

# Pumpspeicherkraftwerk Forbach

**Antragsunterlagen zum  
Planfeststellungsverfahren**

**Antragsteil F.I  
Gutachten zum Schutzgut  
Luft (Staub, NOx)**

Stand: 30.06.2021



Müller-BBM GmbH  
Niederlassung Karlsruhe  
Nördliche Hildapromenade 6  
76133 Karlsruhe

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

[www.MuellerBBM.de](http://www.MuellerBBM.de)

Dr. rer. nat. Rainer Bösing  
Telefon +49(721)504379 15  
[Rainer.Boesinger@mbbm.com](mailto:Rainer.Boesinger@mbbm.com)

30. Juni 2021  
M162341/01 Version 1 BSG/WLR

## **Pumpspeicherwerk Forbach - Neue Unterstufe**

### **Fortschreibung Fachgutachten Luftthygiene für die Bauphase**

**Bericht Nr. M162341/01**

Auftraggeber:

EnBW Energie Baden-Württemberg AG  
Schelmenwasenstraße 15  
70567 Stuttgart

Bearbeitet von:

Dr. rer. nat. Rainer Bösing

Berichtsumfang:

Insgesamt 58 Seiten, davon  
3 Seiten Anhang

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

<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>1 Aufgabenstellung</b>	<b>7</b>
<b>2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Beurteilungsgrundlagen Stickstoffeintrag in Natura 2000-Gebieten</b>	<b>9</b>
<b>3 Beschreibung des Untersuchungsgebiets</b>	<b>11</b>
<b>3.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse</b>	<b>11</b>
<b>3.2 Planung Erweiterung Pumpspeicherwerk Rudolf-Fettweis-Werk</b>	<b>11</b>
<b>3.3 Voraussichtlicher Bauablauf</b>	<b>13</b>
<b>4 Technische Grundlagen</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Vorgehensweise und Berechnungsverfahren</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Emissionen öffentlicher Straßenverkehr und Baustellenverkehr</b>	<b>17</b>
<b>4.3 Staub-Emissionen aus diffusen Quellen</b>	<b>21</b>
<b>4.4 Emissionen der Baumaschinen</b>	<b>24</b>
<b>4.5 Emissionen beim Untertagebau</b>	<b>25</b>
<b>4.6 Emissionen durch Sprengungen</b>	<b>25</b>
<b>4.7 Zusammenfassung Emissionsquellen</b>	<b>26</b>
<b>4.8 Rechengebiet und räumliche Auflösung</b>	<b>33</b>
<b>4.9 Berücksichtigung von Geländedaten</b>	<b>34</b>
<b>4.10 Deposition</b>	<b>34</b>
<b>4.11 Meteorologische Daten</b>	<b>35</b>
<b>4.12 Hintergrundbelastung</b>	<b>38</b>
<b>5 Ergebnisse der Immissionsprognosen</b>	<b>40</b>
<b>5.1 Allgemeines</b>	<b>40</b>
<b>5.2 Flächenhafte Immissionsdarstellung</b>	<b>40</b>
<b>5.3 Punktuelle Auswertung an Untersuchungspunkten</b>	<b>45</b>
<b>5.4 Stickstoffeintrag in benachbarte FFH-Gebiete</b>	<b>48</b>
<b>6 Grundlagen, verwendete Literatur</b>	<b>52</b>
<b>Anhang – PM<sub>2,5</sub>-Immissionen</b>	<b>54</b>

## Erläuterung der Änderungen gegenüber Fachgutachten Lufthygiene 2018

Im Rahmen des Planfeststellungsantrags 2018 wurden die Auswirkungen auf die Luftschadstoffbelastung durch die Bautätigkeiten und den damit verbundenen KFZ-Verkehr während der Bauphase in einem Fachgutachten Lufthygiene (Antragsteil F.I Gutachten zum Schutzgut Luft (Staub, NO<sub>x</sub>)) prognostiziert und bewertet:

*Pumpspeicherwerk Forbach – Unterstufe, Fachgutachten Lufthygiene für die Bauphase, Müller-BBM Bericht Nr. M136128/02 vom 30.11.2018.*

Demgegenüber sind in der vorliegenden Fortschreibung des Fachgutachtens zur Lufthygiene die nachfolgend aufgeführten Änderungen enthalten.

Es ist geplant, das gesamte Ausbruchmaterial aus dem Bauvorhaben auf dem Gelände des Steinbruchs MU-Bruch der Firma VSG Schwarzwald-Granit Werke GmbH & Co.KG in Raumünzach einzulagern. Die Zufahrten zu den Baustelleneinrichtungsflächen und zum Steinbruch MU-Bruch erfolgen über die L83 und B462.

Im vorliegenden Fachgutachten Lufthygiene werden die entsprechend geänderten Transportrouten bis zum Betriebsgelände des Steinbruchs und die geänderten Daten an den einzelnen Baufeldern bei den Emissions- und Immissionsprognosen berücksichtigt (Abbildung 2). Einige der Baufelder und damit deren Emissionen werden bei der neuen Planung entfallen (Tabelle 5). Die immissionsrelevanten Vorgänge des neuen Baufelds Steinbruch MU-Bruch werden in einem separaten Fachgutachten Staub für den Steinbruch [47] behandelt. Die Emissionen Untertage und durch Sprengungen sind unverändert.

Die o. g. Änderung der Planung hat geänderte Verkehrsbelastungen auf den Straßen und den bauzeitlichen Transportwegen zur Folge (Abbildung 4). Die Berechnung der Schadstoffemissionen erfolgt auf Basis der o. a. Verkehrsmengen und dem "HBEFA Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs" das zwischenzeitlich in der Version 4.1 vorliegt [11]. Zudem wurden die Emissionsfaktoren für eine Verkehrsflottenzusammensetzung nach HBEFA 4.1 im Bezugsjahr 2022<sup>1</sup> angesetzt. Insgesamt sind damit die für den Straßenverkehr und Baustellenverkehr ermittelten Emissionen teilweise höher und teilweise geringer als im Gutachten 2018.

Die Methodik und die Grundlagen der Ausbreitungsmodellierung (Rechengitter und Geländemodell) sind unverändert übernommen worden. Die meteorologischen Daten wurden in Form einer Ausbreitungsklassenzeitreihe für das neu ermittelte repräsentative Jahr 2015 [18] angesetzt. Das Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT wurde in der aktuellen Version 3.4.24 vom August 2020 [8] eingesetzt.

Aufgrund der geänderten Emissionen des Verkehrs sind die daraus resultierenden NO<sub>2</sub>- und PM<sub>10</sub>-Immissionen verändert. Die Änderungen bewegen sich im 1-stelligen Prozentbereich. Die lufthygienische Bewertung nach 39. BImSchV [22] der planungsbedingten Schadstoffbelastung hat sich nicht verändert.

Aufgrund der geänderten Emissionen des Verkehrs sind die daraus resultierenden Stickstoffdepositionen verändert. Die grafische Darstellung wurde gemäß den neuen

---

<sup>1</sup> In diesem Jahr wird der frühest mögliche Baubeginn erwartet.

Beurteilungsgrundlagen für Stickstoffeintrag in Natura 2000-Gebieten „Stickstoffleitfaden Straße“ [37] und „Stickstoffleitfaden BImSchG-Anlagen“ [38] angepasst. Dort wird ein unteres Abschneidekriterium für die vorhabenbedingte Zusatzbelastung bei einem Depositionswert von  $0,3 \text{ kg N} / (\text{ha} \times \text{a})$  definiert. Der Wert von  $0,3 \text{ kg N} / (\text{ha} \times \text{a})$  gilt unabhängig von einem Critical Load.

Die Vorbelastungsdaten der Stickstoffdeposition haben eine neue Grundlage. Seit 31.08.2020 sind im Daten- und Kartendienst der LUBW [6] neue Karten der Stickstoffdeposition für Baden-Württemberg erschienen [36].

## Zusammenfassung

Die EnBW Energie Baden-Württemberg AG beabsichtigt die Errichtung und den Betrieb des Pumpspeicherwerks Forbach – Neue Unterstufe auf der Gemarkung der Gemeinde Forbach im Nordschwarzwald. Im Rahmen des Vorhabens wird das bestehende Schwarzenbachwerk durch ein vollwertiges Pumpspeicherwerk und das bestehende Murgwerk durch ein neues Wasserkraftwerk ersetzt. Sowohl das neue Schwarzenbach- als auch das neue Murgwerk werden in Kavernen-Bauweise, d. h. unterirdisch erstellt. Die neue Kraftwerkskaverne nimmt alle Anlagenbestandteile (die Kavernenteile Schwarzenbachwerk, Murgwerk, und Transformatoren jeweils inklusive der zum Betrieb notwendigen Nebeneinrichtungen) unterirdisch auf.

Das vorliegende Fachgutachten zur Lufthygiene beschreibt die Ermittlung der durch den Straßenverkehr und den Baustellenbetrieb im Untersuchungsgebiet verursachten Schadstoffemissionen und die Berechnung der daraus resultierenden Immissionen in beurteilungsrelevanten Siedlungsbereichen. Die Immissionen werden hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit nach der 39. BImSchV [22] bewertet.

Darüber hinaus werden die durch den Baustellenbetrieb und den Verkehr bedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition) in umliegende FFH-Gebiete ermittelt und kartografisch dargestellt.

Die Grundlage für die durchgeführten Immissionsprognosen sind Ausbreitungsrechnungen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT [8] unter Berücksichtigung der Topografie und der ermittelten Emissionen im Untersuchungsgebiet. Die Vorgehensweise erfüllt die Forderungen der einschlägigen Richtlinie VDI 3783 Blatt 14 "Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung – Kraftfahrzeugbedingte Immissionen" [32].

Im Sinne einer konservativen Betrachtung (ungünstigste Annahme) wurden die Emissionsprognosen für den Straßenverkehr auf Grundlage der Verkehrsprognose 2030 [45] für eine Fahrzeugflotte des Jahres 2022<sup>2</sup> 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**

Die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind bezogen auf den Grenzwert nach 39. BImSchV deutlich höher als die NO<sub>2</sub>-Kurzzeitbelastungen, d. h. die ermittelten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte schöpfen den Grenzwert stärker aus als die zulässigen Überschreitungen der NO<sub>2</sub>-Stundenmittelwerte. Zur Bewertung der NO<sub>2</sub>-Immissionen werden daher die Belastungen auf Grundlage der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte diskutiert.

Die NO<sub>2</sub>-Immissionen im Nullfall zeigen längs der Bundesstraße B462 gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Konzentrationen, die jedoch unter 20 µg/m<sup>3</sup> bleiben.

---

<sup>2</sup> In diesem Jahr wird der frühest mögliche Baubeginn erwartet.

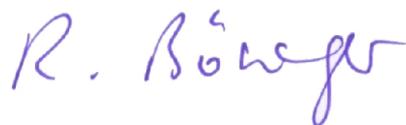
An der nächstgelegenen Bebauung gibt es keine Überschreitungen des NO<sub>2</sub>-Grenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup>.

Die im Planfall Bauphase vom Betrieb und Verkehr auf den Baufeldern und den Bauwegen ausgehenden zusätzlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen führen zu NO<sub>2</sub>-Immissionen, die v. a. an den Stollenportalen und den Baufeldern bei Forbach deutlich gegenüber der Hintergrundbelastung hervortreten. Die zusätzliche NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung entlang der Bauwege ist schwächer ausgeprägt. An den beurteilungsrelevanten Immissionsorten unterschreiten die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte mit maximal 26 µg/m<sup>3</sup> auch im Planfall Bauphase den Grenzwert.

Die Feinstaubbelastungen unterschreiten an den beurteilungsrelevanten Immissionsorten die Grenzwerte für die Jahresmittelwerte nach der 39. BImSchV. Die ermittelten PM<sub>2,5</sub>-Jahresmittelwerte liegen mit maximal 11 µg/m<sup>3</sup> deutlich unter dem Grenzwert von 25 µg/m<sup>3</sup>. Auch die ermittelten PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte liegen mit maximal 20 µg/m<sup>3</sup> deutlich unter dem Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>. Bei diesen PM<sub>10</sub>-Immissionen ist davon auszugehen, dass an den Fassaden der betrachteten Gebäude die nach der 39. BImSchV zulässigen 35 Überschreitungstage für den PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwert nicht erreicht werden.

#### ***Beurteilung hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit***

Zusammenfassend lässt sich auf der Grundlage der verwendeten Eingangsdaten und Methodik festhalten, dass nach den hier dokumentierten Untersuchungen an allen beurteilungsrelevanten Immissionsorten die Grenzwerte nach 39. BImSchV eingehalten werden. Aus lufthygienischer Sicht bestehen keine Einwendungen gegen die Planrealisierung Unterstufe Pumpspeicherwerk Forbach.



Dr. rer. nat. Rainer Böwinger

## 1 Aufgabenstellung

Die EnBW Energie Baden-Württemberg AG (im Folgenden EnBW) beabsichtigt die Errichtung und den Betrieb des Pumpspeicherwerks Forbach – Neue Unterstufe auf der Gemarkung der Gemeinde Forbach im Nordschwarzwald.

Im Rahmen des Vorhabens Pumpspeicherwerk Forbach – Neue Unterstufe wird das bestehende Schwarzenbachwerk durch ein vollwertiges Pumpspeicherwerk und das bestehende Murgwerk durch ein neues Wasserkraftwerk ersetzt. Sowohl das neue Schwarzenbach- als auch das neue Murgwerk werden in Kavernen-Bauweise, d. h. unterirdisch erstellt. Die neue Kraftwerkskaverne nimmt alle Anlagenbestandteile (die Kavernenteile Schwarzenbachwerk, Murgwerk, und Transformatoren jeweils inklusive der zum Betrieb notwendigen Nebeneinrichtungen) unterirdisch auf.

Die Planung der Neuen Unterstufe basiert auf dem Grundsatz, vorhandene Anlagen weiter zu nutzen. So können sowohl die Schwarzenbachtalsperre als auch das Sammelbecken Kirschbaumwasen ohne bauliche und betriebliche Veränderungen in das neue Anlagenkonzept integriert werden. Für das neue Schwarzenbachwerk wird das bestehende Ausgleichsbecken um einen Kavernenwasserspeicher ergänzt; das so erweiterte Ausgleichsbecken dient dann als Unterbecken für das neue Pumpspeicherwerk. Zusätzlich zum Nutzvolumen des Ausgleichsbeckens werden rund 200.000 m<sup>3</sup> Speichervolumen geschaffen.

Weitere wichtige Vorhabenbestandteile sind die zugehörigen Stollen, insbesondere die Unterwasser-, der Zufahrts-, der Energieableitungsstollen, sowie für die Bauarbeiten erforderliche Schutterstollen. An den vorhandenen Wasserschlossern werden zwei neue Druckschächte angebunden, welche die vorhandenen Oberwasserstollen mit der neuen Kraftwerkskaverne verbinden.

Auf der Projektwebseite <https://www.enbw.com/ausbau-pumpspeicher> wird das Vorhaben näher vorgestellt.

Das für das Vorhaben erforderliche Raumordnungsverfahren wurde vom Regierungspräsidium Karlsruhe im Dezember 2012 bereits positiv abgeschlossen [26]. Im Rahmen des Planfeststellungsantrags wurden die Auswirkungen auf die Luftschadstoffbelastung durch die Bautätigkeiten und den damit verbundenen KFZ-Verkehr während der Bauphase in einem Fachgutachten Lufthygiene prognostiziert und bewertet:

*Pumpspeicherwerk Forbach – Unterstufe, Fachgutachten Lufthygiene für die Bauphase, Müller-BBM Bericht Nr. M136128/02 vom 30.11.2018.*

Die vorliegende Fortschreibung des Fachgutachtens zur Lufthygiene wurde erforderlich, da das Verwertungskonzept für das Ausbruchsmaterial aus Untertage geändert wurde. Anstelle des Einbaus des Ausbruchsmaterials in die Aufschüttung Seebachhof und in die Auffüllung Heiligenwald wird jetzt das gesamte Ausbruchsmaterial in den Murgschifferschaftsbruch der Firma VSG Schwarzwald-Granit Werke GmbH & Co.KG in Raumünzach verbracht und dort zur späteren Wiederverwertung eingebaut. Die bisher auf dem Heiligenwald vorgesehene zentrale Baustelleneinrichtungsfläche wird ebenfalls im Murgschifferschaftsbruch in Raumünzach untergebracht [25].

Die Einlagerung und Verwertung des Ausbruchsmaterials auf dem Gelände des Steinbruchs wird mittels eines vorgelagerten immissionsschutzrechtlichen Genehmigungs-

verfahrens von der VSG Schwarzwald-Granit Werke GmbH & Co. KG betrieben. In diesem Zusammenhang wurde ein separates Fachgutachten Staub erstellt [47].

Im vorliegenden Fachgutachten Lufthygiene werden die entsprechend dem geänderten Entsorgungskonzept geänderten Transportrouten bis zum Betriebsgelände des Steinbruch Raumünzach und die geänderten Daten an den einzelnen Baufeldern bei den Emissions- und Immissionsprognosen berücksichtigt. Die immissionsrelevanten Vorgänge im Steinbruch werden im o. g. Fachgutachten Staub [47] behandelt.

Die Luftschadstoffbelastung ist hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit nach 39. BImSchV [22] zu bewerten. Für die Beurteilung wurden Untersuchungspunkte in Siedlungsbereichen ausgewählt, die besonders exponiert sind.

Für die spätere Beurteilung des Schadstoffeintrags in Natura 2000-Gebiete ist zudem der planungsbedingte Stickstoffeintrag (N-Deposition) als Differenz der Stickstoffeinträge in der Bauphase und im Nullfall zu ermitteln. Es ist der Stickstoffeintrag durch Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zu berücksichtigen.

Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens. Die N-Deposition wird flächenhaft im Untersuchungsgebiet ermittelt und dem FFH-Gutachter als Grundlage für die Bewertung übergeben (Antragsteil E.II. FFH Verträglichkeitsuntersuchung).

## 2 Rechtliche Beurteilungsgrundlagen

### 2.1 Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit

Im Rahmen der vorliegenden lufthygienischen Untersuchung ist die Luftschadstoffbelastung nach der 39. BImSchV [22] hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit zu bewerten. In der vorliegenden Untersuchung werden die v. a. von Verbrennungsmotoren (Kraftfahrzeuge im Straßenverkehr und Baumaschinen) emittierten Schadstoffe Stickoxide NO<sub>x</sub> (Summe aus NO und NO<sub>2</sub>) sowie Feinstaubpartikel (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) behandelt. Diese Schadstoffe gelten als Leitkomponenten im Aufgabengebiet der Luftreinhaltung, weil die Luftbelastung mit anderen in der 39. BImSchV limitierten Schadstoffen in Bezug zu den zugehörigen Grenzwerten 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 [22].

Schadstoffkomponente Bezugszeitraum	Konzentration [µg/m <sup>3</sup> ]	Zulässige Überschreitungen im Kalenderjahr
<b>Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub></b>		
Jahresmittel	40	-
Stundenmittel	200	18
<b>Feinstaub PM<sub>10</sub></b>		
Jahresmittel	40	-
Tagesmittel	50	35
<b>Feinstaub PM<sub>2,5</sub></b>		
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.

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung hat in einem Forschungsbericht zur Bewertung von straßenverkehrsbedingten Einträgen in empfindliche Biotope [4] einen Fachkonventionsvorschlag zur Erheblichkeitsbeurteilung veröffentlicht, der ein unteres Abschneidekriterium für die vorhabenbedingte Zusatz-

belastung bei einem Depositionswert von 0,3 kg N / (ha×a) setzt. Hierzu wird in diesem Bericht ausgeführt: *Die zusätzliche Menge an vorhabenbedingten 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“ [37] und des „Stickstoffleitfaden BImSchG-Anlagen“ [38]. Der Wert von 0,3 kg N / (ha×a) gilt unabhängig von einem Critical Load.

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

### 3 Beschreibung des Untersuchungsgebiets

#### 3.1 Beschreibung der örtlichen Verhältnisse

Das Untersuchungsgebiet liegt im nördlichen Teil des Schwarzwaldes im Landkreis Rastatt südlich des Ortes Forbach. Forbach liegt im mittleren Murgtal an der nach Norden fließenden Murg (300 m NHN). Westlich und östlich der Murg steigt das Gelände an. Der Ortsteil Raumünzach (400 m NHN) liegt etwas flussaufwärts und der Ortsteil Erbersbronn (520 m NHN) liegt in einem Seitental oberhalb im Südwesten. Die Orte Herrenwies (750 m NHN) und Schwarzenbach (670 m NHN) liegen am Schwarzenbach bzw. an der Schwarzenbachtalsperre westlich des Murgtals (Abbildung 1).

Der nördliche Teilbereich des 2014 eingerichteten Nationalparks Schwarzwald gehört überwiegend zum Gebiet der Gemeinde Forbach. Das Geländere relief variiert im Untersuchungsgebiet von etwa 250 m bis 1.055 m NHN (Hoher Ochsenkopf).

#### 3.2 Planung Erweiterung Pumpspeicherwerk Rudolf-Fettweis-Werk

EnBW betreibt in Forbach die Wasserkraftanlage Rudolf-Fettweis-Werk. Die Gesamtanlage wird derzeit als Laufwasser-, Speicher- und Pumpspeicherwerk (ohne Wälzbetrieb) genutzt. Das Rudolf-Fettweis-Werk soll um eine neue Unterstufe erweitert und zu einem Pumpspeicherwerk (mit Wälzbetrieb) ausgebaut werden.

