

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

**ERMITTLUNG DER WIRKUNG DER ZUSÄTZLICHEN
BEBAUUNG DER NÖTHNITZER STRASSE
(TECHNOLOGIEMEILE) AUF DIE
LUFTSCHADSTOFFBELASTUNG DER
BERGSTRASSE MIT BESONDERER BETRACHTUNG
DER MESSSTATION BERGSTRASSE**

Auftraggeber: Landeshauptstadt Dresden
Umweltamt
Grunaer Straße 2
01069 Dresden

Dipl.-Met. A. Moldenhauer
Dipl.-Ing. (FH) E. Nitzsche

Dr. rer. nat. I. Düring

Juni 2017
Projekt 71197-15-02
Berichtsumfang 50 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|--|--|-----------|
| 1 | ZUSAMMENFASSUNG | 3 |
| 2 | AUFGABENSTELLUNG | 6 |
| 3 | VORGEHENSWEISE | 7 |
| | 3.1 Betrachtete Schadstoffe..... | 7 |
| | 3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe | 7 |
| | 3.3 Berechnungsverfahren MISKAM | 8 |
| 4 | EINGANGSDATEN | 11 |
| | 4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes..... | 11 |
| | 4.2 Verkehrsdaten | 14 |
| | 4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation..... | 14 |
| | 4.4 Meteorologische Daten | 18 |
| | 4.5 Hintergrundbelastung der Luft | 20 |
| 5 | EMISSIONEN | 21 |
| | 5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren..... | 21 |
| | 5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren..... | 21 |
| | 5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren..... | 23 |
| | 5.4 Berechnung der Emissionsfaktoren für größere Streckenlängsneigungen | 26 |
| | 5.5 Emissionen des untersuchten Straßennetzes..... | 27 |
| 6 | IMMISSIONEN | 31 |
| | 6.1 Stickstoffdioxid (NO ₂)..... | 31 |
| | 6.2 Feinstaub (PM10) | 35 |
| 7 | LITERATUR | 38 |
| A N H A N G A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN | | 43 |

**A N H A N G A2: BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR
IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION47**

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen, siehe z. B. Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann

zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Feinstaub / PM10 / PM2.5

Mit Feinstaub bzw. PM10/PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröÙenselektierenden Lufterlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Für den Rahmenplan Südvorstadt wurden durch unser Büro ein Gutachten zur Änderung der Belüftung im Kaltluftfall für die Bereiche „Technologiemeile“ und „Neuer Pol“ erstellt (Lohmeyer, 2014).

Dabei hat sich gezeigt, dass die geplanten Bebauungen im dort betrachteten Fall auch direkt auf die Bergstraße Auswirkungen haben werden, weil die Belüftung im Kaltluftfall abnimmt.

Die Bergstraße stellt in dem Bereich zwischen Nöthnitzer Straße und Fritz-Förster-Platz eines der größten Luftreinhalteprobleme in Dresden dar, da an der Messstation Bergstraße schon ohne Bebauungserweiterung Grenzwertüberschreitungen für NO₂ gemessen werden. Faktisch werden die Luftreinhaltebemühungen der Stadt anhand dieser Messstation bewertet.

Es ist deshalb zu untersuchen, welche Luftschadstoffbelastung sich an der Bergstraße (100 m südlich des Knotenpunktes Nöthnitzer Straße bis zum Knotenpunkt Mommsenstraße) nach Umsetzung des Rahmenplanes einstellen wird.

Betrachtet wurden folgende Fälle:

- Fall 1: ohne Bebauung des Rahmenplanes (= Prognose-Nullfall)
- Fall 2: mit Bebauung entsprechend Rahmenplan (= Planfall Rahmenplan).

Betrachtet wurden die folgenden Komponenten: Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM10) als Straßenrandbelastung und an der Messstation Bergstraße. Die Beurteilung der Maßnahme erfolgte im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV.

Die Bestimmung der Verkehrssituationen erfolgte aufbauend auf realistischen Fahrprofilen aus der Auswertung von Taxi-FCD-Daten.

Die Berechnung der Emissionen erfolgt dann auf Basis der regionalspezifischen Dresdner Flottenzusammensetzung, basierend auf Bestandsdaten des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) sowie aktueller Verkehrsdaten und Zusammensetzung (DTV, SV, Busse) für das Jahr 2018, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in seiner Version 3.3 (UBA, 2017) wurden mit PROKAS-E die verkehrsbedingten Emissionen für das Bezugsjahr 2018 ermittelt.

Die nicht motorbedingten PM10-Emissionen wurden auf der Grundlage vorliegender Systematisierungen aus der Literatur bestimmt.

Die Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Modell MISKAM (Beschreibung siehe Anhang A2).

Die so berechnete Zusatzbelastung, verursacht vom Kfz-Verkehr auf den berücksichtigten Straßen, wurde mit der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wurde in Abstimmung mit der zuständigen Immissionsschutzbehörde dem LfULG angesetzt. Die NO/NO₂-Konversion wurde mit einem vereinfachten Chemiemodell durchgeführt. Diskutiert und bewertet wurde die Gesamtbelastung (Zusatzbelastung + Hintergrundbelastung).

Ergebnisse

Die Berechnungen ergaben, dass im Prognose-Nullfall und im Planfall unter Berücksichtigung der geplanten Bebauung des Rahmenplanes an der Messstelle in einer Messhöhe von 3.5 m 46 µg NO₂/m³ berechnet werden. Die Differenzbetrachtung zwischen dem Planfall und dem Prognose-Nullfall zeigt, dass im Bereich der Messstelle keine Veränderungen zu erwarten sind. Südlich der Messstelle ist insbesondere auf Grund der im Kreuzungsbereich Bergstraße/Nöthnitzer Straße geplanten geschlossenen Bebauung und damit den veränderten Ausbreitungsbedingungen eine Erhöhung der NO₂-Immissionen um maximal 2 µg NO₂/m³ zu erwarten. Nördlich der Messstelle wird eine Abnahme der Immissionen erwartet.

Auch bei der PM10-Gesamtbelastung werden unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 21 µg/m³ an der Messstelle in 3.5 m Höhe für den Prognose-Nullfall und für den Planfall 2018 25 µg PM10/m³ berechnet.

An der Messstelle sind somit keine Veränderungen auf Grund der geplanten Bebauung zu erwarten. Allerdings wird sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Planfall 2018 weiterhin eine Überschreitung des geltenden Grenzwertes für den NO₂-Jahresmittelwert prognostiziert.

Auf Grund der Tatsache, dass zwischen dem Prognose-Nullfall, der die Bebauung im Istzustand berücksichtigt, und dem Planfall mit nahezu geschlossener Bebauung im Bereich der Bergstraße/Nöthnitzer Straße keine relevanten Unterschiede in der Schadstoffbelastung an der Messstelle Bergstraße auftreten, wurde auf die Berechnung einer weiteren Variante (op-

timierter Planfall) verzichtet. Dieser optimierte Planfall hätte einen höheren Abstand der geplanten Bebauung zur B 170 sowie eine verringerte Höhe der Bebauung berücksichtigt.

2 AUFGABENSTELLUNG

Für den Rahmenplan Südvorstadt wurden durch unser Büro ein Gutachten zur Änderung der Belüftung im Kaltluftfall für die Bereiche „Technologiemeile“ und „Neuer Pol“ erstellt (Lohmeyer, 2014).

Dabei hat sich gezeigt, dass die geplanten Bebauungen im dort betrachteten Fall auch direkt auf die Bergstraße Auswirkungen haben werden, weil die Belüftung im Kaltluftfall abnimmt.

Die Bergstraße stellt in dem Bereich zwischen Nöthnitzer Straße und Fritz-Förster-Platz eines der größten Luftreinhalteprobleme in Dresden dar, da an der Messstation Bergstraße schon ohne Bebauungserweiterung Grenzwertüberschreitungen für NO₂ gemessen werden. Faktisch werden die Luftreinhaltebemühungen der Stadt anhand dieser Messstation bewertet.

Es ist deshalb zu untersuchen, welche Luftschadstoffbelastung sich an der Bergstraße (100 m südlich des Knotenpunktes Nöthnitzer Straße bis zum Knotenpunkt Mommsenstraße) nach Umsetzung des Rahmenplanes einstellen wird. Betrachtet wurden folgende Fälle:

- Fall 1: ohne Bebauung des Rahmenplanes (= Prognose-Nullfall) für das Jahr 2018
- Fall 2: mit Bebauung entsprechend Rahmenplan (= Planfall Rahmenplan) für das Jahr 2018.

Betrachtet werden die Jahresmittelwerte der NO₂- und PM10-Gesamtbelastungen. Die Differenzen in den berechneten Immissionsgrößen werden dann in Bezug auf den Grenzwert bewertet.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 Betrachtete Schadstoffe

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für die Beurteilung von Auswirkungen des Kfz-Verkehrs ist v. a. die 39. BImSchV relevant.

Die Relevanz der Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ und PM10 erreicht. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, Blei, Schwefeldioxid (SO₂) und Kohlenmonoxid (CO) sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid (NO) gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich.

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Straßenverkehrsemissionen werden die Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaubpartikel mit den Korngrößen 10 und 2.5 µm (PM10) betrachtet.

3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

| Schadstoff | Beurteilungswert | Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | |
|-----------------|---------------------|--|--|
| | | Jahresmittel | Kurzzeit |
| NO ₂ | Grenzwert seit 2010 | 40 | 200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr) |
| PM10 | Grenzwert seit 2005 | 40 | 50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr) |

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert. Neben den Jahresmittelwerten wird auch der PM10-Kurzzeitgrenzwert abgeleitet und bewertet.

Weiter orientiert sich die Bewertung an der Einstufung von Schadstoffimmissionen (siehe **Tab. 3.2**) durch die Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (LfU, 1993).

| Immissionen in % der entsprechenden Grenzwerte | Bewertung |
|--|--------------------------------|
| bis 10 % | sehr niedrige Konzentrationen |
| über 10 % bis 25 % | niedrige Konzentrationen |
| über 25 % bis 50 % | mittlere Konzentrationen |
| über 50 % bis 75 % | leicht erhöhte Konzentrationen |
| über 75 % bis 90 % | erhöhte Konzentrationen |
| über 90 % bis 100 % | hohe Konzentrationen |
| über 100 % bis 110 % | geringfügige Überschreitungen |
| über 110 % bis 150 % | deutliche Überschreitungen |
| über 150 % | hohe Überschreitungen |

Tab. 3.2: Bewertung von Immissionen nach LfU (1993)

3.3 Berechnungsverfahren MISKAM

Es werden Detailrechnungen mit MISKAM unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle) (VDI, 2005) durchgeführt. Mit MISKAM werden Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfiguration modellieren.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Aktivitätsdaten und Verkehrsmengen werden für das Prognosejahr 2018 die von den Kraftfahrzeugen emittierten

Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM10) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA nicht behandelt. Die Berechnung dieser Emissionen erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse von aktuellen Forschungsarbeiten (Düring und Lohmeyer, 2011; CORINAIR, 2007). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (VDI, 2003).

Die Immissionsberechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen werden die Hinweise aus Eichhorn (2005) sowie der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 9 für prognostische Modelle beachtet (VDI, 2005). Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 400 m berücksichtigt. Das Rechengebiet ist somit deutlich größer als die Fläche des Untersuchungsgebietes.

