CORINE Land Cover 10 ha (CLC10), Daten zur Bodenbedeckung, Landnutzung 2012, Geodaten der deutschen Landesvermessung, Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Leipzig, www.geodatenzentrum.de.
- [5] Daten- und Kartendienst der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg, <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/>.
- [6] Digitales Höhenmodell Baden-Württemberg, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, März 2015.
- [7] Dispersion Model LASAT, Version 3.4.23-64WI17-m4, 2019-05-17, Copyright (c) L. Janicke 1989-2019, <http://www.janicke.de/de/lasat.html>.
- [8] Das Kaltluft-Abfluss-Modell KLAM_21 Version V2.012. Deutscher Wetterdienst, Offenbach, Juni 2013.
- [9] Ergebnisse der Spotmessungen 2004 bis 2020, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- [10] Ergebnisse der Spotmessungen 2008, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Dokumentation-Nr. 61-15/2009, August 2009, <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- [11] Ergebnisse der Spotmessungen 2015, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Dokumentation-Nr. 33-02/2016, Dezember 2016, <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- [12] 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).
- [13] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge – Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG).

- [14] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA, Version 4.1, November 2019, INFRAS Bern/Zürich, <http://www.hbefa.net>.
- [15] Hang- und Bergwinde am Rheintalrand bei Karlsruhe. In: Meteorol. Rdsch. 41, S. 104-110. Heldt K. und Hörschele K., 1989.
- [16] Lageplan der Straßenplanung für die Trassenvarianten zwischen B 3 und B 293 alt, Regierungspräsidium Karlsruhe, Referat 44 - Straßenplanung, übergeben 26.02.2020.
- [17] Lage- und Höhenpläne der Straßenplanung für den Feststellungsentwurf, Emch+Berger GmbH, Karlsruhe, Februar 2020.
- [18] Luftdaten, Messungen der Luftqualität, Mehrjährige Datenreihen, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- [19] Meteorologische Daten (Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Ausbreitungs-klassse) der synthetischen Ausbreitungsklassenstatistik im Koordinatenbereich RW 3465000, HW 5430000 und RW 3465000, HW 5431000. Daten- und Kartendienst der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg, Februar 2015.
- [20] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissions-schutzgesetzes (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).
- [21] Ortsbesichtigungen am 18. und 19.02.2015 sowie am 14.02.2020 mit Fotodokumentation.
- [22] PROKAS, Ausbreitungsmodell für Kfz-Emissionen, Version 6.8.7; Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, September 2017.
- [23] Rechtsgutachten über die Umsetzung der 22. Verordnung zur Durchführung der Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Prof. Dr. Eckhard Reh binder, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt, Juli 2004.
- [24] Richtlinie VDI 3782 Blatt 7: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Entwurf September 2018.
- [25] 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.
- [26] Richtlinie VDI 3783 Blatt 8: Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2017.
- [27] Romberg, E., Bösing er, 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.

- [28] Topografische Karten und Landnutzungsdaten, Regierungspräsidium Karlsruhe, Januar 2015.
- [29] Topographische Karte Baden-Württemberg, Maßstab 1:50.000, Geogrid®-Viewer V6, EADS Deutschland GmbH.
- [30] Verkehrsstärken an ausgewählten Verkehrs- und Spotmessstellen, Auswertung 2014, Hrsg.: LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe, September 2016, <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- [31] Verkehrsmonitoring Baden-Württemberg, Endergebnisse des Verkehrsmonitorings 2018, Straßenverkehrszentrale Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Tübingen, Abt. 9 Landesstelle für Straßentechnik, Stuttgart, <https://www.svz-bw.de>.
- [32] Verkehrsdaten aus der Verkehrsuntersuchung B 10 / B 293 Umgehung Berghausen – Jöhlingen, Fortschreibung, Stand 09/19, Koehler & Leutwein Ingenieurbüro für Verkehrswesen, Karlsruhe, übergeben am 11.03.2020.

Anhang A

Verkehrsdaten

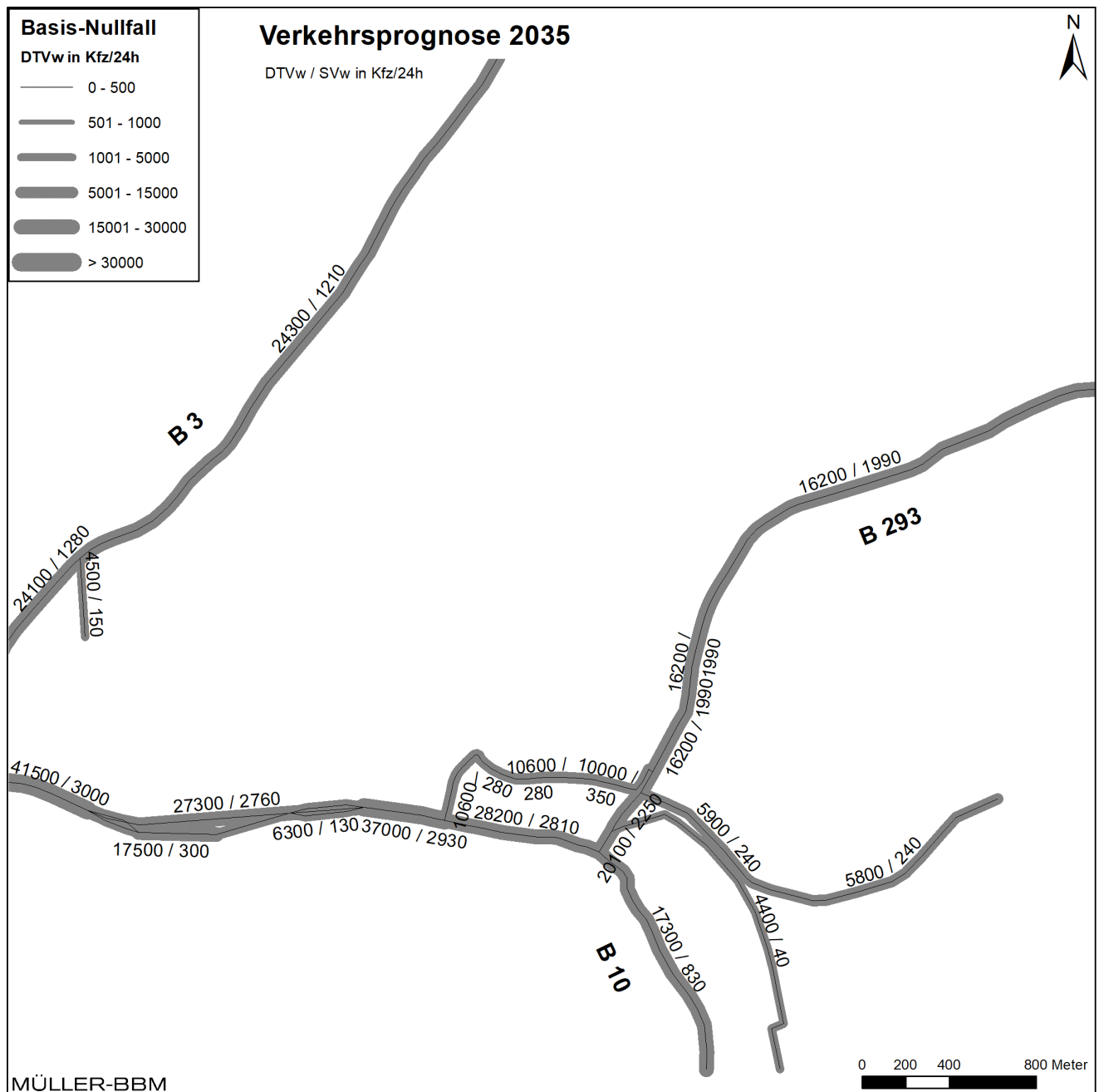


Abbildung 17. Prognose Nullfall 2035 - Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTV) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SV (über 3,5 t zul. Gesamtgewicht) [32].