Zur Realisierung der Planung sind folgende Baumaßnahmen erforderlich:

- Anlage des Kavernenwasserspeichers mit Haupt-, Neben- und Querstollen
- Anlage einer Kraftwerkskaverne
- Anlage eines Auslaufstollens als Verbindung vom Kavernenwasserspeicher zum Ausgleichsbecken Forbach
- Anlage eines Zufahrtsstollens
- Einrichtung und Baubetrieb auf Baustelleneinrichtungs- und Lagerflächen, Baufeldern und im Bereich von bauzeitlichen Zufahrtswegen
- Transporte von Ausbruchmaterial

Abbildung 2 zeigt die vorgesehenen Transportwege und Baustelleneinrichtungsflächen für die Bauphase der Unterstufe. Es ist geplant, das gesamte Ausbruchmaterial aus dem Bauvorhaben auf dem Gelände des Steinbruches der Firma VSG Schwarzwald-Granit Werke GmbH & Co.KG in Raumünzach (MU-Bruch) einzulagern. Die Zufahrten zu den Baustelleneinrichtungsflächen und zum Steinbruch MU-Bruch erfolgt über die L83 und B462. Als Baustraßen werden überwiegend bestehende Forststraßen verwendet, die für den Baustellenverkehr ausgebaut werden müssen.

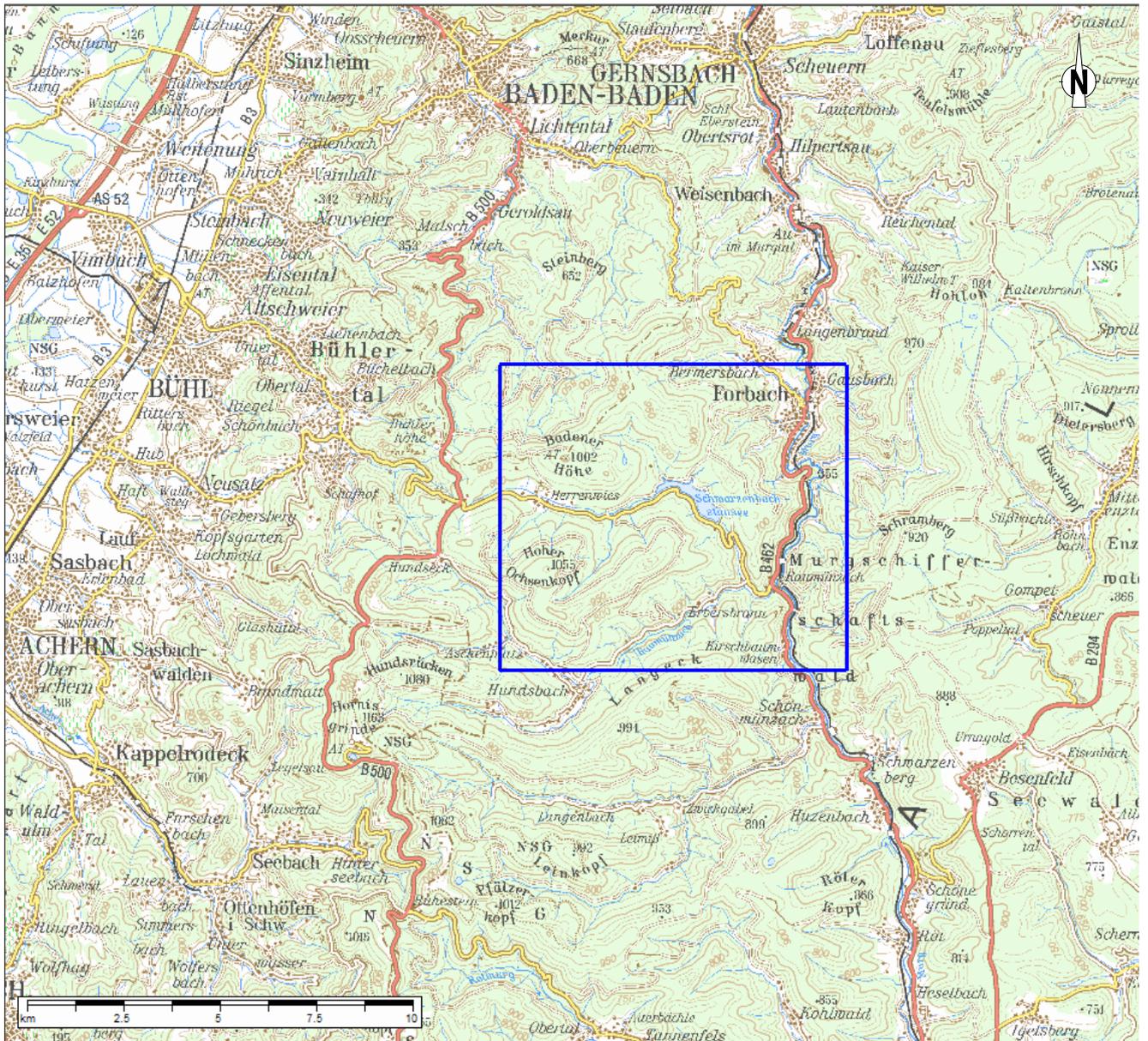


Abbildung 1. Untersuchungsgebiet auf topografischer Karte [40].

### 3.3 Voraussichtlicher Bauablauf

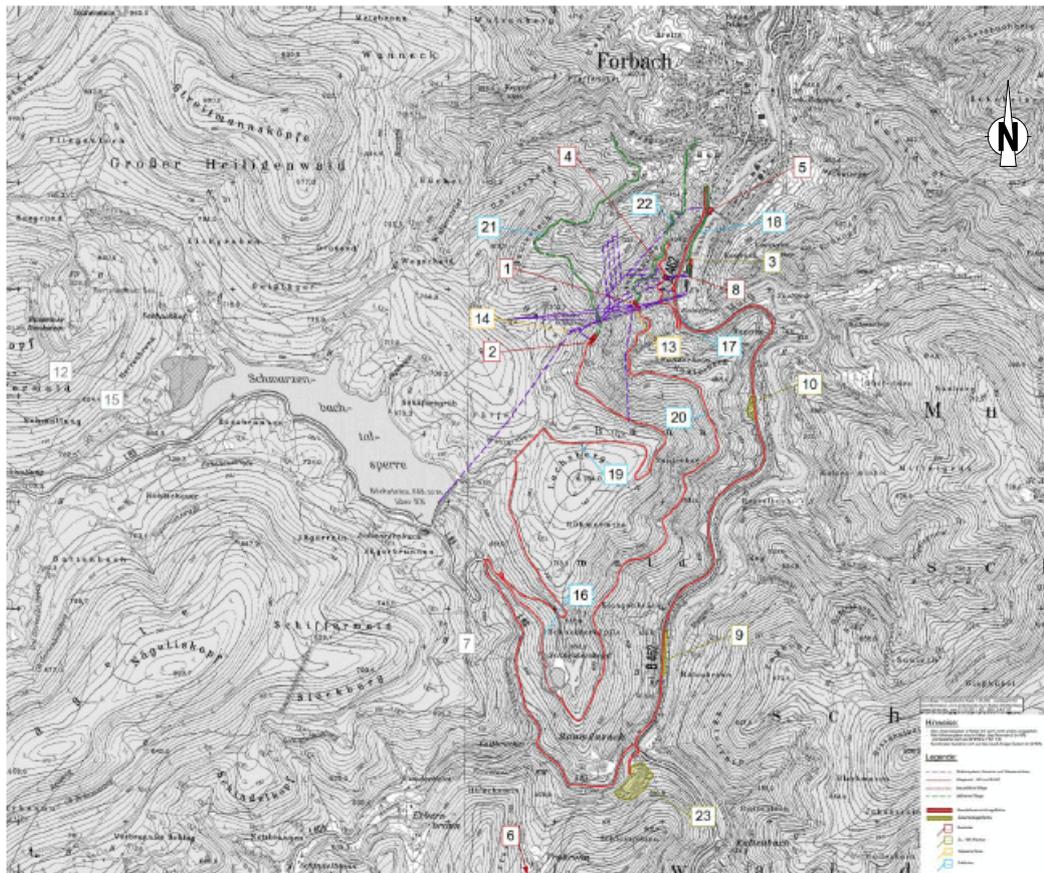
Es wird von einer etwa vierjährigen Bauzeit ausgegangen. Zeitlich und z. T. räumlich ergeben sich in den einzelnen Bauphasen auf den verschiedenen Baustelleneinrichtungsflächen und Transportwegen unterschiedliche Aktivitäten, die zu unterschiedlichen Schadstoffemissionen führen. Für die einzelnen Bauphasen liegen Angaben zu den eingesetzten Baugeräten und deren tägliche Betriebszeiten vor [25]. Neben den oberirdischen Bautätigkeiten sind bergmännische Bautätigkeiten erforderlich.

Es sind folgende emissionsverursachende Aktivitäten und Prozesse zu berücksichtigen:

- zusätzliches LKW-Aufkommen auf den öffentlichen Straßen
- LKW-Fahrten auf den bauzeitlichen Fahrwegen (größtenteils nicht asphaltiert)
- Betrieb von Verbrennungsmotoren der Baumaschinen auf Baustelleneinrichtungsflächen
- Betrieb von Verbrennungsmotoren der Baumaschinen Untertage
- Staubaufwirbelung beim Verladen des Ausbruchmaterials
- Sprengungen

Die Einlagerung, Aufbereitung und Verwertung des Ausbruchmaterials auf dem Gelände des Steinbruch MU-Bruch wird mittels eines vorgelagerten immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsverfahren von der VSG Schwarzwald-Granit Werke GmbH & Co. KG betrieben. In diesem Zusammenhang wurde ein separates Fachgutachten Staub erstellt [47].

Im vorliegenden Fachgutachten Lufthygiene werden die Emissionen auf den Transportrouten bis zum Betriebsgelände des Steinbruch MU-Bruch und die Emissionen auf den einzelnen Baufeldern bei den Immissionsprognosen berücksichtigt.



1	Portal Oberwasserstollen Murgwerk	12	entfällt
2	Portal Oberwasserstollen Schwarzenbachwerk	13	Wasserschloss Murgwerk
3	Baustelleneinrichtungsfäche RFW	14	Wasserschloss Schwarzenbachwerk
4	Portal Schutterstollen	15	entfällt
5	Auslaufbauwerk	16	Anschluss bauzeitliche Zufahrt zu Zugangsstollen Murgwerk
6	entfällt	17	Betriebszufahrt/bauzeitl. Zufahrt Portal Schutterstollen
7	entfällt	18	Bauzeitliche Zufahrt Auslaufbauwerk und Zufahrtsstollen
8	Portalgebäude Zufahrtsstollen	19	Bauzeitliche Zufahrt Zugangsstollen Schwarzenbachwerk
9	BE Bahnhof Raumünzach	20	Bauzeitliche Zufahrt Zugangsstollen Murgwerk
10	BE Parkplatz B462	21	Betriebszufahrt Zugangsstollen Schwarzenbachwerk
11	entfällt	22	Betriebszufahrt Zugangsstollen Murgwerk
		23	Baustelleneinrichtungsfäche Murgschifferschaftsbruch

Abbildung 2. Transportwege und Baustelleneinrichtungsfächen beim Bau der Unterstufe [25].

## 4 Technische Grundlagen

### 4.1 Vorgehensweise und Berechnungsverfahren

Zur Beurteilung der Immissionen hinsichtlich des Schutzes der menschlichen Gesundheit nach 39. BImSchV [22] werden die Schadstoffe Stickstoffdioxid  $\text{NO}_2$  sowie Feinstaubpartikel ( $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ ) betrachtet. Für die Beurteilung werden Untersuchungspunkte in Siedlungsbereichen ausgewählt, die besonders exponiert sind.

Für die spätere Beurteilung des Schadstoffeintrags in Natura 2000-Gebiete ist zudem der planungsbedingte Stickstoffeintrag (N-Deposition) als Differenz der Stickstoffeinträge in der Bauphase und im Nullfall zu ermitteln. Es ist der Stickstoffeintrag durch Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zu berücksichtigen.

Um die topografischen Gegebenheiten mit dem ausgeprägten Relief und die örtlichen Windverhältnisse zu berücksichtigen, sind die Immissionsberechnungen mit einem geeigneten dreidimensionalen Strömungs- und Ausbreitungsmodell durchzuführen.

Die von der Topografie beeinflussten Luftströmungen und die Ausbreitung der Schadstoffe wurden mit dem dreidimensionalen Ausbreitungsmodell LASAT<sup>3</sup> unter Berücksichtigung eines digitalen Geländehöhenmodells berechnet [8]. Für die Immissionsberechnungen wurden die für das Untersuchungsgebiet repräsentativen meteorologischen Daten der DWD-Station Freudenstadt verwendet [18]. Das zu LASAT gehörige diagnostische Windfeldmodell berechnet die durch Topografie geprägte örtliche Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung. Die Daten der Station Freudenstadt repräsentieren in dieser Vorgehensweise nur die Windverhältnisse für eine in Höhenlage ausgewählte Ersatz-Anemometer-Position, die dann mit den berechneten örtlichen Windfeldern statistisch gekoppelt werden. Die Vorgehensweise erfüllt die Forderungen der einschlägigen Richtlinie VDI 3783 Blatt 14 "Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung" [32].

In der Bauphase kommen zu den Straßenverkehrsemissionen die Emissionen des Baustellenverkehrs, des Baustellenbetriebs (Baumaschinenabgase, Erdbewegungen, Fahrbewegungen, ...) und durch Sprengungen hinzu:

- Emissionsermittlung Straßenverkehr nach VDI 3782 Blatt 7 und HBEFA 3.3 (Abschnitt 4.2)
- Ermittlung diffuser Staubemissionen nach VDI 3790 Blatt 3 (Abschnitt 4.3)
- Emissionsermittlung Baumaschinen nach 28. BImSchV (Abschnitt 4.4)
- Abschätzung der Emissionen Untertage (Abschnitt 4.5) und durch Sprengungen (Abschnitt 4.6)

Im Sinne einer konservativen Prognose wird für jede Baustelleneinrichtungsfläche und jeden bauzeitlichen Transportweg die Bauphase betrachtet, von der die jeweils höchsten Emissionen und Immissionen zu erwarten sind.

---

<sup>3</sup> 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).

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

Die Parametrisierung der luftchemischen Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO<sub>2</sub> erfolgte nach [35]. Diese Vorgehensweise wurde durch Auswertungen von Messdaten der letzten Jahre für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte bis 60 µg/m<sup>3</sup> bestätigt [3].

#### *Ermittlung der Kurzzeitbelastungswerte*

Die Betrachtung der PM<sub>10</sub>-Kurzzeitbelastung erfolgt mit Hilfe der funktionalen Abhängigkeit zwischen der Anzahl der Tage mit PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m<sup>3</sup> und dem PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert, die in einem Forschungsprojekt der Bundesanstalt für Straßenwesen BASt aus Messdaten abgeleitet wurde [9]. Eine Überschreitung des PM<sub>10</sub>-Kurzzeitgrenzwertes wird mit diesem Ansatz für PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte größer als 30 µg/m<sup>3</sup> abgeleitet.

Nach einem Ansatz des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz LANUV von Nordrhein-Westfalen wird bei einem PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert zwischen 29 µg/m<sup>3</sup> und 32 µg/m<sup>3</sup> die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes möglicherweise nicht eingehalten [16]. Nach [27] kann davon ausgegangen werden, dass der PM<sub>10</sub>-Tagesmittelgrenzwert eingehalten wird, wenn der PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwert nicht mehr als 27 bis 30 µg/m<sup>3</sup> beträgt. Der PM<sub>10</sub>-Kurzzeitgrenzwert ist daher wesentlich strenger als der zulässige Jahresmittelwert für PM<sub>10</sub> von 40 µg/m<sup>3</sup>.

Bezüglich NO<sub>2</sub> ist aus Messdaten der umgekehrte Zusammenhang bekannt. Statistische Auswertungen von gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen weisen im Vergleich der NO<sub>2</sub>-Kurzzeitbelastungswerte mit dem zugehörigen Jahresmittelwert an allen Messorten den Jahresmittelwert als die kritischere Größe aus. Unterschreitet die NO<sub>2</sub>-Belastung im Jahresmittel den Grenzwert der 39. BImSchV von 40 µg/m<sup>3</sup>, so ist auch die Einhaltung der zulässigen Überschreitungshäufigkeit (18mal pro Jahr) des Stundengrenzwertes von 200 µg/m<sup>3</sup> zu erwarten. Aus diesem Grund erfolgt im Zuge des vorliegenden Berichts keine explizite Bestimmung und Bewertung der Überschreitungshäufigkeit des NO<sub>2</sub>-Stundengrenzwertes. Die Beurteilung der Luftqualität erfolgt anhand der kritischeren Komponente NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert.

## 4.2 Emissionen öffentlicher Straßenverkehr und Baustellenverkehr

### 4.2.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrszahlen wurden vom Verkehrsgutachter [45] [46] übergeben. Die zur Verfügung gestellten und in den Emissions- und Immissionsberechnungen verwendeten Verkehrsdaten sind in Abbildung 3 für den Nullfall Prognose 2030 und in Abbildung 4 für den maximalen täglichen Verkehr in der Bauphase angegeben.

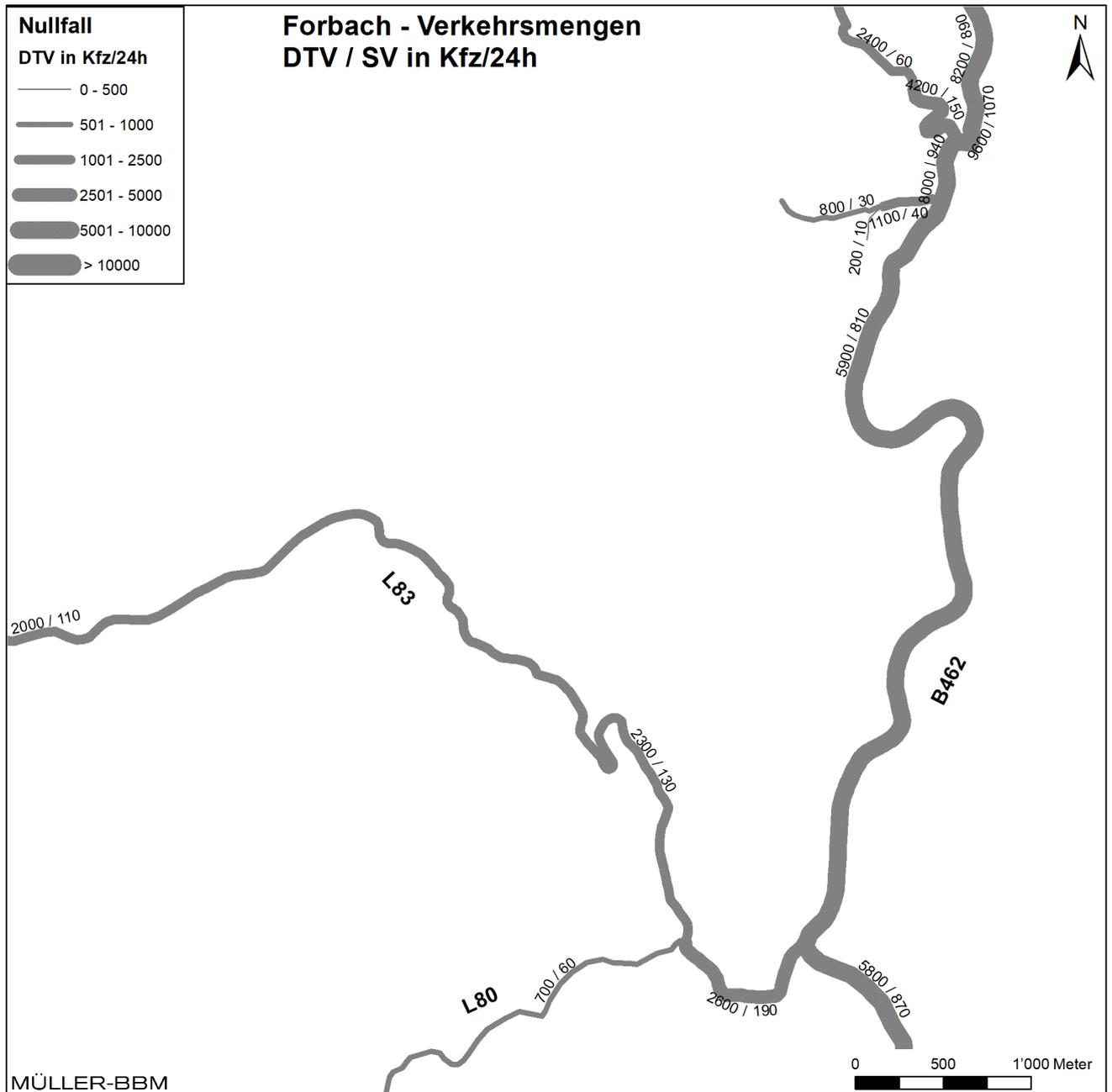


Abbildung 3. Verkehrsprognose 2030 - Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) und tägliche Anzahl Schwerverkehr SV (>3,5 t zul. Gesamtgewicht) [45].