Das Rechengebiet wird mit einem nichtäquidistanten Netz überzogen, dessen horizontale Auflösung zwischen 1 m im Zentrum des Untersuchungsgebietes und ca. 10 m am Gebietsrand variiert. Die Höhe des Rechengebietes beträgt 500 m. Es werden 36 Strömungsrechnungen für die Windrichtungen 10° bis 360° sowie anschließend je 36 Ausbreitungsrechnungen für die betrachteten Schadstoffe durchgeführt. Dabei wird jeweils neutrale thermische Schichtung der Atmosphäre angenommen. Im Rahmen der Modellvalidierung hat sich gezeigt, dass die mit MISKAM berechneten Immissionsfelder in sehr guter Näherung mit der Windgeschwindigkeit skalierbar sind. Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass in dicht bebautem Gelände aufgrund der hohen städtischen Rauigkeit genug mechanische Turbulenz erzeugt wird, sodass näherungsweise von einer neutralen Schichtung im Untersuchungsgebiet ausgegangen werden kann (unabhängig von der großräumigen thermischen Schichtung).

Für jeden Schadstoff werden aus den jeweils 36 Immissionsfeldern mit der Programmoberfläche WinMISKAM (SFI, 2001) unter Verwendung der Windstatistik, der Emissionshäufigkeitsverteilung und der Schadstoffhintergrundbelastung flächendeckend die Jahresmittelwerte als Gesamtbelastung berechnet.

Für die Berechnung der NO-NO₂-Umwandlung wird das vereinfachte Chemiemodell nach Düring et al. (2011) verwendet.

4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Verkehrsdaten, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

Vom Auftraggeber wurden als Grundlage für das vorliegende Gutachten u. a. die nachfolgenden Unterlagen übergeben:

- Verkehrsbelegungsdaten für 2018 (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt; 2017a)
- Fahrmuster aus Rechnungen der LFULG (für das umliegende Straßennetz außer Bergstraße (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt; 2017a)
- Lage und Höhen von Gebäuden auf Grundlage verschiedener Planungen und Abstimmung (Landeshauptstadt Dresden, Stadtplanungsamt; 2017b und c).

Folgende B-Pläne standen zur Verfügung:

- Wohnpark Nöthnitzer Straße, Dresden Baywobau Baubetreuung GmbH, (22.03.2017)
- Planungen für den Nürnberger Platz
- Rahmenplan Südvorstadt Dresden - Vertiefungsbereich Technologiemeile (letzte Änderung 02.05.2016)
- Rahmenplan Südvorstadt Dresden Bildung und Stadt im Dialog (letzte Änderung 02.05.2016)
- Bebauungsplan Nr. 393, Dresden Räcknitz Nr. 3, Nöthnitzer Straße –Campus Süd, Zuarbeit von Gebäudehöhen (Landeshauptstadt Dresden, Stadtplanungsamt; 15.05.2017).

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das zu betrachtenden Untersuchungsgebiet befindet sich im Süden des Stadtgebietes von Dresden im Ortsamtsbereich Plauen (Teile der Gemarkung Altstadt II, Plauen und Räcknitz).

Die Entfernungen von der Altstadt Dresden beträgt ca. 2.5 km. Das MISKAM-Auswertegebiet erstreckt sich südlich der Nöthitzer Straße (Höhe Alträcknitz bis Mommsenstraße). Das MISKAM-Rechengebiet ist deutlich größer und schließt die geplanten baulichen Änderungen ein.

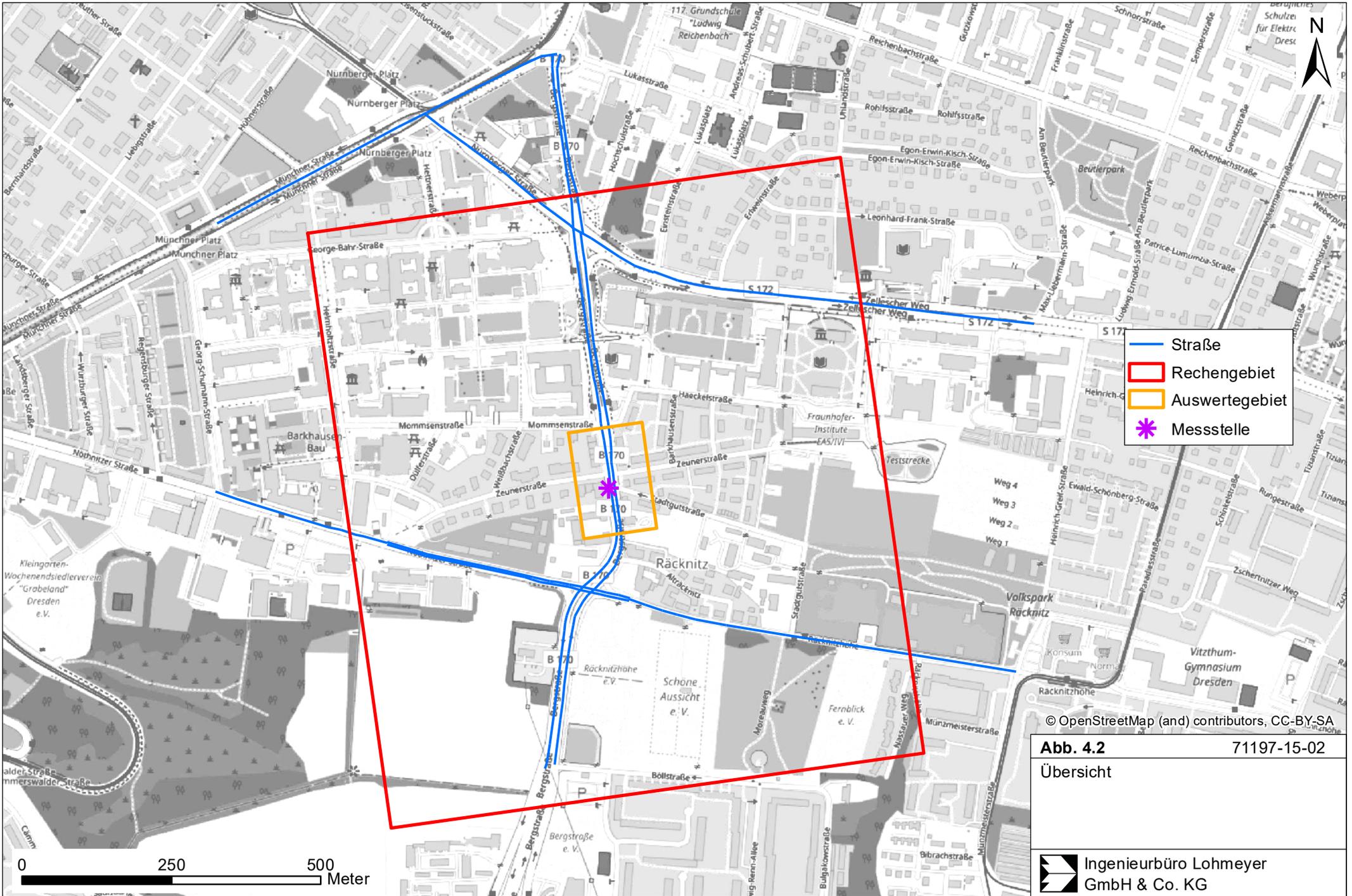
An der Bergstraße befindet sich eine Immissionsmessstelle des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (**Abb. 4.1**) die die Luftschadstoffbelastung auf zeichnet und sie wird als verkehrsbeeinflusste Station gelistet. Die Messstelle ist 9 m von der Hausfront entfernt. Die Messungen erfolgen in einer Höhe von 3.5 m. Vor dem dort befindlichen Café befindet sich eine Sichtschutzwand, die mit einer mittleren Höhe von 2 m berücksichtigt wurde.



Abb. 4.1: Messstelle des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie in der Bergstraße in Dresden.

Das berücksichtigte Straßennetz, die Messstelle sowie das Rechen- und Auswertegebiet sind in **Abb. 4.2** dargestellt.

Großräumig ist der Rahmenplan Südvorstadt dem Elbtal zuzuordnen. Die Ausrichtung des Elbtals ist in diesem Bereich Südost-Nordwest und besitzt eine Höhe von ca. 110 m ü NN.



Das Untersuchungsgebiet ist an der Südseite des Elbtals am Hang auf einer Höhe von ca. 140 m bis 160 m ü NN gelegen. Nach Süden steigt das Gelände an, so dass an der Bergstraße teilweise Längsneigungen von 8 % vorherrschen.

4.2 Verkehrsdaten

Neben unterschiedlichen DTV-Werten weisen die einzelnen Straßenabschnitte unterschiedliche Schwerverkehrsanteile und unterschiedliche Verkehrssituationen (mittlere Geschwindigkeit, Standanteile, Konstantfahrten) auf, die bei der Bestimmung der Emissionen auf den betrachteten Straßenabschnitten entscheidenden Einfluss haben.

Die Verkehrsdaten (Landeshauptstadt Dresden, 2017a), die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, liegen als mittlere Verkehrsstärke DTV für das Prognosejahr 2018 vor. Die Bergstraße und der Kreuzungsbereich mit der Nöthnitzer Straße wurden fahrtrichtungsgetrennt aufgenommen, dann überlagern sich die Signaturen in den Abbildungen. Sie sind für den Prognose-Nullfall und für den Planfall 2018 in **Abb. 4.3** dargestellt.

Auf der Bergstraße wurden die Linienbusse separat berücksichtigt, die auf Zählungen der Pegelzählstellen 2016 an der Bergstraße beruhen. (Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt, 2017a).

Für die Berechnungen werden die Daten als mittlere Verkehrsstärken (DTV) verwendet, welche den Verkehr von Montag bis Sonntag abbilden. Die verwendeten Schwerverkehrszahlen (SV) beinhalten alle Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zul. GG) größer 3.5 t.

4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation

Bei der Ausbreitung der verkehrsbedingten Emissionen spielen die baulichen Gegebenheiten der Straße eine wesentliche Rolle. Die Gebäudedaten wurden aus den Untersuchungen für die Technologiemeile übernommen. Auf Grundlage eines Ortstermines und der vorliegenden Planungsdaten (siehe Abschnitt 4.1) erfolgten mehrere Abstimmungen mit dem Stadtplanungsamt, so dass die in **Abb. 4.4** dargestellten Gebäude (im Prognose-Nullfall) und in **Abb. 4.5** (im Planfall) zur Berechnung verwendet wurden.

Bei den Strömungsrechnungen mit MISKAM wurden zwei Lärmschutzwände berücksichtigt. Zu einem handelte es sich dabei um die 2 m hohe Sichtschutzwand am Außenbereich des Cafes direkt vor der Messstelle zum anderen an der Bergstraße südlich der Nöthnitzer Straße mit einer Höhe von 3 m).

