

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D - 01445 Radebeul

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

Telefax: +49 (0) 351 / 8 39 14 59

E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr. rer. nat. Ingo Düring

VERKEHRSZUG WALDSCHLÖSSCHENBRÜCKE

FFH-GEBIET PRIESSNITZGRUND/ STICKSTOFFEINTRAG

Auftraggeber: Landeshauptstadt Dresden
Straßen- und Tiefbauamt
Hamburger Straße 19
01067 Dresden

Dipl.-Geogr. F. Jänich

Dipl.-Ing. H. Lorentz

Dr. rer. nat. I. Düring

April 2020
Projekt 71650-19-01
Berichtsumfang 46 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 AUFGABENSTELLUNG	4
2 VORGEHENSWEISE	5
2.1 Beurteilungswerte zum Schutz der Vegetation	5
2.2 Berechnungsverfahren PROKAS/PROWIMO/LASAT	5
2.3 Vorgehen bezüglich Deposition	9
3 EINGANGSDATEN	11
3.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	11
3.2 Verkehrsdaten	12
3.3 Meteorologische Daten	14
3.4 Hintergrundbelastung der Luft	18
4 EMISSIONEN	20
4.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	20
4.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	20
4.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	22
5 IMMISSIONEN HINSICHTLICH DES SCHUTZES DER VEGETATION	24
5.1 Stickstoffoxidimmissionen.....	24
5.2 Stickstoffeintrag	25
6 LITERATUR	27
ANHANG A1: DIGITALES GELÄNDEMDELL UND LANDNUTZUNG	29
ANHANG A2: KALTLUFTWINDFELDER.....	34
ANHANG A3: EMISSIONSABBILDUNGEN.....	37
ANHANG A4: IMMISSIONSABBILDUNGEN	42

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH 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 NO_2 -Konzentrationen von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentration von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 / PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$

Mit Feinstaub bzw. $\text{PM}_{10}/\text{PM}_{2.5}$ werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von $10 \mu\text{m}$ bzw. $2.5 \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM_{10} -Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die $\text{PM}_{2.5}$ -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.

Deposition

Unter atmosphärischer Deposition werden die Stoffflüsse aus der Erdatmosphäre auf die Erdoberfläche verstanden, das heißt der Austrag und die Ablagerung von gelösten, partikelgebundenen oder gasförmigen Luftinhaltsstoffen auf Oberflächen biotischer oder abiotischer Systeme.

Die atmosphärische Deposition ist ein komplexer, aus vielen Einzelmechanismen bestehender Vorgang. Größere Partikel und Tropfen folgen der Schwerkraft und sedimentieren. Kleinere schwebende Partikel werden mit den Turbulenzen der Luftströmungen auf Oberflächen abgelagert. Gase werden an feuchten Oberflächen gelöst oder von trockenen Oberflächen adsorbiert.

Trockene atmosphärische Deposition ist der Austrag von Substanzen durch feste Partikel und kleine flüssige Partikel (Nebel- und Wolkentröpfchen) sowie von Gasen aus der Atmosphäre einschließlich ihrer Ablage auf Akzeptoroberflächen. Der Vorgang des Austrags und der Ablage von Stoffen durch kleine flüssige Partikel (Tröpfchen) wird auch gesondert als feuchte atmosphärische Deposition bezeichnet. Nasse atmosphärische Deposition ist der Austrag von gelösten und ungelösten (an Partikeln haftenden) Substanzen durch wässrige Niederschläge wie Regen, Schnee und Hagel.

1 AUFGABENSTELLUNG

Seit der Inbetriebnahme der Waldschlößchenbrücke hat der Verkehr auf der Stauffenbergallee zugenommen. Die Stauffenbergallee verläuft in einem Abstand von ca. 22 m von der Südgrenze des FFH-Gebietes „Prießnitzgrund“ entlang. Der Lebensraumtyp (LRT) „Sternmieren-Eichen-Hainbuchenwälder (9160)“ reicht bis zur südlichen Gebietsgrenze und ist Erhaltungsziel des FFH-Gebietes.

Die Zunahme des Verkehrs kann mit einem Anstieg der Stickstoffbelastung einhergehen. Eine durchgeführte FFH-Vorprüfung kommt zu dem Schluss, dass erhebliche Beeinträchtigungen nicht offensichtlich ausgeschlossen werden können. Deshalb ist eine vertiefende FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich. Da der Verkehr auf der Stauffenbergallee als lokale Quelle größer 1 kgN/(ha a) einzustufen ist, muss in diesem Zug die vom UBA angegebene Hintergrundbelastung entsprechend korrigiert werden. Dafür, und um die vorhabenbedingten Einträge zu prüfen, ist eine Prognose der Stickstoffdepositionen nach dem Stand der Technik durchzuführen. Dazu

- a. ist die Ermittlung der Zusatzbelastung infolge des Gesamtverkehrs auf der Stauffenbergallee notwendig. Ob weitere Quellen zu berücksichtigen sind, soll später geprüft werden.
- b. ist die Ermittlung der Zusatzbelastung infolge der vorhabenbedingten Verkehrszunahme aus dem Projekt „Verkehrszug Waldschlößchenbrücke“ notwendig (vorhabenbedingte Einträge).

Zu betrachten sind folgende Fälle:

- Analysefall 2018 und
- Prognosefall 2030 jeweils mit Betrieb der Waldschlößchenbrücke.

Die Ergebnisse sollen als Grundlage für die Beurteilung der ökologischen Auswirkungen auf die Vegetation (speziell in den FFH-Gebieten) bei Realisierung der aktuellen Planungen dienen. Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht die Aufgabe dieses Gutachtens.

2 VORGEHENSWEISE

2.1 Beurteilungswerte zum Schutz der Vegetation

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Für die Berechnung von Stickstoffdepositionen werden die verkehrsrelevanten Stoffe Stickstoffoxid (NO_x) und Ammoniak (NH_3) berücksichtigt.

Als fachlicher Maßstab für die Beurteilung wird in der 39. BImSchV für NO_x ein kritischer Wert zum Schutz der Vegetation von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel angeführt. Dieser kritische Wert zum Schutz der Vegetation ist nach der 39. BImSchV auf Bereiche anzuwenden, 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. Die Voraussetzungen für die Anwendung dieses kritischen Wertes sind in den meisten Gebieten nicht gegeben. Deshalb hat sich in der Praxis eine andere Beurteilung etabliert, die sich auf Stickstoffeinträge stützt. Das sind die sog. „Critical Loads“ (kritische Eintragsraten), welche wissenschaftlich begründete Zielwerte für N-Depositionen zum Schutz von Vegetationseinheiten darstellen.

2.2 Berechnungsverfahren PROKAS/PROWIMO/LASAT

Für die vorliegende Aufgabenstellung wird das Programmsystem PROKAS/ProWiMo/LASAT verwendet. Die Emissionsbestimmung erfolgt mit dem Modul PROKAS_E entsprechend den Vorgaben der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2003; Kfz-Emissionsbestimmung). Die Windfeldberechnung erfolgt mit dem prognostischem, mesoskaligem Modell ProWiMo. Als Ausbreitungsmodell wird das dreidimensionale Strömungs- und Ausbreitungsmodell LASAT (Lagrangemodell in Erweiterung des Modells der TA Luft, www.janicke.de) verwendet. Die zur Anwendung kommende Berechnungsmethodik der Stickstoffdepositionen entspricht dem Leitfaden der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV „Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen (H PSE) Stickstoffleitfaden Straße“ (FGSV, 2019), welcher auf dem BASt-FE-Projektes 84.0102/2009 (Balla et al., 2013) basiert. Damit entspricht das Vorgehen dem aktuellen Stand der Technik zur Berechnung von verkehrsbedingten Stickstoffdepositionen.

Die Verkehrsbelegungsdaten, das sind Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV in Kfz/24 h) und des Lkw-Anteils (>3.5 t), werden vom Auftraggeber übernommen. Mit Hilfe der Informationen über Verkehrsflusskenngrößen (z. B. Straßentyp, Verkehrsdichte, zulässige Höchstgeschwindigkeit, Längsneigung usw.) werden so genannte Verkehrssituationen für die einzelnen Straßenabschnitte festgelegt, die als Attribute der Segmente digitalisiert werden. Unter Verwendung der aktuellen vom Umweltbundesamt herausgegebenen Emissionsfaktoren-Datenbank „Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs“ HBEFA Version 4.1 (UBA, 2019) werden die Schadstoffemissionen berechnet. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM₁₀, PM_{2.5}) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung sind im HBEFA 4.1 ebenfalls enthalten und werden so verwendet. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2003).

Die Windfeldmodellierung erfolgt mit dem prognostischem, mesoskaligem Modell ProWiMo. ProWiMo (Flassak, 1990) ist ein nicht-hydrostatisches mesoskaliges Modell und ist vergleichbar mit den in Deutschland eingeführten Modellen METRAS_PC und FITNAH. ProWiMo ist geeignet, lokal vorherrschende Strömungs- und Temperaturverhältnisse hinreichend genau zu modellieren. Außerdem bietet es den Vorteil, dass die Wassertemperaturen explizit angegeben werden können.