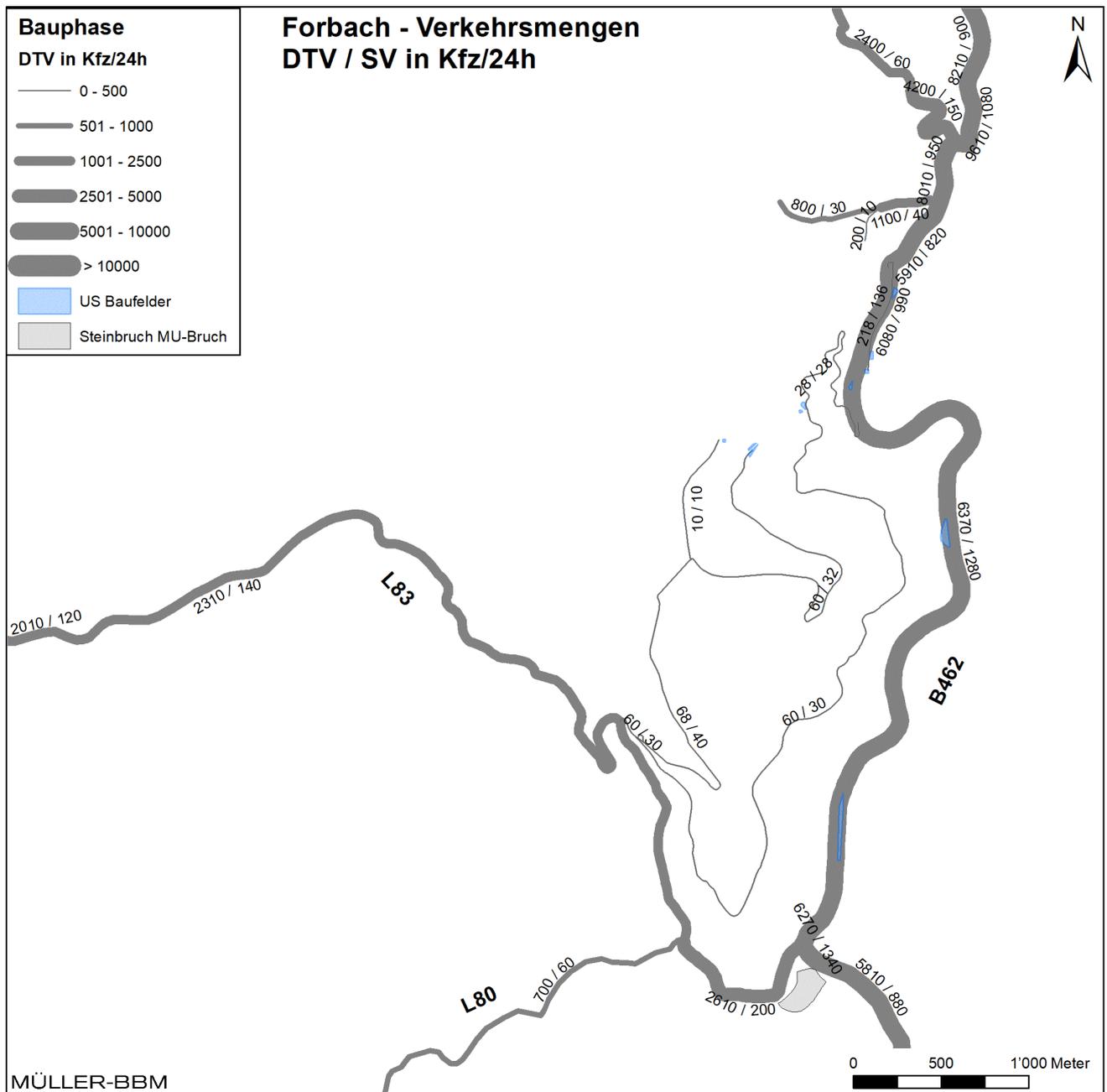


Abbildung 4. Verkehrsprognose 2030 plus maximaler täglicher Baustellenverkehr – Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) und tägliche Anzahl Schwerverkehr (>3,5 t zul. Gesamtgewicht) [45].

Die Verkehrszahlen wurden als durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV in Kfz/24h) und als täglicher Schwerverkehr SV (> 3,5 t zGG) angegeben. Auf den berücksichtigten Straßenabschnitten wurde für den öffentlichen Straßenverkehr nach [1] für die Fahrzeugflottenzusammensetzung ein mittlerer Anteil der leichten Nutzfahrzeuge (INfz < 3,5 t zGG) von 9 % am Leichtverkehr (Pkw und INfz) und der Linien- oder Reisebusse von 13 % am Schwerverkehr angesetzt.

#### 4.2.2 Emissionen Straßenverkehr und Baustellenverkehr

Die Berechnung der Schadstoffemissionen erfolgte auf Basis der o. a. Verkehrsmengen und Aufteilungen auf Fahrzeugarten sowie der Verkehrssituationen. Anhand der Verkehrsdaten und den Emissionsfaktoren pro Kfz wurden entsprechend der einschlägigen Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 "Kfz-Emissionsbestimmung" [29] die vom Straßenverkehr freigesetzten Schadstoffmengen (Emissionen) berechnet. In der vorliegenden Untersuchung werden die Schadstoffe Stickoxide ( $\text{NO}_x$  bzw.  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ ) und Feinstaubpartikel ( $\text{PM}_{2,5}$  und  $\text{PM}_{10}$ ) sowie Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) behandelt.

Der straßenverkehrsbedingte Stickstoffeintrag (N-Deposition) resultiert aus den in den Kfz-Abgasen enthaltenen Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ).

Die Abgas-Emissionsfaktoren der Kraftfahrzeuge wurden dem einschlägigen "HBEFA Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA 4.1" [11] 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 (levels of service LOS). 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 Verkehrssituation im Untersuchungsgebiet wurde nach HBEFA dem Gebietstyp "ländlicher Raum" zugeordnet. Die Verkehrsqualität wird im HBEFA durch einen vierstufigen level of service (LOS) klassifiziert. Für den fließenden Verkehr wurde auf den Straßen im Untersuchungsgebiet die Verkehrsqualität nach HBEFA zumeist als "freier Verkehr (LOS 1)" und auf den höher belasteten Strecken als "dichter Verkehr (LOS 2)" eingestuft.

Die Emissionsfaktoren für die Prognosen 2030 wurden für eine Verkehrsflottensammensetzung nach HBEFA 4.1 im Bezugsjahr 2022<sup>4</sup> 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 im Untersuchungsgebiet angesetzten Verkehrssituationen sind Abbildung 5 zu entnehmen. In Tabelle 2 sind die verwendeten Emissionsfaktoren differenziert nach Leichtverkehr LV (Personenkraftwagen, inkl. 9 % leichte Nutzfahrzeuge) und Schwerverkehr SV (schwere Nutzfahrzeuge und Busse 13 %) aufgeführt.

Für den LKW-Verkehr auf den Bauwegen zu den Baustelleneinrichtungsflächen wurden die  $\text{NO}_x$ - und die  $\text{NH}_3$ -Emissionsfaktoren für Solo-LKW > 32 t und Lastzug/Sattelschlepper > 34-40 t angesetzt (Tabelle 3). Die Ermittlung der Staubemissionen auf den Bauwegen wird in Abschnitt 4.3.4 beschrieben.

<sup>4</sup> In diesem Jahr wird der frühest mögliche Baubeginn erwartet.

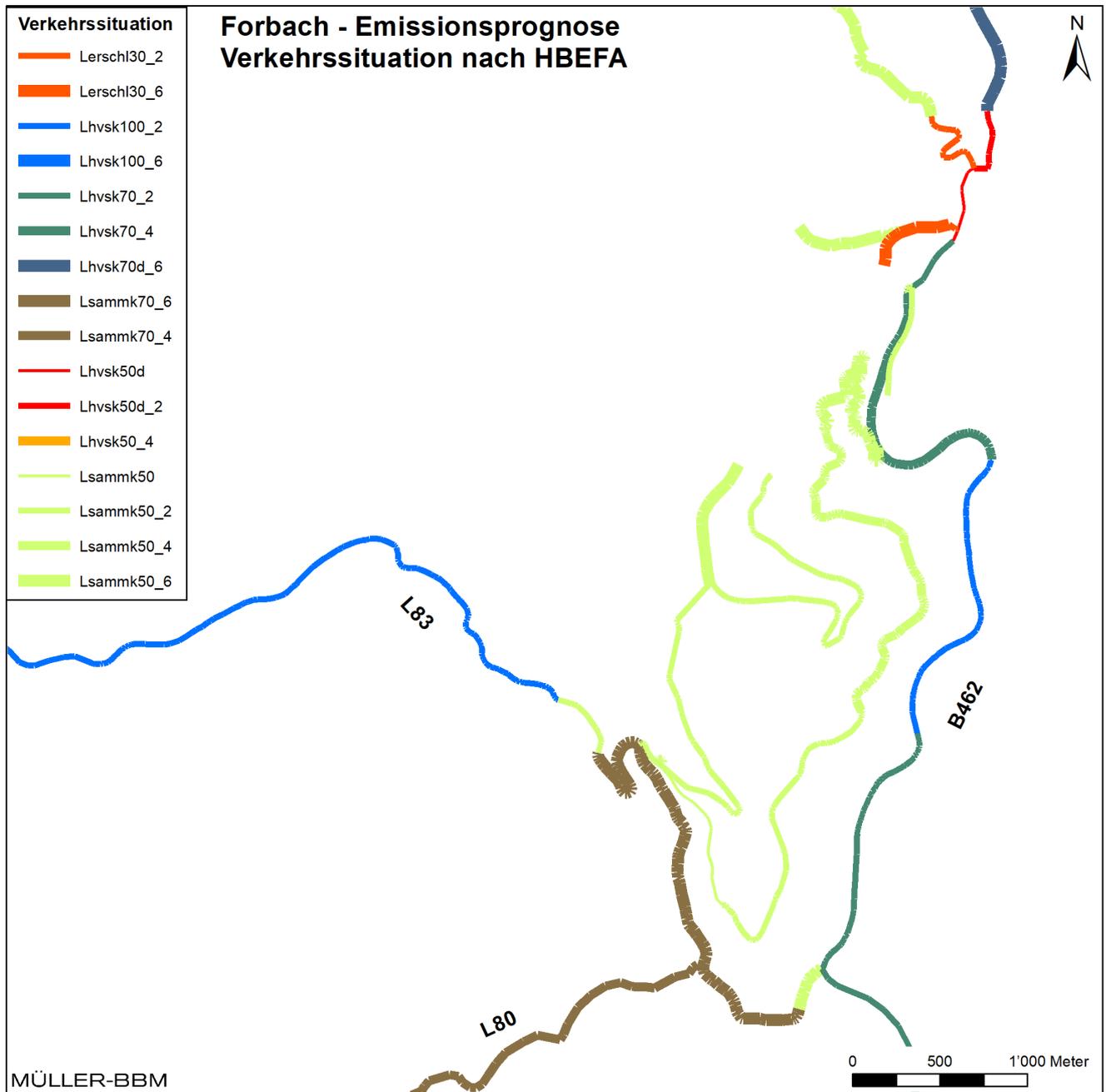


Abbildung 5. Verkehrssituationen im Untersuchungsgebiet entsprechend HBEFA [17].

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Pro\162\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01. 07. 2021

Tabelle 2. Emissionsfaktoren Leichtverkehr (LV=Pkw und INfz) und Schwerverkehr SV (>3,5 t, SNF und BUS) nach HBEFA 4.1 [17] für eine Fahrzeugflotte im Jahr 2022.

Verkehrssituation	Längs- neigung	NO <sub>x</sub>		NH <sub>3</sub>		PM <sub>2,5</sub> inkl. non-exhaust		PM <sub>10</sub> inkl. non-exhaust	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
in [mg/km] je Fahrzeug									
Lhvsk100_2	+/-2%	370	1'440	12.6	12.3	14	70	34	150
Lhvsk100_6	+/-6%	570	1'230	12.6	12.3	16	71	36	150
Lhvsk70_2	+/-2%	270	1'790	12.6	12.3	17	85	29	140
Lhvsk70_4	+/-4%	320	1'490	12.6	12.3	17	85	29	140
Lhvsk70d_6	+/-6%	480	1'640	12.6	12.3	20	91	37	370
Lhvsk50d	0%	380	3'400	10.9	15.5	20	100	37	380
Lhvsk50d_2	+/-2%	400	2'980	10.9	15.5	20	100	37	380
Lhvsk50_4	+/-4%	350	2'280	12.5	11.7	19	97	30	150
Lsammk70_4	+/-4%	360	1'400	12.6	12.3	18	82	29	140
Lsammk70_6	+/-6%	450	1'370	12.6	12.3	19	83	30	140
Lsammk50_2	+/-2%	350	2'350	12.5	11.7	20	97	30	130
Lsammk50_4	+/-4%	380	2'170	12.5	11.7	20	97	30	130
Lsammk50_6	+/-6%	450	1'990	12.5	11.7	20	97	31	130
Lersch130_2	+/-2%	350	2'240	10.9	15.5	20	99	30	310
Lersch130_6	+/-6%	440	1'920	10.9	15.5	20	99	31	310

Lhvsk100d\_2 Ländlich, Hauptverkehrsstraße, kurvig, Tempo 100, freier Verkehr, Längsneigung ±2%  
 Lhvsk50d Ländlich, Hauptverkehrsstraße, kurvig, Tempo 50, dichter Verkehr, Längsneigung 0%  
 Lsammk70\_6 Ländlich, Sammelstraße, kurvig, Tempo 70, freier Verkehr, Längsneigung ±6%  
 Lersch130\_6 Ländlich, Erschließungsstraße, Tempo 30, freier Verkehr, Längsneigung ±6%

Tabelle 3. NO<sub>x</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionsfaktoren LKW-Verkehr (SNF >32 t zGG) auf den Bauwegen nach HBEFA 4.1 [17] für eine Fahrzeugflotte im Jahr 2022.

Verkehrssituation	Längs- neigung	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
		SNF	SNF
[mg/km] je Fahrzeu			
Lsammk50	0%	2'220	13.8
Lsammk50_2	+/-2%	2'280	13.8
Lsammk50_4	+/-4%	2'080	13.8
Lsammk50_6	+/-6%	1'860	13.8

Lsammk50\_6 Ländlich, Sammelstraße, kurvig, Tempo 50, freier Verkehr, Längsneigung ±6%

### 4.3 Staub-Emissionen aus diffusen Quellen

Die aus Prozessen wie Schüttgutumschlag oder Aufwirbelung durch Fahrzeugbewegungen auf staubbeladenen Fahrwegen hervorgehenden Staubemissionen werden anhand der Berechnungsvorgaben der VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 zur "Emission von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen – Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern" [34] bestimmt.

### 4.3.1 Umschlagprozesse

Die Staubemissionen beim Umschlag staubender Güter durch die diskontinuierliche oder kontinuierliche *Abgabe* von Schüttgut (Abkipp- bzw. Abwurfvorgänge) werden gemäß VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 [34] mit der Gleichung (1) abgeschätzt:

$$Q_{\text{Ab}} = a \cdot 2,7 \cdot \frac{1}{\sqrt{M}} \cdot \left( \frac{H_{\text{frei}} + H_{\text{Rohr}} \cdot k_{\text{Reib}}}{2} \right)^{1,25} \cdot 0,5 \cdot k_{\text{Gerät}} \cdot k_{\text{U}} \cdot \rho_{\text{S}} \quad (1)$$

Dabei bezeichnen:

$Q_{\text{Ab}}$	Emissionsfaktor in g/t <sub>Gut</sub> für Abgabe des Schüttguts
$a = \sqrt{10^n}$	dimensionsloser Gewichtungsfaktor, der die Neigung des Schüttgutes zur Staubentwicklung berücksichtigt; mit $n = 0$ (staubarmes Gut), 2, 3, 4, 5 (stark staubend)
$M$	Abwurfmenge in t/Abwurf (bei diskontinuierlichen Verfahren) bzw. Förderleistung in t/h (bei kontinuierlichen Abwurfverfahren)
$\rho_{\text{S}}$	(mittlere) Schüttdichte des Schüttguts in t/m <sup>3</sup>
$H_{\text{frei}}$	freie Fallhöhe in m
$H_{\text{Rohr}}$	vertikale Höhendifferenz in m, den das Gut im Beladerohr oder auf einer Rutsche zurücklegt; $H_{\text{Rohr}} > 0$ für Verfahren mit Schüttrohren ohne Beladepopf oder mit Rutschen; sonst $H_{\text{Rohr}} = 0$
$k_{\text{Reib}}$	Faktor (dimensionslos) zur Berücksichtigung von Neigung und Reibung im Beladerohr, abhängig von Anstellwinkel des Rohres und Fließeigenschaft des Gutes
$k_{\text{Gerät}}$	empirischer Korrekturfaktor (dimensionslos) zur Berücksichtigung des verwendeten Be- bzw. Entladegeräts; z. B. 1,5 (Abwurf von LKW, Schaufellader o. ä.), 1 (kontinuierliche Beladegeräte wie Schüttrohre o. ä.)
$k_{\text{U}}$	Umfeldfaktor (dimensionslos) zur Berücksichtigung des Ortes der Emission; z. B. 0,9 (Halde)

Die Staubemission bei der *Aufnahme* von Schüttgut wird gemäß [34] anhand der Gleichung (2) abgeschätzt:

$$Q_{\text{Auf}} = a \cdot 2,7 \cdot \frac{1}{\sqrt{M}} \cdot k_{\text{U}} \cdot \rho_{\text{S}} \quad (2)$$

mit

$Q_{\text{Auf}}$	Emissionsfaktor in g/t <sub>Gut</sub> für Aufnahme des Schüttguts und $a$ , $\rho_{\text{S}}$ , $k_{\text{U}}$ wie oben beschrieben.
$M$	abhängig von der Verfahrensweise; hier: 100 (Aufnahme mit Radlader)

Die oben angegebenen Formeln sind im Berechnungsblatt zur VDI 3790 Blatt 3 des LANUV [15] umgesetzt, welches für die Abschätzung der Emissionen verwendet wurde. Auszüge aus diesem sind im Anhang C für die einzelnen Umschlagprozesse dargestellt.

In den Gleichungen muss der Faktor  $a = \sqrt{10^n}$  bestimmt werden. Dieser wird entsprechend dem optischen Erscheinungsbild beim Umschlag des Schüttgutes bzw. den Schüttguteigenschaften festgelegt, wobei die Tabellen im Anhang B der VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 [34] eine Orientierungshilfe geben. Das Ausbruchmaterial ist beim Forttransport erdfeucht und somit der Kategorie "außergewöhnlich feucht/staubarm" mit dem Gewichtungsfaktor  $n = 0$  (Faktor  $a = 1$ ) zuzuordnen. Die mittlere Schüttdichte ( $\rho_S$ ) des aufgelockerten Ausbruchmaterials wurde mit  $2,1 \text{ t/m}^3$  angesetzt. Als Umfeldfaktor wird für die Materialaufnahme  $k_U = 0,9$  ("Halde") angesetzt. Als Aufnahmeverfahren wird ein Schaufellader angenommen. Für die Abgabe des Materials auf die LKW-Ladefläche wird ebenfalls ein Umfeldfaktor von  $0,9$  angesetzt. Es findet ein diskontinuierlicher Abwurf vom Schaufellader ( $k_{\text{Gerät}} = 1,5$ ) statt, wobei die freie Fallhöhe auf  $H_{\text{frei}} = 1 \text{ m}$  veranschlagt wird und eine Abwurfmenge von  $8 \text{ t/Abwurf}$  angesetzt wird.

#### 4.3.2 Abwehung bei Lagerung

Da das Ausbruchmaterial zum einen erdfeucht und zum anderen in seiner originären Bruchgröße auf der Baustelleneinrichtungsfläche gelagert wird und dort nur maximal wenige Stunden bis Tage vor der Verladung auf die Transport-LKW verbleibt, ist der Staubabtrag durch Abwehung durch Wind äußerst gering gegenüber den anderen beschriebenen Quellen. Staubemissionen bei der Lagerung werden daher nicht berücksichtigt.

#### 4.3.3 Partikelgrößenverteilung der Staubemissionen

Bei den nach VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 [34] berechneten Emissionen handelt es sich um den Gesamtstaub. Feinstaubemissionen der Korngrößenfraktionen  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$  werden aus diesem mit deren nach Kummer 2010 [13] angesetzten Fraktionsanteilen von  $25 \%$  ( $\text{PM}_{10}$ ) bzw.  $5 \%$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ) am Gesamtstaub abgeschätzt.