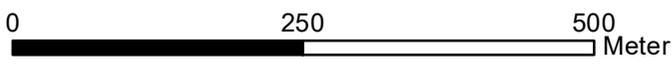
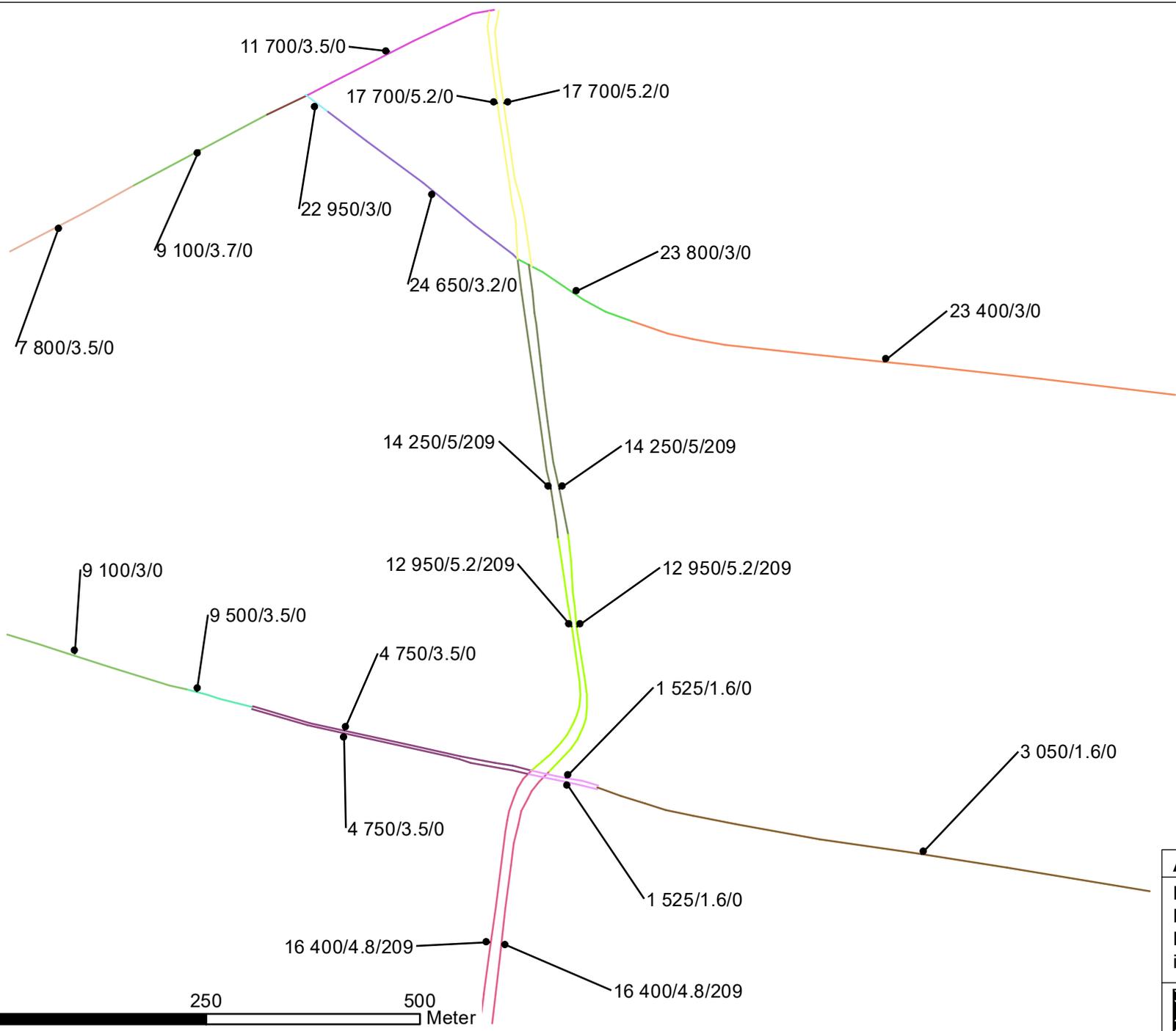
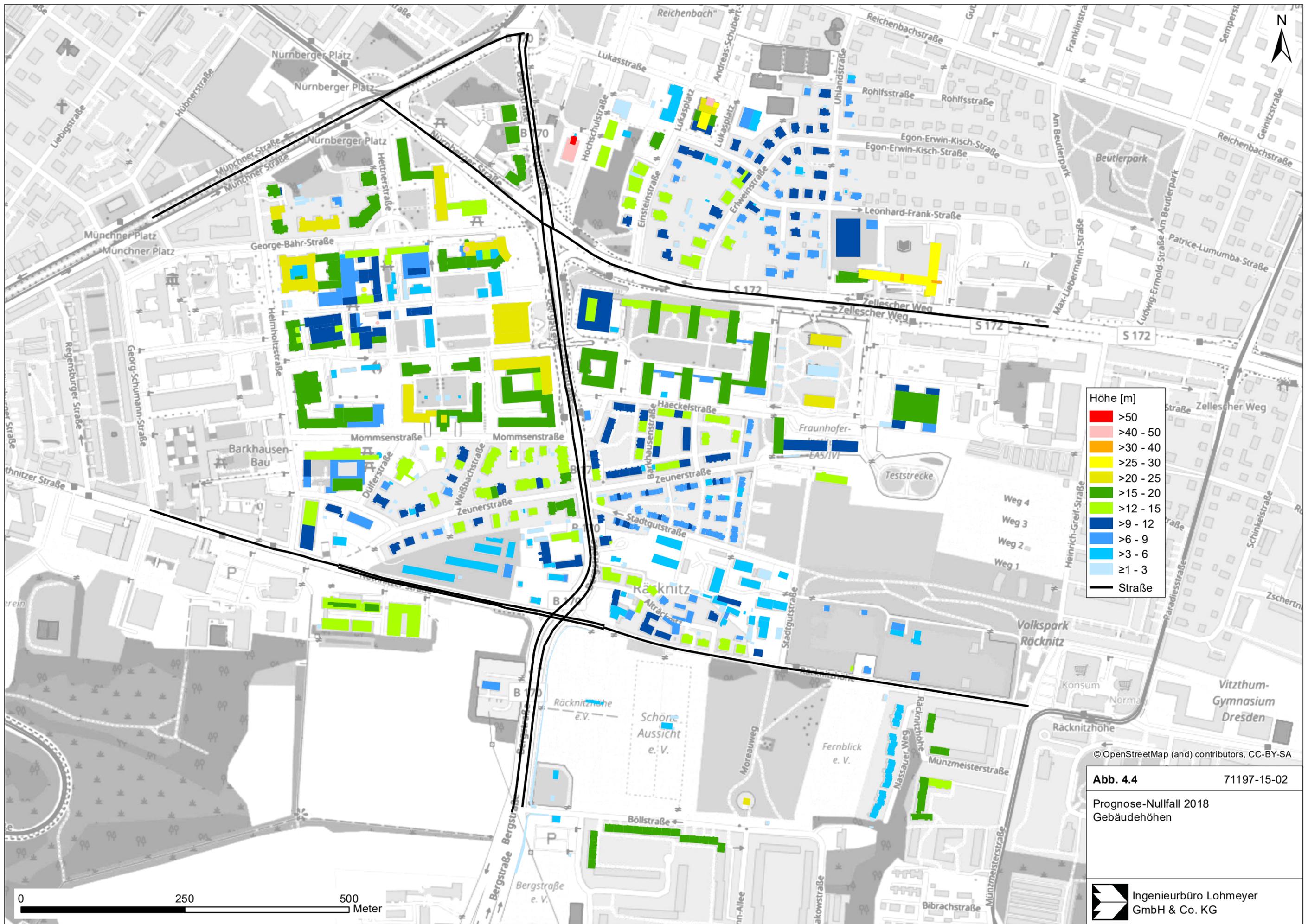
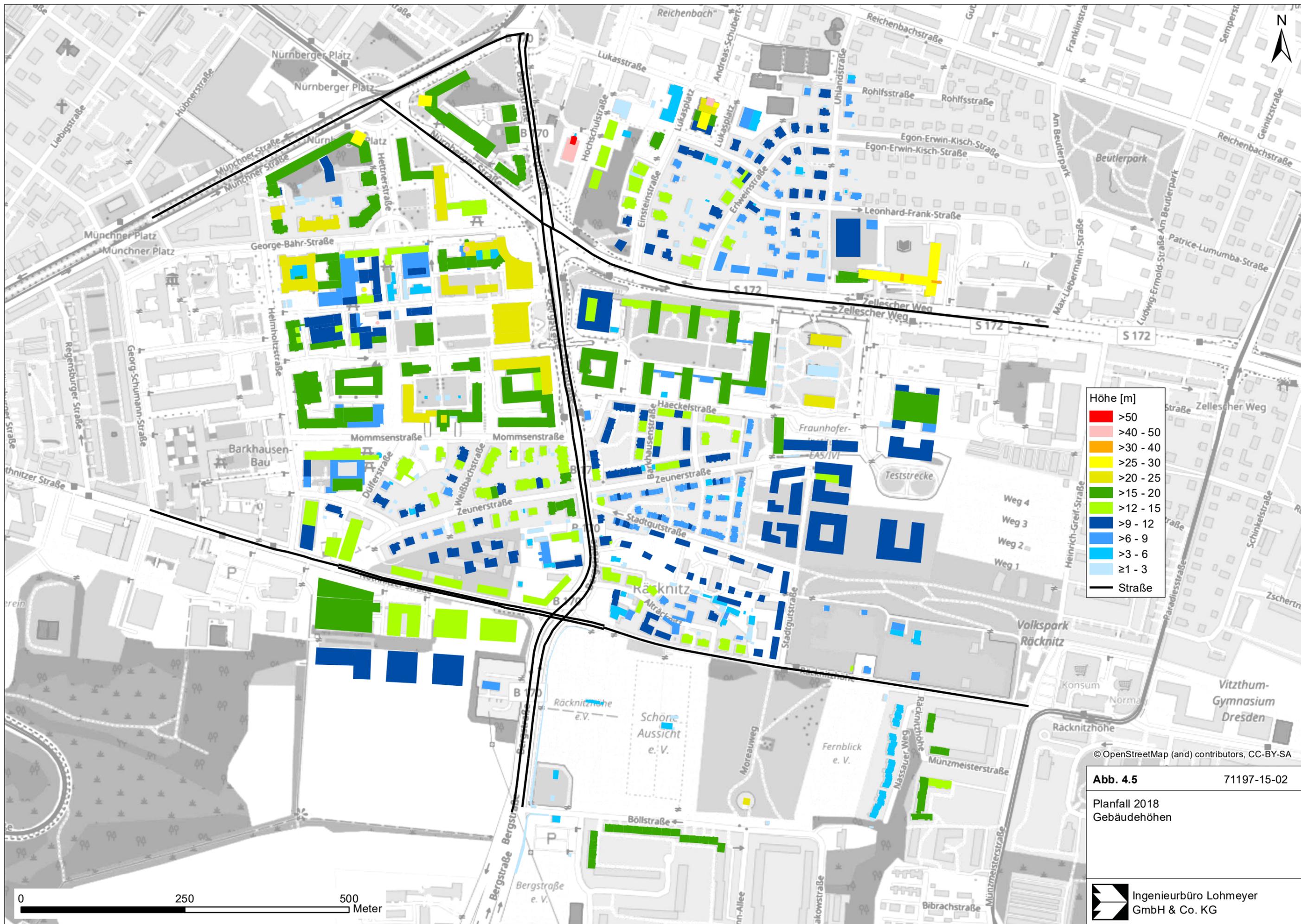


Abb. 4.3 71197-15-02
Prognose-Nullfall und Planfall 2018
Durchschnittliche Verkehrsstärke
DTV_{Mo-So} in Kfz pro Tag / SV >3.5 t
in Prozent / Anzahl Linienbusse

 Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG





| Höhe [m] | |
|-------------|----------|
| Red | >50 |
| Pink | >40 - 50 |
| Orange | >30 - 40 |
| Yellow | >25 - 30 |
| Light Green | >20 - 25 |
| Green | >15 - 20 |
| Lime Green | >12 - 15 |
| Dark Blue | >9 - 12 |
| Blue | >6 - 9 |
| Cyan | >3 - 6 |
| Light Blue | ≥1 - 3 |
| Black line | Straße |

© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA

Abb. 4.5 71197-15-02

Planfall 2018
Gebäudehöhen

4.4 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken (AKS) benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurden die Daten aus METEOKART^{GIS} für das Untersuchungsgebiet (Dresden-Bergstraße) direkt ausgelesen (**Abb. 4.6**). Damit ist es möglich, die topografische Gegebenheit, die Kaltluftsituation und die aerodynamische Rauigkeit im Untersuchungsgebiet mit zu berücksichtigen. Bei einer Anemometerhöhe von 10 m beträgt die mittlere Windgeschwindigkeit 2.2 m/s. Die häufigsten Windrichtungen sind Südost. Ein Nebenmaximum tritt in südwestlicher bis nordwestlicher Richtung auf. Die Landnutzungsunterschiede zwischen der Referenz-Messstation und dem Untersuchungsgebiet wirken sich auf die Windgeschwindigkeit aus. Aufgrund der aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet werden die mittleren Windverhältnisse für den Standort angepasst. Die für die Ausbreitungsrechnungen verwendete Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik ist in **Abb. 4.6** dargestellt.