Das Modell ProWiMo beruht auf den physikalischen Erhaltungsgleichungen für Impuls, Masse und Energie, die in Flussform dreidimensional numerisch gelöst werden. Prognostisch werden Wind (= Komponenten u , v , w), potentielle Temperatur und Feuchte sowie die Oberflächentemperatur und Oberflächenfeuchte berechnet. Diagnostisch ermittelt werden der nichthydrostatische und der hydrostatische Druckanteil, die Temperatur, die Diffusionskoeffizienten, die Schubspannungsgeschwindigkeit, die Skalengrößen für Temperatur und andere skalare Größen.

Im Modell werden die anelastische Approximation und die Boussinesq-Approximation verwendet. Die hydrostatische Approximation wird nur für den großskaligen Grundzustand und den hydrostatischen Druckanteil als gültig vorausgesetzt. Für den nicht-hydrostatischen Druckanteil wird eine elliptische Differentialgleichung im bodenfolgenden Koordinatensystem gelöst. Die subskaligen turbulenten Flüsse werden über eine Schließung 1. Ordnung parametrisiert.

Die Boden-Rauigkeit wird in Abhängigkeit der Landnutzung parametrisiert. Die Werte werden in **Tab. 2.1** wiedergegeben. Bei Wasserflächen wird die Rauigkeitslänge programmintern als Funktion der Schubspannungsgeschwindigkeit u^* berechnet. Die Werte für die Boden-Rauigkeit sind dem METRAS_PC-Handbuch (METRAS_PC, 1998) entnommen.

Klasse	Typ	Rauigkeitslänge z_0
0	Wasser	$f(u^*)$
1	Wiese, Mischnutzung	0.01
2	Heide	0.05
3	Busch	0.10
4	Mischwald	1.00
5	Nadelwald	1.20
6	Bebauung	0.70

Tab. 2.1: Rauigkeitslänge z_0 in Abhängigkeit der Landnutzung (nach METRAS_PC, 1998)

Die vollständige Dokumentation zu dem Modell ProWiMo (physikalische Grundlagen, Approximationen, numerische Verfahren, Rand- und Anfangsbedingungen, Parametrisierungen) ist zu finden bei Flassak (1990).

Die Windfeldmodellierung wird im Nestingverfahren durchgeführt. D. h. neben dem inneren feinen Netz mit einer Auflösung von 20 m wird das Gelände großräumiger in der Modellierung berücksichtigt. Die Ausdehnung des gesamten Rechengebietes beträgt ca. 50 km x 40 km (Auflösung 50 m).

Bei großräumigen Gebieten, welche durch ein bewegtes Geländere relief gekennzeichnet ist (topografisch gegliedert), werden die Reliefhöhen bei der Strömungsmodellierung (Windfelder) berücksichtigt. Die topografischen Gegebenheiten in den Bereichen der betrachteten FFH-Gebiete legen nahe, dass in den Ausbreitungsberechnungen lokale Windströmungen in Form von Kaltluftabflüssen berücksichtigt werden müssen. Die Relevanz von Kaltluftabflüssen wird deshalb mit einer Kaltluftabflussberechnung ermittelt. Dazu wird das Modell ProWiMo ohne Antrieb verwendet. Relevante Kaltluftsituationen werden dann in der LASAT-Ausbreitungsrechnung als zusätzliche Windfelder berücksichtigt.

Die verkehrsbedingten Emissionen werden anschließend der Ausbreitungsrechnung mit LASAT zugeführt, welche die durch die Emissionen verursachten Luftschadstoffkonzentrationen im Untersuchungsgebiet ermittelt. Anwendung findet die aktuelle LASAT-Version 3.4 (Janicke, 2019) entsprechend dem Stand der Technik.

Lärmschutzmaßnahmen können entsprechend der „Richtlinien über Luftverunreinigungen an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung“ RLuS (FGSV, 2012) immissionsmindernd wirken. Die Wirkung einer Lärmschutzwand oder eines Walls kann im Modell als Anfangsverdünnung in Relation zur Wand- bzw. Wallhöhe für jedes Straßensegment berücksichtigt werden.

Für die Ausbreitung verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind die bodennahen Freisetzungsbedingungen von besonderer Bedeutung, da durch die Bewegungen der Fahrzeuge auf einer Straße Verwirbelungen der Luft entstehen, welche als fahrzeugerzeugte Turbulenz (TPT: Traffic Produced Turbulence) bezeichnet werden. Die TPT wirkt sich insbesondere auf strassennah modellierte Konzentrationen aus. Sie wird in der Ausbreitungsrechnung mit einer Parametrisierung nach Bäumer (2003) sowie Stern und Yamartino (2001) berücksichtigt.

Die Schadstoffausbreitung wird für die Kombinationen aus Emissionssituationen, Windrichtung, Windgeschwindigkeit und atmosphärischen Stabilitätsbedingungen durchgeführt. Die für die Ausbreitungsrechnungen notwendigen Daten zur Meteorologie werden einer nahe gelegenen Messstation entnommen. Das verwendete Ausbreitungsmodell ist in der Lage, sämtliche im Rechengebiet liegenden Straßenabschnitte gleichzeitig mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen. Die Schadstoffkonzentrationen und Depositionen werden mit dem Verfahren PROKAS/ProWiMo/LASAT flächenhaft für das Untersuchungsgebiet berechnet.

Hinweis: Die berechneten Stickstoffdepositionen werden mit einer Genauigkeit von einer Dezimalstelle angegeben. Sie werden entsprechend Stand der Technik berechnet. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass N-Depositionen kleiner 1 kg/(ha a) mit sehr niedrigen NO_x - und NH_3 -Konzentrationen korreliert sind.

Die Unsicherheit der angegebenen Ergebnisse steigt mit der Abnahme der berechneten Werte. Eine genaue Quantifizierung dieser Unsicherheiten ist wegen der vielfachen Einflüsse, z. B. Verkehrsmengen und -zusammensetzung, Emissionsfaktoren, Meteorologie, Depositionsgeschwindigkeiten, Ausbreitungsmodell etc. nicht möglich.

2.3 Vorgehen bezüglich Deposition

Stickstoffverbindungen werden aus der Atmosphäre über nasse Deposition (Regen, Schnee usw.) und trockene Deposition in Ökosysteme eingetragen. Der Beitrag des Verkehrs an der Stickstoffdeposition (Zusatzbelastung) wird im Wirkungsbereich von Straßen durch die trockene Deposition bestimmt (siehe Balla et al., 2013, Kapitel 6.3).

Im Nahbereich von Einzelemittenten ist die Abgasfahne vertikal noch nicht ausreichend durchmischt, wodurch der Beitrag der nassen Deposition im Vergleich zur trockenen Deposition sehr gering ist. Aus diesem Grund spielt im Nahbereich einer Emissionsquelle die nasse Deposition von gasförmigen Luftbeimengungen nur eine untergeordnete Rolle (Bachhiesl et al., 2002).

Der Beitrag an N-Deposition wird demnach im Nahbereich durch die trockene Deposition bestimmt. Die nasse Deposition wird aus diesem Grund bezüglich der verkehrsbedingten Zusatzbelastung vernachlässigt. Sie wird über die Hintergrundbelastung der N-Deposition (nasse plus trockene Deposition) berücksichtigt, die aus der Stickstoffdepositionsdatenbank des UBA ökosystemspezifisch recherchiert werden kann.

Die trockene Deposition wird mit Hilfe der sog. Depositionsgeschwindigkeit v_d berechnet. Prinzipiell ist davon auszugehen, dass die Depositionsgeschwindigkeiten für Wiesen und Ackerböden kleiner sind als für Laubwälder. Noch höhere Werte werden für Nadelwälder erwartet (Bachhiesl et al., 2002).

Die Richtlinie VDI 3782 Blatt 5 (2006) gibt Depositionsgeschwindigkeiten für NO, NO₂ und NH₃ an. Diese sind einerseits als großräumiges Mittel (Mesoskala), andererseits für NH₃ differenziert in Wald und Gras aufgeführt.

Bei der Stickstoffdepositionsberechnung werden die in der Richtlinie VDI 3782 Blatt 5 (2006) empfohlenen Werte verwendet (**Tab. 2.2**). Die Depositionsgeschwindigkeiten für NH₃ werden horizontal differenziert nach der jeweiligen Landnutzung im Untersuchungsgebiet berücksichtigt.

Bei der Emissions- und der Stickstoffdepositionsmodellierung wird NO_x als Summe von NO₂ und NO betrachtet. Die Depositionsgeschwindigkeit für NO_x wird aus den Werten für NO und NO₂ für die maßgeblichen Immissionsniveaus im Betrachtungsgebiet entsprechend den in der Literatur genannten Konversionsansätzen (z. B. Romberg et al., 1996) abgeleitet.