#### 4.3.4 Staub-Emissionen des Baustellenverkehrs

Beim Fahrverkehr auf den nicht asphaltierten Bauwegen können grundsätzlich Emissionen durch Staubaufwirbelung und motorbedingte Partikelfreisetzung entstehen. Die Staubemissionen, die durch die Fahrbewegungen auf unbefestigten Fahrwegen verursacht werden, können gemäß der VDI-Richtlinie 3790 Bl. 3 [34] wie folgt abgeschätzt werden:

$$q_T = k_{K_{gv}} \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{2,7}\right)^b \cdot \left(1 - \frac{p}{365}\right) \quad (1)$$

- $q_T$  Emissionsfaktor in  $\text{g}/(\text{m} \times \text{Fahrzeug})$
- $k_{K_{gv}}$  Faktor zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung, siehe Tabelle 4
- $a$  korngößenabhängiger Exponent, siehe Tabelle 4
- $b$  Exponent, siehe Tabelle 4
- $S$  Feinkornanteil des Straßenmaterials in %, hier  $5 \%$  (nach [39])
- $W$  mittleres Gewicht der Fahrzeugflotte in t; hier  $27 \text{ t}$ .

$p$  Anzahl der Tage pro Jahr mit mindestens 0,3 mm Regenniederschlag, bzw. Anzahl der Tage mit Niederschlag; hier: 160 d/a

Tabelle 4. Faktor  $k_{KGV}$  und Exponenten  $a$  und  $b$  zur Berücksichtigung der Korngrößenverteilung [34]

Korngröße	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>30</sub>
$k_{KGV}$	0,042	0,42	1,38
$a$	0,9	0,9	0,7
$b$	0,45	0,45	0,45

Für den Transport des Ausbruchmaterials zum Steinbruch Raumünzach wurden LKW mit 37 t Gesamtmasse und 20 t Lademasse angesetzt. Die Staubemissionen durch die Fahrten der LKW auf den nicht asphaltierten Bauwegen wurden gemäß der VDI-Richtlinie 3790 Blatt 3 [34] mit dem Berechnungsblatt des LANUV [15] abgeschätzt. Die Emissionen bei Fahrten auf öffentlichen Straßen wurden wie in Abschnitt 4.2 beschrieben berechnet.

Die Anzahl der Fahrzeugbewegungen, die Weglängen und die transportierte Materialmengen wurden gemäß den Bauablaufplänen [25] angesetzt. Bei den Ausbreitungsrechnungen wurden jeweils die Emissionen aus dem Jahr mit den höchsten Aktivitäten berücksichtigt.

Um die Staubemissionen zu reduzieren, die durch die Fahrten der LKW auf den nicht asphaltierten Bauwegen und auf den Baufeldern erzeugt werden, sind die Fahrwege regelmäßig zu befeuchten.

#### 4.4 Emissionen der Baumaschinen

Die Emissionen der Verbrennungsmotoren der Baumaschinen wurden auf Basis der Emissionsgrenzwerte der Richtlinie 97/68/EG [28] nach den Angaben in IFEU [12] bestimmt (siehe Abschnitt 4.4).

Auf den Baustelleneinrichtungsflächen sowie in den Untertagebaustellen für die Unterstufe werden u. a. Baugeräte mit Dieselmotorantrieb zum Einsatz kommen. Die Stickoxid- und Feinstaubemissionen der Baumaschinenmotoren wurden auf Basis der Emissionsgrenzwerte der Richtlinie 97/68/EG<sup>5</sup> [28] in Abhängigkeit der Leistung ihrer Verbrennungsmotoren berechnet. Die Richtlinie gibt für Mobile Maschinen und Geräte, Baumaschinen und Traktoren Emissionsgrenzwerte für die Typgenehmigung und das Inverkehrbringen an. Für die Baumaschinen wurden die aktuell gültigen Emissionsgrenzwerte der Stufe IV angesetzt.

Für die seit 2014 gültige Stufe IV werden in der Kategorie Q (130-560 kW Leistung) und Kategorie R (56-130 kW Leistung) für Stickoxide NO<sub>x</sub> jeweils 0,4 g/kWh und für Partikel (entspricht in diesem Fall PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) 0,025 g/kWh ausgewiesen. Eine Anpassung der angegebenen Nennleistung an die tatsächliche mittlere Motorleistung

<sup>5</sup> Umsetzung in deutsches Recht in der 28. BImSchV.

der Baumaschinen im Betrieb erfolgt über die Verwendung eines Lastfaktors gemäß IFEU [12] von 0,5.

Die täglichen Betriebszeiten, die Arbeitstage je Woche, die Nennleistungen und der Auslastungsgrad des Baugeräteeinsatzes wurden den Bauablaufplänen [25] entnommen. Bei den Emissionsberechnungen wurde bei jeder Baustelleneinrichtungsfläche das Zeitfenster von einem Jahr mit den höchsten Aktivitätsdaten gewählt. Damit werden konservativ die Gesamtemissionen über alle Bauflächen eher überschätzt, da die maximalen Aktivitäten nicht bei allen Baustelleneinrichtungsflächen zur gleichen Zeit auftreten.

#### 4.5 Emissionen beim Untertagebau

Neben den oberirdischen Bautätigkeiten sind für das Stollensystem und den unterirdischen Kavernenwasserspeicher bergmännische Bautätigkeiten und Sprengungen erforderlich. Das Ausbruchsvolumen insgesamt beträgt für die Unterstufe rund 380.850 m<sup>3</sup>. Nach den Massendispositionsplänen wird maximal 335.000 m<sup>3</sup> pro Jahr für die Unterstufe ausgebrochen.

Zur Ermittlung der Emissionen untertage wurden die Einsatzzeiten der Baugeräte und die LKW-Fahrten nach Angaben der Planer [25] angesetzt. Die Emissionen bei Sprengungen werden in Abschnitt 4.6 behandelt.

Die untertägigen Stollenbaustellen werden mittels drückender Bewetterung belüftet, um Sprengschwaden sowie Abgase der Baumaschinen aus dem aufgefahrenen Hohlraum zu drücken und die Arbeiter mit Frischluft zu versorgen. Durch die Bewetterung werden die untertage freigesetzten Abgase und Stäube in Richtung Portal "gedrückt". Bei den Ausbreitungsrechnungen wurden diese Emissionen in Summe am jeweiligen Portal freigesetzt, ohne Minderungen wie Deposition an den Tunnelwänden zu berücksichtigen.

#### 4.6 Emissionen durch Sprengungen

Bei der Gebirgslösung durch Sprengung entstehen einerseits Staubemissionen durch das Bersten und Herabfallen von Gesteinsbrocken aus der Ortsbrust. Zum anderen bilden sich durch die Detonation des Sprengstoffs gasförmige Sprengschwaden, die u. a. Stickoxide beinhalten.

Die durch die Sprengungen (Gebirgsabschläge) entstehenden Staubemissionen werden anhand der Angaben des Planers [25] abgeschätzt. Die Abschätzung der Gasemissionen durch Sprengungen basiert auf sprengstoffspezifischen Emissionsfaktoren und der gezündeten Masse Sprengstoff. Für die Abschätzung der Stickoxidemissionen wird der vom Umweltbundesamt [24] für den Sprengstoff ANFO angegebene Emissionsfaktor verwendet.

Die Staubemission wird gemäß der *„Technischen Grundlage zur Beurteilung diffuser Staubemissionen“* des österreichischen Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend [36] entnommenen Gleichung ( 3 )

$$Q_{S,PM} = 0,75 \cdot k_{PM} \cdot a \cdot H_{ges} \cdot \rho \cdot \sqrt{M_S} \quad (3)$$

bestimmt. Dabei bezeichnen:

$Q_{S,PM}$	Emissionsmassenstrom einer Staubpartikelfraktion (in g)
$k_{PM}$	Anteil einer Partikelfraktion am Gesamtstaub = 1 für TSP (PM <sub>30</sub> ), 0,25 für PM <sub>10</sub> bzw. 0,053 für PM <sub>2,5</sub>
$a$	Gewichtungsfaktor der Staubungsneigung
$H_{ges}$	Höhe der Etage (Bruchwand) (in m)
$\rho$	Schüttdichte des Hauwerks oder Sprengschutts (in t/m <sup>3</sup> )
$M_S$	Gesteinsmasse pro Abschlag

Für die Emissionsberechnung wurde  $a = 1$  angesetzt nach [36] für *„Tunnelausbruch (erdfeucht bis nass verarbeitet)“*. Die Höhe der Etage wurde mit 7 m veranschlagt, die Schüttdichte mit 1,8 t/m<sup>3</sup>. Es wird entsprechend der Ausbruchsvolumen von einer durchschnittlichen Vortriebstätigkeit von ca. 3,5 Absschlägen pro Tag ausgegangen.

Die Stickoxidemissionen können anhand der eingesetzten Sprengstoffmenge und (sprengstoffspezifischen) Emissionsfaktoren für NO<sub>x</sub> abgeschätzt werden. Nach Angaben des Umweltbundesamtes [24] wurde ein Emissionsfaktor von 10 g NO<sub>x</sub> je kg Sprengstoff angesetzt. In der Planung wird derzeit von einem spezifischen Sprengstoffverbrauch<sup>6</sup> von 1,5 kg/m<sup>3</sup> ausgegangen [25].

#### 4.7 Zusammenfassung Emissionsquellen

In der Immissionssimulation mit dem numerischen Ausbreitungsmodell wurden die durch den Straßenverkehr und die durch den Baustellenbetrieb entstehenden Emissionen berücksichtigt. Die für die Immissionsprognosen angesetzten Emissionsquellenstärken der jeweiligen Straßenabschnitte wurden aus den o. a. Emissionsfaktoren (Tabelle 2) in Verbindung mit den Verkehrsmengen für die betrachteten Straßenabschnitte (Abschnitt 4.2.1) berechnet.

Die für den öffentlichen Straßenverkehr (Nullfall) ermittelten Emissionsdichten sind in Abbildung 6 und Abbildung 8 dargestellt. Abbildung 7 und Abbildung 9 zeigen die Emissionen in der Bauphase mit maximalem zusätzlichem Baustellenverkehr.

<sup>6</sup> spezifischer Sprengstoffverbrauch = Sprengstoffmasse des Abschlags/(Sprengquerschnitt × Abschlagtiefe)

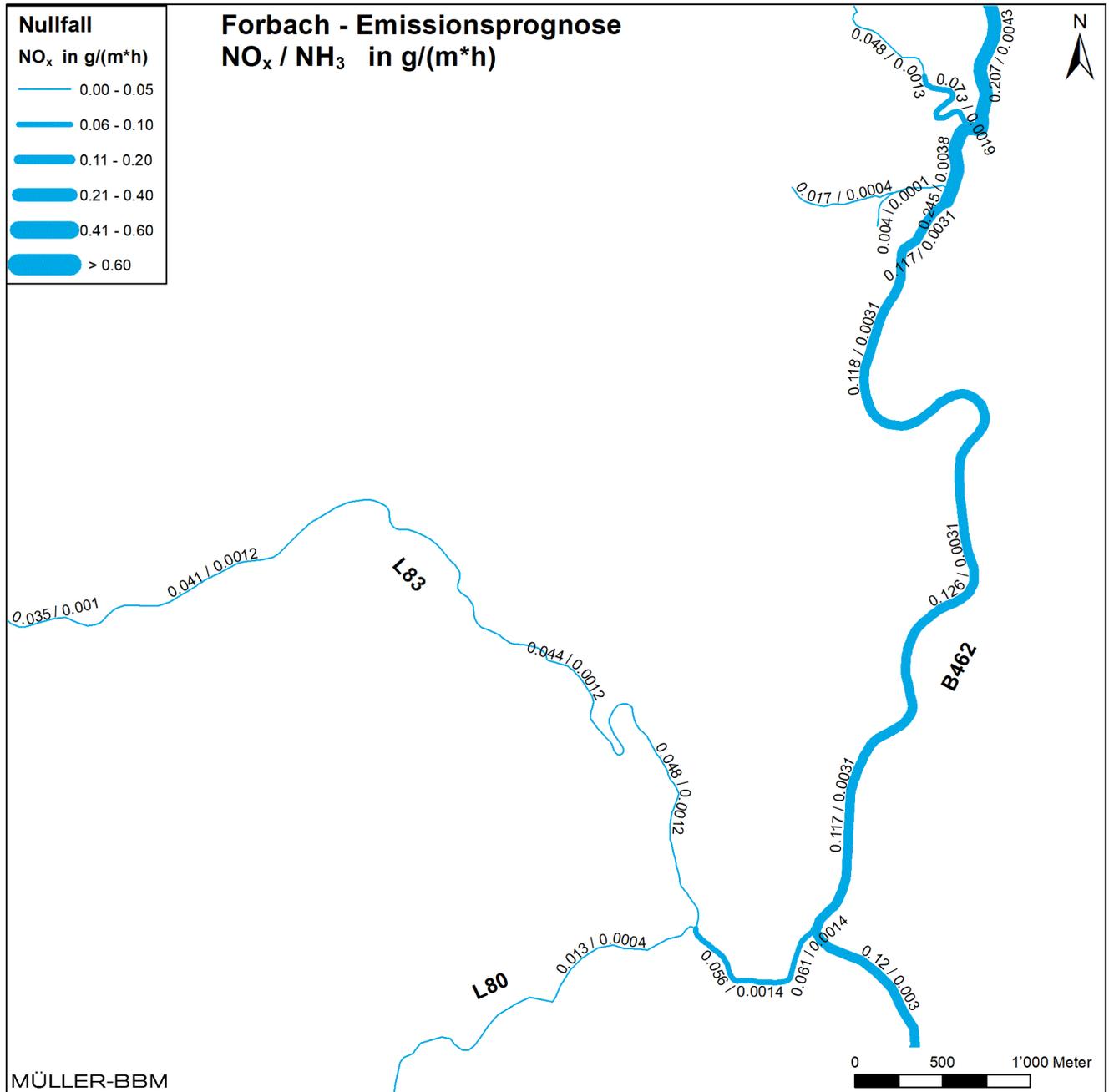


Abbildung 6. Jahresmittlere NO<sub>x</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionsquellstärken Straßenverkehr  
 - Nullfall Prognose 2030 ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Proj\162\M162341\M162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01. 07. 2021

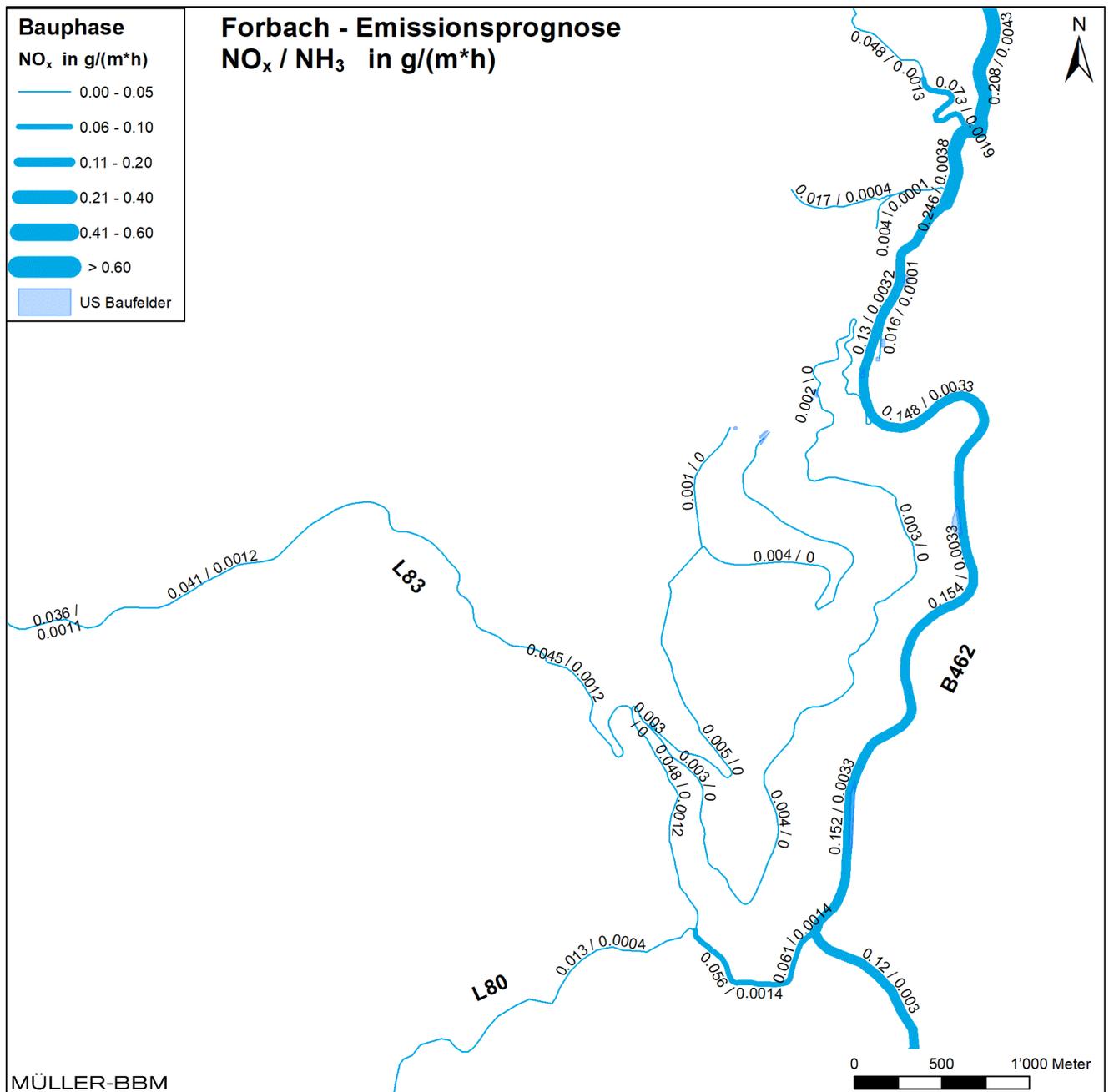


Abbildung 7. Jahresmittlere NO<sub>x</sub>- und NH<sub>3</sub>-Emissionsquellstärken Straßenverkehr und Baustellenverkehr - Prognose 2030 ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

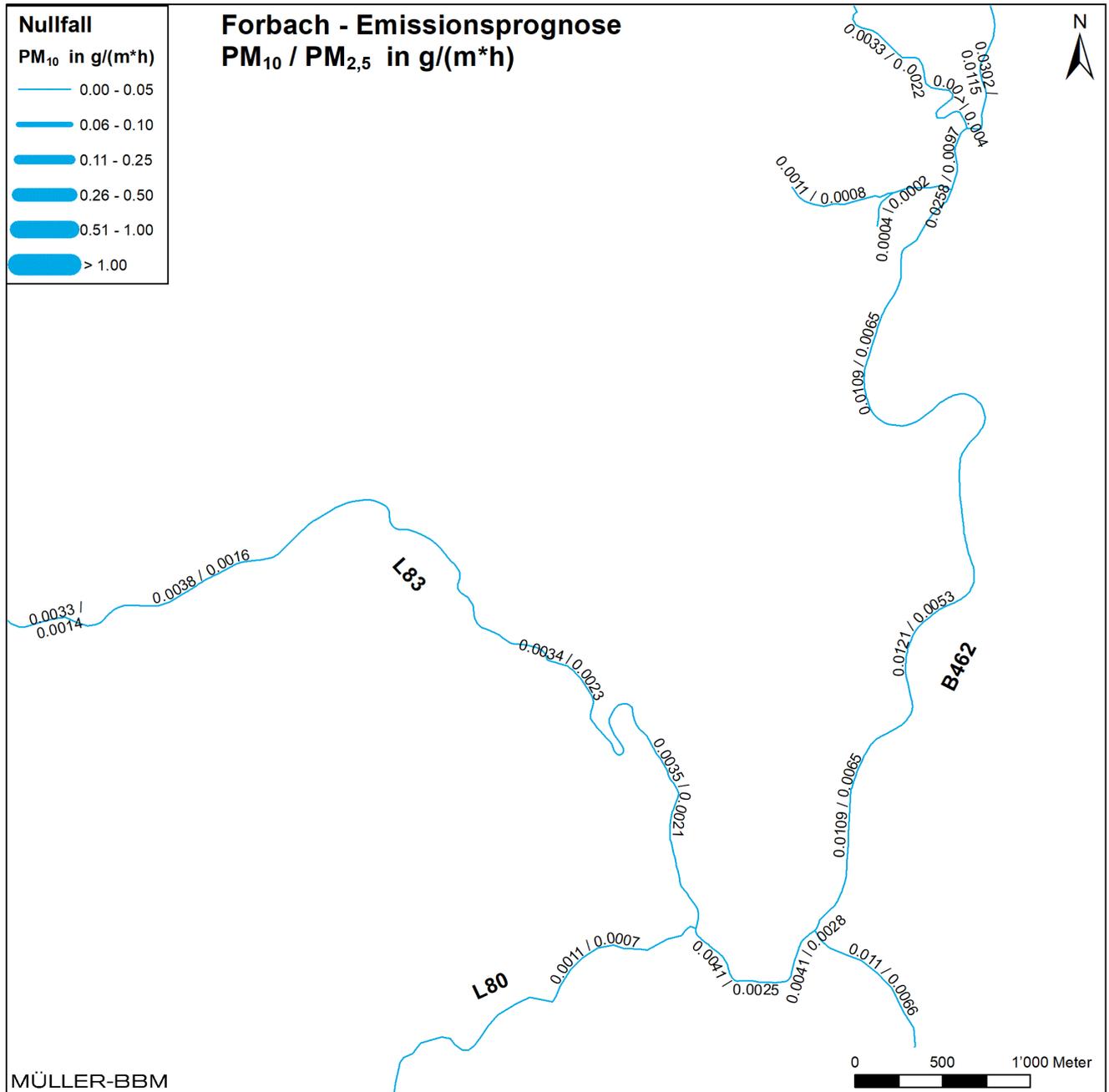


Abbildung 8. Jahresmittlere Feinstaub-Emissionsquellstärken Straßenverkehr  
 - Nullfall Prognose 2030 ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Pro\162\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01.07.2021