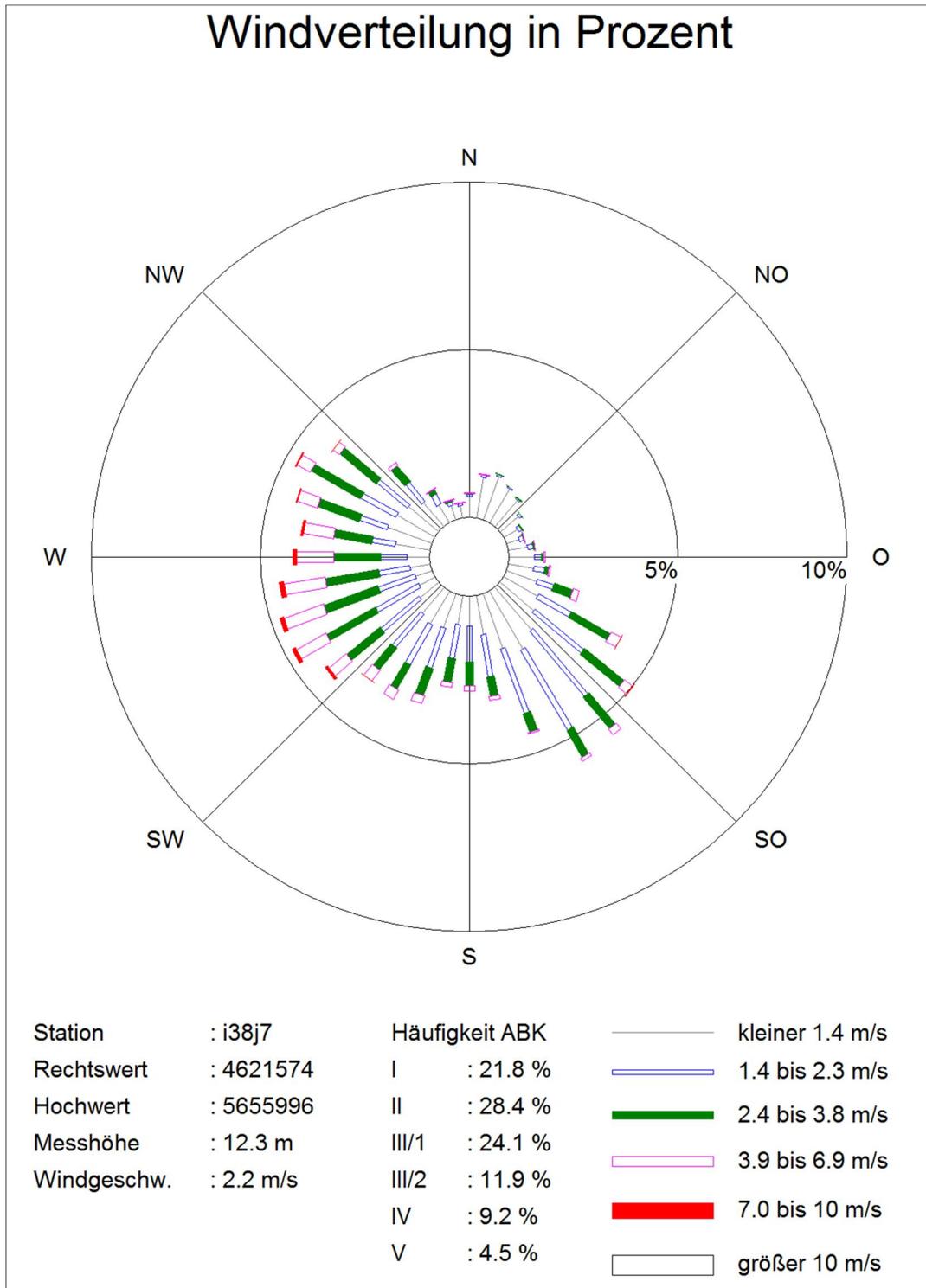


Abb. 4.6: Synthetische Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik für den Untersuchungsstandort auf Basis prognostischer Windfeldmodellierungen aus dem METEOKART^{GIS}-System. Quelle: LfUG (2007).

4.5 Hintergrundbelastung der Luft

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Stickoxide unterliegen auf dem Ausbreitungspfad chemischen Umwandlungsprozessen. Die Berechnung der NO₂-Schadstoffbelastung erfolgt deshalb mit Hilfe eines Chemiemodells (siehe Anhang A2), welche als zusätzliche Hintergrundbelastungen NO_x und O₃ benötigt.

Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastung standen Werte der Berechnungen zum Immissionskataster Sachsen zur Verfügung. In Abstimmung mit dem LfULG (2017) werden die in **Tab. 4.1** dargestellten Werte unverändert auch für das Bezugsjahr 2018 angesetzt.

| Schadstoff | Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] |
|-----------------|---|
| NO ₂ | 17 |
| NO _x | 27 |
| O ₃ | 50 |
| PM10 | 21 |

Tab. 4.1: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2018

5 EMISSIONEN

5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusiv zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM10) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) berechnet. Darin wurde eine Korrektur der Stickoxid-Basisemissionsfaktoren für EURO-4- und EURO-6-Diesel-PKW vorgenommen. Darüber hinaus wird in HBEFA 3.3 erstmals der Einfluss der Umgebungstemperatur berücksichtigt, der sich bei Temperaturen unter 20°C erhöhend auf die Stickoxid-Basisemissionsfaktoren auswirkt. Die Berücksichtigung dieses Temperatureinflusses erfolgt in HBEFA 3.3 bei allen Diesel-PKW der Abgasnorm EURO-4 - EURO-6.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgte unter Verwendung der bundesdeutschen Jahresmitteltemperatur.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw, INfz, Lkw und Bussen im Wesentlichen ab von:

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),

- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z. B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2014) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

Für die Untersuchungen erfolgte die Berechnung einer regionalspezifischen Dresdner PKW-Flottenzusammensetzung für das Betrachtungsjahr 2018 auf Basis der aktuellen Bestandsdaten des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) sowie der Fahrleistungsfaktoren (Verhältnis aus Fahrleistungsanteil und Bestandsanteil) und Annahmen zur Flottenentwicklung aus HBEFA 3.3. In Abstimmung mit der DVB AG wurde die Flottenzusammensetzung der Linienbusse zu jeweils 50 % aus Fahrzeugen mit Emissionsstandard EURO-V und EURO-VI angenommen¹. Die Flottenzusammensetzungen der Nutzfahrzeuge und Reisebusse wurde entsprechend der bundesdeutschen Flottenzusammensetzungen im Jahre 2018 nach HBEFA 3.3 angenommen. Die Emissionsberechnung erfolgte auf Basis der somit gewichteten Emissionsfaktoren sowie aktueller Verkehrsdaten und Zusammensetzung (DTV, SV, Busse), die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israel et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100 % der Partikelgrößen kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit auch der PM10- und PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

¹ Auskunft DVB: Herr Gableske (Tel. 0351-857 3216) am 01.06.2017

Die Längsneigung der Straßen ist aus Höhenplänen oder Lageplänen des Untersuchungsgebietes bekannt. Der Kaltstarteinfluss von NO_x und Partikeln innerorts für Pkw und Infz wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

| | |
|--------------|---|
| IOS-FernC50 | Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, flüssiger Verkehr |
| IOS-FernC50d | Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr |
| IOS-FernC50g | Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr |
| IOS-FernC50s | Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau |
| IOS-HVS50d | Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr |
| IOS-HVS50s | Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau |
| IOS-NS40g | Städtische Erschließungs-, Nebenstraße, Tempolimit 40 km/h, gesättigter Verkehr |
| IOS-NS40s | Städtische Erschließungs-, Nebenstraße, Tempolimit 40 km/h, Stau |
| IOS-Sam50g | Städtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr |

5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit nicht mit zufrieden stellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM₁₀-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend Düring und Lohmeyer (2011) verwendet

Die nicht motorbedingten PM_{2.5}-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) werden in der vorliegenden Untersuchung entsprechend der im Emission Inventory Guidebook von EMEP/CORINAIR (CORINAIR, 2007) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Eine Differenzierung nach verschiedenen Verkehrssituationen ist durch eine dort angegebene Geschwindigkeitsabhängigkeit (für Reifen und Bremsabrieb) möglich.

Die Resuspension von eingetragenen Straßenstaub gehört entsprechend derzeitigem Kenntnisstand eher der Partikelfraktion zwischen 2.5 µm und 10 µm an und wird deshalb bei der Betrachtung von PM2.5 nicht mit berücksichtigt.

Abrieb von Kupplungsbelägen wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da dieser weitestgehend in den Kupplungsgehäusen zurückgehalten wird.

Es sei darauf verwiesen, dass insbesondere die Emissionsfaktoren für Straßenabrieb von den Autoren wegen fehlender systematischer Untersuchungen mit sehr großen Unsicherheiten bewertet werden. Palmgren et al. (2003) setzt z. B. die PM2.5-Straßenabriebsemissionen auf Basis von Untersuchungen von TNO aus dem Jahr 1997 zu Null. Um auf der sicheren Seite zu liegen, werden dennoch Emissionsfaktoren verwendet.

Auf Grundlage der o. a. Datenbasis werden zur Berechnung der PM10- und PM2.5-Emissionen für die Summe aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) die in der **Tab. 5.1**, aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

| Straßenparameter | | spezifische Emissionsfaktoren je Kfz | | | | | | | |
|-------------------|--------------|--------------------------------------|-----|-------------------------|-------|--------------------------------|------|--|-----|
| Verkehrssituation | Längsneigung | NO ₂ (direkt) [mg/km] | | NO _x [mg/km] | | PM10/PM2.5 (nur Abgas) [mg/km] | | PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung) [mg/km] | |
| | | LV | SV | LV | SV | LV | SV | LV | SV |
| IOS-FernC50 | +6 % | 257 | 403 | 800 | 3 194 | 11.3 | 47 | 26 | 100 |
| IOS-FernC50+8 | ±0 % | 346 | 529 | 1066 | 4 245 | 12.9 | 55.2 | 26 | 100 |
| IOS-FernC50 | -6 % | 34 | 119 | 110 | 589 | 3.1 | 8 | 26 | 100 |
| IOS-FernC50-8 | ±0 % | 34 | 119 | 110 | 589 | 3.1 | 8 | 26 | 100 |
| IOS-FernC50d | ±0 % | 104 | 259 | 334 | 2 058 | 6.4 | 27.5 | 33 | 350 |
| IOS-FernC50d | ±2 % | 108 | 263 | 344 | 1 988 | 6.6 | 27.9 | 33 | 350 |
| IOS-FernC50d | +4 % | 181 | 337 | 577 | 2 636 | 9.6 | 43.7 | 33 | 350 |
| IOS-FernC50d | -2 % | 78 | 251 | 251 | 1 829 | 5.3 | 19.8 | 33 | 350 |
| IOS-FernC50d | -4 % | 59 | 262 | 189 | 1 469 | 4.4 | 14.5 | 33 | 350 |
| IOS-FernC50g | +2 % | 146 | 323 | 466 | 2 544 | 8.1 | 41 | 40 | 700 |
| IOS-FernC50g | +4 % | 196 | 371 | 621 | 2 899 | 9.9 | 48.8 | 40 | 700 |
| IOS-FernC50g | +6 % | 262 | 444 | 825 | 3 491 | 12.1 | 56.1 | 40 | 700 |
| IOS-FernC50g | -4 % | 61 | 372 | 196 | 1 944 | 4.5 | 17.4 | 40 | 700 |