	Depositionsgeschwindigkeit in cm/s		
	NO	NO ₂	NH ₃
Gras	0.05	0.3	1.5
Wald	0.05	0.3	2.0

Tab. 2.2: Für die Ausbreitungsrechnungen angesetzte Depositionsgeschwindigkeiten

Die vom Modell berechneten NO_x- und NH₃-Depositionen werden entsprechend der Molar-massen für H, O und N in N-Depositionen umgerechnet und aufaddiert.

3 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 Daten werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

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

- Verkehrsbelegungsdaten
- Lage und Höhen von Gebäuden
- Digitales Geländemodell des Untersuchungsgebietes
- FFH-Gebietsabgrenzungen

3.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Die zu betrachtende Stauffenbergallee ist im Norden Dresdens in den Stadtteilen Albertstadt und Radeberger Vorstadt gelegen. Sie verbindet die Waldschlößchenbrücke mit der Königsbrücker Straße bzw. der Radeburger Straße. Dabei überquert sie mit einem Brückenbauwerk die Prießnitz und das entsprechende Tal bzw. Prießnitzgrund.

Die Brücke hat eine Länge von ca. 90 m und hat eine relative Höhe bis 22 m von der Fahrbahn bis zum Prießnitzbach. Die Stauffenbergallee ist in diesem Bereich 4-spurig ausgebaut und ist mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h ausgelegt.

Das Gelände im Untersuchungsgebiet ist großräumig durch das Elbtal geprägt. Dabei werden im Ortsbereich von Dresden Höhen von ca. 100 m ü. NN erreicht. Die nördlichen Elbhängen bilden eine markante Höhenstufe von 150-200 m. Die Stauffenbergallee befindet sich im Bereich des Elbhangs mit geringer Steigung. Das Tal der Prießnitz ist in diesem Bereich aber sehr markant und ist in den Elbhang an dieser Stelle teilweise wiederum mit steilen Hängen eingeschnitten. Der Verlauf des Prießnitztals ist aus nord-nordöstlichen Richtungen in Mäandern nach Süden bzw. Südwesten erkennbar. Das Gelände ist im **Anhang A1.1** und **A1.2** dargestellt.

Das FFH-Gebiet befindet sich nördlich der Prießnitzbrücke und endet auf eine Länge von ca. 170 m nur wenige Meter - ungefähr 15 m - vor der Brücke. Das FFH-Gebiet ist größtenteils mit Bäumen versehen. Das Prießnitztal stellt dabei einen langen bewaldeten Ausläufer der Dresdner Heide in das Siedlungsgebiet von Dresden dar. Die für die Windfeldberechnung aufbereitete Landnutzung ist im **Anhang A1.3** und **A1.4** dargestellt.

Die Lage des FFH-Gebietes mit den bestehenden Straßenverläufen im kleinräumigen Untersuchungsgebiet ist in **Abb. 3.1** aufgezeigt.

3.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsdaten für den Analysefall 2018, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, liegen durch die Pegelzählstelle Stauffenbergallee auf Höhe der Marienallee in beiden Fahrtrichtungen vor. Für den Planfall 2030 ist eine Verkehrsprognose von der Landeshauptstadt Dresden erstellt worden, welche verwendet wurde.

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. Die Verkehrsbelegungen sind der **Tab. 3.1** zu entnehmen.

Fall	DTV in Kfz/24 h	SV-Anteil in %
Analyse 2018	28 723	3
Prognosefall 2030	31 500	6

Tab. 3.1: Verkehrsstärken der Stauffenbergallee der betrachteten Fälle

3.3 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 den Bereich innerhalb des kleinräumigen Untersuchungsgebietes stehen keine meteorologischen Daten aus dem hauptamtlichen Stationsnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Verfügung. In direkter Umgebung bzw. im großräumigen Untersuchungsgebiet liegen Winddaten des Deutschen Wetterdienstes für die Station Dresden-Klotzsche vor. Die Station ist ca. 6 km nördlich von der Brücke gelegen.

Die Windmessung erfolgt dort in 10 m Höhe über Grund. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Süd-Südost. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3.9 m/s. Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Freiland oberhalb des Elbtals, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen.

Für die Ausbreitungsrechnungen verwendete Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik der Station Dresden-Klotzsche ist in **Abb. 3.2** dargestellt.

Die örtliche Situation am Untersuchungsgebiet ist durch die nächstgelegene Station Dresden-Klotzsche nicht ausreichend abgebildet. Die Messstation befindet sich am Rande, knapp außerhalb des Elbtals und nicht mehr im Hangbereich. Damit sind zwei wesentliche Effekte für den Bereich Prießnitzgrund in den Stationsdaten nicht enthalten: Zum einen das die Windgeschwindigkeit und Windrichtung prägende Elbtal und zum anderen die nächtlichen Kaltluftströmungen hangabwärts quer zur Stauffenbergallee.

Um das Elbtal adäquat in der Strömung zu berücksichtigen, berechnet zunächst das prognostische Windfeldmodell ProWiMo für das gesamte Untersuchungsgebiet die durch Topografie geprägte örtliche Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung. Hierfür werden 36 Windverteilungen einzeln berechnet, wobei die Anströmrichtung am Rand des Untersuchungsgebiets jeweils um 10 Grad variiert wird.

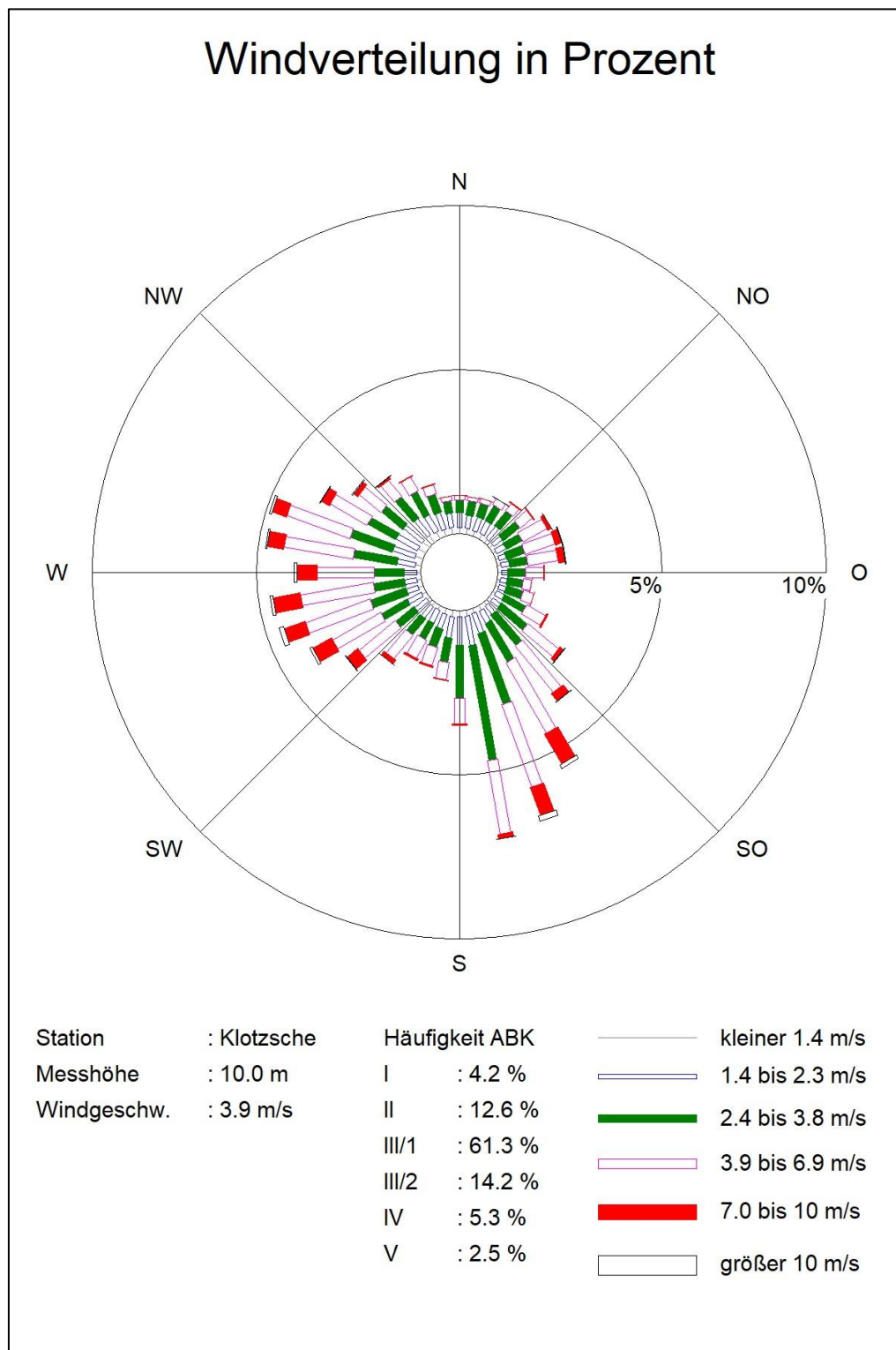


Abb. 3.2: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung der Station Dresden-Klotzsche 2009-2018
Quelle: DWD, eigene Darstellung

Häufig kommt es zu einer Kanalisierung des Windes im Elbtal durch die Orografie. Damit bildet sich eine nach zwei Seiten gerichtete Windverteilung aus. Windrichtungen quer zum Elbtal treten im Elbtal seltener auf. Das zeigten auch die historischen Windmessungen bspw. im Großen Garten von Dresden oder in Kaditz.