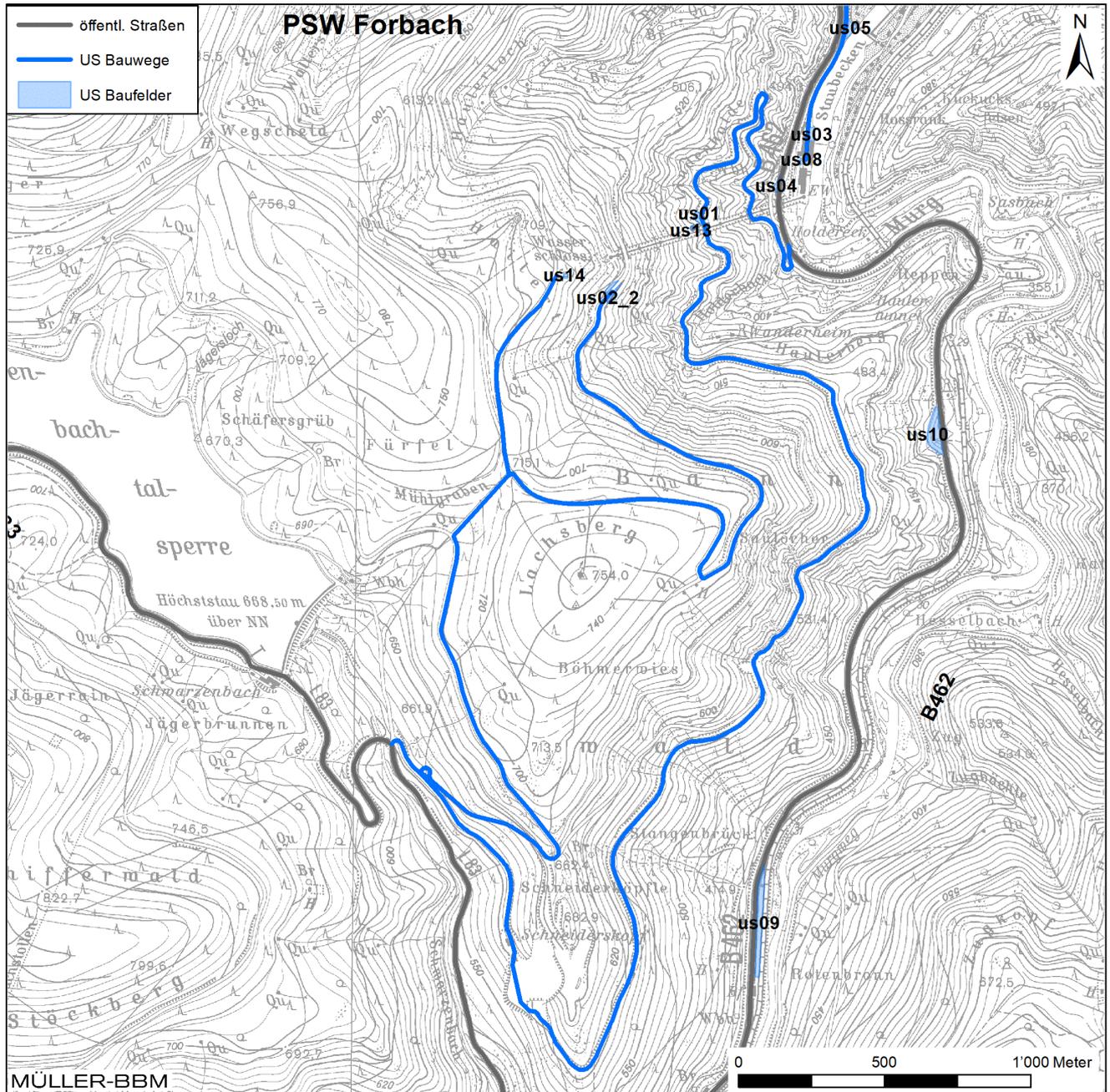


Abbildung 10. Baufelder (Baustelleneinrichtungsflächen) Unterstufe (usXX).

\\S-muc-fs01\allefirmen\IP\Proj\162\M\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01.07.2021

Tabelle 5. Jahresmittlere Emissionen (maximal) in kg/h durch Baustellenbetrieb auf den Baufeldern.

<b>Baufelder</b>		<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>PM<sub>2,5</sub></b>	<b>PM<sub>10</sub></b>	<b>Staub (PM<sub>30</sub>)</b>
mittlere Jahresemission in kg/h						
us01	Zugangsstollen Murgwerk	9.23E-02	0	6.20E-03	6.64E-03	8.30E-03
us02_2	Zugangsstollen Schwarzenbachwerk	7.46E-02	0	4.29E-03	4.86E-03	7.01E-03
us03	Baustelleneinrichtungsfläche Kavernenkraftwerk	7.56E-04	0	0.00E+00	4.72E-05	4.72E-05
us04	Schutterstollen mit Portal	6.97E-01	0	2.04E-02	5.20E-02	1.71E-01
us05	Auslaufbauwerk	2.18E-02	0	1.48E-03	1.94E-03	3.69E-03
us08	Zufahrtstollen mit Portalgebäude	1.39E-03	0	0.00E+00	8.67E-05	8.67E-05
us09	Baustelleneinrichtungsfläche Bahnhof Raumünzach	4.42E-03	0	0.00E+00	2.77E-04	2.77E-04
us10	Baustelleneinrichtungsfläche Parkplatz B462	8.11E-03	0	0.00E+00	5.07E-04	5.07E-04
us13	Wasserschloss Murgwerk	1.56E-02	0	9.78E-04	2.94E-03	2.99E-03
us14	Wasserschloss Schwarzenbachwerk	1.56E-02	0	9.80E-04	2.95E-03	3.02E-03

#### 4.8 Rechengebiet und räumliche Auflösung

Das LASAT-Rechengebiet für die Ausbreitungsrechnung (Abbildung 11) wurde als ein rechteckiges Gebiet mit einer Kantenlänge von 9.000 m × 8.000 m definiert, das ist größer als das Untersuchungsgebiet. Das Raster zur Berechnung der Immissionen wurde mit einer Maschenweite von 20 m festgelegt. Diese Auflösung ermöglicht die für die Beurteilung nötige Aussageschärfe.

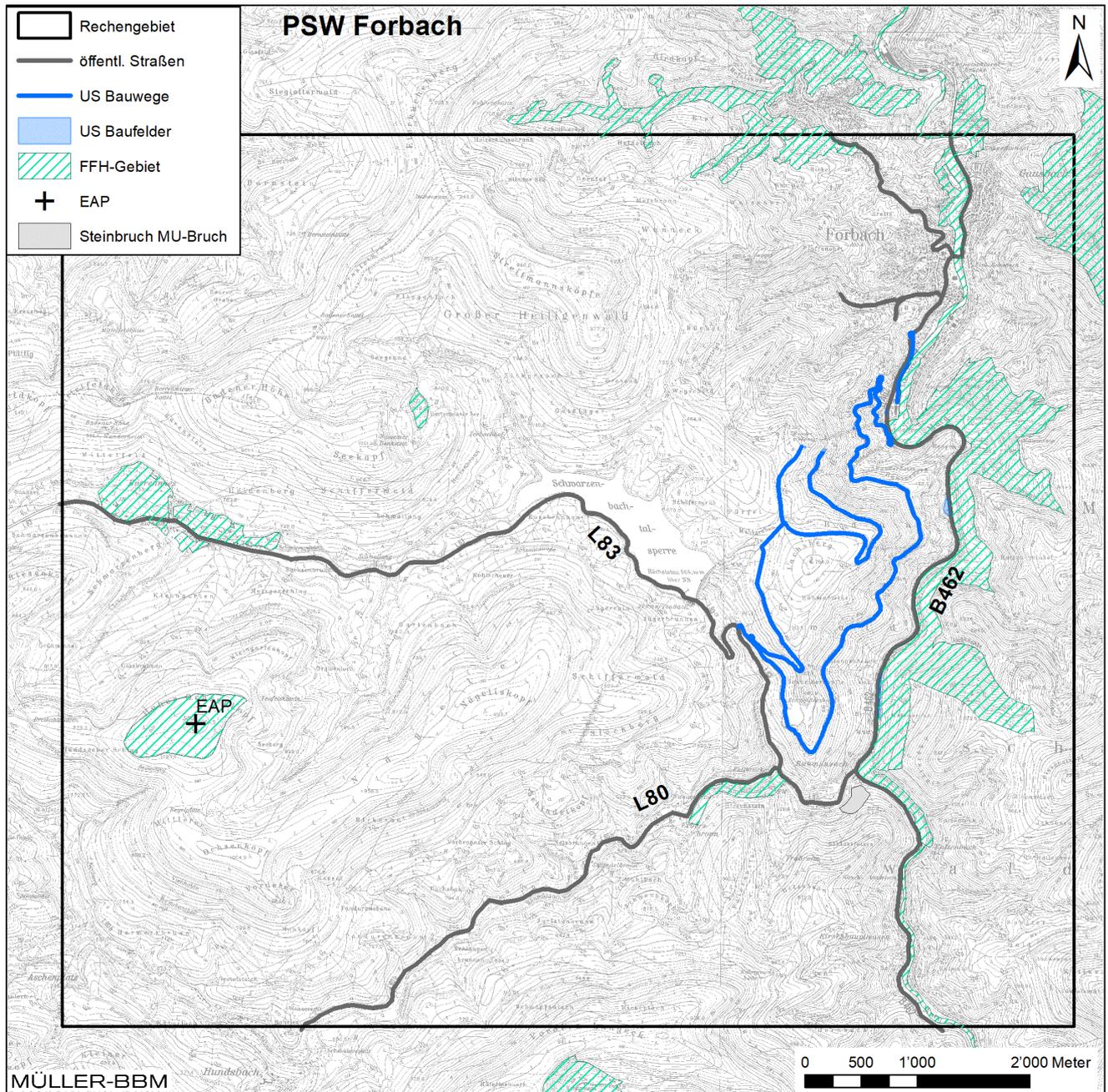


Abbildung 11. LASAT-Rechengebiet.

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.

#### 4.9 Berücksichtigung von Geländedaten

Das Geländere relief variiert im Rechengebiet zwischen ca. 250 m und 1.050 m über Normalhöhen null (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 5 m zugrunde gelegt. Die digitalen Geländehöhen des Landesvermessungsamtes wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt [7].

Auf Basis dieser Geländedaten wurde ein digitales Geländemodell (siehe Relief in Abbildung 12) erstellt, das bei den Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen mit LASAT verwendet wurde.

Die Bodenrauigkeit des Geländes wird durch eine mittlere Rauigkeitslänge  $z_0$  beschrieben. Sie ist nach Anhang 3 der TA Luft aus den Landnutzungsklassen des CORINE-Katasters [5] zu bestimmen. Auf Basis der Geländenutzungsdaten wird in den Ausbreitungsrechnungen die Bodenrauigkeit  $z_0 = 1,0$  m angesetzt. Die Verdrängungshöhe  $d_0$  ergibt sich nach Nr. 8.6 in Anhang 3 der TA Luft mit  $d_0 = z_0 * 6$ .

#### 4.10 Deposition

Die Deposition von Schadstoffen wird unter Ansatz von Depositionsgeschwindigkeiten nach der Richtlinie VDI 3782 Blatt 5 [29] berechnet. Die Luftschadstoffe werden aus der Atmosphäre über nasse Deposition (Regen, Schnee usw.) und trockene Deposition in Ökosysteme am Boden eingetragen. Der Eintrag wird von den Turbulenzeigenschaften der oberflächennahen Luftschicht sowie den Rezeptoreigenschaften der Oberflächen bestimmt, die beide von der lokalen Oberflächenbeschaffenheit, charakterisiert durch Landnutzungsklassen, abhängig sind.

Für die Abschätzung der Zusatzbelastung im Nahbereich einer Quelle und bei bodennaher Freisetzung der Schadstoffe spielt die nasse Deposition von gasförmigen Luftbeimengungen und Feinstaub meist nur eine untergeordnete Rolle [2], lediglich für die nasse Deposition von Ammoniak wurde ein relevanter Zuschlag ermittelt.

Bei der Ausbreitungsrechnung wurden für die Schadstoffe, hier Stickoxide (NO und NO<sub>2</sub>) und Ammoniak (NH<sub>3</sub>), stoffspezifisch unterschiedliche Depositionsgeschwindigkeiten sowie die Auswaschraten (nasse Deposition) nach VDI 3782 Bl. 5 [29] angesetzt:

- NH<sub>3</sub>                      1,2 cm/s
- NO                            0,05 cm/s
- NO<sub>2</sub>                        0,3 cm/s

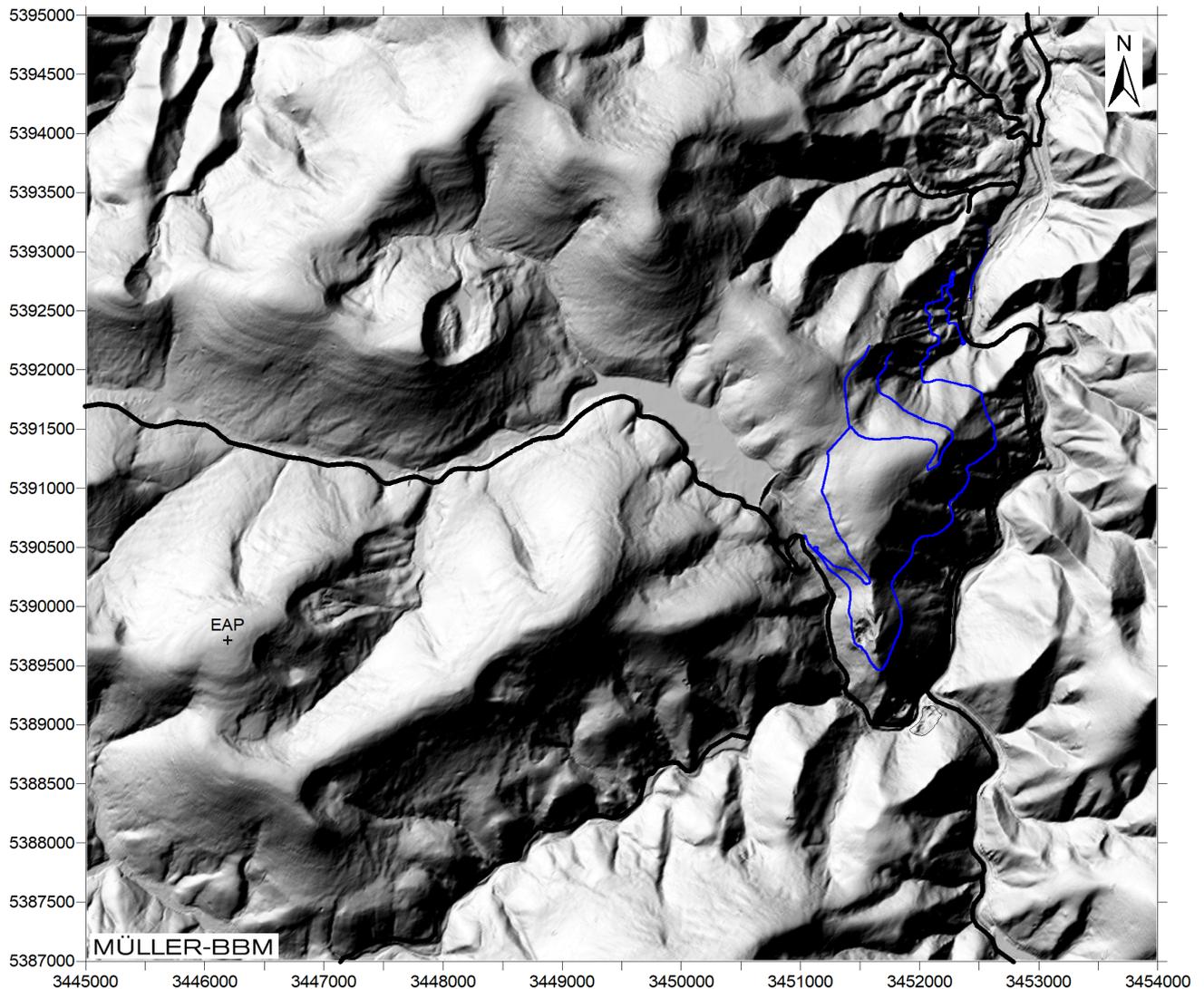


Abbildung 12. Geländere relief im LASAT-Rechengebiet mit Bauwegen und berücksichtigten Straßenabschnitten.

Die Berechnung der Schadstoffdepositionen erfolgt flächenhaft im Untersuchungsgebiet mit dem Modell LASAT. Die berechneten  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ - und  $\text{NH}_3$ -Depositionen werden entsprechend der Molekularmassen in Stickstoffdepositionen umgerechnet.

#### 4.11 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 süd-

westlichen bis westlichen Richtungen. Ein zweites Maximum, das vor allem durch die Luftdruckverteilung in Hochdruckgebieten bestimmt wird, ist bei Winden aus Ost bis Nordost vorherrschend. In Bodennähe, wo die lokale Ausbreitung von verkehrsbedingten Schadstoffen erfolgt, wird die Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung jedoch durch die topographischen Strukturen modifiziert. Dies ist vor allem im Bereich von Tälern sichtbar. Dort werden die Windrichtungen entlang der Talachse kanalisiert.

Die meteorologischen Verhältnisse in den Höhenlagen im Untersuchungsgebiet können mit den Daten der Windmessstation Freudenstadt des Deutschen Wetterdienst (DWD) abgebildet werden. Der Messstandort befindet sich in freier Lage südlich von Freudenstadt bei den Koordinaten Gauß-Krüger-Rechtswert 3456360 und Hochwert 5368580 in einer Höhe von 800 m über NHN. Die Windgeberhöhe ist 34,4 m über Grund. Die meteorologischen Daten liegen in Form einer Ausbreitungsklassenzeitreihe für das repräsentative Jahr 2015 vor [18]. Die Niederschlagsmengen an der Station Freudenstadt wurden vom DWD (Climate Data Center) bereitgestellt [19].

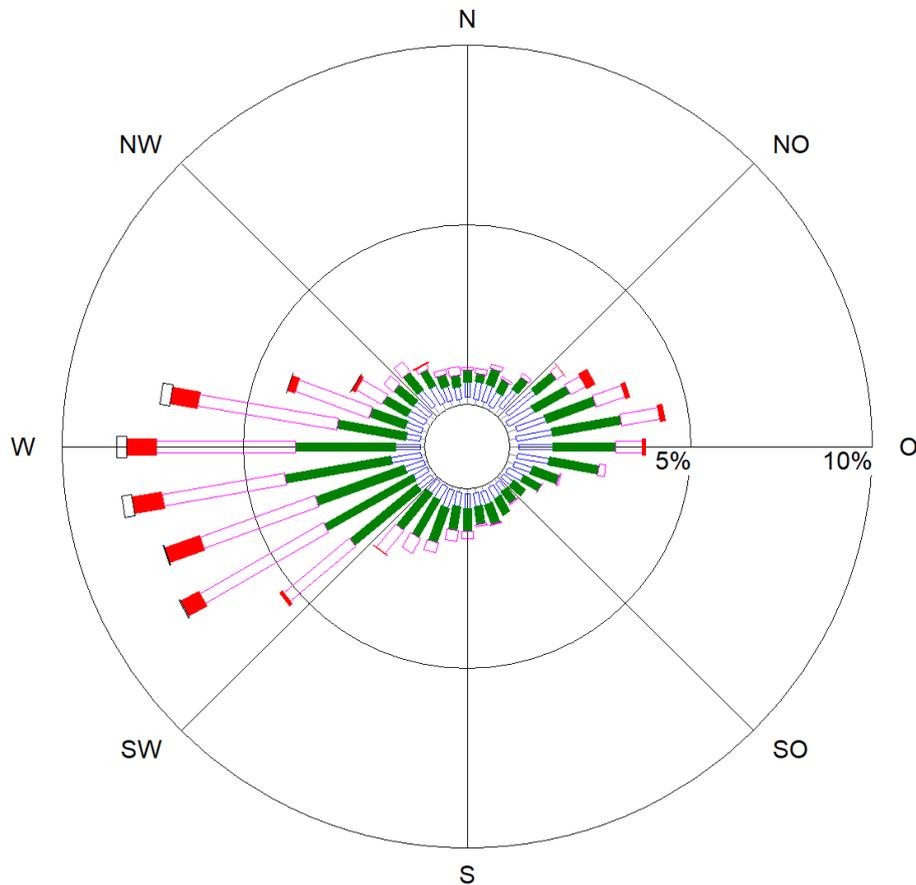
Die Topografie (insbesondere das Geländere Relief) hat infolge von Umlenkungs- oder Kanalisierungseffekten einen Einfluss auf das örtliche Windfeld und damit auf die Ausbreitungsbedingungen. Dem wird durch die Anwendung eines der Ausbreitungsrechnung vorgeschalteten Windfeldmodells [8] Rechnung getragen, welches die genannten Effekte abbildet. Das diagnostische Windfeldmodell berechnet für das gesamte Untersuchungsgebiet die durch Topografie und Landnutzung geprägte örtliche Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung. Die Daten der Station Freudenstadt repräsentieren in dieser Vorgehensweise nur die Windverhältnisse für eine in Höhenlage ausgewählte Ersatz-Anemometer-Position, die dann mit den berechneten örtlichen Windfeldern statistisch gekoppelt werden.