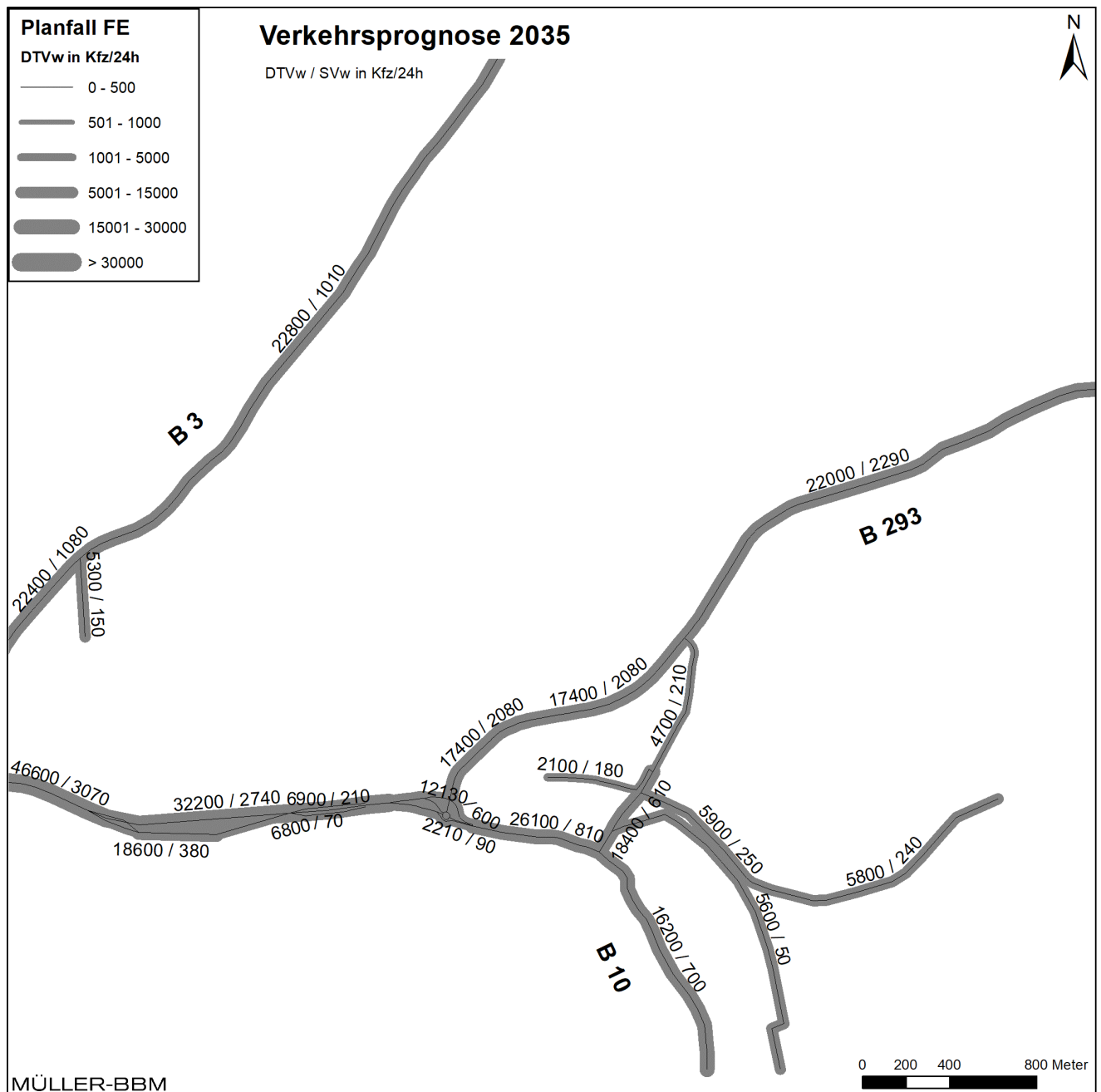
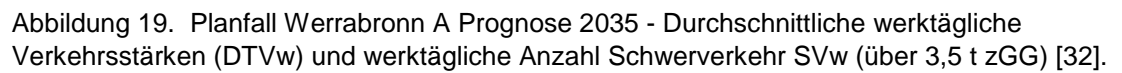


Abbildung 18. Planfall FE Prognose 2035 - Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTVw) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SVw (über 3,5 t zGG) [32].



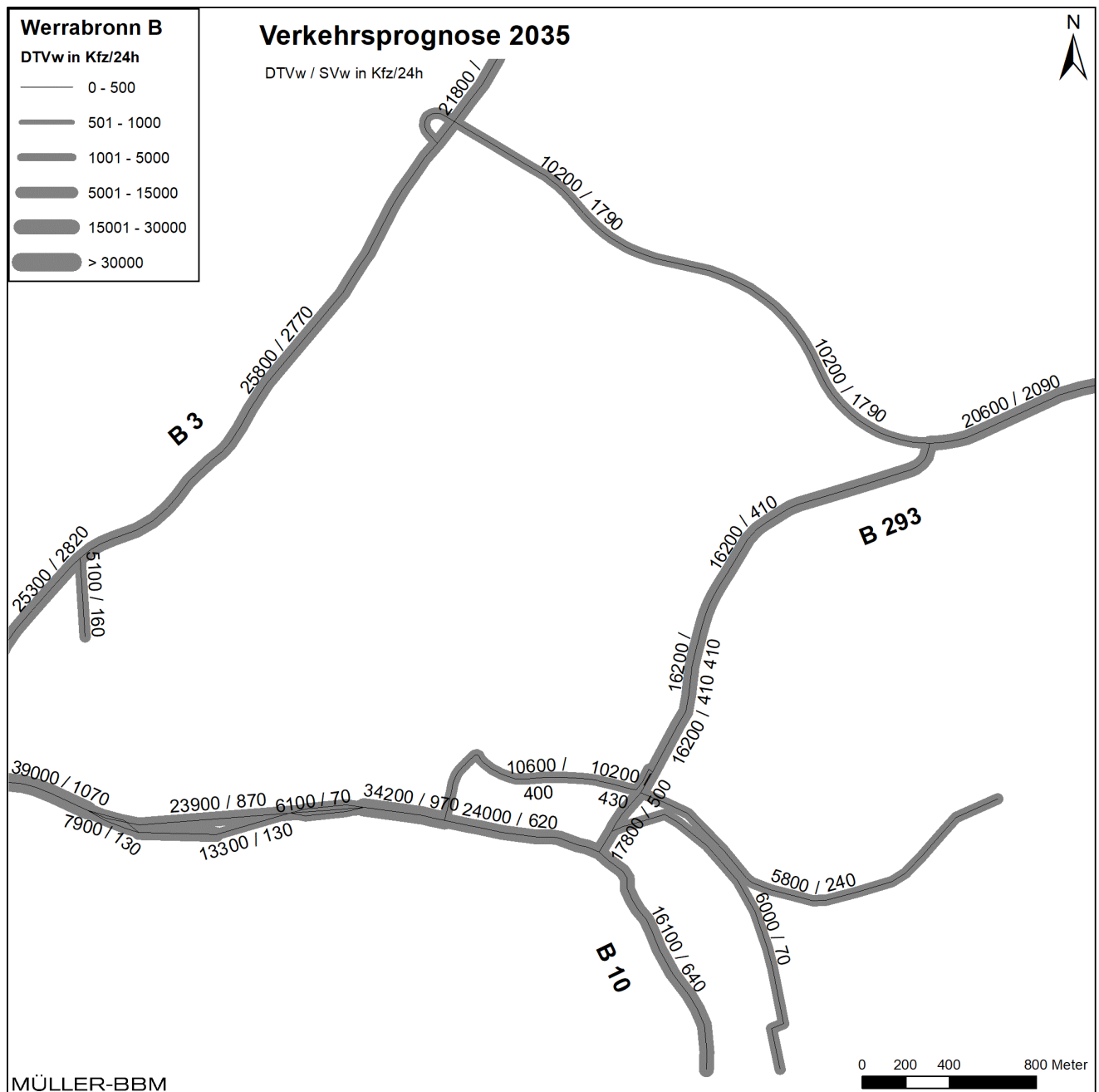


Abbildung 20. Planfall Werrabronn B Prognose 2035 - Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTVw) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SVw (über 3,5 t zGG) [32].