Zur Plausibilisierung und Qualitätssicherung wurden für das LASAT-Rechengebiet aus der ProWiMo-Windfeldbibliothek synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken (AKS) erzeugt (**Abb. 3.3**).

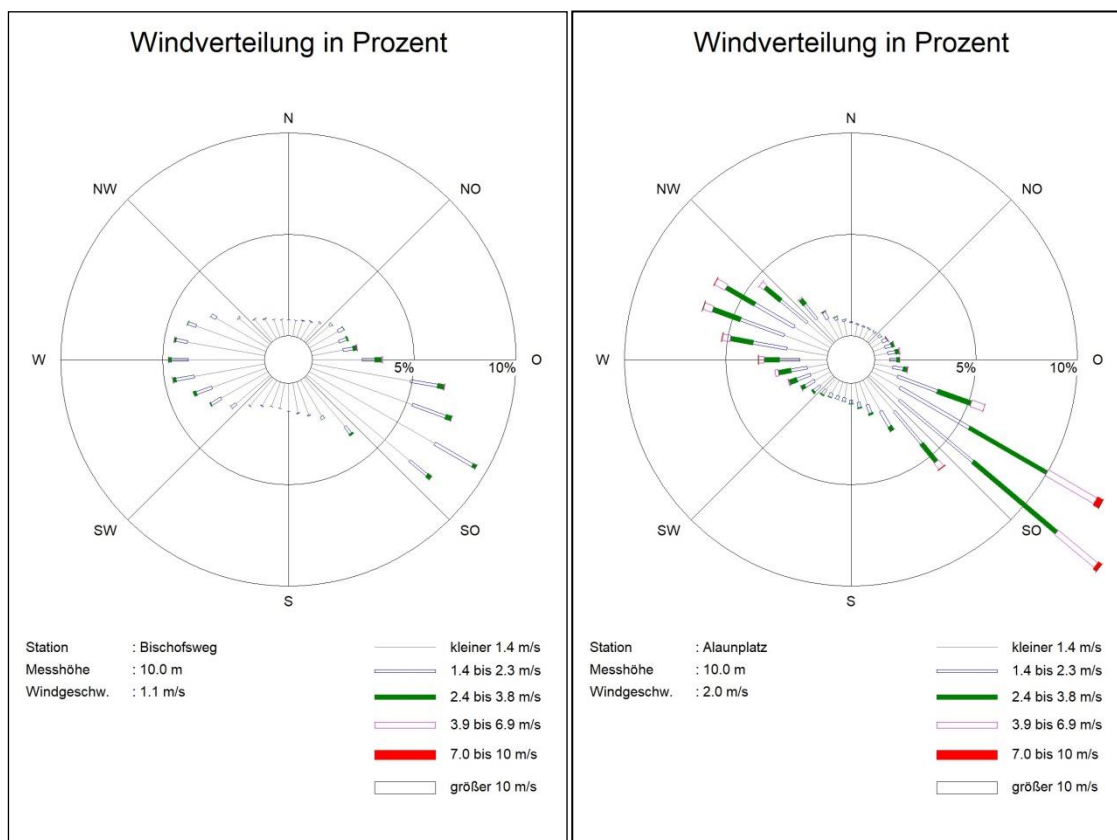


Abb. 3.3: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung aus ProWiMo-Berechnungen für einen bebauten Bereich des Bischofswegs (links) und der Freifläche Alaunplatz (rechts)
Quelle: eigene Darstellung

Beide Windverteilungen zeigen die typischen Kanalisierungseffekte im Elbtal, welche südost-nordwestlich ausfallen. Die mittlere Windgeschwindigkeit liegt auf der Freifläche in 10 m Höhe bei 2 m/s. Im bebauten Bereich sind die Geschwindigkeiten in 10 m Höhe deutlich geringer und liegen im Mittel bei 1.1 m/s.

Für die kleinräumigen, lokalen Windsysteme der Kaltluft wurden mit ProWiMo Einzelsituationen als Zeitreihe über eine anthochtone Wetterlage gerechnet. Dadurch kann die zeitliche Dynamik der Kaltluft abgebildet werden. Die Kaltluftabbildungen für das kleinräumige Untersuchungsgebiet sind in Anhang A2 aufgeführt.

In der Anfangsphase der Kaltluft (**Abb. A2.1**) wird auf den Frei- sowie Waldflächen der Hänge Kaltluft produziert. Entsprechend der Hangneigung bewegt sich die Kaltluft talwärts und durchquert dort gebündelt der vorliegenden Geländeneigung folgend die Täler oder sammelt sich in Mulden. In den Tälern bilden sich Kaltluftseen aus.

Die Kaltluft fließt von den Kuppen und Erhöhungen hangabwärts. Das ist im Kleinen am Trümmerberg (Halde 1) nordwestlich in der **Abb. A2.1** zu sehen, wie auch im Großen an den Erhöhungen der Dresdener Heide (nordöstliche Teile der Abbildung). Der Prießnitzgrund wird bereits von den Hängen mit Kaltluft versorgt. Die Windgeschwindigkeiten sind im Prießnitzgrund gering und die Kaltluftschichtdicken hoch (hier nicht dargestellt). Hier ist ein Kaltluftstrom entstanden, welcher sich langsam dem Elbtal hinabbewegt. Die Volumendichte, d. h. die bewegten Luftmassen sind dort deutlich höher als in Kuppenlage, wo verhältnismäßig hohe Windgeschwindigkeiten (bei geringen Kaltluftmächtigkeiten) prognostiziert werden.

Bei voll ausgeprägter Kaltluft haben sich im Elbtal mächtige Kaltluftseen ausgebildet. Die Luftmassen, welche von nördlichen Erhöhungen herangeführt werden, überstreichen jetzt die kleinen Kuppen, bspw. am Trümmerberg zu sehen (**Abb. A2.2**). An den Hängen der Dresdener Heide ergibt sich ein vergleichbares Bild zur Anfangsphase. Dort verlaufen die Windrichtungen weiterhin in Richtung Prießnitz oder Elbtal. Die Windrichtungen im Prießnitzgrund sind zum Elbtal gerichtet. Die Windgeschwindigkeiten sind dort unverändert niedrig und liegen in den meisten Bereichen bis 0.5 m/s.

Im Elbtal wird durch den städtischen Wärmeinseleffekt in bebauten Bereichen Kaltluft aufgezehrt und über die Seitentäler neue Kaltluft eingetragen. Großräumig ergibt sich dabei eine Windrichtung in Fließrichtung der Elbe.

Insgesamt bildet sich also über die meiste Zeit der Kaltluftsituationen im Prießnitzgrund eine zum Elbtal gerichtete Strömung aus. Diese begünstigt bei autochthonen Wetterlagen den Abtransport der Emissionen, welche durch die Kfz auf der Stauffenbergallee entstehen. Für das FFH-Gebiet, welches nördlich der Brücke endet, ist dies günstig.

Die Kaltluftabflusshäufigkeit wird in Anlehnung an DWD (1995) für diesen Bereich mit Emissionen von der Brücke mit 10 % in den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigt. Dies stellt hier eher einen geringeren Wert dar, ist aber im Sinne der Schadstoffeinträge konservativ, da im Prießnitzgrund in Kaltluftsituationen maßgeblich schadstoffunbelastete Luft herantransportiert wird.

Zusätzlich zur Wind- und Ausbreitungsstatistik werden an der Station Dresden-Klotzsche u. a. Temperaturen gemessen. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2009–2018) werden dort im Mittel 10.0 °C gemessen. Die Temperatur wird für die Emissionsberechnung benötigt (s. u.).

3.4 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.

Im kleinräumigen Untersuchungsgebiet sind aktuell keine Messstellen im Luftgüte-Messnetz von Dresden vorhanden. Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastung standen aber Werte der nächstgelegenen Messstationen aus dem Luftmessnetz zur Verfügung.