| Straßenparameter | | spezifische Emissionsfaktoren je Kfz | | | | | | | |
|-------------------|--------------|--------------------------------------|-----|-------------------------|-------|--------------------------------|------|--|-------|
| Verkehrssituation | Längsneigung | NO ₂ (direkt) [mg/km] | | NO _x [mg/km] | | PM10/PM2.5 (nur Abgas) [mg/km] | | PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung) [mg/km] | |
| | | LV | SV | LV | SV | LV | SV | LV | SV |
| IOS-FernC50g | -6 % | 47 | 278 | 153 | 1 392 | 3.9 | 14.3 | 40 | 700 |
| IOS-FernC50g-8 | ±0 % | 47 | 278 | 153 | 1 392 | 3.9 | 14.3 | 40 | 700 |
| IOS-FernC50s | +2 % | 209 | 741 | 660 | 5 988 | 12.9 | 70.6 | 45 | 1 200 |
| IOS-FernC50s | +4 % | 244 | 715 | 769 | 5 938 | 14.4 | 80.9 | 45 | 1 200 |
| IOS-FernC50s | +6 % | 287 | 748 | 899 | 6 078 | 15.9 | 90.1 | 45 | 1 200 |
| IOS-FernC50s | -2 % | 147 | 979 | 469 | 5 795 | 10.2 | 51.6 | 45 | 1 200 |
| IOS-FernC50s | -4 % | 129 | 958 | 409 | 5 090 | 9.4 | 43.6 | 45 | 1 200 |
| IOS-FernC50s | -6 % | 115 | 808 | 364 | 4 157 | 8.4 | 38 | 45 | 1 200 |
| IOS-FernC50s-8 | ±0 % | 115 | 808 | 364 | 4 157 | 8.4 | 38 | 45 | 1 200 |
| IOS-HVS50d | ±0 % | 107 | 316 | 354 | 2 532 | 6.9 | 31.3 | 33 | 350 |
| IOS-HVS50d | ±2 % | 111 | 345 | 367 | 2 405 | 7 | 31.7 | 33 | 350 |
| IOS-HVS50s | ±0 % | 174 | 839 | 564 | 6 020 | 11.9 | 61.1 | 45 | 1 200 |
| IOS-HVS50s | ±2 % | 178 | 860 | 575 | 5 892 | 11.9 | 61.1 | 45 | 1 200 |
| IOS-NS40g | ±0 % | 136 | 506 | 485 | 3 825 | 9.6 | 40.8 | 45 | 1 200 |
| IOS-NS40g | ±2 % | 141 | 523 | 498 | 3 614 | 9.6 | 40.9 | 45 | 1 200 |
| IOS-NS40g | ±4 % | 149 | 512 | 523 | 3 302 | 9.8 | 42.3 | 45 | 1 200 |
| IOS-NS40g | +2 % | 173 | 466 | 598 | 3 742 | 11 | 50.1 | 45 | 1 200 |
| IOS-NS40g | -2 % | 109 | 581 | 399 | 3 485 | 8.2 | 31.7 | 45 | 1 200 |
| IOS-NS40s | ±2 % | 178 | 860 | 611 | 5 892 | 12.7 | 61.1 | 45 | 1 200 |
| IOS-NS40s | +2 % | 209 | 741 | 706 | 5 988 | 14 | 70.6 | 45 | 1 200 |
| IOS-NS40s | -2 % | 147 | 979 | 516 | 5 795 | 11.3 | 51.6 | 45 | 1 200 |
| IOS-Sam50g | ±0 % | 125 | 377 | 422 | 2 887 | 7.9 | 33.5 | 40 | 700 |
| IOS-Sam50g | ±2 % | 129 | 391 | 434 | 2 675 | 8 | 33.9 | 40 | 700 |
| IOS-Sam50g | +2 % | 161 | 358 | 535 | 2 826 | 9.3 | 43.2 | 40 | 700 |
| IOS-Sam50g | -2 % | 97 | 425 | 333 | 2 524 | 6.8 | 24.5 | 40 | 700 |

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2018

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln wird mit der angesetzten Hintergrundbelastung berücksichtigt, soweit dieser Prozess in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen relevant wird. Für die kleineren Entfernungen sind die sekundären Partikel in den aus Immissionsmessungen abgeleiteten nicht motorbedingten Emissionsfaktoren enthalten.

5.4 Berechnung der Emissionsfaktoren für größere Streckenlängsneigungen

In HBEFA 3.3 werden Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von der Streckenlängsneigung bis zu einer Neigung von max. 6 % ausgewiesen. Die Bergstraße weist jedoch Steigungen von bis zu 8 % auf. Aus diesem Grunde wurden die Emissionsfaktoren für die Längsneigungsklassen 8 % extrapoliert.

In **Abb. 5.1** ist dieses Vorgehen am Beispiel der Verkehrssituation IOS-FernC50 dargestellt. Demnach wurde der Trend des Anstieg der Emissionsfaktoren bei Streckenlängsneigungen >0 auf die Längsneigungsklasse „+8 %“ übertragen. Der Trend zur Verringerung der Emissionsfaktoren bei Streckenlängsneigungen <0 wurde jedoch im Sinne einer konservativen Betrachtung nicht extrapoliert, sodass die Emissionsfaktoren bei Streckenlängsneigungen ≤ 6 % nicht weiter verringert wurden.

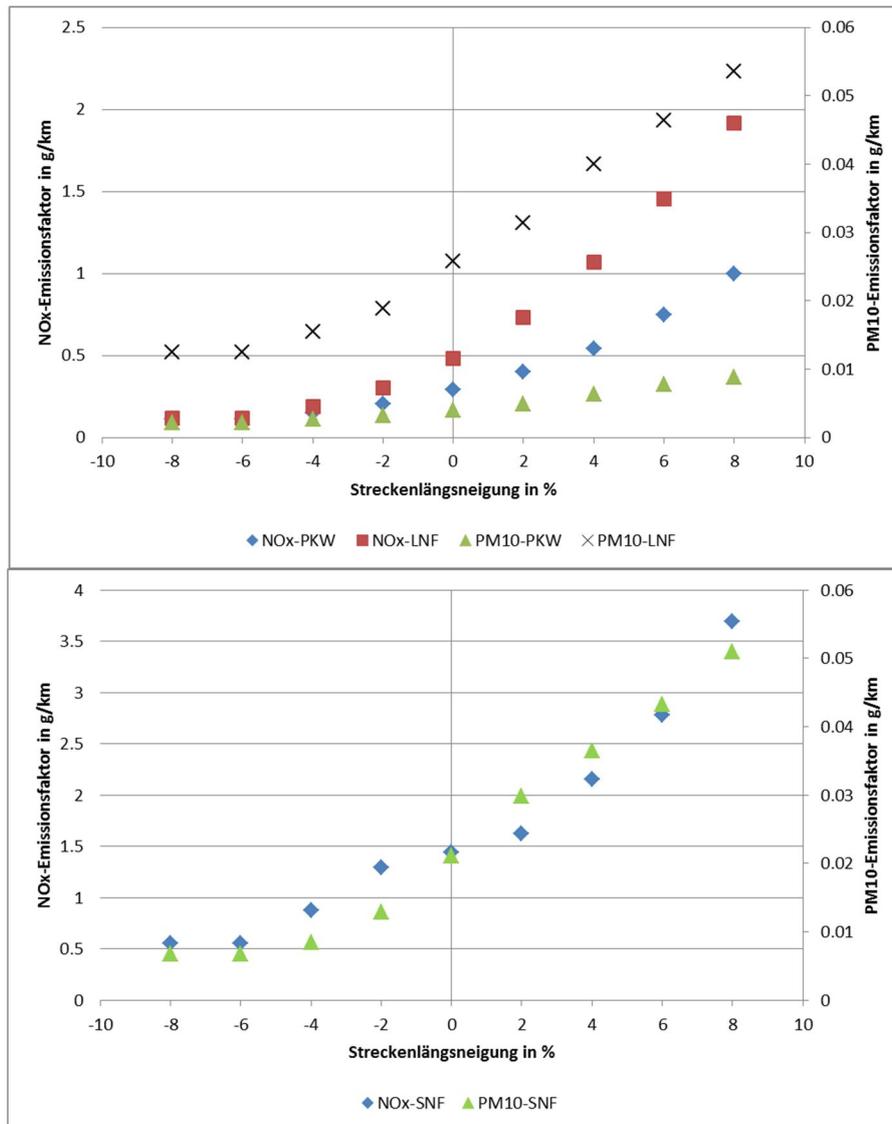


Abb. 5.1: Extrapolation der NO_x- und PM10-Motor-Emissionsfaktoren 2018 der PKW und LNF (oben) und SNF (unten) für die Verkehrssituation IOS-FernC50

5.5 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x, NO_{2-direkt} und PM10 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Die Emissionsbestimmung erfolgte aufbauend auf realistischen Fahrprofilen aus der Auswertung von Taxi-FCD-Daten. Daraus wurden für die Bergstraße realitätsnahe Verkehrssituationen und Level of Service (LOS)-Anteile (fahrtrichtungsgetrennt) abgeleitet. Für die an-

deren Straßen wurden die vom LfULG für Berechnungen für die Stadt Dresden verwendeten Verkehrssituationen, LOS-Anteile und Stop und Go-Anteile verwendet.