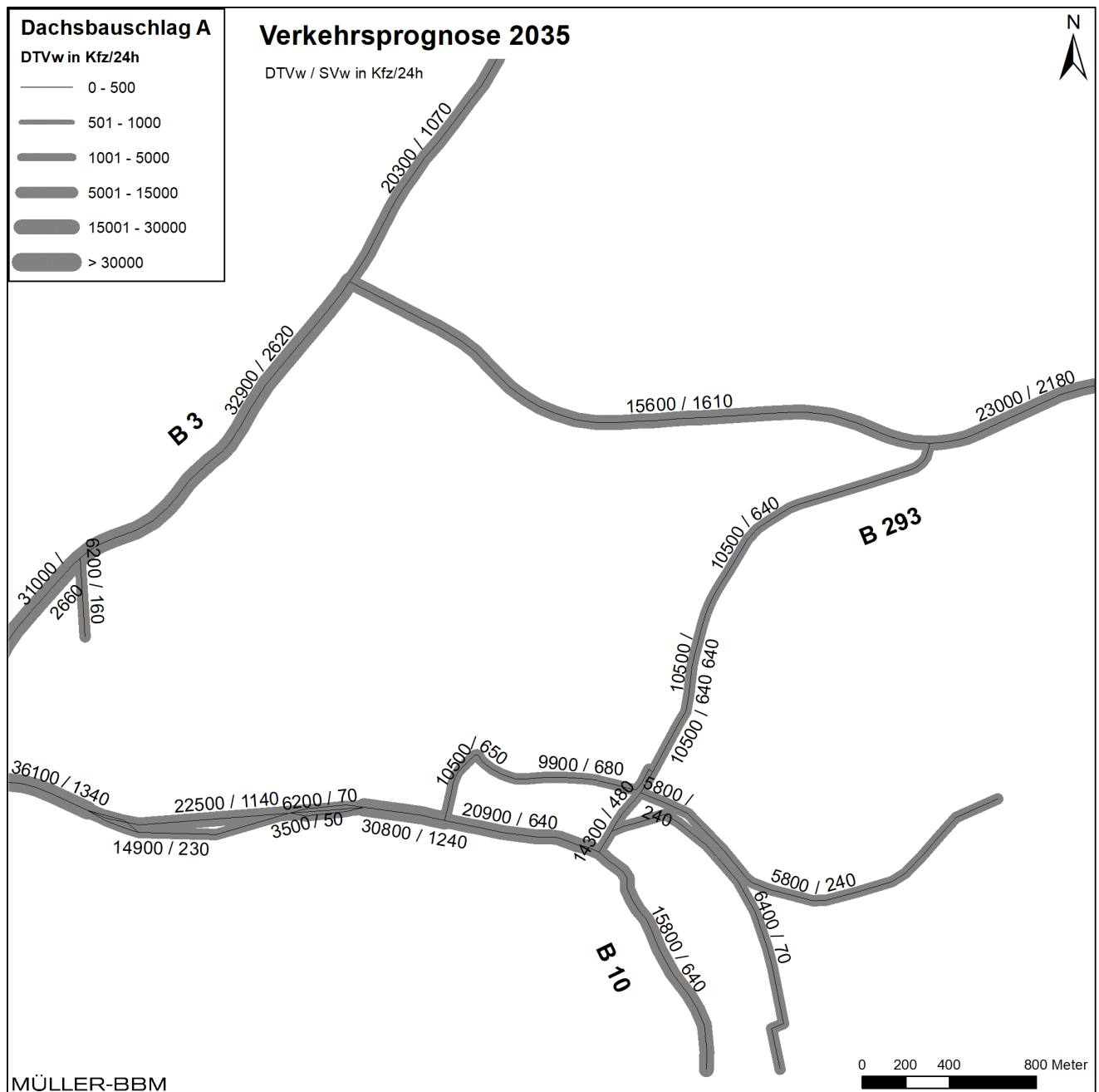


Abbildung 21. Planfall Dachsbauerschlag A Prognose 2035 - Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTVw) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SVw (über 3,5 t zGG) [32].

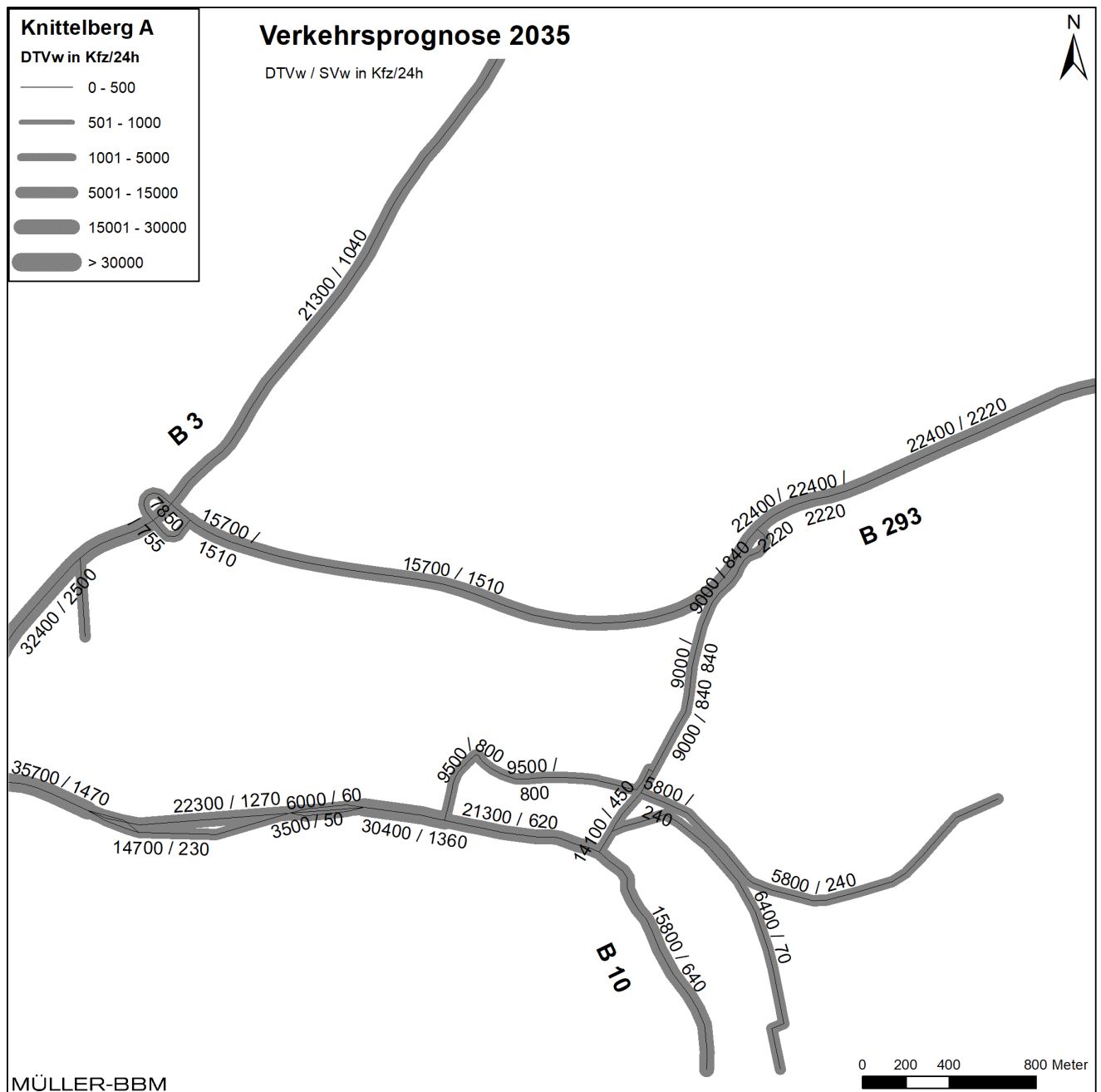


Abbildung 22. Planfall Knittelberg A Prognose 2035 - Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTVw) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SVw (über 3,5 t zGG) [32].

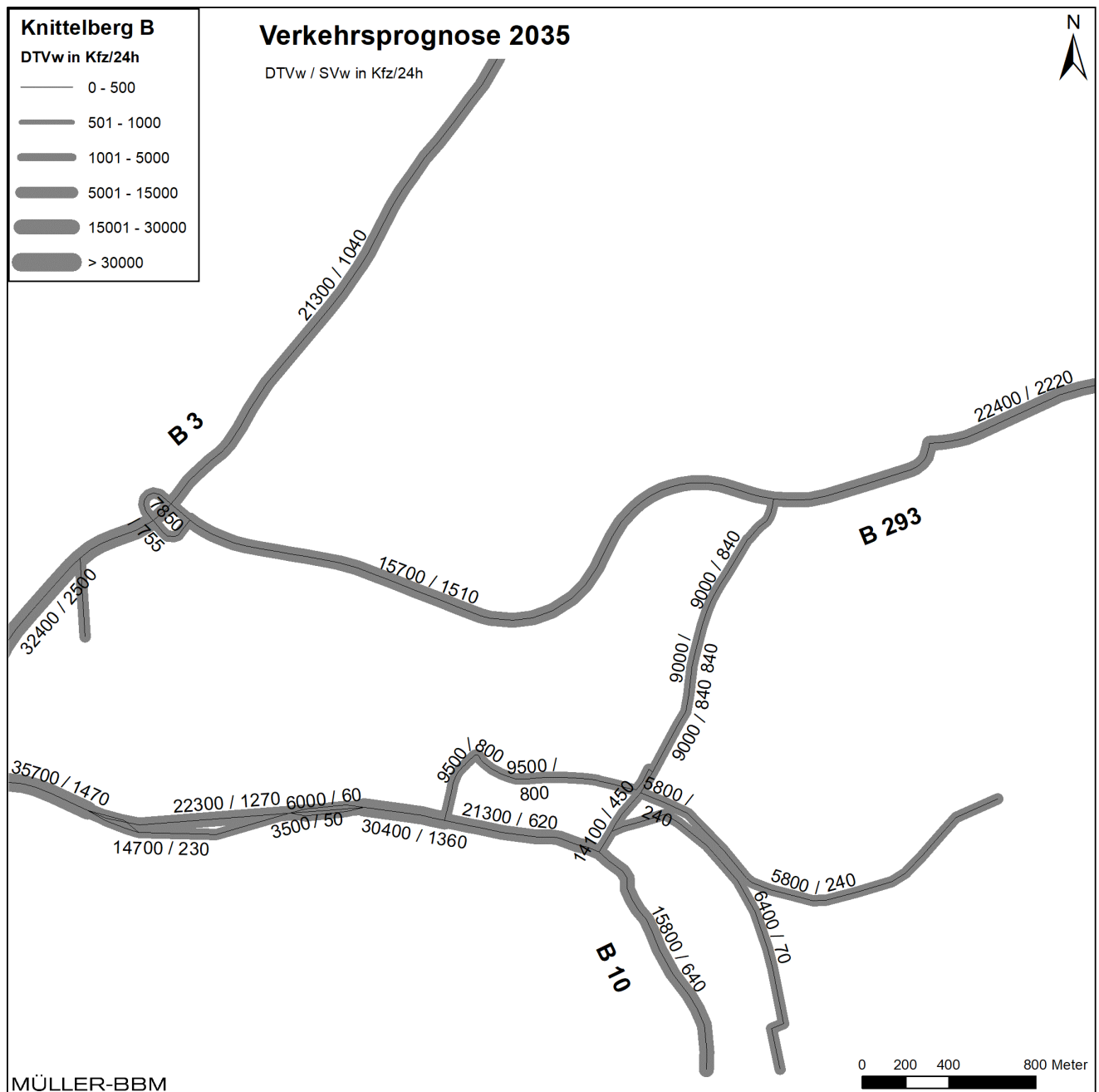


Abbildung 23. Planfall Knittelberg B Prognose 2035 - Durchschnittliche werktägliche Verkehrsstärken (DTVw) und werktägliche Anzahl Schwerverkehr SVw (über 3,5 t zGG) [32].