Das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) betreibt das Landesmessnetz. In den jeweiligen Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u. a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden. Die Entfernungen und Richtungen zur Prießnitz-Brücke im kleinräumigen Untersuchungsgebiet sowie die Klassifizierungen, dem Untersuchungsgebiet nächstgelegener Stationen, sind in **Tab. 3.2** aufgelistet. Die vorliegenden Daten und Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 3.3** aufgeführt.

Stationsname	Umgebung	Stationstyp	Entfernung, ca. km	Richtung
Dresden-Nord	städtisch	Verkehr	2	WSW
Dresden-Winckelmannstr.	städtisch	Hintergrund	5	SSW
Dresden-Bergstr.	städtisch	Verkehr	6	SSW
Radebeul-Wahnsdorf	ländlich	Hintergrund	8	NW

Tab. 3.2: Klassifizierung von Messstationen des Luftgüte-Messnetzes und deren Lage zum Untersuchungsgebiet

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Dresden-Nord	Dresden-Winckelmannstr.	Dresden-Bergstr.	Radebeul-Wahnsdorf
NO Jahresmittel	2013	23	5	71	2
	2014	21	5	71	2
	2015	21	4	71	2
	2016	20	5	61	2
	2017	18	4	48	2
	2018	15	4	42	2
NO ₂ Jahresmittel	2013	34	20	47	14
	2014	32	19	53	13
	2015	32	18	49	13
	2016	31	19	45	13
	2017	30	18	40	12
	2018	29	19	40	14

Tab. 3.3: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an Stationen in der Umgebung der Stauffenbergallee (LfULG, 2014-2018)

Aus den Messwerten, den Lagen und den Klassifizierungen der Messstationen werden die in **Tab. 3.4** dargestellten Werte für das Bezugsjahr 2018 abgeleitet und ebenfalls unverändert für das Prognosejahr 2030 herangezogen.

Statistische Auswertungen der Zusammenhänge der Jahreswerte für NO₂- und NO_x-Messwerte lässt eine Abschätzung der NO_x-Jahresmittelwert zu.

Schadstoff	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO	4
NO ₂	20
NO _x	25

Tab. 3.4: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2018

4 EMISSIONEN

4.1 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 (LNF) inklusiv zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

4.2 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 4.1 (UBA, 2019) berechnet.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgt unter Verwendung der bundesdeutschen Jahresmitteltemperatur, welche den örtlichen Verhältnissen sehr gut entspricht.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw, LNF, 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 entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israël 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.

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

Für diese Ausarbeitung wird folgende Verkehrssituation herangezogen:

IOS-Sam50g Städtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

Aus einer Befahrung der TU Dresden wurden für die Landeshauptstadt Dresden Verkehrssituationen an den Hauptverkehrsstraßen abgebildet. Für die Stauffenbergallee ist diese zur Verwendung überreicht worden. IOS-Sam50g stellt im Vergleich zu einer von der qualitativen Beschreibung passenderen Verkehrssituation, z. B. Fernstraße oder Hauptverkehrsstraße, eine Verkehrssituation da, welche dort die dynamischen Fahrparameter besser widerspiegelt.

Auf Grundlage der o. a. Datenbasis werden die in den **Tab. 4.1** und **Tab. 4.2** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in mg/km			
Verkehrssituation	Längsneigung	NH ₃		NO _x	
		LV	SV	LV	SV
IOS-Sam50g	±0 %	9	14	701	5 757
IOS-Sam50g	±2 %	9	14	719	5 692

Tab. 4.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2018

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in mg/km			
Verkehrssituation	Längsneigung	NH ₃		NO _x	
		LV	SV	LV	SV
IOS-Sam50g	±0 %	13	16	205	4 420
IOS-Sam50g	±2 %	13	16	210	4 335

Tab. 4.2: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2030

4.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x und NH₃ werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Die Längsneigungen mit 2 % werden nur in westlichen Straßenabschnitten der Stauffenbergallee verwendet. Ab der Straße Olbrichtplatz bzw. Hans-Oster-Straße werden Längsneigungen der Klasse 0 % angesetzt.

Die **Tab. 4.3** zeigt exemplarisch für einen Straßenabschnitt der Stauffenbergallee die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten. Im Anhang A3 (**Abb. A3.1 und Abb. A3.2**) befinden sich zusätzlich die Emissionsabbildungen für den Analysefall 2018.

DTV in Kfz/24 h	SV-Anteil in %	Verkehrs- situation	Längs- neigung	NH₃ in mg/(m s)	NO_x in mg/(m s)
Analysefall 2018					
28 723	3	IOS-Sam50g	±0 %	0.00300	0.28336
Prognosefall 2030					
31 500	6	IOS-Sam50g	±0 %	0.00467	0.16707

Tab. 4.3: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der Stauffenbergallee

Damit sind die Änderungen im Prognosefall 2030 gegenüber dem Analysefall 2018 bei NH₃ ca. +54 % und bei NO_x ca. -41 %. Damit ergibt sich unter Beachtung der Emissionsmengen und Mol-Anteile des Stickstoffs (N) im Prognosefall 2030 eine Verringerung der N-Emissionen um ca. 38 % ggü. dem Analysefall 2018.

5 IMMISSIONEN HINSICHTLICH DES SCHUTZES DER VEGETATION

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 4) der Betrachtungsjahre auf der Grundlage der jeweiligen Verkehrsstärken der berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte der Immissionen beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Daher wird nur die Gesamtbelastung der Konzentration diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen sind als Gesamtbelastungen (Hintergrundbelastung + verkehrsbedingte Zusatzbelastung) im Abschnitt 5.1 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. Bei der Skalierung der Farbstufen für Immissionen wird der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet.

Als fachlicher Maßstab für die Beurteilung wird in der 39. BImSchV für NO_x ein kritischer Wert zum Schutz der Vegetation von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel angeführt. Dieser Wert zum Schutz der Vegetation ist nach der 39. BImSchV auf Bereiche anzuwenden, 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. Die Anwendung dieser kritischen Luftschadstoffbelastung ist hier nicht gegeben.

Daneben gibt es die sog. „Critical Loads“ (kritische Eintragsraten), die wissenschaftlich begründete Zielwerte für N-Depositionen zum Schutz von Vegetationseinheiten darstellen. Die berechneten N-Einträge werden im Abschnitt 5.2 ausgewiesen und diskutiert. Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht Bestandteil des Gutachtens.

5.1 Stickstoffoxidimmissionen

Die **Abb. A4.1** zeigt die berechneten NO_x -Jahresmittelwerte der bodennahen Luftschadstoffkonzentrationen (Gesamtbelastung aus Hintergrundbelastung und verkehrsbedingter Zusatzbelastung).

Entlang der Stauffenbergallee werden im Analysefall 2018 sehr nah am bzw. im Straßenraum NO_x -Konzentrationen bis $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Einzelfällen auch darüber berechnet. Mit zu-

nehmender Entfernung nehmen die Belastungen ab. Bedingt durch die örtlichen Windverhältnisse ist die Reichweite des Schadstofftransportes südlich der Stauffenbergallee größer als nördlich. Nach Norden wird bspw. nach ca. 350-400 m die Hintergrundbelastung erreicht. Nach Süden ist der Übergang weiter als 500 m entfernt und nicht mehr in der Abbildung zu sehen.

Neben den örtlichen Windeffekten ist auch der Einfluss der Brücke über die Prießnitz gut erkennbar. Diese führt bodennah zu geringeren Schadstoffbelastungen. Dieser Effekt ist vor allem nahe an der Brücke zu erkennen.

Im FFH-Gebiet „Prießnitzgrund“ werden am Randbereich der Stauffenbergallee NO_x -Immissionen bis $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in einem kleinen Bereich auch darüber, prognostiziert. Ab einer Entfernung von ca. 180 m zur Straße werden NO_x -Gesamtbelastungen kleiner $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Damit werden für das Analysejahr 2018 in den überwiegenden Bereichen des FFH-Gebietes NO_x -Immissionen unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

Die NO_x -Konzentrationen des Prognosefalls 2030 werden in **Abb. A4.2** aufgezeigt. Mit dem für das Prognosejahr 2030 verbesserten Abgasverhalten der Fahrzeuge werden für NO_x gegenüber 2018 geringere Emissionen trotz Verkehrsanstieg berechnet. Die NO_x -Minderung beträgt dabei 41 % (siehe Abschnitt 4.3) und ist bei gleichbleibender Hintergrundbelastung nur auf die Zusatzbelastung anzurechnen. Damit ergeben sich im Prognosejahr flächendeckend geringere NO_x -Gesamtbelastungen.

Im FFH-Gebiet „Prießnitzgrund“ werden am Randbereich der Stauffenbergallee leicht erhöhte NO_x -Immissionen bis $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vereinzelt in kleinen Flächen auch darüber bis $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Ab einer Entfernung von ca. 85 m zur Straße werden NO_x -Gesamtbelastungen kleiner $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Damit werden in den überwiegenden Bereichen des FFH-Gebietes NO_x -Immissionen unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Prognosejahr 2030 berechnet.