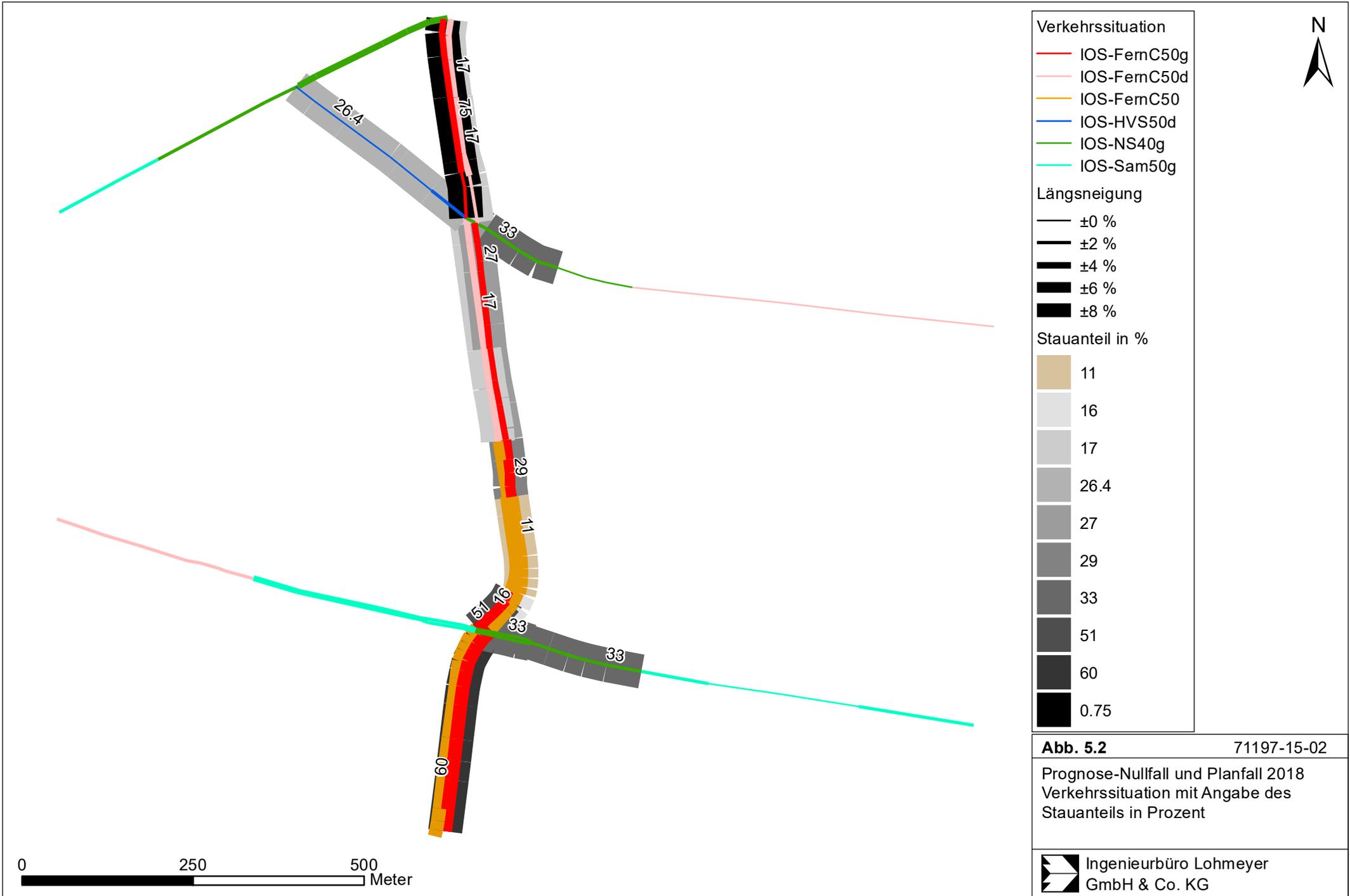
Die Verkehrssituationen sind für den Prognose-Nullfall bzw. Planfall 2018 in **Abb. 5.2** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzten sich aus folgenden Eigenschaften zusammen: eigentliche Verkehrssituation (Fahrmuster, siehe Abschnitt 5.2) und Längsneigung. Die Verkehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wiedergegeben und die Strichstärke zeigt die Längsneigung an.

Demzufolge bedeutet eine fett gezeichnete, rosafarbene Liniensignatur (vgl. **Abb. 5.2**) eine Verkehrssituation IOS-FernC50 mit dichtem Verkehr und einer Längsneigung >0 %.

Zusätzlich werden Stauanteile dargestellt, welche im Nahbereich von Kreuzungen bzw. Lichtsignalanlagen den gestörten Verkehrsfluss gesondert berücksichtigen. Dort wird anteilig ein Stop&Go-Verkehr auf die tägliche Fahrleistung angesetzt. Dieser stellt den Anteil der jeweiligen Stau-Verkehrssituation, z. B. IOS-FernC50s zur verwendeten regulären Verkehrssituationen (IOS-FernC50) dar.

Hinweis: Die im HBEFA aufgeführten Verkehrssituationen repräsentieren lange Straßenabschnitte, worin die Beschleunigungsvorgänge, z. B. beim Anfahren an Lichtsignalanlagen, nur einen geringen Anteil besitzen. Kreuzungsbereiche können innerhalb der Kategorie „Hauptverkehrsstraße“ durch das HBEFA nicht direkt abgebildet werden. Die dort ausgewiesenen Stauanteile stellen eine Rechengröße zur bestmöglichen Bestimmung der lokalen Emissionen dar. Sie müssen deshalb nicht zwangsläufig realen Stauhäufigkeiten entsprechen.

Die **Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für den Straßenabschnitt der Bergstraße vor der Messstelle die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten.



| DTV [Kfz/24 h] | SV- Anteil [%] | Verkehrs- situation | Stauanteil [%] | LBus [Kfz/24 h] | NO_{2, direkt} [mg/(m s)] | NO_x [mg/(m s)] | PM10 [mg/(m s)] |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|--|--------------------------------------|----------------------------|
| Stadtauswärtige Richtung | | | | | | | |
| 12950 | 5.2 | IOS- FernC50+8 | 0 | 209 | 0.05438 | 0.185612 | 0.00667 |
| Stadteinwärtige Richtung | | | | | | | |
| 12 950 | 5.2 | IOS- FernC50-8 | 11 | 209 | 0.007705 | 0.027301 | 0.00631 |

Tab. 5.2 Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für den Straßenabschnitt der Bergstraße vor der Messstelle

6 IMMISSIONEN

Für das Untersuchungsgebiet ist eine flächendeckende Auskunft über die Immissionsituation durch eine Vielzahl an Untersuchungspunkten gegeben.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5) des Betrachtungsjahres 2018 auf der Grundlage der jeweiligen Verkehrsstärken der berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Daher wird nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse für die Leitkomponenten NO₂ und, PM10 sind als Gesamtbelastungen (Hintergrundbelastung + verkehrsbedingte Zusatzbelastung) in den jeweiligen Abschnitten dargestellt. Die flächenhafte grafische Darstellung erfolgt in Form von farbigen Quadraten. Die Farben sind bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentration ist jeweils in der Legende angegeben. Sofern in diese Stufen besondere Kennwerte fallen, werden diese dargestellt (z. B. beim NO₂-Jahresmittelwert der Grenzwert von 40 µg/m³).

6.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

Die Gesamtbelastungen der NO₂-Jahresmittelwerte sind flächendeckend in **Abb. 6.1** für den Prognose-Nullfall 2018 und in **Abb. 6.2** für den Planfall 2018 dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 17 µg NO₂/m³ treten keine Überschreitungen des seit dem Jahr 2010 geltenden Grenzwertes für den NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ an den Fassaden der im Auswertebereich liegenden Bebauungen auf.

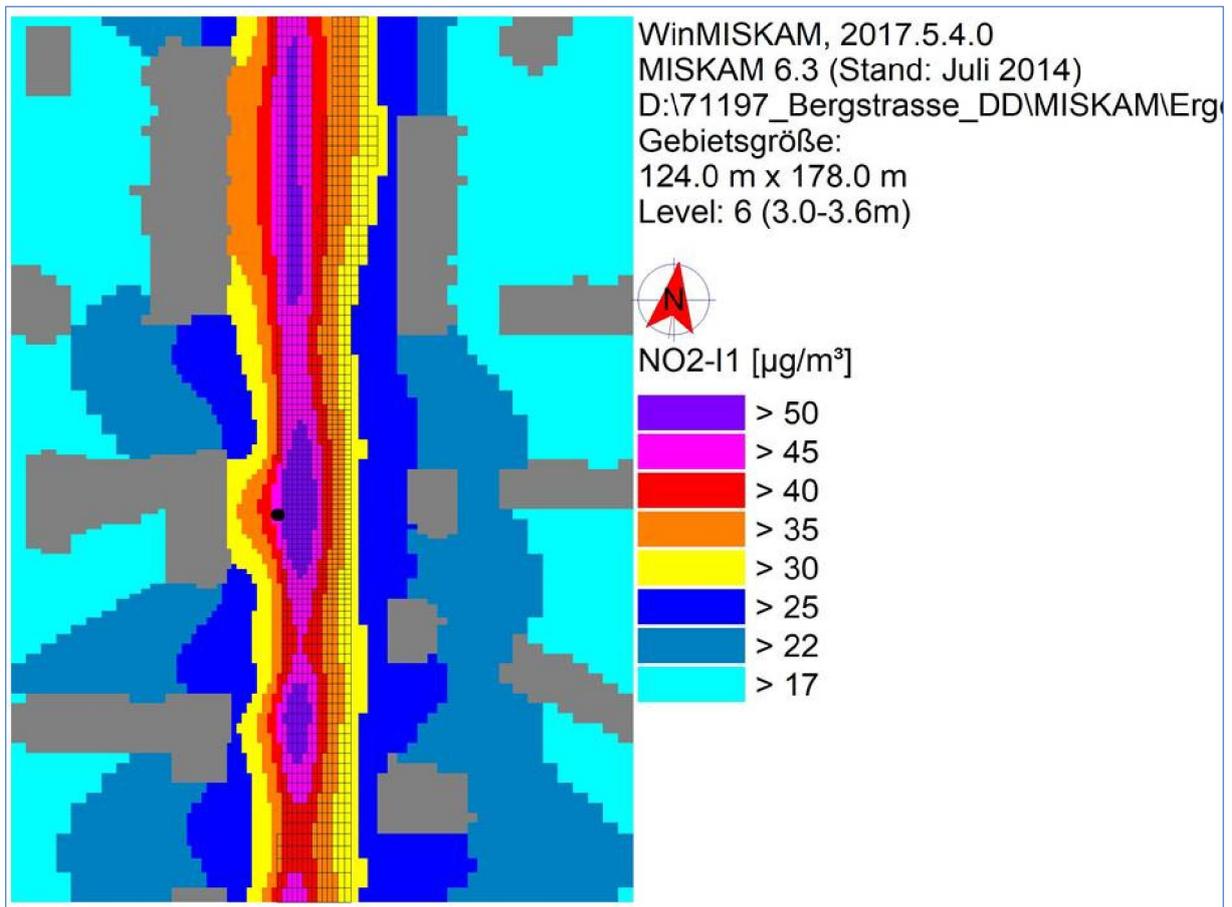


Abb. 6.1: Jahresmittelwerte der NO₂-Gesamtbelastung in 3.5 m über Grund im Prognose-Nullfall 2018
Graue Flächen = Gebäude; Graue Raster = Fahrbahn mit Emissionen, Schwarzer Punkt = Lage der Messstelle