Anhang B

Verkehrssituationen

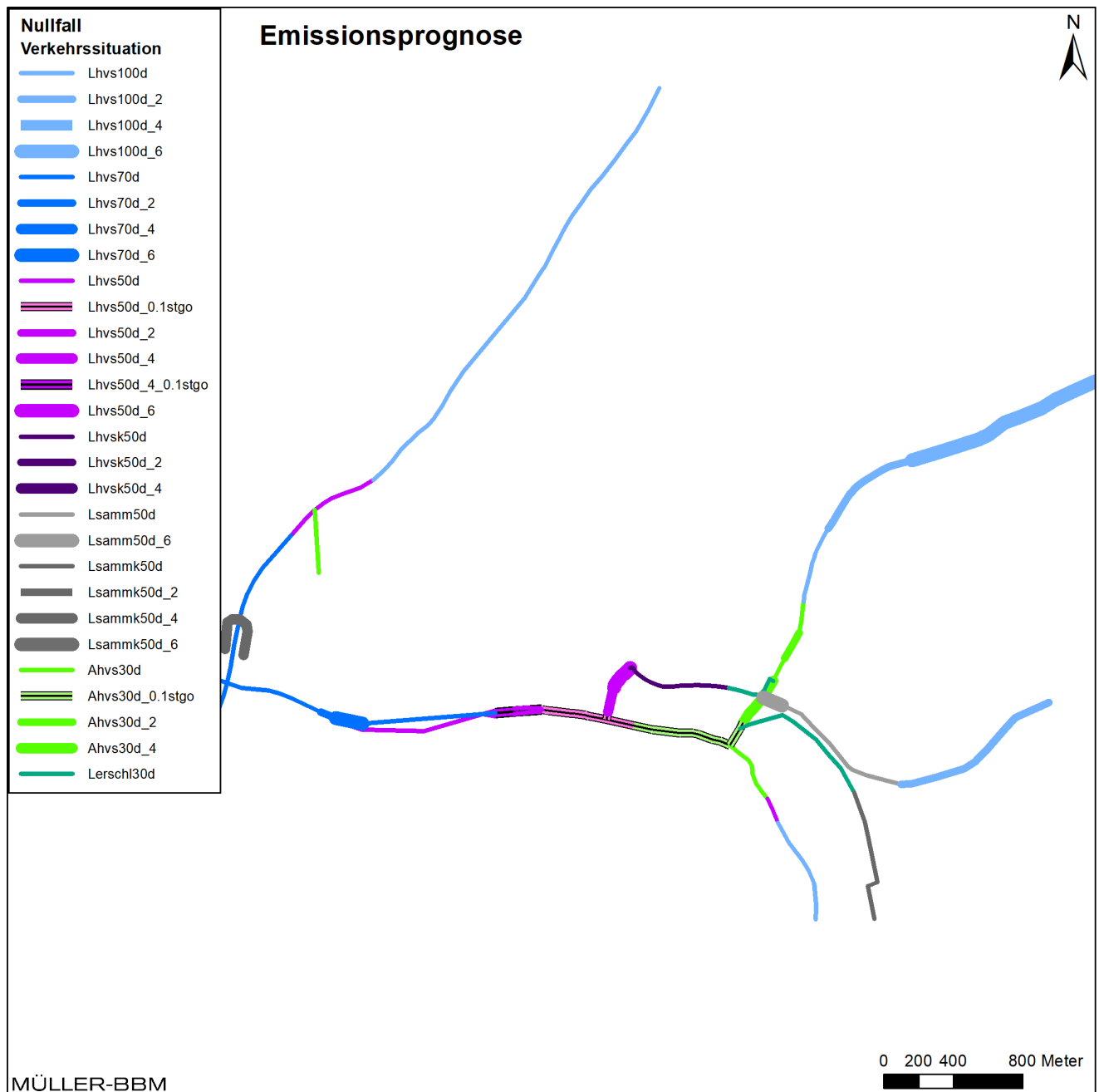


Abbildung 24. Nullfall - Verkehrssituationen entsprechend HBEFA [14].

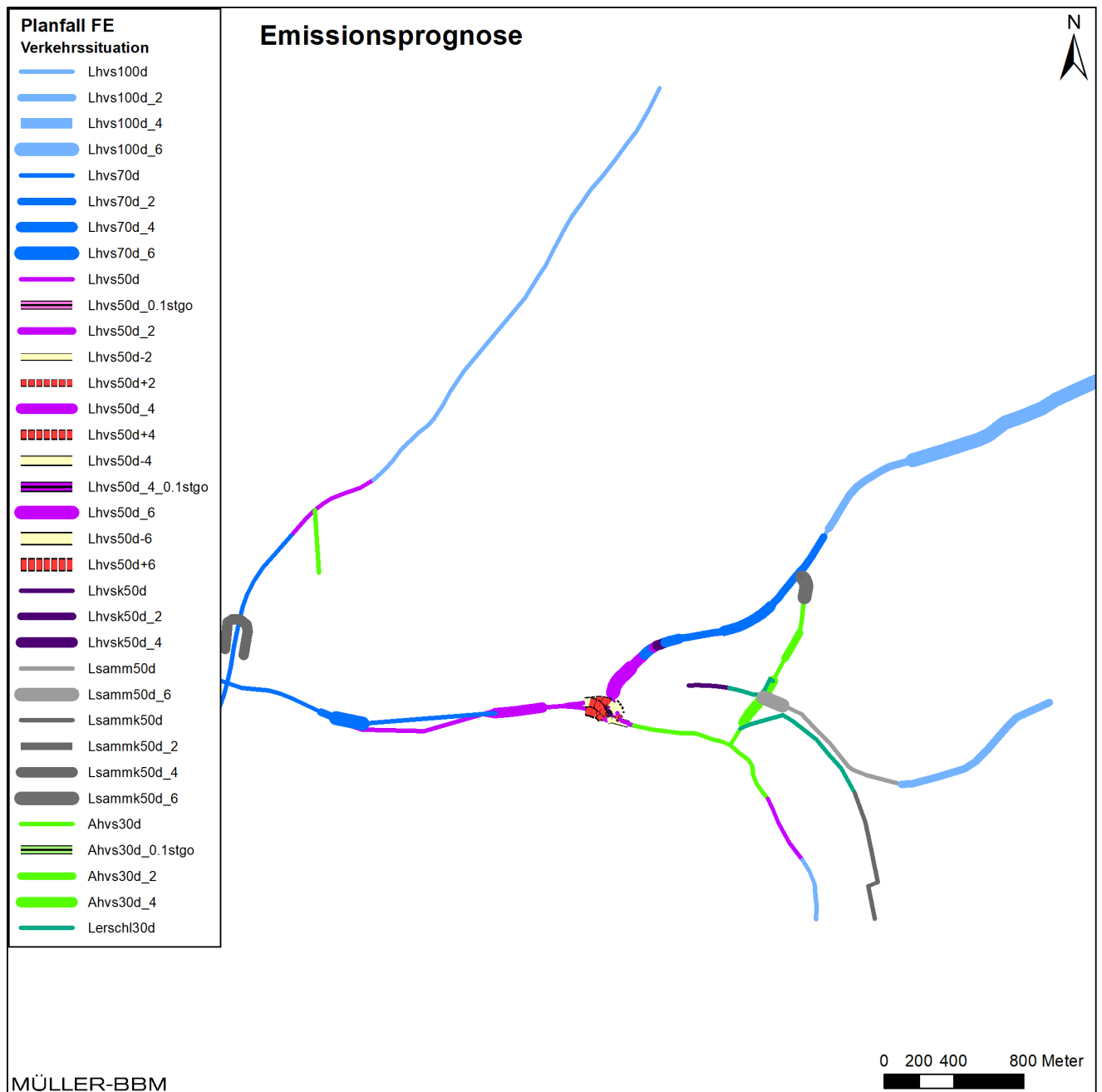


Abbildung 25. Planfall FE - Verkehrssituationen entsprechend HBEFA [14].