5.2 Stickstoffeintrag

Im Folgenden werden die berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastungen an Stickstoffeintrag in Böden (N-Deposition), resultierend aus straßenverkehrsbedingten NO_x - und NH_3 -Einträgen des jeweiligen Betrachtungsfalles, aufgezeigt. Die FFH-Fläche ist in den Darstellungen wiederum mit grüner Schraffur gekennzeichnet. In der Legende ist eine Zuordnung der berechneten verkehrsbedingten Stickstoffeinträge mit den Farben gegeben. Die geringste Klasse entspricht dem im Forschungsbericht des BMVBS (Balla et al., 2013) und

Stickstoffleitfaden Straße HPSE (FGSV, 2019) definierten Abschneidekriterium von 0.3 kg/(ha a). Dies entspricht in den vorliegenden Berechnungen einer verkehrsbedingten NO_x-Zusatzbelastung (Jahresmittel) von etwa 1 µg/m³. Solch geringe Konzentrationen sind im Zusammenhang mit Messdaten kaum von Schwankungen der Hintergrundbelastung zu unterscheiden (vgl. **Tab. 3.3**). Damit ist bei dieser geringen Konzentration ein Vergleich von berechneten Immissionen mit Messdaten mit Unsicherheiten verbunden. Für geringere Konzentrationen bzw. Stickstoffeinträge sind weniger belastbare Aussagen gegeben.

Die verkehrsbedingten Stickstoffeinträge im Analysefall 2018 sind in **Abb. A4.3** für das Untersuchungsgebiet „Prießnitzgrund“ dargestellt. Im Nahbereich der Stauffenbergallee werden z. T. Stickstoffdepositionen über 10 kg/(ha a) ermittelt. Auch hier sind die Abnahmen mit zunehmender Entfernung und der Einfluss der Brückenlage ersichtlich. Neben den lokalen Windverhältnissen führen zusätzlich Landnutzungsunterschiede zu unterschiedlichen Depositionsraten, wobei Waldgebiete die Eintragsraten erhöhen.

Im Bereich des FFH-Gebiets „Prießnitzgrund“ werden Depositionsraten bis 3.0 kg/(ha a) ermittelt. Dieser Bereich zieht sich in Teilen des FFH-Gebietes bis in eine Entfernung von ca. 100 m. Ab einer Entfernung zur Stauffenbergallee von ca. 250 m werden keine Stickstoffeinträge mehr über 0.3 kg/(ha a) prognostiziert.

Im Prognosefall 2030 (**Abb. A4.4**) werden insgesamt 38 % geringere Stickstoffemissionen berechnet (siehe Abschnitt 4.3). Bei den einzelnen Schadstoffen sind die Veränderungen allerdings gegenläufig. NH₃ erhöht sich, während NO_x weniger von den Kfz abgegeben wird. Da beide Schadstoffe unterschiedliche Depositionsgeschwindigkeiten und damit einen unterschiedlichen Einfluss auf die Gesamtdosition besitzen, ist die N-Depositionsänderung nicht proportional zur N-Emissionsänderung. Es werden im Prognosefall gegenüber dem Analysefall dennoch geringere Stickstoffdepositionen berechnet.

Im Bereich des FFH-Gebiets „Prießnitzgrund“ werden im Prognosefall wie auch im Analysefall Depositionsraten bis 3.0 kg/(ha a) ermittelt. Dieser Bereich zieht sich in Teilen des FFH-Gebietes bis in eine Entfernung von ca. 70 m. Ab einer Entfernung zur Stauffenbergallee von ca. 210 m werden keine Stickstoffeinträge mehr über 0.3 kg/(ha a) prognostiziert.

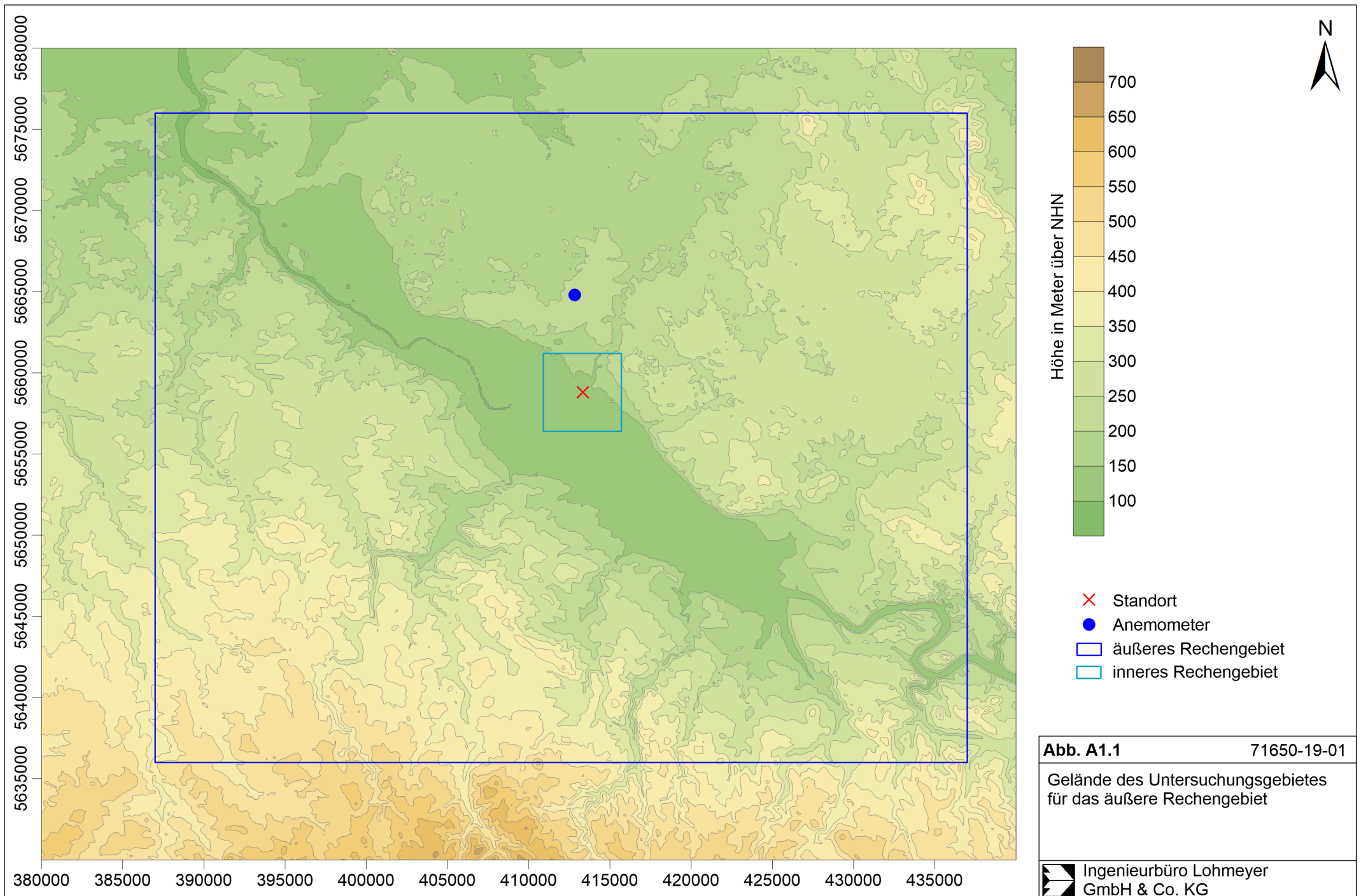
Die Beurteilung der Stickstoffeinträge hinsichtlich des Schutzes der Vegetation obliegt dem FFH-Gutachter.