Die Ersatz-Anemometer-Position (EAP) in dem LASAT-Rechengebiet wurde auf eine Kuppenlage an folgenden Standort gelegt:  
GK Rechtswert 3446190, GK Hochwert 5389715, 1.050 m NHN.

Da im Rechengebiet Steigungen von mehr als 1:5 auftreten, ist die Anwendbarkeit eines diagnostischen Windfeldmodells nicht von vornherein gewährleistet. Die mit dem mesoskaligen diagnostischen Windfeldmodell LPRWND [8] berechneten Windfeldbibliotheken weisen allerdings einen maximalen Divergenzfehler von 0,025 auf und entsprechen damit den Anforderungen der VDI-Richtlinie 3783 Blatt 13 [31], nach denen die Windfelder möglichst divergenzfrei sein sollten und die dimensionslose skalierte Divergenz in keiner Gitterzelle den Wert 0,05 überschreiten sollte. Aus diesem Grund kann von der Verwendung eines deutlich aufwendigeren prognostischen Windfeldmodells abgesehen werden.

Abbildung 13 zeigt die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungsklassen für das repräsentative Jahr 2015 an der DWD-Station Freudenstadt. Die Windrose zeigt ein für die Höhenlage typisches Primärmaximum aus westlichen Richtungen. Ein schwächer ausgeprägtes Sekundärmaximum liegt bei östlichen Richtungen vor. Hohe Windgeschwindigkeiten liegen überwiegend bei westlichen Richtungen vor.

Das wesentliche Charakteristikum für den Turbulenzzustand und damit die Fähigkeit zur Verdünnung von Schadstoffemissionen stellen die sogenannten Ausbreitungs-klassen AK dar. Stabile Schichtungen der Atmosphäre (AK I und II), zu denen unter anderem die austauscharmen Inversionswetterlagen gehören, sind in ca. 33 % aller Jahresstunden zu erwarten. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3,8 m/s.



DWD-Station	: Freudenstad	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Geogr.Länge	: 8.41	I	—	1.4 bis 2.3 m/s
Geogr.Breite	: 48.45	II	—	2.4 bis 3.8 m/s
Messhöhe	: 34.4 m	III/1	—	3.9 bis 6.9 m/s
Windgeschw.	: 3.7 m/s	III/2	—	7.0 bis 10 m/s
Niederschlag	: 1110.7 mm/a	IV	—	größer 10 m/s
Kalmen	: 0.02 %	V	—	

Abbildung 13. Freudenstadt - Häufigkeitsverteilungen von Windrichtungen, Windgeschwindigkeiten und Ausbreitungs-klassen für das repräsentative Jahr 2015 [18].

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 [33] angesetzt.

## 4.12 Hintergrundbelastung

### 4.12.1 Luftschadstoffkonzentrationen

Die Gesamt-Immission (Konzentration) eines Schadstoffs 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.

Im vorliegenden Fall werden Messungen der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg LUBW herangezogen [17]. Die Jahreskenngrößen für die nächstgelegenen als Hintergrundstationen klassifizierte Messstationen sind in der Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6. Messdaten (Jahreskenngrößen) der nächstgelegenen Messstationen sowie deren Klassifizierung [17].

Station	Jahr	NO <sub>2</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub> -TM>50	Stations- klassifizierung	Entfernung in km
		in µg/m <sup>3</sup>	in µg/m <sup>3</sup>	in µg/m <sup>3</sup>	[ - ]		
Baden-Baden	2017	17	--	14	7	städtisch,	7
	2018	16	--	13	3	Hintergrund	
	2019	14	--	12	0		
Freudenstadt *	2007	10	--	12	1	vorstädtisch,	22
	2008	10	--	11	1	Hintergrund	
	2009	11	--	13	1		
	2010	13	--	13	1		
Villingen- Schwenningen	2017	13	--	13	1	städtisch,	90
	2018	14	--	14	1	Hintergrund	
	2019	14	--	12	0		
Schwarzwald-Süd	2017	3	5	8	0	ländlich,	21
	2018	5	6	9	0	Hintergrund	
	2019	4	5	7	0	Waldgebiet, Höhenlage	
Schwäbische Alb (Erpfingen)	2017	7	7	10	1	ländlich,	74
	2018	7	8	11	2	Hintergrund	
	2019	6	7	10	0	Höhenlage	

Die Messwerte sind je nach Standort mehr oder weniger z. B. von Verkehrseinflüssen geprägt. Die Stationen werden vom Betreiber entsprechend ihrer Lage in Bezug zu den wesentlichen Emittenten klassifiziert. Die Stationen Baden-Baden, Freudenstadt und Villingen-Schwenningen werden als städtische / vorstädtische Hintergrundstationen klassifiziert. Dem Stationstyp ländlicher Hintergrund werden die weit ab von anthropogenen Emissionsquellen liegenden Messstationen Schwäbische Alb und Schwarzwald-Süd zugeordnet.

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

- 12 µg/m<sup>3</sup> für NO<sub>2</sub>
- 13 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>10</sub>
- 10 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub>

#### 4.12.2 Vorbelastung Stickstoffeintrag

Im Rahmen eines Forschungsprojektes vom Umweltbundesamt über Einträge von Luftschadstoffen [20] [21] wurden u. a. Vorbelastungsdaten der Stickstoffdeposition (im Raster von 1 x 1 km<sup>2</sup>) ermittelt, die unter <http://gis.uba.de/website/depo1/> abgerufen werden können. Die genannten Werte werden dort unter dem Titel „Hintergrundbelastungsdaten Stickstoff, Bezugszeitraum: Dreijahresmittelwert der Jahre 2013-2015“ angegeben.

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

Seit 31.08.2020 sind im Daten- und Kartendienst der LUBW [6] neue Karten der Stickstoffdeposition für Baden-Württemberg erschienen. *Die jetzt im ha-Raster aufgelösten Karten ersetzen die Interimslösung aus der nationalen Modellierung [36].*

Der Daten- und Kartendienst weist für die im Bereich der umliegenden FFH-Gebiete für die laut CORINE Land Cover dort vorliegenden Landnutzungsklassen folgende Werte für die Stickstoff-Hintergrunddeposition 2012-2016 aus:

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| [1] Nadelwald         | 18 bis 20 kg N/(ha*a) |
| [2] Wiesen und Weiden | 14 kg N/(ha*a)        |

## 5 Ergebnisse der Immissionsprognosen

### 5.1 Allgemeines

Mit dem Ausbreitungsmodell LASAT [8] wurden unter Berücksichtigung der Schadstoffemissionen (Abschnitte 4.2 bis 4.7), der Topografie (Abschnitt 4.9) sowie der meteorologischen Daten (Abschnitt 4.11) die Immissionszusatzbelastungen ermittelt und der Hintergrundbelastung (Abschnitt 4.12.1) 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 [22].

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 die ausgewählten Untersuchungspunkte (Abschnitt 5.3) sind in den Abbildungen jeweils markiert.

### 5.2 Flächenhafte Immissionsdarstellung

Die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind bezogen auf den Grenzwert deutlich höher als die NO<sub>2</sub>-Kurzzeitbelastungen, d. h. die ermittelten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte schöpfen den Grenzwert nach 39. BImSchV stärker aus als die zulässigen Überschreitungen der NO<sub>2</sub>-Stundenmittelwerte. Zur Bewertung der NO<sub>2</sub>-Immissionen werden daher die Belastungen auf Grundlage der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte diskutiert.

In Abbildung 14 sind die für den Prognose Nullfall ermittelten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte dargestellt. Die NO<sub>2</sub>-Immissionen im Nullfall zeigen längs der Bundesstraße B462 gegenüber der Hintergrundbelastung erhöhte Konzentrationen, die jedoch unter 20 µg/m<sup>3</sup> bleiben. Es gibt keine Überschreitungen des Grenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup>.

Abbildung 15 zeigt die für den Planfall Bauphase berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen. Die von den Baufelder und den Bauwegen ausgehenden zusätzlichen NO<sub>x</sub>-Emissionen führen zu NO<sub>2</sub>-Zusatzbelastungen, die v. a. an den Stollenportalen und den Baufeldern bei Forbach deutlich hervortreten. Die zusätzliche NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung entlang der Bauwege ist nur schwach ausgeprägt.

An den beurteilungsrelevanten Immissionsorten unterschreiten die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte mit maximal 26 µg/m<sup>3</sup> auch im Planfall Bauphase den Grenzwert.

Die für die Bauphase und den Nullfall ermittelten Feinstaubimmissionen PM<sub>2,5</sub> sind in Anhang A dargestellt. Auch straßennah sind die PM<sub>2,5</sub>-Immissionen im Prognose Nullfall (Abbildung 22) deutlich geringer als der Immissionsgrenzwert für den Jahresmittelwert von 25 µg/m<sup>3</sup>. Für die Bauphase (Abbildung 23) wurden im Umfeld der Baufelder etwas erhöhte PM<sub>2,5</sub>-Immissionen ermittelt. An beurteilungsrelevanten Immissionsorten sind die PM<sub>2,5</sub>-Jahresmittelwerte jedoch geringer als der Grenzwert.

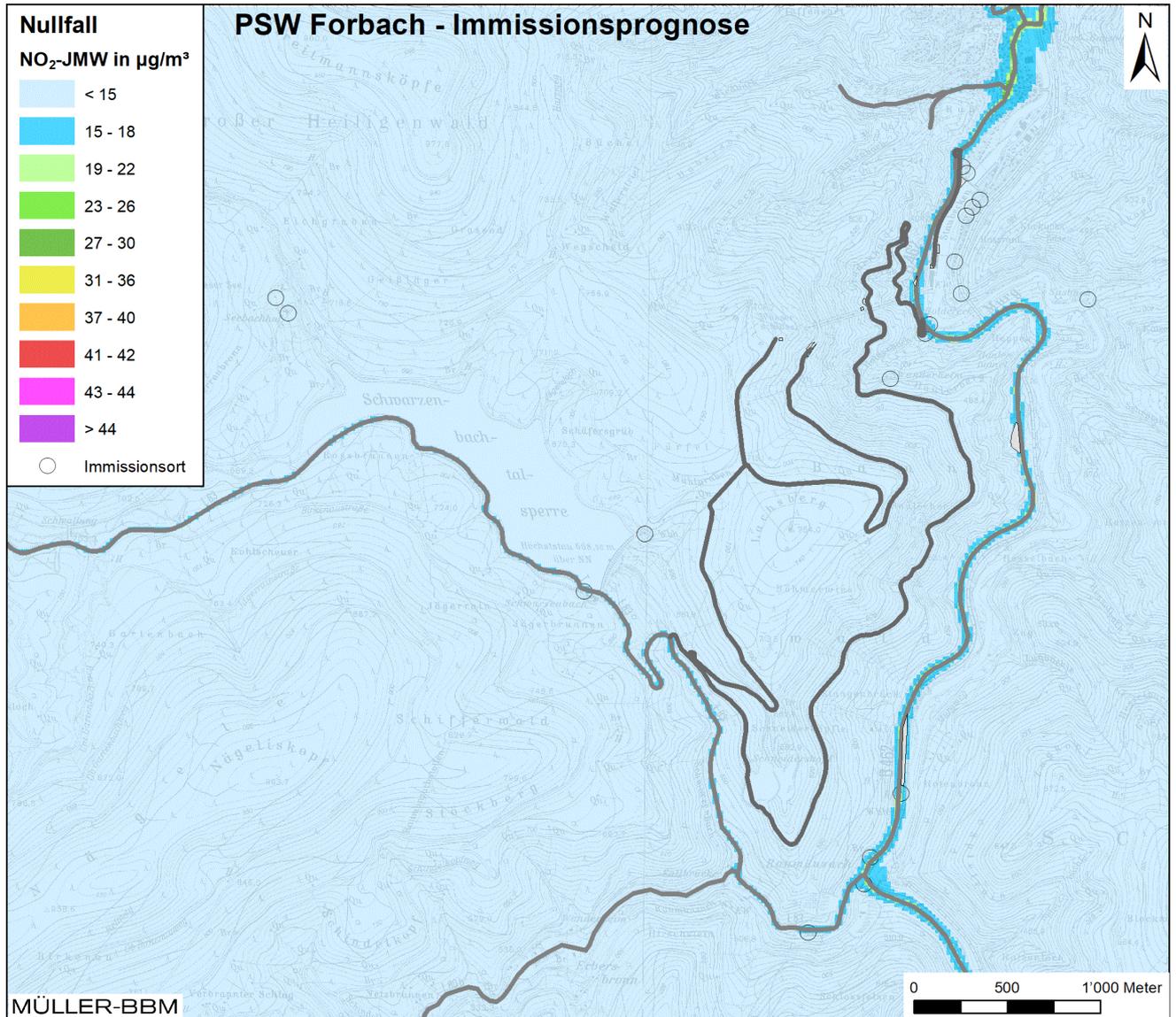


Abbildung 14. Nullfall Prognose 2030, NO<sub>2</sub>-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Pro\162\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01.07.2021

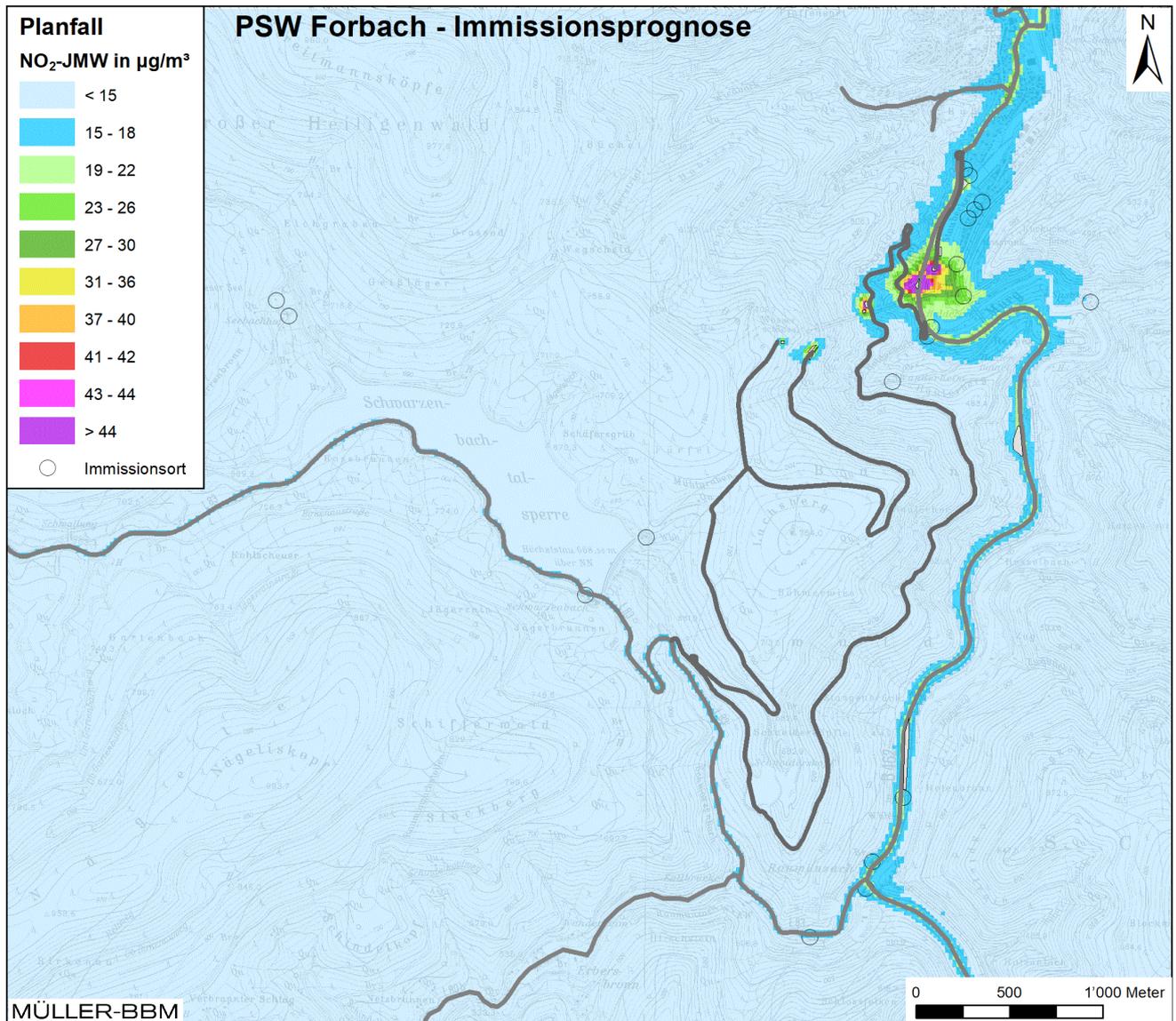


Abbildung 15. Bauphase, NO<sub>2</sub>-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

Im Prognose Nullfall sind die ermittelten PM<sub>10</sub>-Immissionen (Abbildung 16) auch straßennah nur wenig höher als die Hintergrundbelastung. Die für die Bauphase ermittelten PM<sub>10</sub>-Immissionen (Abbildung 17) sind dagegen v. a. an den Stollenportalen und teilweise auf den Zufahrten zu den Baufeldern erhöht. Die Siedlungsbereiche von Herrenwies und Forbach sind davon wenig betroffen, dort werden PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte geringer als 22 µg/m<sup>3</sup> und damit deutlich unter dem Grenzwert für den Jahresmittelwert von 40 µg/m<sup>3</sup> erreicht. In den übrigen beurteilungsrelevanten Bereichen unterschreiten die PM<sub>10</sub>-Immissionen den Grenzwert.

Die nach 39. BImSchV zulässigen 35 Überschreitungstage für den Tagesgrenzwert von PM<sub>10</sub> werden allen beurteilungsrelevanten Bereichen entsprechend der in Abschnitt 4.1 genannten Korrelation unterschritten.