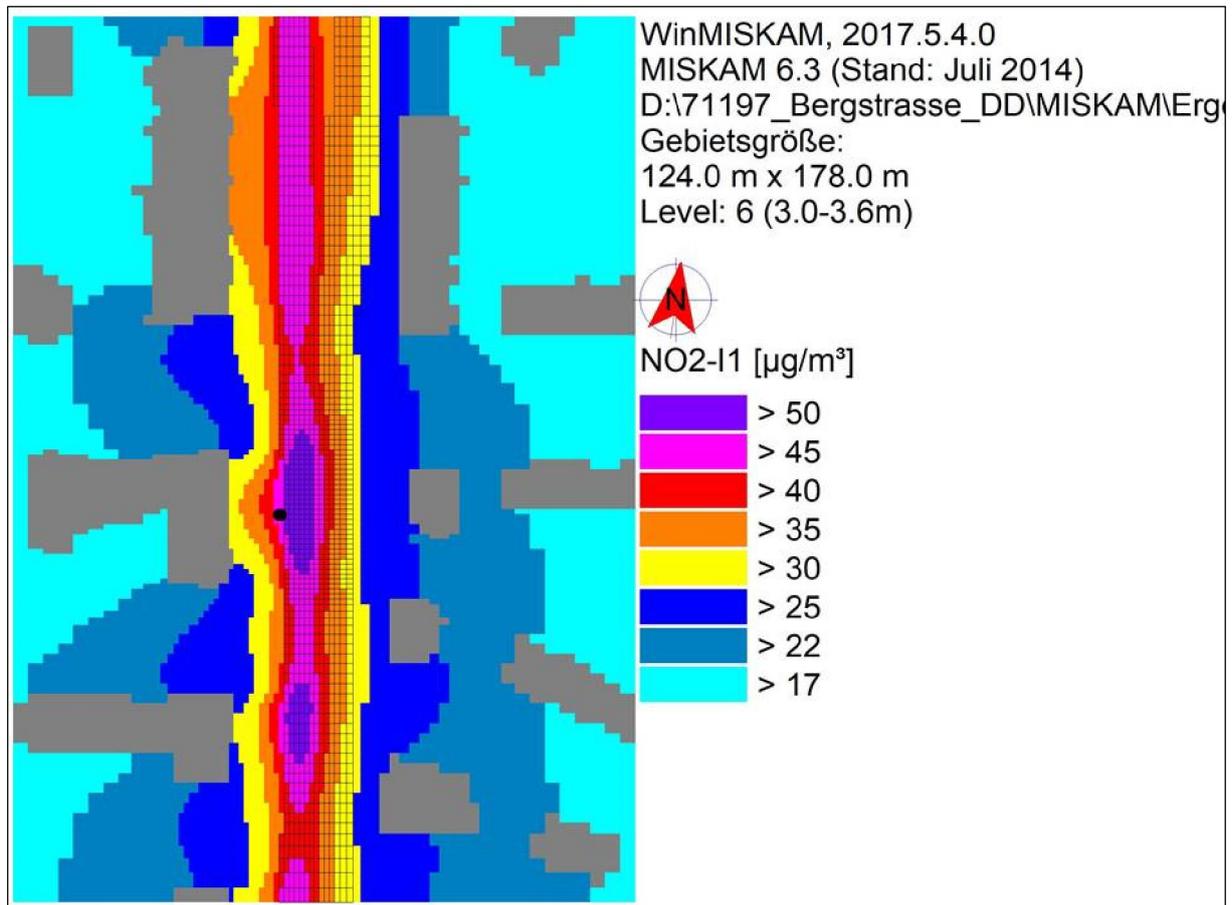


Abb. 6.2: Jahresmittelwerte der NO₂-Gesamtbelastung 3.5 m über Grund im Planfall 2018
Graue Flächen = Gebäude; Graue Raster = Fahrbahn mit Emissionen, Schwarzer Punkt = Lage der Messstelle

Die Berechnungen ergaben weiterhin, dass im Prognose-Nullfall und im Planfall unter Berücksichtigung der in **Abb. 4.3** und **Abb. 4.4** aufgeführten Bebauung an der Messstelle in einer Messhöhe von 3.5 m jeweils 46 µg NO₂/m³ berechnet werden. Die **Abb. 6.3** zeigt die Differenz zwischen dem Planfall und dem Prognose-Nullfall. Dort ist im Bereich der Messstelle keine Veränderung zu erwarten. Südlich der Messstelle ist auf Grund der geplanten Bebauung des Rahmenplanes und insbesondere der geplanten geschlossenen Bebauung im Kreuzungsbereich Bergstraße/Nöthnitzer Straße und damit veränderten Ausbreitungsbedingungen eine Erhöhung der NO₂-Immissionen um maximal 2 µg NO₂/m³ zu erwarten. Nördlich der Messstelle wird eine leichte Abnahme der Immissionen prognostiziert. Dies ist bedingt durch geänderte Strömungsverhältnisse wegen der im Planfall berücksichtigten geplanten Bebauung u. a. in Richtung Fritz-Förster-Platz. Am höchst belasteten Punkt der Gebäudefront nördlich des Messstellenbereiches (= Wohnhäuser Bergstraße 68, 70, 72, 74 und 76)

werden in ca. 3.5 m Höhe im Prognose-Nullfall 2018 gerundet $38 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ bzw. im Planfall 2018 gerundet $37 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ berechnet.

An der westlich gelegenen Bebauung werden höhere Konzentrationen als an der östlich gelegenen Bebauung ermittelt. Außerdem ist deutlich erkennbar, dass die Immissionen an der nördlicheren geschlossenen Bebauung (Richtung Mommsenstraße) auch auf Grund der veränderten Emissionen höher sind.

Auf Grund der Ergebnisse sind an der Messstelle keine Veränderungen auf Grund der geplanten Bebauung zu erwarten. Allerdings wird sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Planfall 2018 weiterhin eine Überschreitung des geltenden Grenzwertes für den NO_2 -Jahresmittelwert prognostiziert.

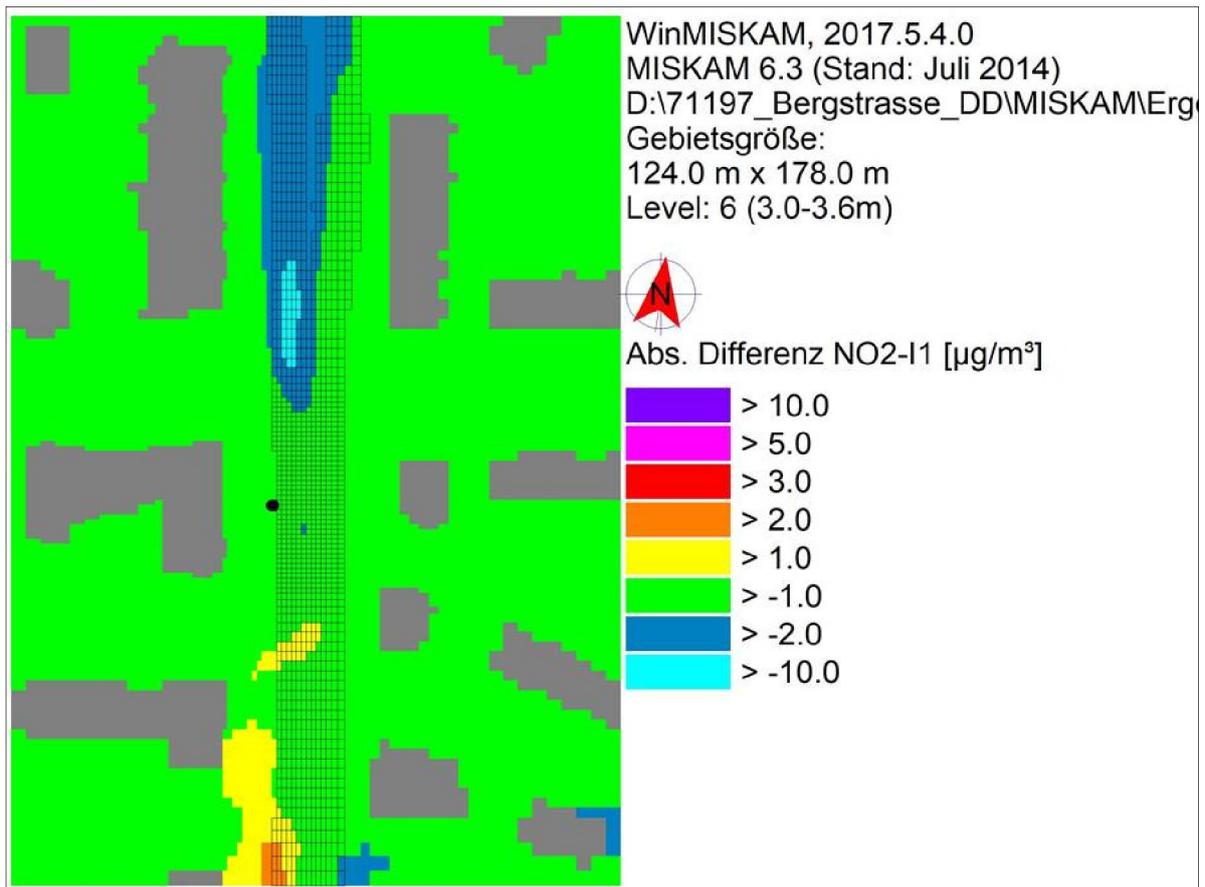


Abb. 6.3: Absolute Differenz des Jahresmittelwertes der NO₂-Gesamtbelastung 3.5 m zwischen Planfall und Prognose-Nullfall 2018
Graue Flächen = Gebäude; Graue Raster = Fahrbahn mit Emissionen, Schwarzer Punkt = Lage der Messstelle

6.2 Feinstaub (PM₁₀)

Einen Überblick über die flächendeckenden, bodennahen PM₁₀-Jahresmittelwerte ist der **Abb. 6.4** für den Prognose-Nullfall und der **Abb. 6.5** für den Planfall zu entnehmen.

Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ werden an der Messstelle in 3.5 m Höhe für den Prognose-Nullfall und Planfall 2018 25 $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ berechnet.

Auch hier sind an der Messstelle keine Veränderungen zu erwarten.

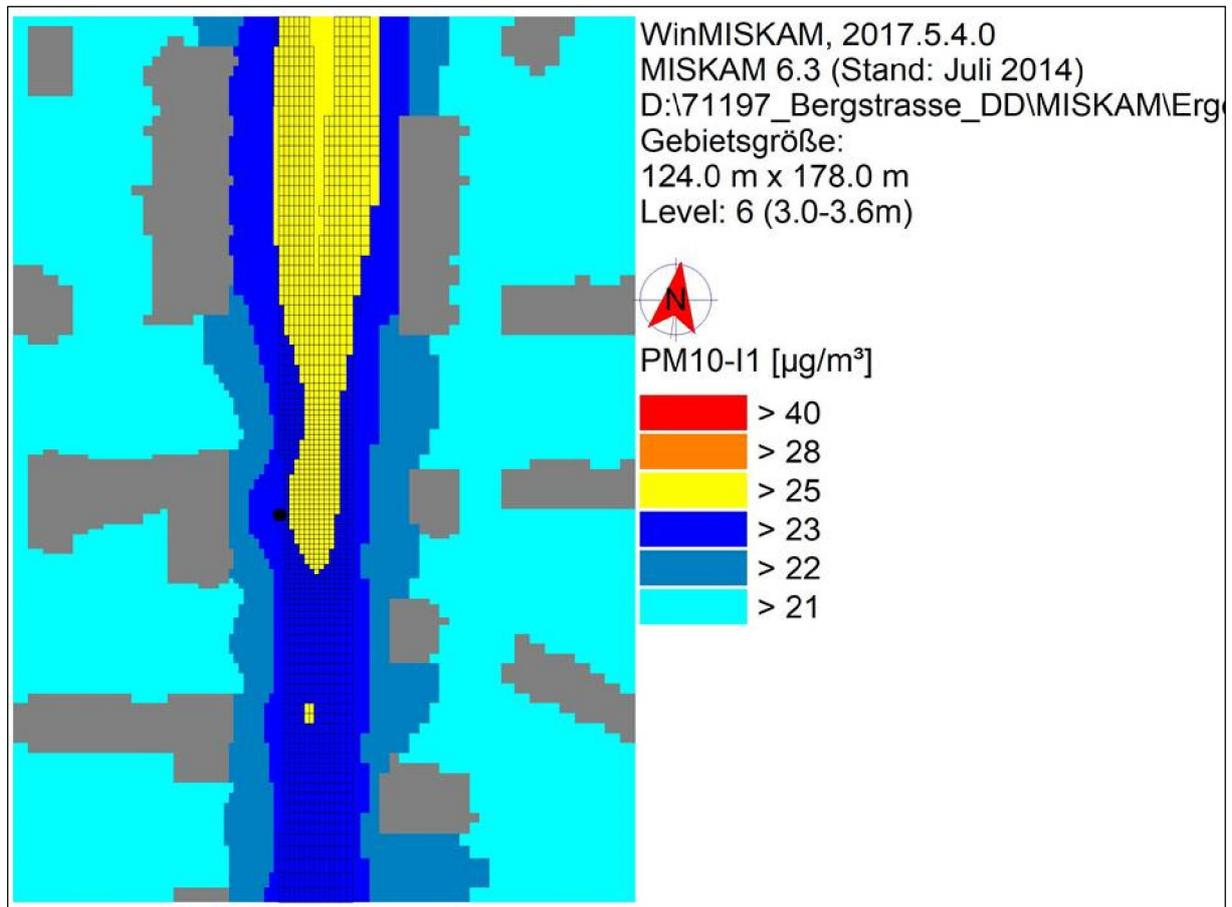


Abb. 6.4: Jahresmittelwerte der PM10-Gesamtbelastung in 3.5 m über Grund im Prognose-Nullfall 2018
Graue Flächen = Gebäude; Graue Raster = Fahrbahn mit Emissionen, Schwarzer Punkt = Lage der Messstelle