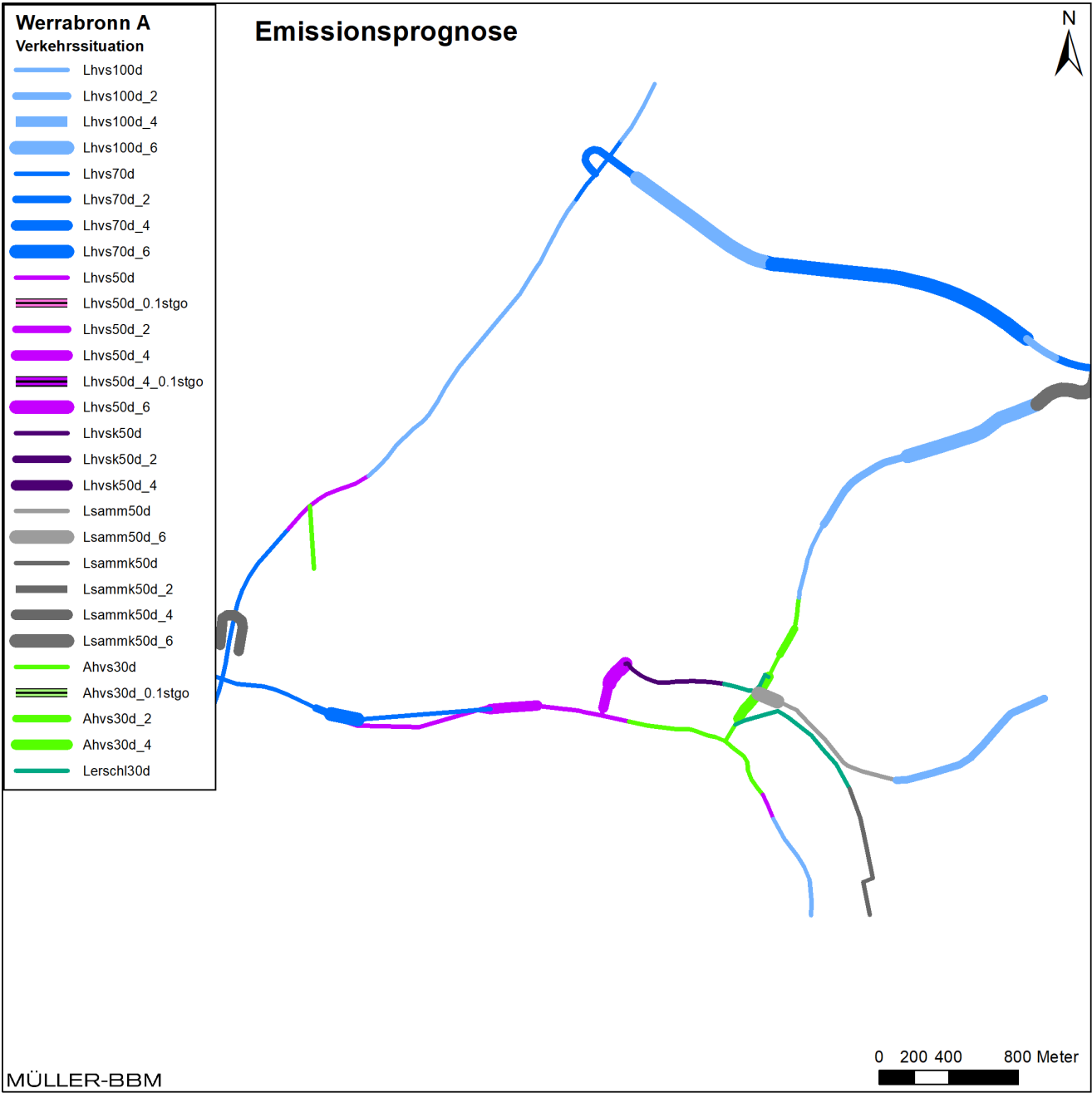


Abbildung 26. Planfall Werrabronn A - Verkehrssituationen entsprechend HBEFA [14].

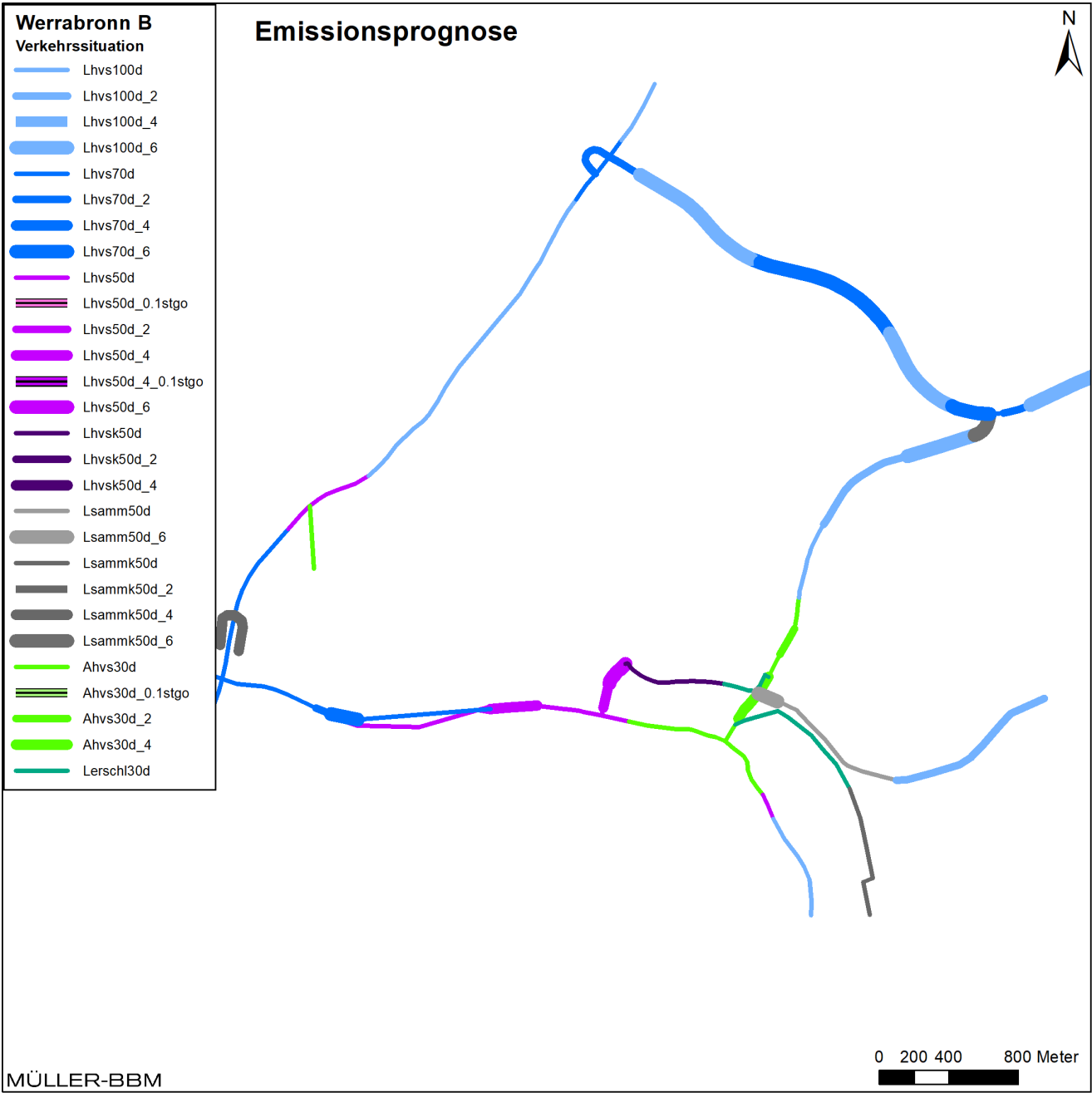


Abbildung 27. Planfall Werrabronn B - Verkehrssituationen entsprechend HBEFA [14].