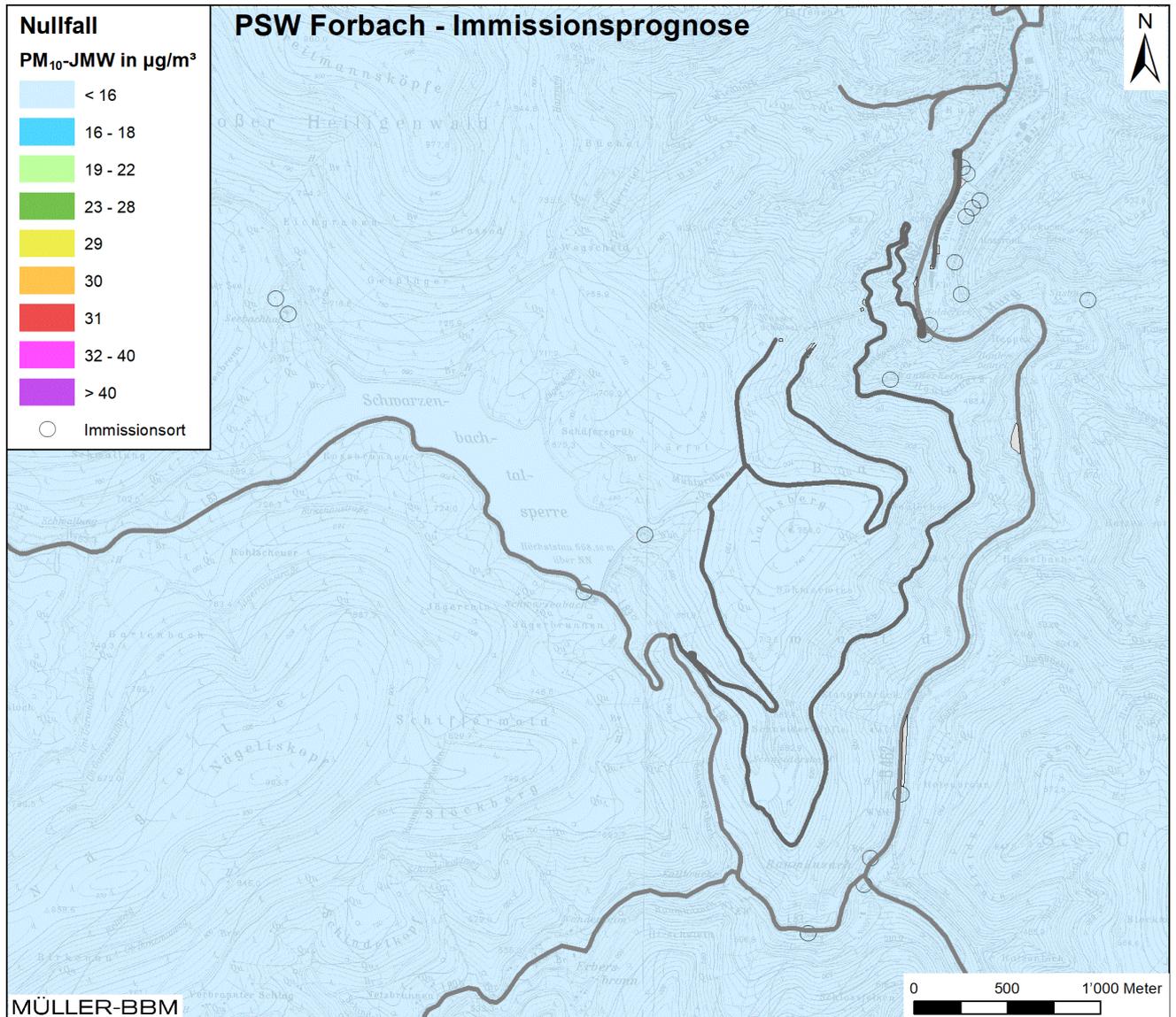


Abbildung 16. Nullfall Prognose 2030, PM<sub>10</sub>-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Proj\162\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01. 07. 2021

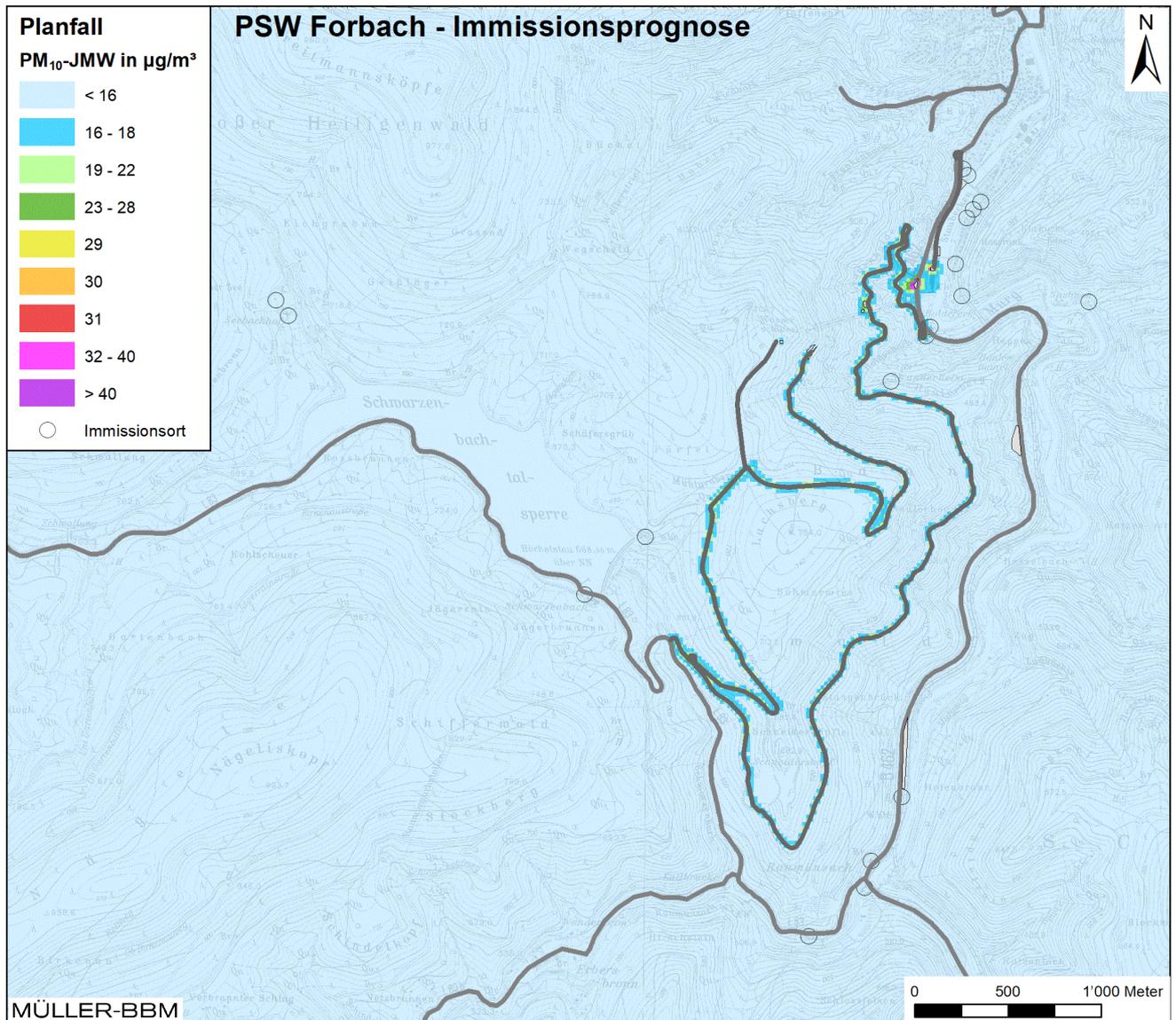


Abbildung 17. Bauphase, PM<sub>10</sub>-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\IP\162\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01.07.2021

### 5.3 Punktuelle Auswertung an Untersuchungspunkten

Neben der flächenhaften Darstellung wurden für ausgewählte Untersuchungspunkte (Immissionsorte) die ermittelten Immissionen punktgenau ermittelt. Die Immissionsorte wurden an die nächstgelegenen Wohngebäude gelegt. Abbildung 18 zeigt die Lage der ausgewählten Immissionsorte, für die punktgenau die Immissionen berechnet wurden. In der Tabelle 7 sind die zugehörigen Grundstücksadressen angegeben, auf denen die Untersuchungspunkte liegen.

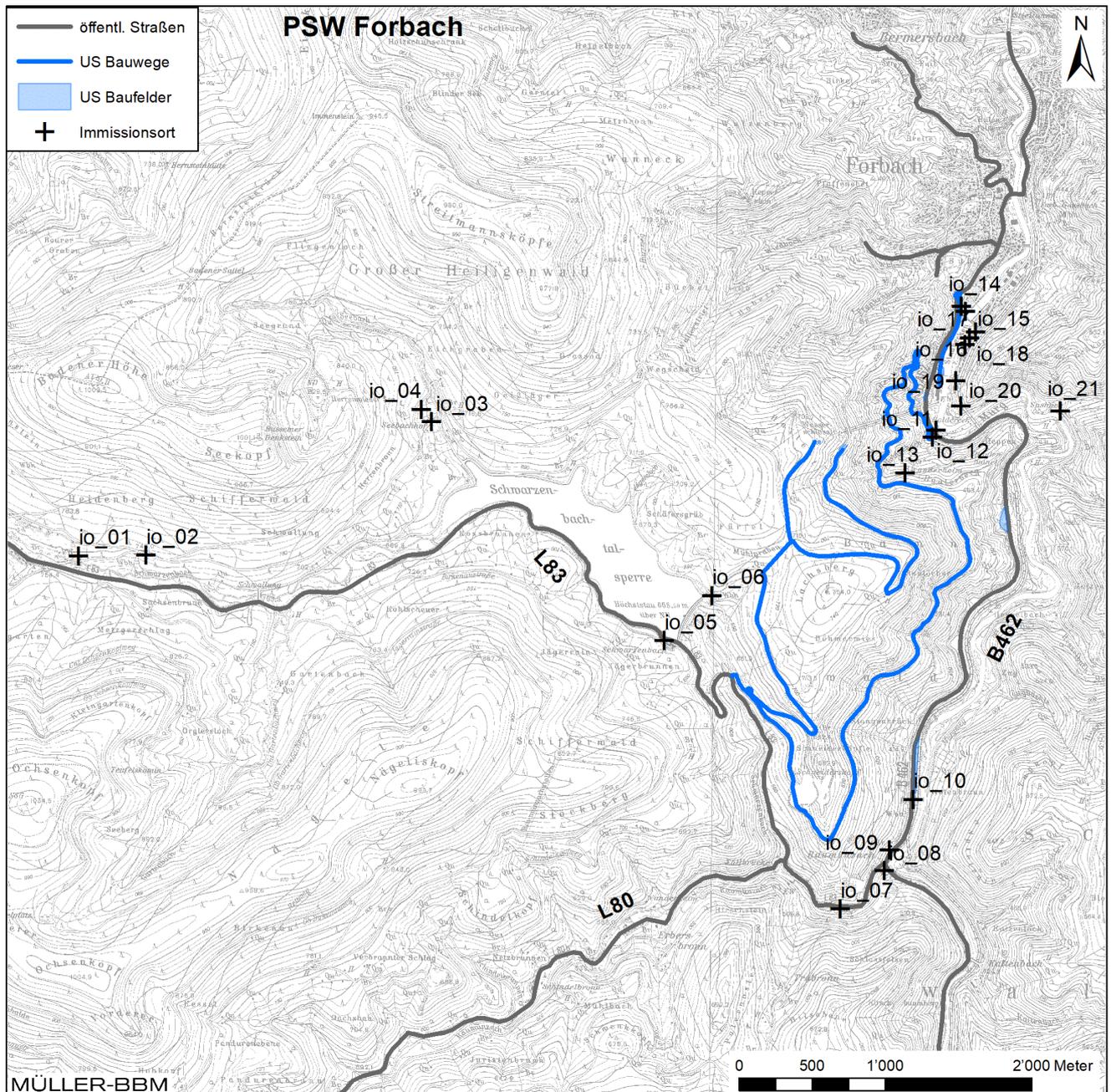


Abbildung 18. Lage der ausgewählten Untersuchungspunkte (Immissionsorte)

Tabelle 7. Lagezuordnung der Untersuchungspunkte.

<b>Kennung</b>	<b>Adresse</b>
io_01	Herrenwies 5
io_02	Herrenwies 1
io_03	Schwarzenbach 8
io_04	Seebachhof
io_05	Schwarzenbach 1b
io_06	Schwarzenbach 2
io_07	Raumünzach 15
io_08	Raumünzach 6
io_09	Raumünzach 5
io_10	Raumünzach 4
io_11	Landstrasse 44
io_12	Landstrasse 45
io_13	Landstrasse 46
io_14	Werkstrasse 3, Süd
io_15	Rudolf-Fettweis-Strasse 14
io_16	Eckstrasse 33
io_17	Eckstrasse 37
io_18	Eckstrasse 39
io_19	Eckstrasse 54
io_20	Schifferstrasse 23
io_21	Schifferstrasse HLRS

Die für die ausgewählten Untersuchungspunkte (Abbildung 18) prognostizierten Gesamtbelastungen sind in Tabelle 8 aufgeführt. Die an diesen Untersuchungspunkten ermittelten Immissionen stehen für die planungsbedingt am höchsten belasteten, beurteilungsrelevanten Bereiche.

Die NO<sub>2</sub>-Immissionen unterschreiten im Nullfall mit maximal 19 µg/m<sup>3</sup> und auch im Planfall Bauphase mit maximal 26 µg/m<sup>3</sup> an allen Untersuchungspunkten den Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> nach 39. BImSchV.

Die ermittelten PM<sub>2,5</sub>-Jahresmittelwerte liegen mit maximal 11 µg/m<sup>3</sup> im Nullfall und maximal 11 µg/m<sup>3</sup> im Planfall Bauphase deutlich unter dem Grenzwert von 25 µg/m<sup>3</sup>.

An allen Untersuchungspunkten liegen die PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte mit maximal 20 µg/m<sup>3</sup> deutlich unter dem Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> als Jahresmittelwert. Damit werden an diesen Untersuchungspunkten auch die zulässigen 35 Überschreitungstage für den PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwert nicht erreicht.

Tabelle 8. Immissionen an den ausgewählten Immissionsorten (siehe Abbildung 18), ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

Unter- suchungs- punkt	NO <sub>2</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>10</sub> -TM>50
	Jahresmittelwerte			Anzahl
	in µg/m <sup>3</sup>	in µg/m <sup>3</sup>	in µg/m <sup>3</sup>	[ - ]
	<b>Prognose</b>	<b>Nullfall</b>		
io_01	13	10	13	2
io_02	12	10	13	2
io_03	12	10	13	2
io_04	12	10	13	2
io_05	14	10	13	3
io_06	12	10	13	2
io_07	16	10	13	3
io_08	16	10	13	3
io_09	17	10	14	3
io_10	19	11	14	3
io_11	15	10	13	3
io_12	17	11	14	3
io_13	12	10	13	2
io_14	14	10	13	3
io_15	14	10	13	3
io_16	13	10	13	2
io_17	13	10	13	2
io_18	13	10	13	2
io_19	13	10	13	2
io_20	13	10	13	2
io_21	13	10	13	2
	<b>Prognose</b>	<b>Planfall Bauphase</b>		
io_01	13	10	13	2
io_02	12	10	13	2
io_03	12	10	13	2
io_04	12	10	13	2
io_05	14	10	13	3
io_06	12	10	13	3
io_07	16	10	13	3
io_08	17	10	14	3
io_09	18	11	14	3
io_10	21	11	14	3
io_11	18	11	20	7
io_12	22	11	16	4
io_13	13	10	14	3
io_14	17	10	14	3
io_15	17	11	14	3
io_16	16	10	14	3
io_17	16	10	14	3
io_18	16	10	14	3
io_19	21	11	14	3
io_20	26	11	15	3
io_21	14	10	13	3
<b>Grenzwert</b>	40	25	40	35

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Proj\162\162341\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01.07.2021

#### 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 und die durch den Baustellenbetrieb bedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition) am Boden im Untersuchungsgebiet flächenhaft berechnet.

Abbildung 19 zeigt die für den Prognose Nullfall 2030 mit den Emissionsfaktoren einer Fahrzeugflotte des Jahres 2022 ermittelten straßenverkehrsbedingten Stickstoffeinträge (N-Deposition). Die Stickstoffeinträge aus anderen Quellen (z. B. Landwirtschaft) sind in der Hintergrundbelastung (Abschnitt 4.12.2) enthalten und werden durch das Vorhaben nicht beeinflusst.

Abbildung 20 zeigt die entsprechend für den Prognose Planfall Bauphase 2030 die Summe der mit einer Fahrzeugflotte des Jahres 2022 ermittelten straßenverkehrsbedingten und den durch den Baustellenbetrieb bedingten Stickstoffeinträgen (N-Deposition).

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

In Abbildung 21 sind die derart für den Planfall ermittelten vorhabenbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag dargestellt. Die grafische Darstellung folgt dabei den Vorgaben des Stickstoffleitfadens H PSE [37], insbesondere wird demnach die Differenz zwischen Planfall und Nullfall nur für Werte größer als das Abschneidekriterium von  $0,3 \text{ kg N}/(\text{ha}\cdot\text{a})$  dargestellt.

Die Zunahmen der N-Depositionen in der "maximalen" Bauphase sind insbesondere im Umfeld der Baufelder bei Forbach und an der B462 größer als  $0,3 \text{ kg N}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ .

Die Bewertung des zusätzlichen Stickstoffeintrags ist Gegenstand einer separaten FFF-Verträglichkeitsprüfung (Antragsteil E.II. FFH Verträglichkeitsuntersuchung).

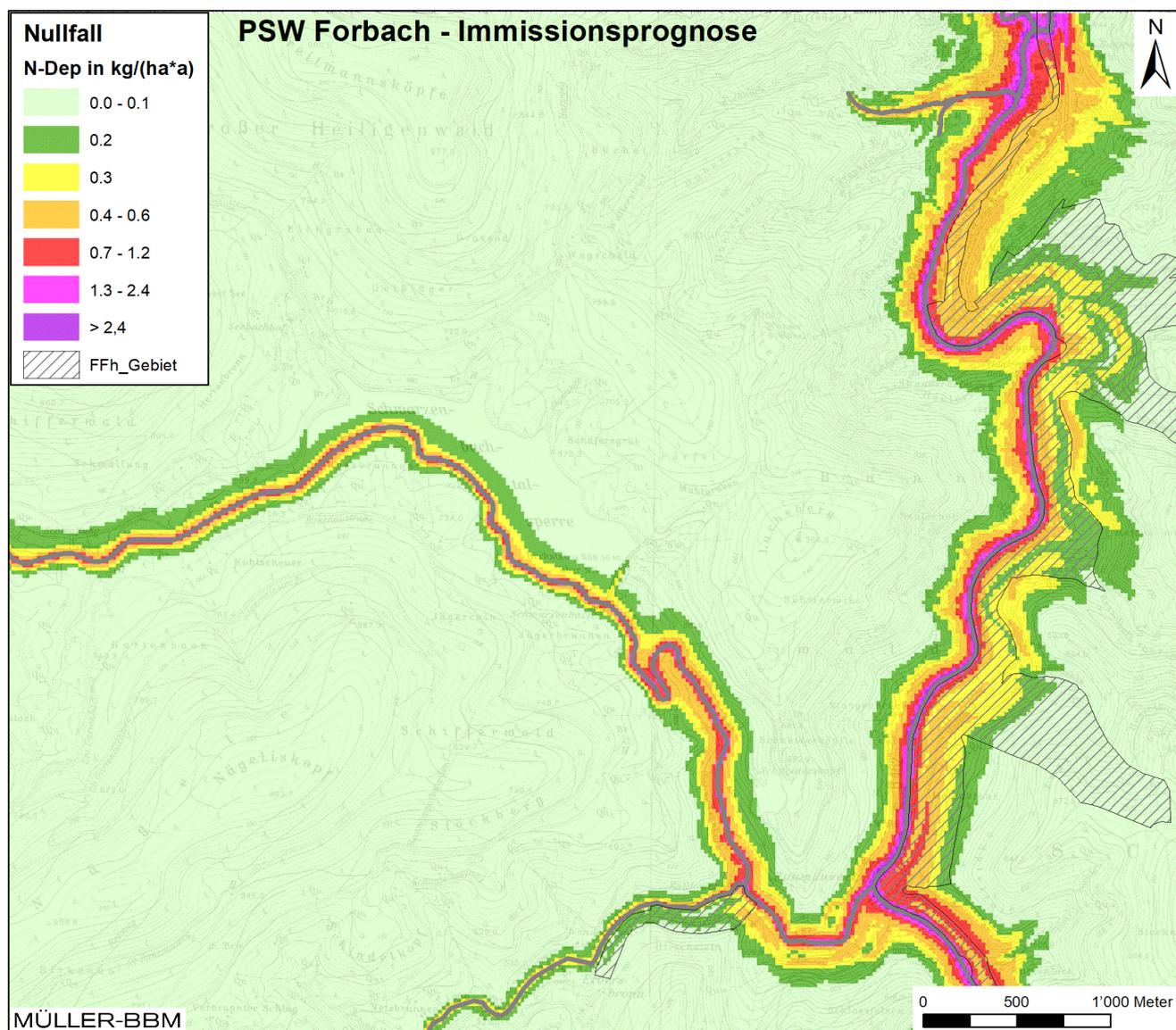


Abbildung 19. Prognose Nullfall 2030, Stickstoffeintrag (N-Deposition) am Boden im Untersuchungsgebiet, verkehrsbedingte Zusatzbelastung berechnet mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Pro\162\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01\_07\_2021

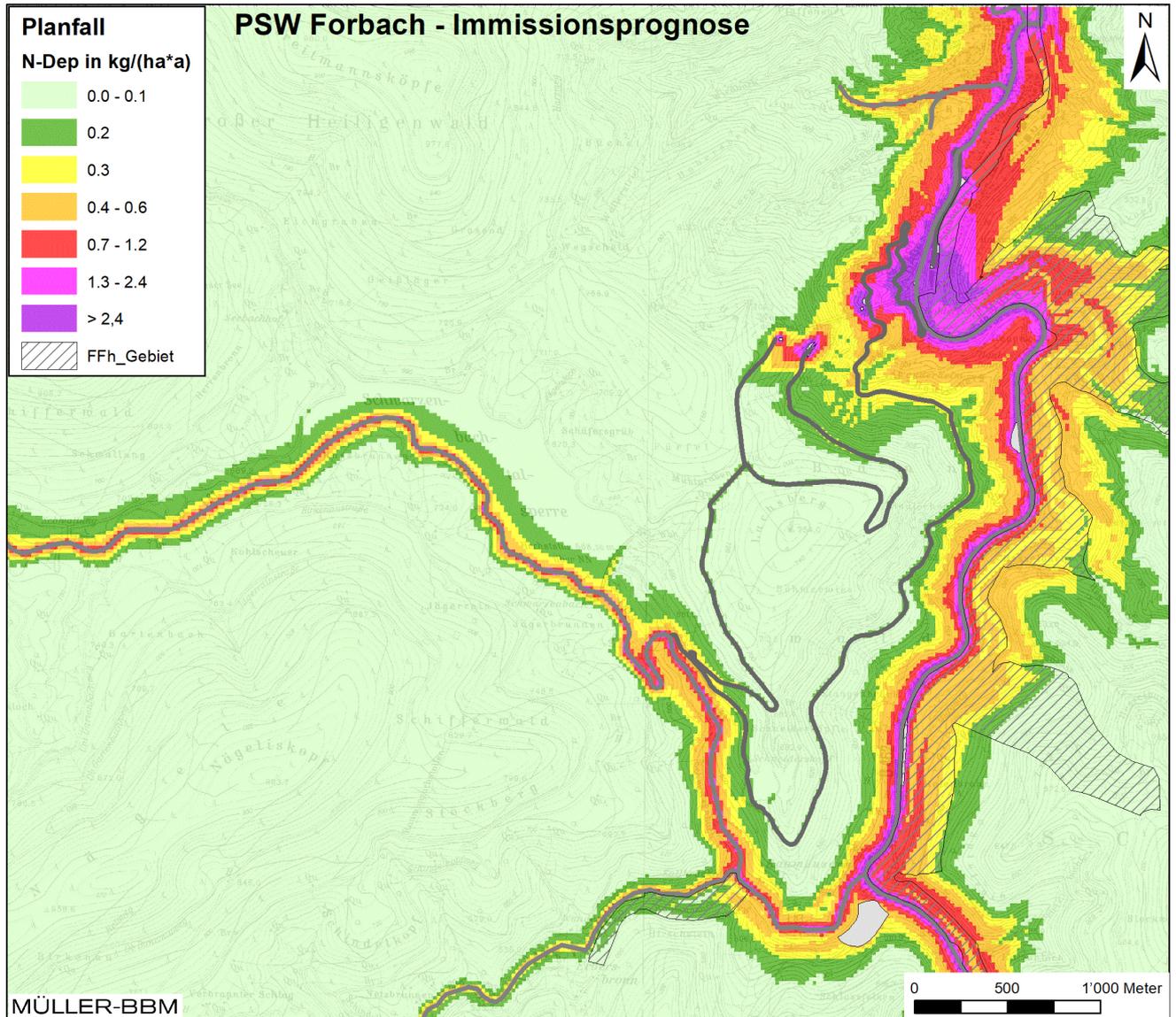


Abbildung 20. Prognose Planfall Bauphase 2030, Stickstoffeintrag (N-Deposition) am Boden im Untersuchungsgebiet, verkehrsbedingte Zusatzbelastung berechnet mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Pro\162\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01\_07\_2021