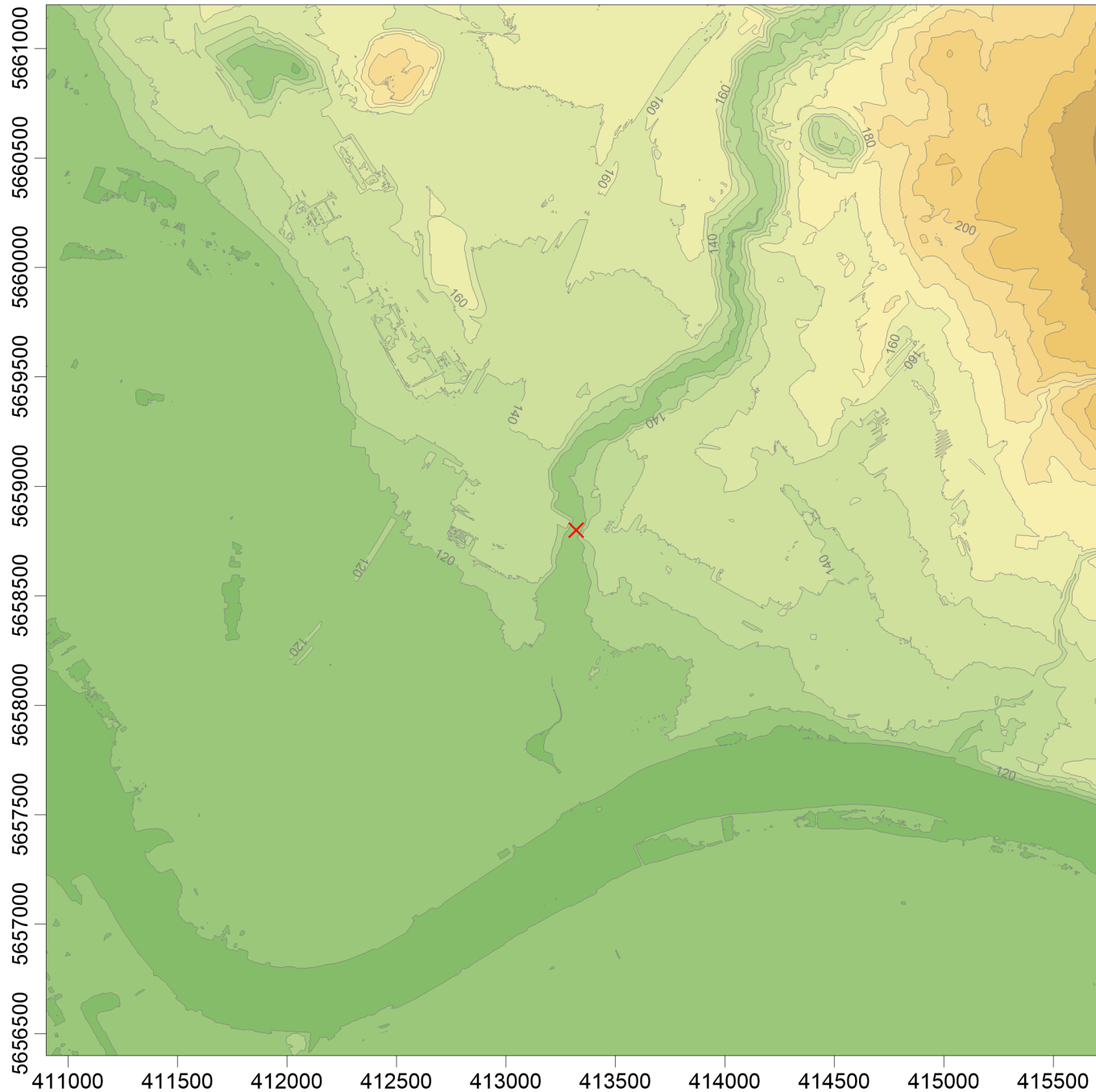
6 LITERATUR

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.
- Bachhiesl, M., Narodoslawsky, M., Sturm, P.-J. (2002): Berechnung des Depositionsflusses als Grundlage für ökotoxikologische Beurteilungen. UVP-report 1+2/2002.
- Balla, S.; Uhl, R.; Schlutow, A.; Lorentz, H.; Förster, M.; Becker, C.; Müller-Pfannstiel, K.; Lüttmann, J.; Scheuschner, Th.; Kiebel, A.; Düring, I. und Herzog, W. (2013): Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotop. Bericht zum FE-Vorhaben 84.0102/2009 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Band 1099; BMVBS Abteilung Straßenbau, Bonn; Carl Schünemann Verlag, Bremen; 2013.
- Bäumer, D. (2003): Transport und chemische Umwandlung von Luftschadstoffen im Nahbereich von Autobahnen - Numerische Simulationen. Wissenschaftliche Berichte des Instituts für Meteorologie und Klimaforschung der Universität Karlsruhe Nr. 32. Juni 2003.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2018): http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, bkg-Dienstleistungszentrum, Leipzig.
- DWD (1995): Amtliches Gutachten zur Abschätzung der Häufigkeit von Kaltluftflüssen im Bereich der Ortsumgehung Pirna.
- FGSV (2012): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung - RLuS 2012. Hrsg.: FGSV Verlag GmbH, Köln (ISBN 978-3-86446-047-0). Ausgabe 2012.
- FGSV (2019): Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen (HPSE) Stickstoffleitfaden Straße. Ausgabe 2019. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e. V., Köln. ISBN 978-3-86446-231-3.
- Flassak, Th. (1990), "Ein nicht-hydrostatisches mesoskaliges Modell zur Beschreibung der Dynamik der planetaren Grenzschicht", Fortschr.-Ber. VDI Reihe 15 Nr. 74, VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Gehrig, R., Buchmann, B. (2003): Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM10 and PM2.5 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.
- Janicke (2019): Dispersion Model LASAT Version 3.4, Referenz Book. Janicke Consulting, Überlingen, Januar 2019.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (2014–2019): Messdaten aus dem Luftmessnetz; Jahresberichte; Freistaat Sachsen, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

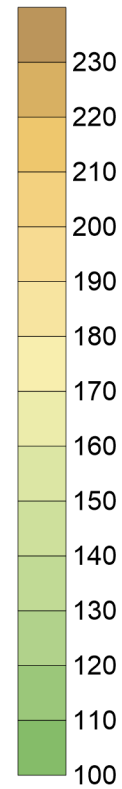
- METRAS_PC (1998): METRAS PC Version 1.0 Benutzerhandbuch Version 1.0, Meteorologisches Institut der Universität Hamburg, Bundesstr. 55, 20146 Hamburg.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- TREMOT (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.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.1. (HBEFA 4.1) (aktualisierte Version vom 03.11.2019). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.
- VDI 3782 Blatt 7 (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN, Düsseldorf, November 2003.
- VDI 3782 Blatt 5 (2006): Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter. Richtlinie VDI 3782, Blatt 5. Hrsg.: VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1b, Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure, April 2006.