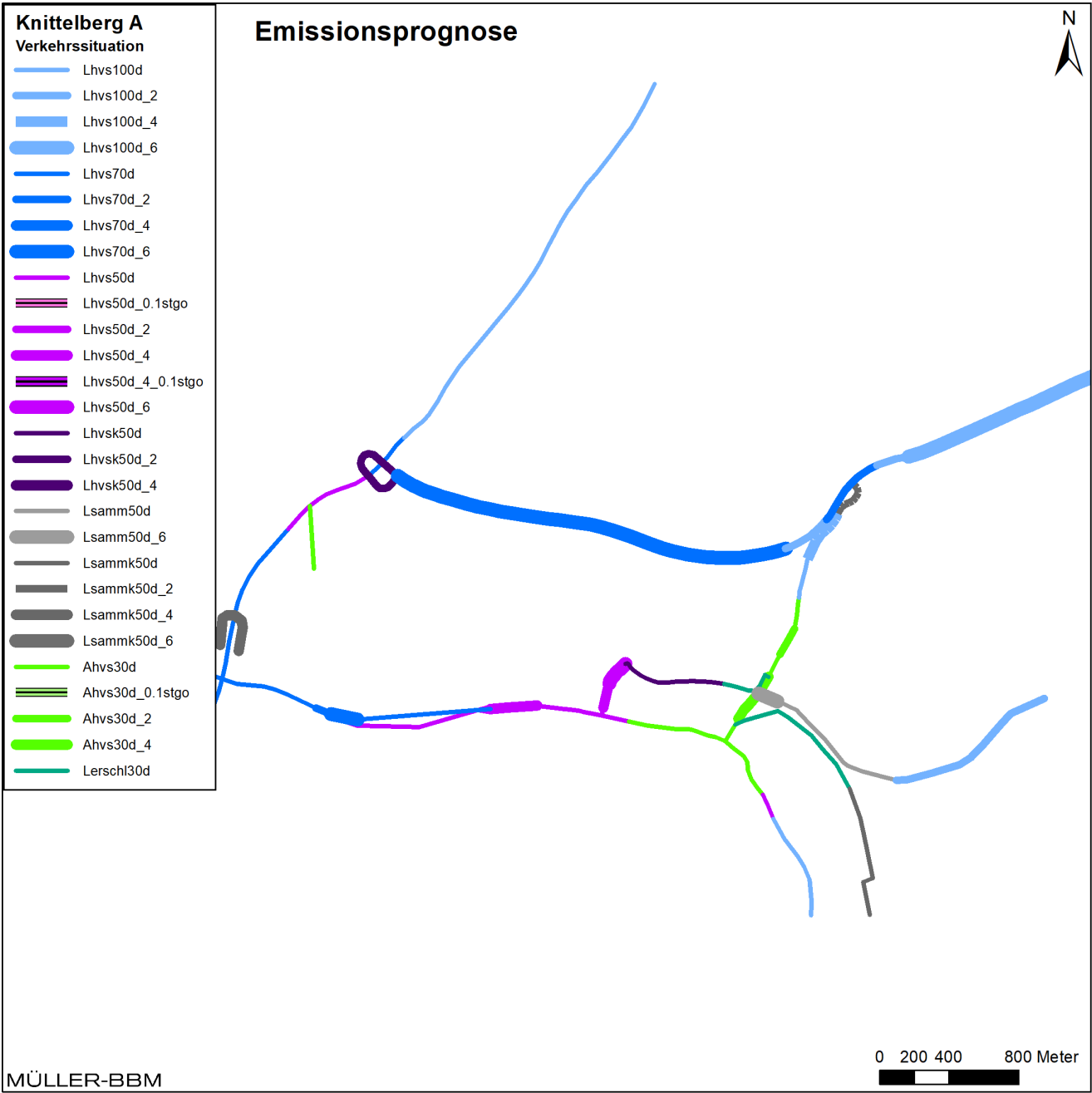


Abbildung 29. Planfall Knittelberg A - Verkehrssituationen entsprechend HBEFA [14].

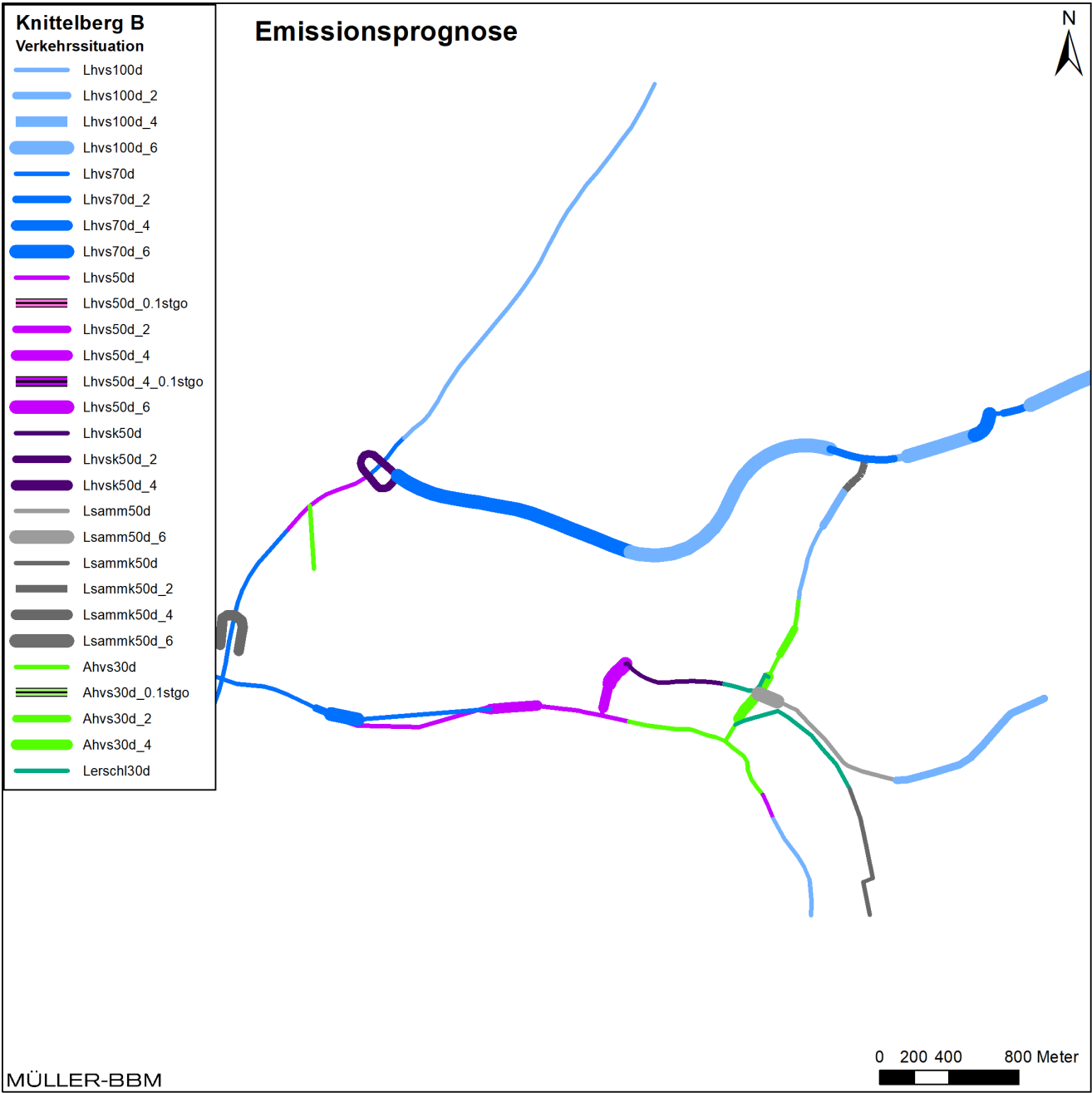


Abbildung 30. Planfall Knittelberg B - Verkehrssituationen entsprechend HBEFA [14].