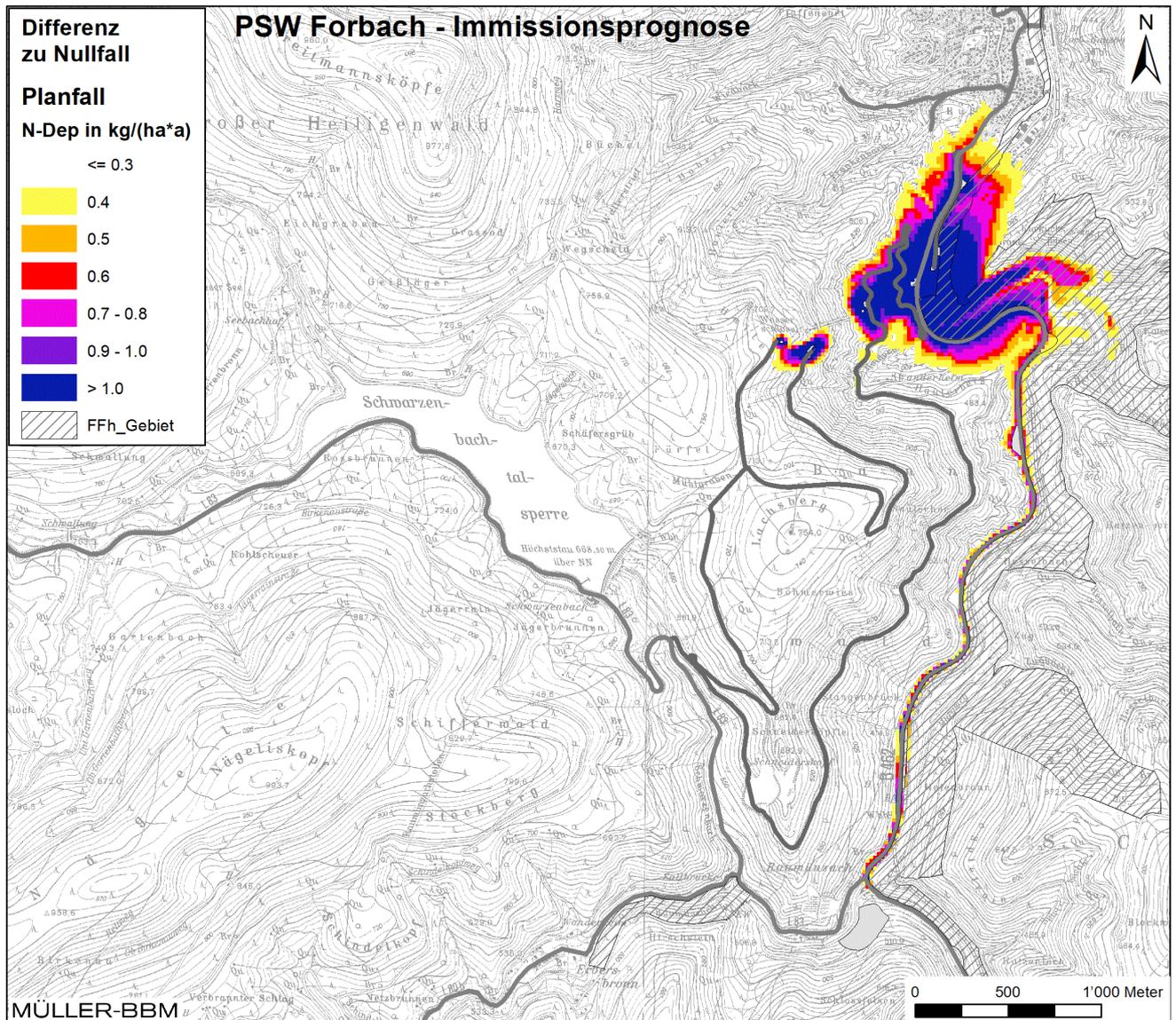


Abbildung 21. Prognose Planfall Bauphase 2030, vorhabenbedingte Änderung der Stickstoffeinträge ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

## 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] Bachhiesl, M., Narodoslowsky, M., Sturm, P.-J. (2002): Berechnung des Depositionsflusses als Grundlage für ökotoxikologische Beurteilungen. UVP-report 1+2/2002.
- [3] Bächlin, W., Böisinger, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April 2006.
- [4] BAST (2013), Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope, Forschungsbericht FE 84.0102/2009, Heft 1099, Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, November 2013.
- [5] CORINE Land Cover, Daten zur Bodenbedeckung der Bundesrepublik Deutschland – Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
- [6] Daten- und Kartendienst der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg, <http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/>.
- [7] Digitales Höhenmodell Baden-Württemberg, Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Januar 2016 und Mai 2017.
- [8] Dispersion Model LASAT, Version 3.4.24-64WI17-m4, 2020-08-18, Copyright (c) L. Janicke 1989-2020, <http://www.janicke.de/de/lasat.html>.
- [9] Düring, I., Böisinger, R., Lohmeyer, A.: PM10-Emissionen an Außerortsstraßen; Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST), BAST-Reihe "Verkehrstechnik" Band V 125, 96 S, 2005.
- [10] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002, (GMBl. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605).
- [11] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA, Version 4.1, November 2019, INFRAS Bern/Zürich, <http://www.hbefa.net>.
- [12] IFEU: Aktualisierung des Modells TREMOD – Mobile Machinery (TREMODO-MM) ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Heidelberg, Februar 2009.
- [13] Kummer 2010: Kummer V., van der Pütten N., Schneble H., Winkels H.-J., Ermittlung des PM<sub>10</sub>-Anteils an der Gesamtstaubemission von Bauschuttanfertigungsanlagen Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 70 (2010) Nr. 11/12, S. 478-482.

- [14] Landesumweltamt Brandenburg: Vollzugshilfe zur Ermittlung der Erheblichkeit von Stoffeinträgen in Natura 2000-Gebiete, Stand: 18. April 2019.
- [15] LANUV Excel Berechnungstool auf Basis der Richtlinie VDI 3790 Blatt 3 zur Abschätzung und Ermittlung von Staubemissionen; Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, <https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/luft/emissionen/Berechnungstool%20VDI%203790-3%20Stand%20Nov%202012.xls> abgerufen am 13.09.2016.
- [16] 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](http://www.lanuv.nrw.de).
- [17] Luftdaten, Messungen der Luftqualität, Mehrjährige Datenreihen, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.
- [18] Meteorologische Ausbreitungsklassenzeitreihe der Station Freudenstadt für das repräsentative Jahr 2015, erstellt durch Müller-BBM auf Basis von Daten des Deutscher Wetterdienstes (DWD) Climate Data Center aus dem Bezugszeitraum 2010 – 2019, [www.dwd.de](http://www.dwd.de).
- [19] Meteorologische Daten (Niederschlagsmengen) der Station Freudenstadt, Deutscher Wetterdienst (DWD), Climate Data Center, [www.dwd.de](http://www.dwd.de).
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328).
- [23] Ortsbesichtigungen am 07.03.2016, 16.02.2017 und 30.08.2017 mit Fotodokumentation.
- [24] Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (PROBAS), Sonstige Dienstleistungen: Sprengen-ANFO-DE 2000, Umweltbundesamt, 30.12.2016, [www.probas.umweltbundesamt.de](http://www.probas.umweltbundesamt.de).

- [25] Pumpspeicherwerk Forbach, Neue Unterstufe, Planungsgrundlagen zum Planfeststellungsverfahren, H.IV Emissionen stofflich, Lärm, Erschütterung, Licht, Bauablaufplan, Angaben zu den Aktivitäten auf Baustelleneinrichtungsflächen, bauzeitlichen Transportwegen und Untertage, Tractebel Hydroprojekt GmbH, Januar 2021.
- [26] Pumpspeicherwerk Forbach, Raumordnungsverfahren, Zusammenfassung, EnBW Kraftwerke AG, März 2012.
- [27] Rabl, P., 2003: Ermittlung der Vorbelastung bei der Anwendung der TA-Luft, Bayer. Landesamt für Umweltschutz (Veranst.), TA Luft 2002 – Ausbreitungsrechnung, Allgemeine Anforderungen, Augsburg 2003.
- [28] Richtlinie 97/68/EG: Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte, Europäisches Parlament und Europäischer Rat, Dezember 1997; in der Fassung: 2010/26/EG; in der 28. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes in deutsches Recht umgesetzt. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/maschinen-geraete>.
- [29] Richtlinie VDI 3782 Blatt 5: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2006.
- [30] Richtlinie VDI 3782 Blatt 7: Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2020.
- [31] Richtlinie VDI 3783 Blatt 13: Umweltmeteorologie - Qualitätssicherung in der Immissionsberechnung – Anlagenbezogener Immissionsschutz – Ausbreitungsrechnung gemäß TA Luft. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Januar 2010.
- [32] 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.
- [33] Richtlinie VDI 3783 Blatt 8: Umweltmeteorologie - Messwertgestützte Turbulenzparametrisierung für Ausbreitungsmodelle. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, April 2017.
- [34] Richtlinie VDI 3790 Blatt 3: "Umweltmeteorologie – Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen – Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern". Verein Deutscher Ingenieure, Januar 2010.
- [35] Romberg, E., Bösinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.

- [36] StickstoffBW (2020), LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/medienubergreifende-umweltbeobachtung/stickstoffbw>.
- [37] Stickstoffleitfaden Straße - Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen - HPSE, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, Entwurf - Stand 11. November 2014. Topografische Karten und Landnutzungsdaten, Regierungspräsidium Karlsruhe, August 2016.
- [38] Stickstoffleitfaden BImSchG-Anlagen - Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Vorhaben nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz, Ad-hoc-AG „Leitfaden zur Auslegung des § 34 BNatSchG im Rahmen immissionsschutzrechtlicher Genehmigungsverfahren“, Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI) und Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Naturschutz, Landschaftspflege und Erholung (LANA), 19. Februar 2019.
- [39] Technische Grundlage zur Beurteilung diffuser Staubemissionen, Österreichisches Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (BMWFJ), 2013.
- [40] Topografische Karten, Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Baden-Württemberg, 2011.
- [41] Topographische Karte Baden-Württemberg, Maßstab 1:50.000, Geogrid®-Viewer V6, EADS Deutschland GmbH.
- [42] UMEG (2005): Emissionsfaktoren-Handbuch Emissionserklärung 2004 Baden-Württemberg. Bericht Nr. 4-02/2005, Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg.
- [43] Umweltbundesamt (2009): Innovative Techniken: Beste verfügbare Techniken (BVT) in industriellen Bereichen - Minderung diffuser Staubemissionen bei mobilen Brechern (Schlussbericht) - Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Steffen Richter, November 2009.
- [44] Urteil des Bundesverwaltungsgerichts Leipzig in der Verwaltungsstreitsache "Neubau der Bundesautobahn A 44 Kassel - Herleshausen im Teilabschnitt Anschlussstelle Hessisch Lichtenau-Ost bis Hasselbach (VKE 32)", verkündet am 14. April 2010, BVerwG 9 A 5.08.
- [45] Verkehrsuntersuchung Pumpspeicherwerk Forbach, Ingenieurbüro für Verkehrswesen Koehler und Leutwein GmbH & Co.KG, Karlsruhe, Stand 24.11.2017.
- [46] Verkehrsuntersuchung Pumpspeicherwerk Forbach, Stellungnahme 25.01.2021, Ingenieurbüro für Verkehrswesen Koehler und Leutwein GmbH & Co.KG, Karlsruhe.
- [47] VSG Steinbruch Raumünzach, Staubgutachten, Müller-BBM Bericht Nr. M156815/01 vom 22.12.2020.

## Anhang

### PM<sub>2,5</sub>-Immissionen

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Proj\162\W162341\W162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01.07.2021

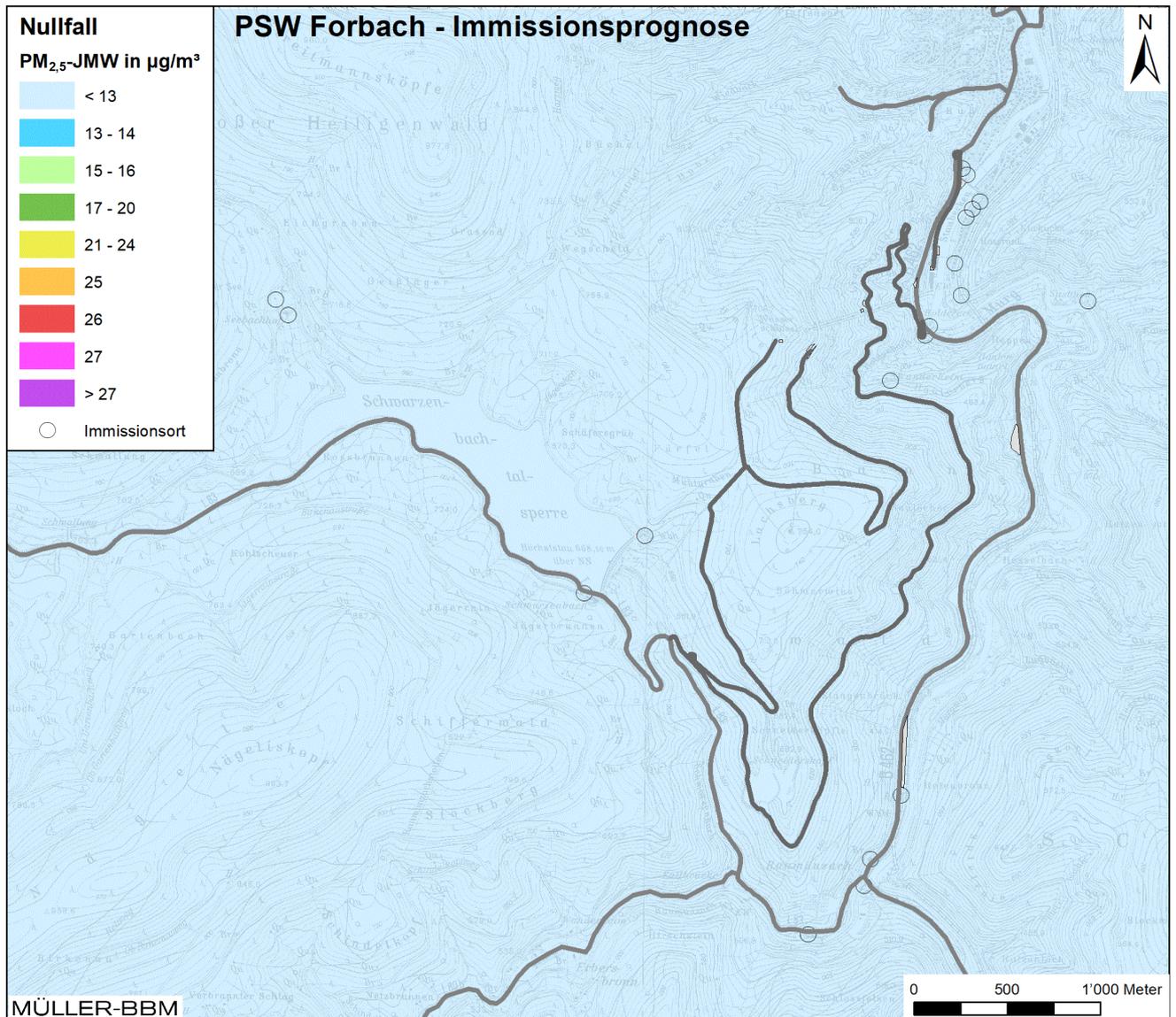


Abbildung 22. Nullfall Prognose 2030, PM<sub>2,5</sub>-Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\W\Pro\162\162341\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01. 07. 2021

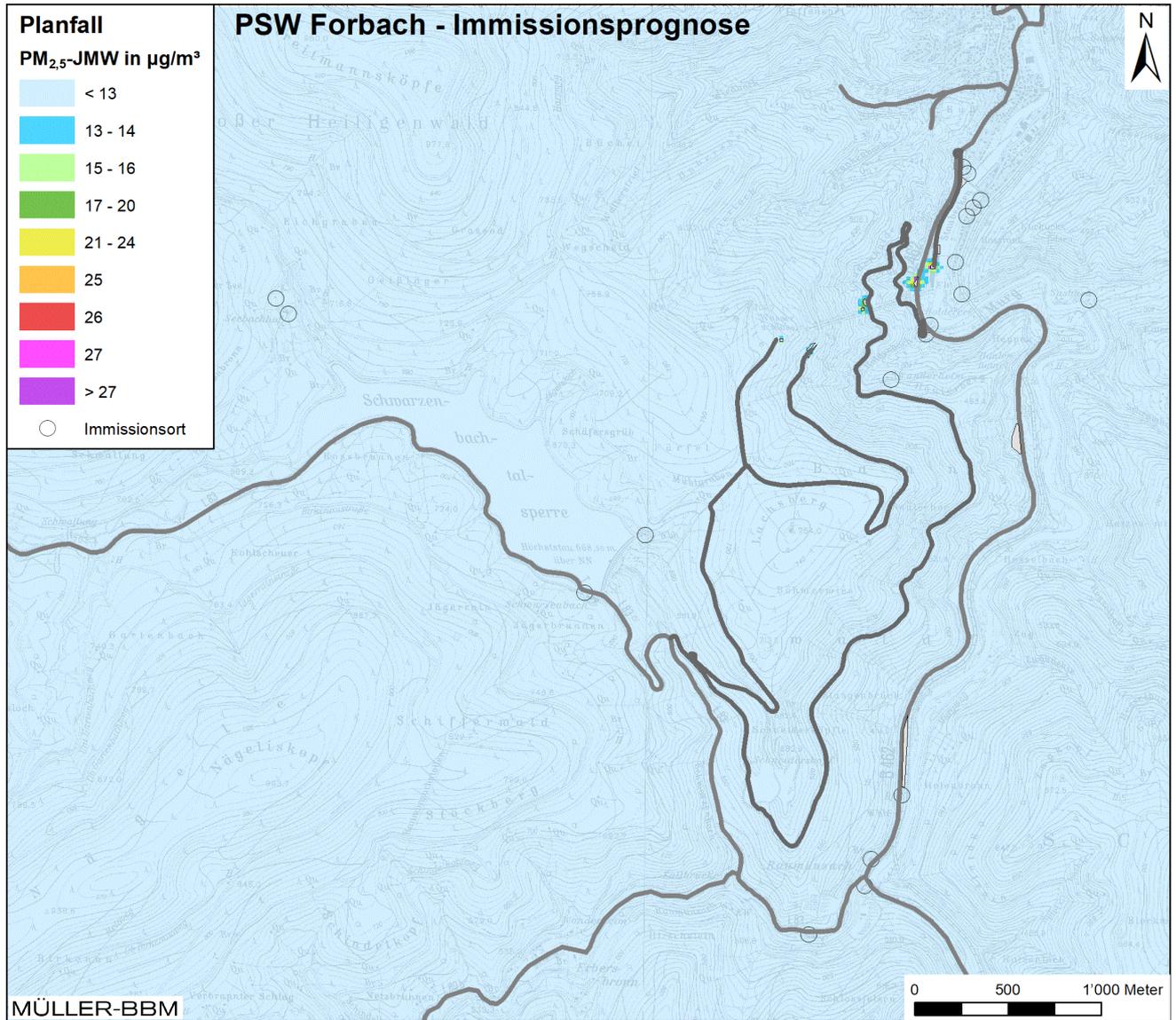


Abbildung 23. Bauphase, PM<sub>2,5</sub> -Immissionen (Jahresmittelwerte) ermittelt mit einer Kfz-Flotte des Jahres 2022.

\\S-muc-fs01\allefirmen\IP\Proj\162\M\162341\M\162341\_01\_Ber\_1D.DOCX:01.07.2021