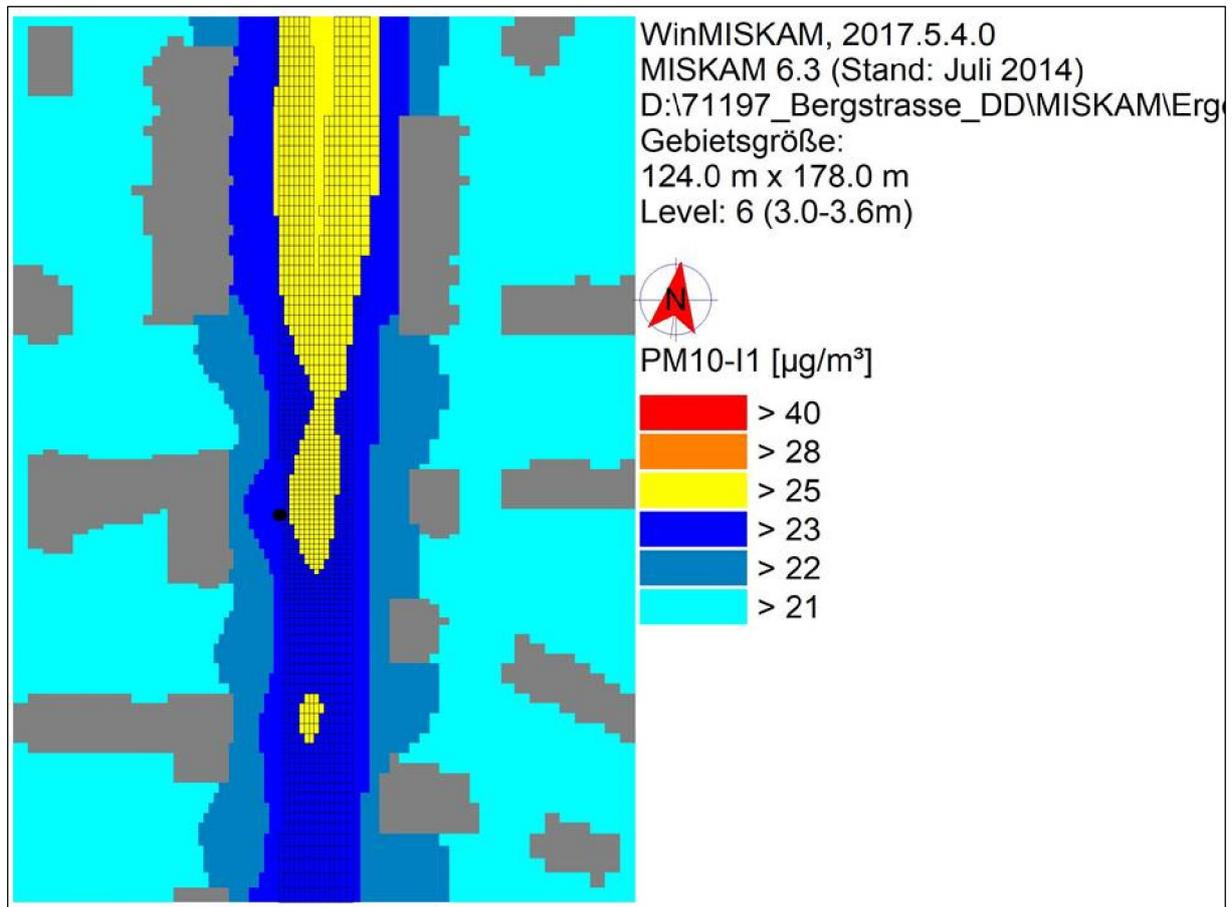


Abb. 6.5: Jahresmittelwerte der PM10-Gesamtbelastung in 3.5 m über Grund im Planfall 2018
Graue Flächen = Gebäude; Graue Raster = Fahrbahn mit Emissionen, Schwarzer Punkt = Lage der Messstelle

7 LITERATUR

- Bächlin et al. (2008): Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Rombergformel. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 60976-04-01. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, H. 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (2005): PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen (Düring, I., Bösing, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV), Neufassung vom 4. Juni 2007. In: BGBl Jahrgang 2007 Teil I Nr. 25, ausgegeben zu Bonn am 12.06.2007 (nach Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen - 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (nach Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.

- CORINAIR (2007): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007. EEA (European Environment Agency). Publish date: 5 Dec 2007. In: Technical report No 16/2007.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Buchmann, B. (2003): Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations based on long-term Swiss monitoring data. Atmospheric Environment 37 (2003).
- Israël, G.W., Schlums, C., Treffeisen, R. Pesch, M. (1994): Rußimmissionen in Berlin, Herkunftsbestimmung - Kfz-Flottenemissionsfaktoren – Vergleichbarkeit von Probenahmemethoden. Fortschrittberichte VDI, Reihe Umwelttechnik, Nr. 152.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.

Kutzner, K., Diekmann, H. und Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.

LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.

Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt (2017a): E-Mail von Herrn Dietz vom 10.05.2017 bezüglich Straßennetz, Verkehrsdaten und Fahrmuster.

Landeshauptstadt Dresden, Stadtplanungsamt (2017b): E-Mail von Herrn Dietz (Umweltamt) vom 17.05.2017 mit Antworten Anmerkungen zur Bebauung zum Gutachten Bergstraße mit Bebauungsplänen und dem Schreiben vom 15.05.2017 vom Stadtplanungsamt.

Landeshauptstadt Dresden, Stadtplanungsamt (2017c): E-Mail von Frau Leibnitz vom 01.06.2017 zwecks Abstimmung der Gebäudehöhen für den Planfall.

Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt (2017a): E-Mail von Herrn Dietz vom 10.05.2017.

LfULG - Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2017): Abstimmung der Hintergrundbelastungen für das Untersuchungsgebiet. Persönliche E-Mail von Herrn Wolf vom 06.06.2017.

Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.

Lohmeyer (2014): Klimagutachten Rahmenplan Südvorstadt, Detaillierte Kaltluftrechnungen für Technologiemeile und Neuer Pol. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 71056-14-02, Dezember 2014. Gutachten im Auftrag von: Landeshauptstadt Dresden, Umweltamt.

LUA NRW (2006): 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.

- Palmgren, F., Wahlin, P., Berkowicz, R., Ketzel, M., Illerup, J. B., Nielsen, M., Winther, M., Glasius, M., Jensen, B. (2003): Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. NERI Technical Report No. 460.
http://www.dmu.dk/1_Viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR460.PDF.
- Romberg, E., Böisinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhalte der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen - Abschlußbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- SFI (2001): Handbuch WinMISKAM. SFI GmbH Software für Immissionsberechnungen, Karlsruhe, Stand 01/2001 (www.sfi-software.de/zip/hb_winmisk.pdf).
- TREMODO (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- TA Luft (1986): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBI., 37. J., Nr. 7, S. 95-143).
- TA Luft (2002): 1. Allg. Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). GMBI. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605.

- UBA (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3. (HBEFA 3.3) (aktualisierte Version vom 25.04.2017). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- VDI (2005): Umweltmeteorologie. Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle. Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, November 2005.

A N H A N G A 1:
BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN
AN KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z. B. Stickoxide (NO_x als Summe von NO und NO_2), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO_2), Benzol, Partikel, etc. Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen bzw. Immissionen von Luftschadstoffen ermittelt. Deren Angabe allein vermittelt jedoch weder Informationen darüber, welche Schadstoffe die wichtigsten sind, noch einen Eindruck vom Ausmaß der Luftverunreinigung im Einflussbereich einer Straße. Erst ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenz- oder Vorsorgewerten lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2 , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM_{10} und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 39. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

Ergänzend zu diesen Grenzwerten nennt die 39. BImSchV Toleranzmargen; das sind in jährlichen Stufen abnehmende Werte, um die der jeweilige Grenzwert innerhalb festgesetzter Fristen überschritten werden darf, ohne in Deutschland die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Diese Werte werden als Übergangsbeurteilungswerte bezeichnet, sofern sie aufgrund der zeitlichen Zusammenhänge in den Betrachtungen der Planungen Berücksichtigung finden.

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 39. BImSchV (2010) werden auch Zielwerte für $\text{PM}_{2.5}$, Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM_{10} -Fraktion über ein Kalender-

jahr gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, um die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern. Die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen dieser genannten Schadstoffe liegen selbst an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen meist deutlich unterhalb der Hintergrundbelastung und werden deshalb ebenfalls nicht mitbetrachtet.

| Stoff | Mittelungszeit | Grenzwert | Geltungszeitpunkt |
|--------------------|---------------------|---|-------------------|
| NO ₂ | Stundenmittelwert | 200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen/Jahr | seit 2010 |
| NO ₂ | Jahresmittelwert | 40 µg/m ³ | seit 2010 |
| Partikel (PM10) | Tagesmittelwert | 50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr | seit 2005 |
| Partikel (PM10) | Jahresmittelwert | 40 µg/m ³ | seit 2005 |
| Partikel (PM2.5) | Jahresmittelwert | 25 µg/m ³ | seit 2015 |
| Benzol | Jahresmittelwert | 5 µg/m ³ | seit 2010 |
| Kohlenmonoxid (CO) | 8 h gleitender Wert | 10 mg/m ³ | seit 2005 |

Tab. A1.1: Immissionsgrenzwerte nach 39. BImSchV (2010) für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe

Der Inhalt der am 11. Juni 2008 in Kraft getretenen EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit der 39. BImSchV in nationales Recht umgesetzt. In der 39. BImSchV wurden u. a. die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben wurden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm), der seit dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist.

A1.2 Vorsorgewerte

Da der Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen mit Grenzwerten allein noch nicht ausreichend ist, um eine Luftschadstoffkonzentration zu charakterisieren, gibt es zusätzlich zu den Grenzwerten so genannte Vorsorgewerte bzw. Zielwerte zur langfristigen Verbesserung der Luftqualität.

Die 39. BImSchV weist als Zielwert einen PM2.5-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ aus, der seit dem Jahr 2015 ein Grenzwert ist.

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition von 20 µg/m³ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20 %, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m³ im Jahr 2020 erreicht werden.

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

Die EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit ihrer Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union am 11. Juni 2008 in Kraft getreten. Mit der 39. BImSchV hat die Bundesregierung die EU-Richtlinie weitgehend in nationales Recht umgesetzt.

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM_{2.5}-Richtgrenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden.

A1.4 Schutz der Vegetation

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO_x) von 30 µg/m³ im Jahresmittel. Dieser „kritische Wert“ ist ein auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegter Wert, dessen Überschreitung unmittelbare schädliche Auswirkungen für manche Rezeptoren wie Bäume, Pflanzen oder natürliche Ökosysteme haben kann. Die Erfassung und Anwendung ist für Bereiche vorbehalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50 000 Fahrzeugen entfernt sind.

A N H A N G A2:
BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-
ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2.1 MISKAM

Die Berechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM in Version 6.3 (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen wurden die Hinweise aus Eichhorn (2014) sowie der VDI-Richtlinie für prognostische Modelle (VDI, 2005) beachtet. Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 400 m berücksichtigt.

A2.2 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des Kfz-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognostizierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bebauungsstruktur, meteorologische Daten und die Hintergrundbelastung.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen

demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die Kfz-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d. h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BAST (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählraten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10 %.

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO_x-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10 % bis 20 % für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von ± 20 % aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10 %, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Hintergrundbelastung, d. h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.