Anhang C

Emissionen des Straßenverkehrs

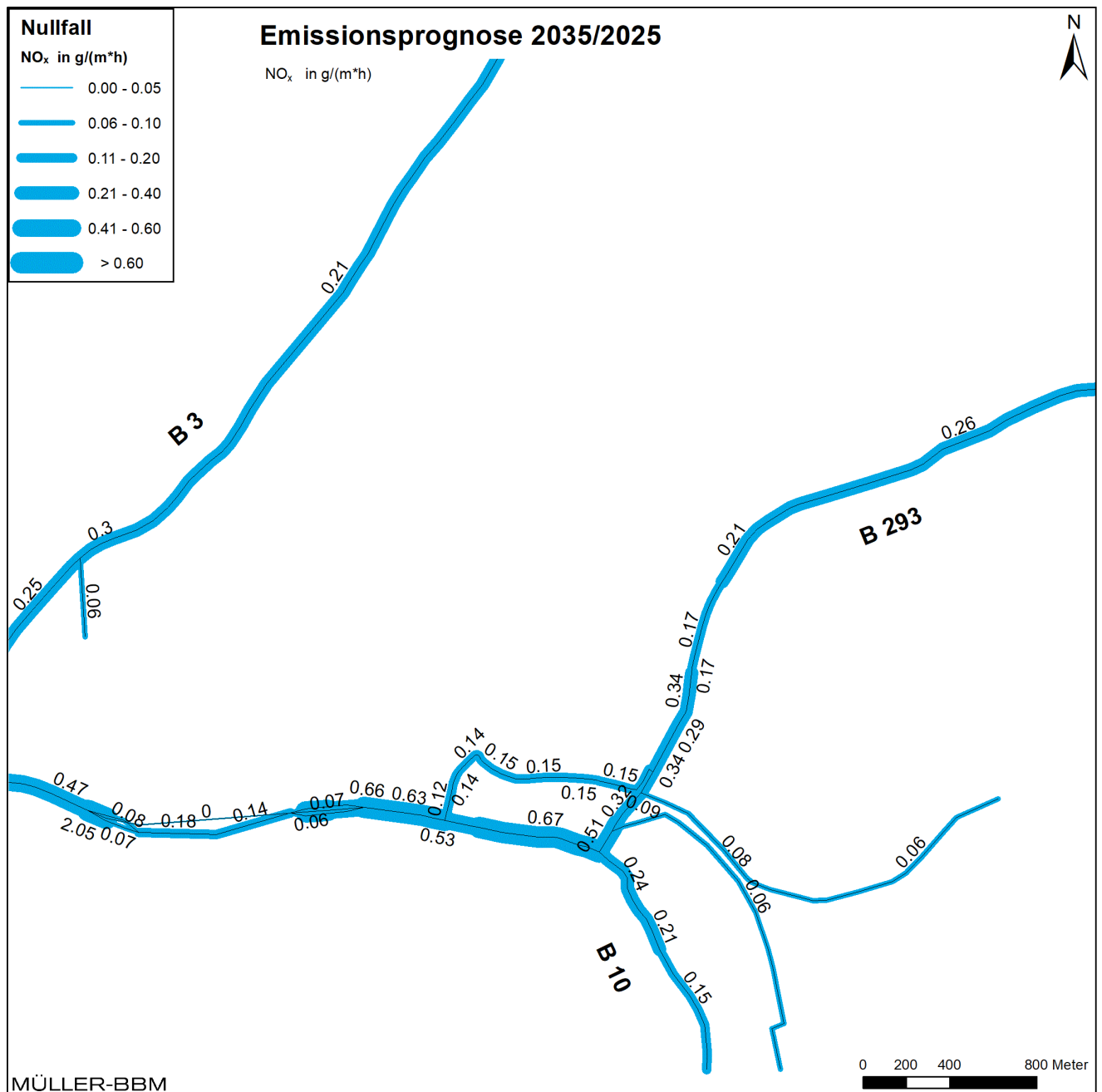


Abbildung 31. Prognose Nullfall 2035 - Jahresmittlere Emissionsquellstärken Straßenverkehr ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025.

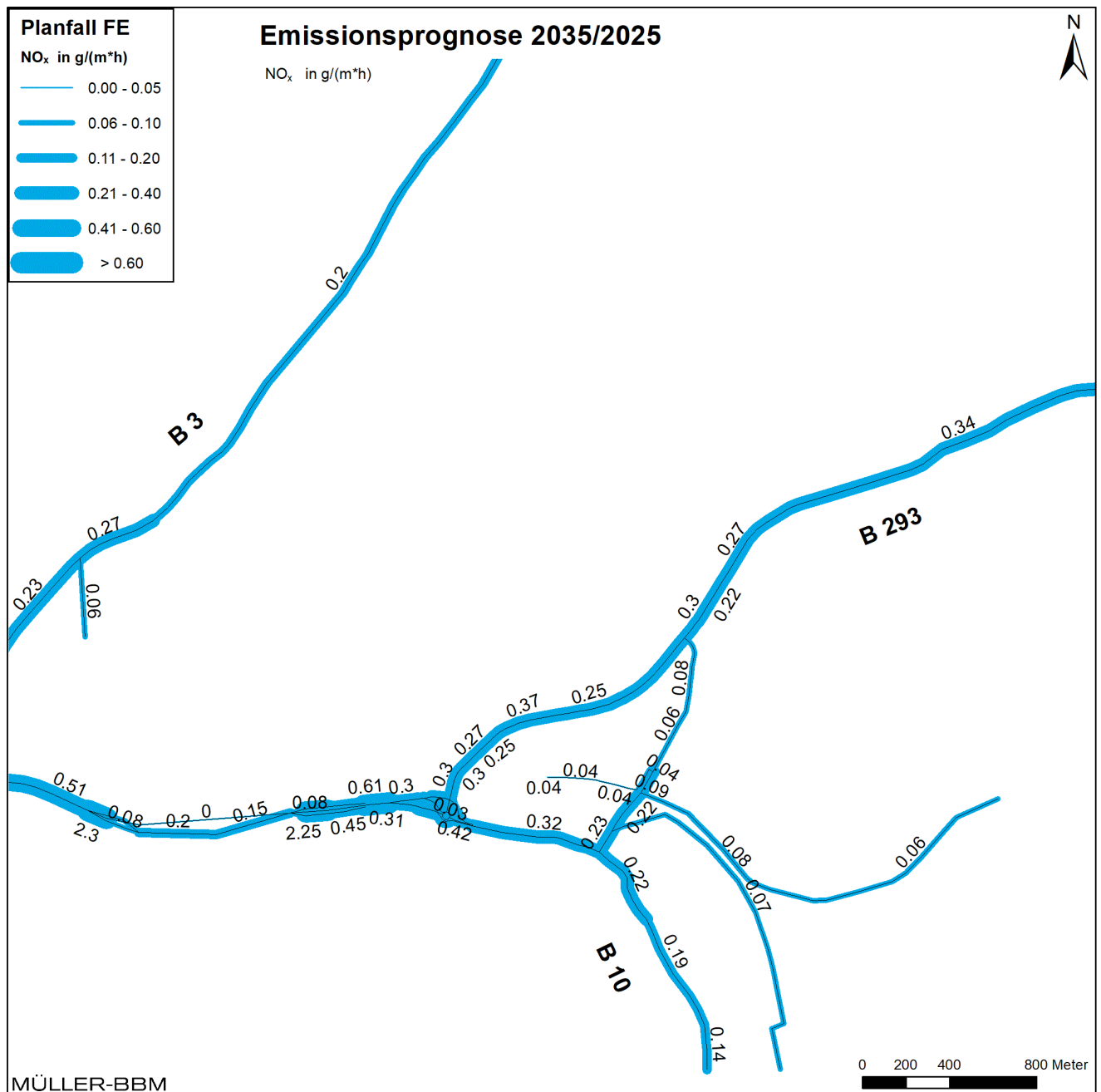


Abbildung 32. Planfall FE Prognose 2035 - Jahresmittlere Emissionsquellstärken Straßenverkehr ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025.

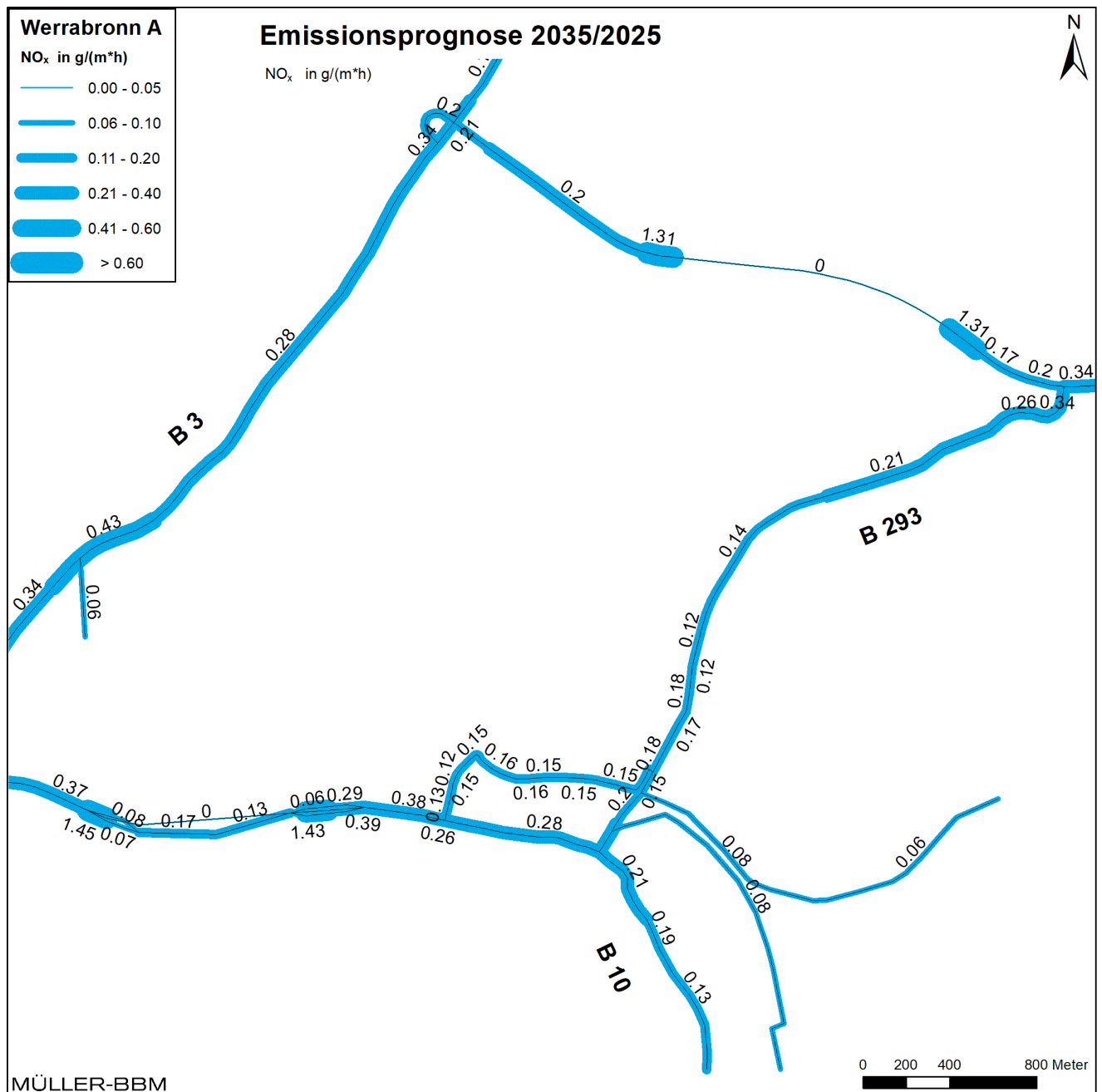


Abbildung 33. Planfall Werrabronn A Prognose 2035 - Jahresmittlere Emissionsquellstärken Straßenverkehr ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025.

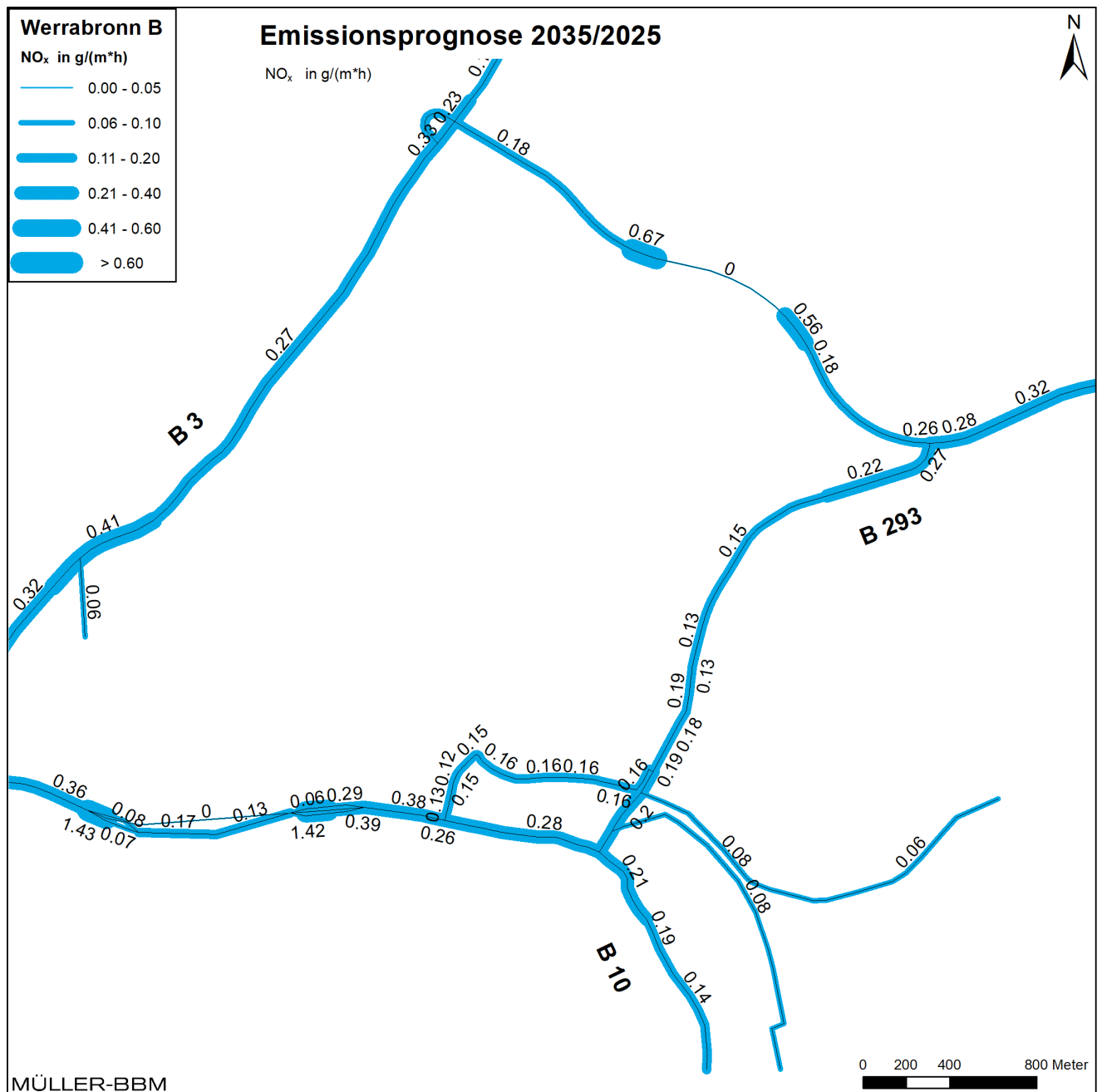


Abbildung 34. Planfall Werrabronn B Prognose 2035 - Jahresmittlere Emissionsquellstärken Straßenverkehr ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025.

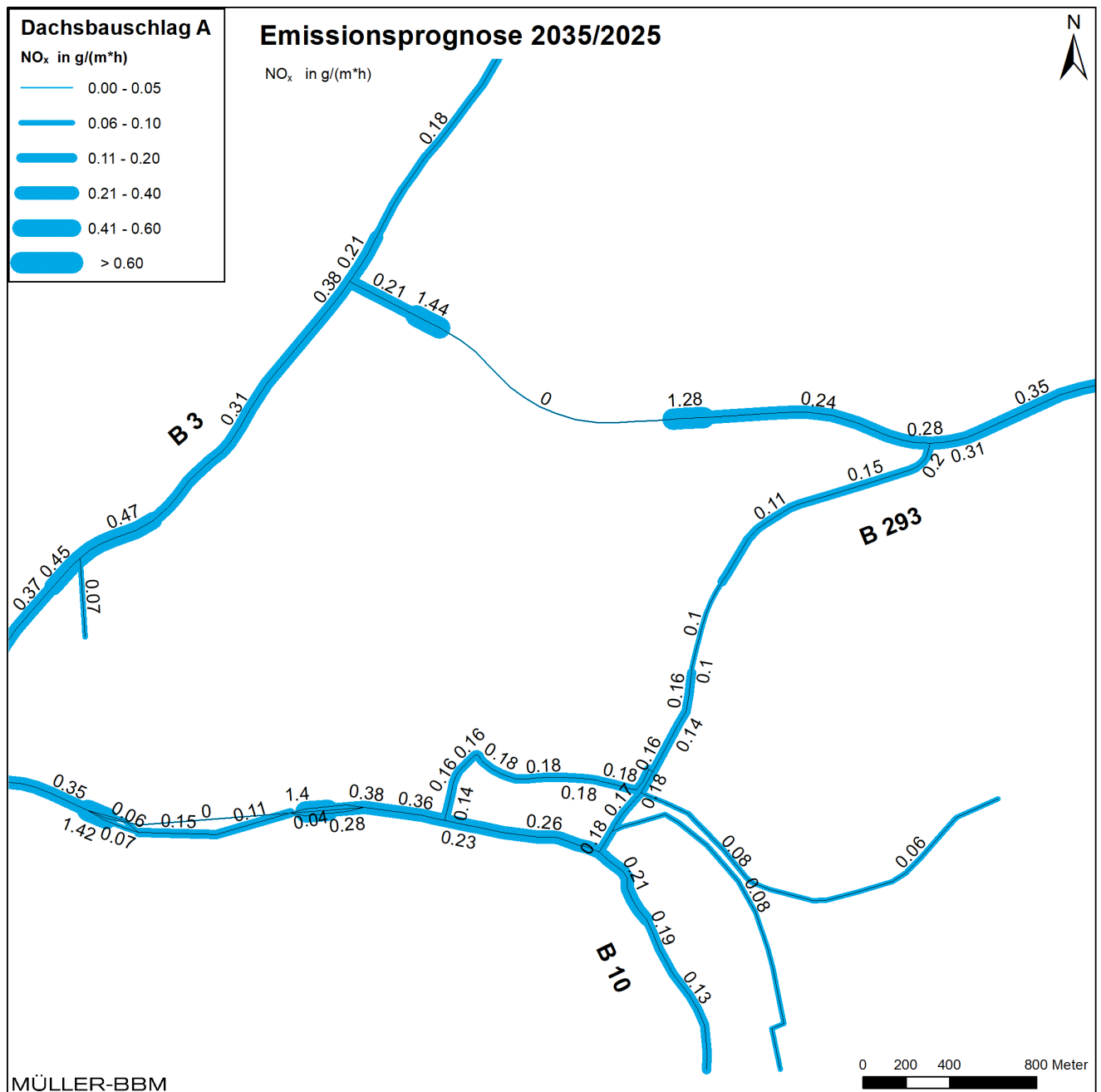


Abbildung 35. Planfall Dachsbauschlag A Prognose 2035 - Jahresmittlere Emissions-
quellstärken Straßenverkehr ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2025.