A N H A N G A1:
DIGITALES GELÄNDEMOMELL UND LANDNUTZUNG





Höhe in Meter über NHN



✗ Standort



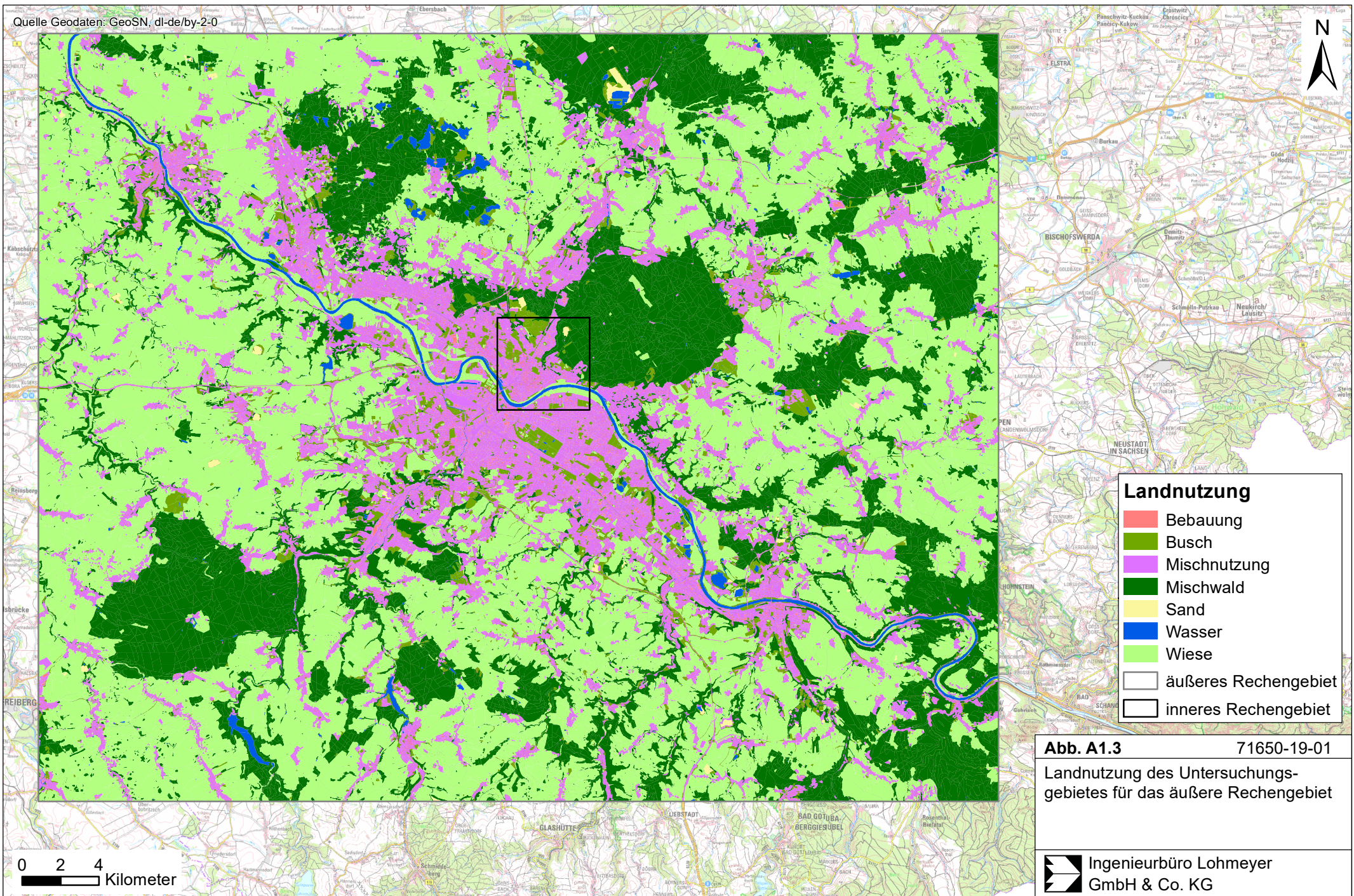
Abb. A1.2

71650-19-01

Gelände des Untersuchungsgebietes
für das innere Rechengebiet



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG



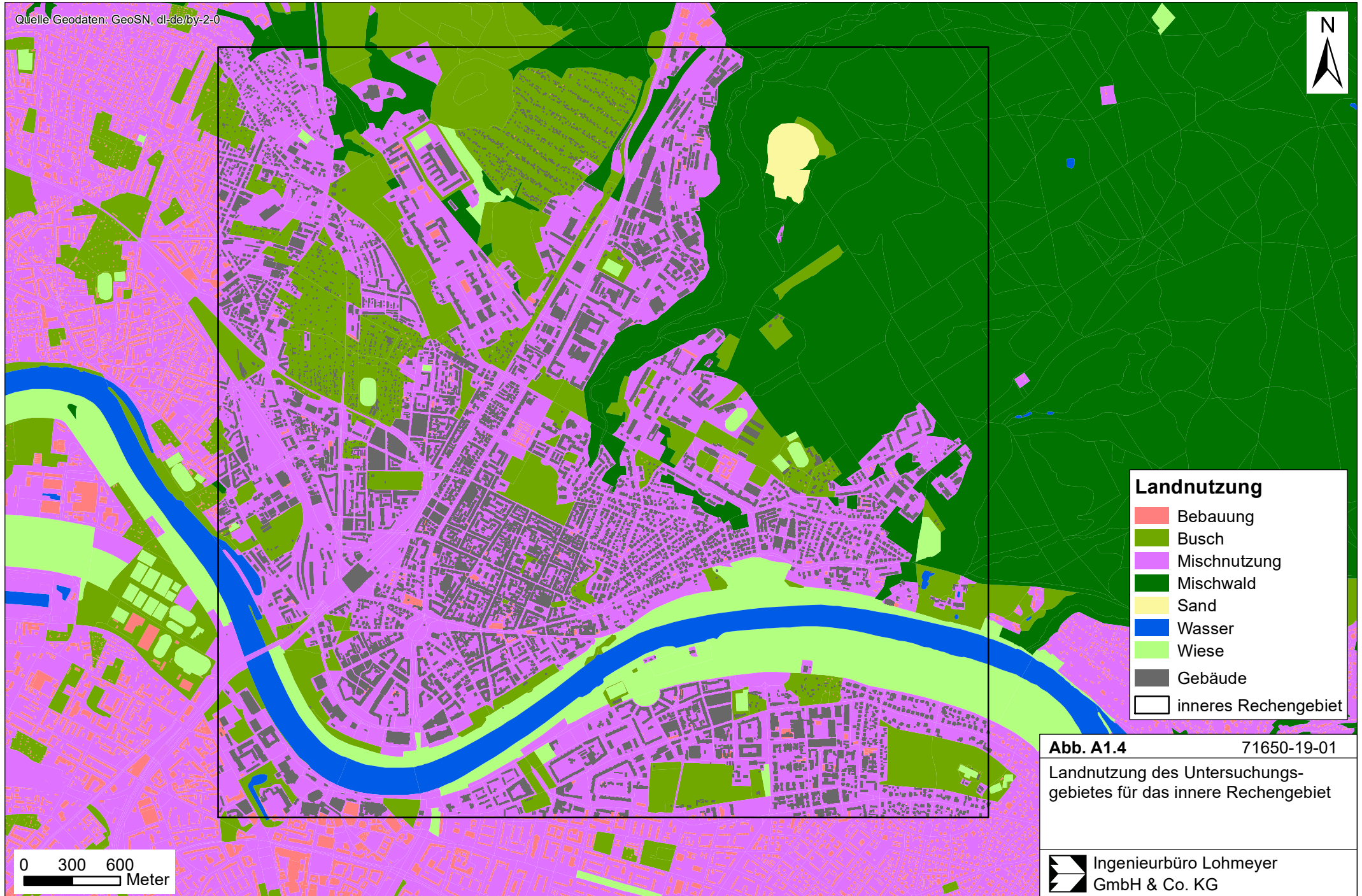
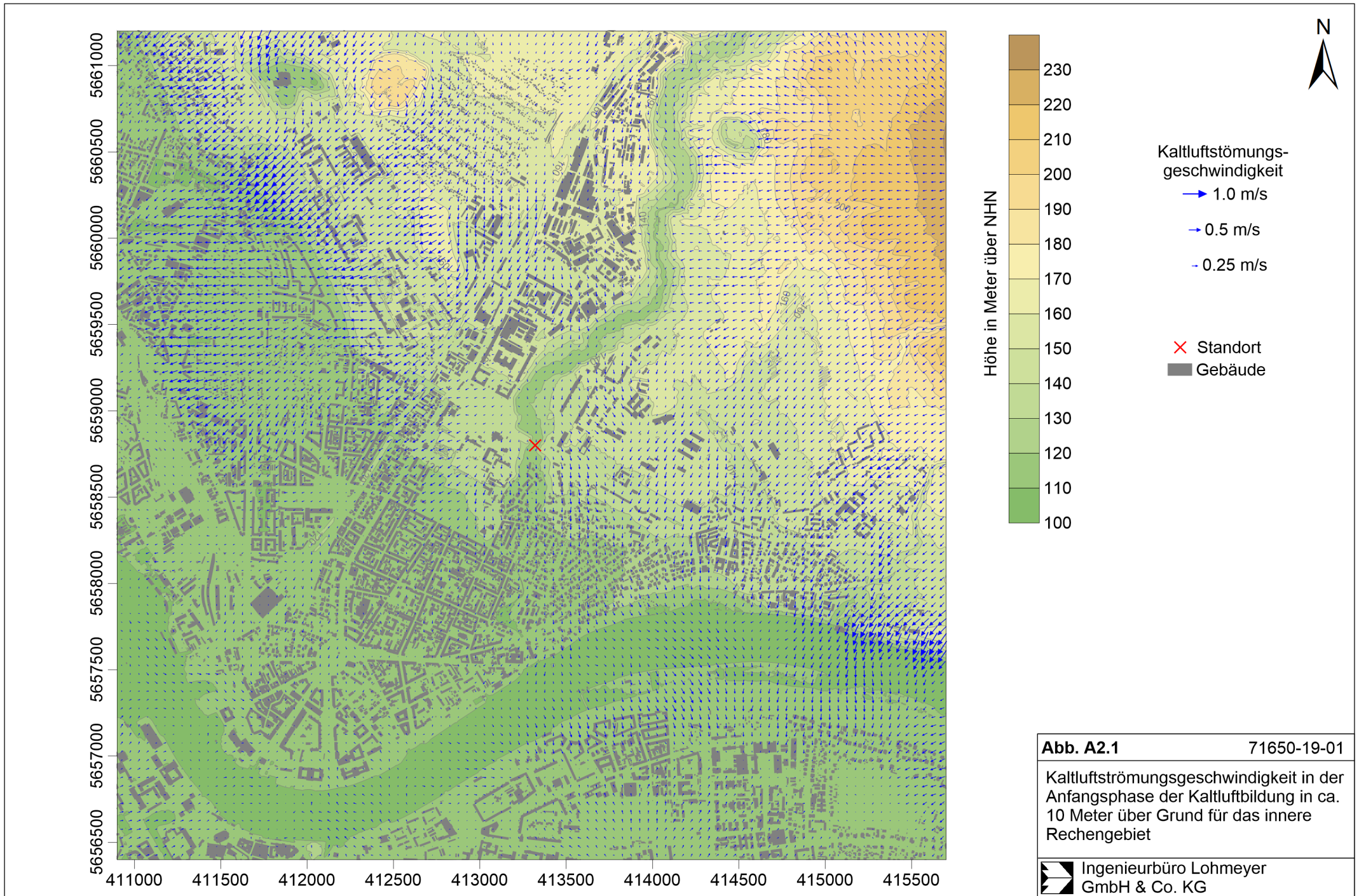


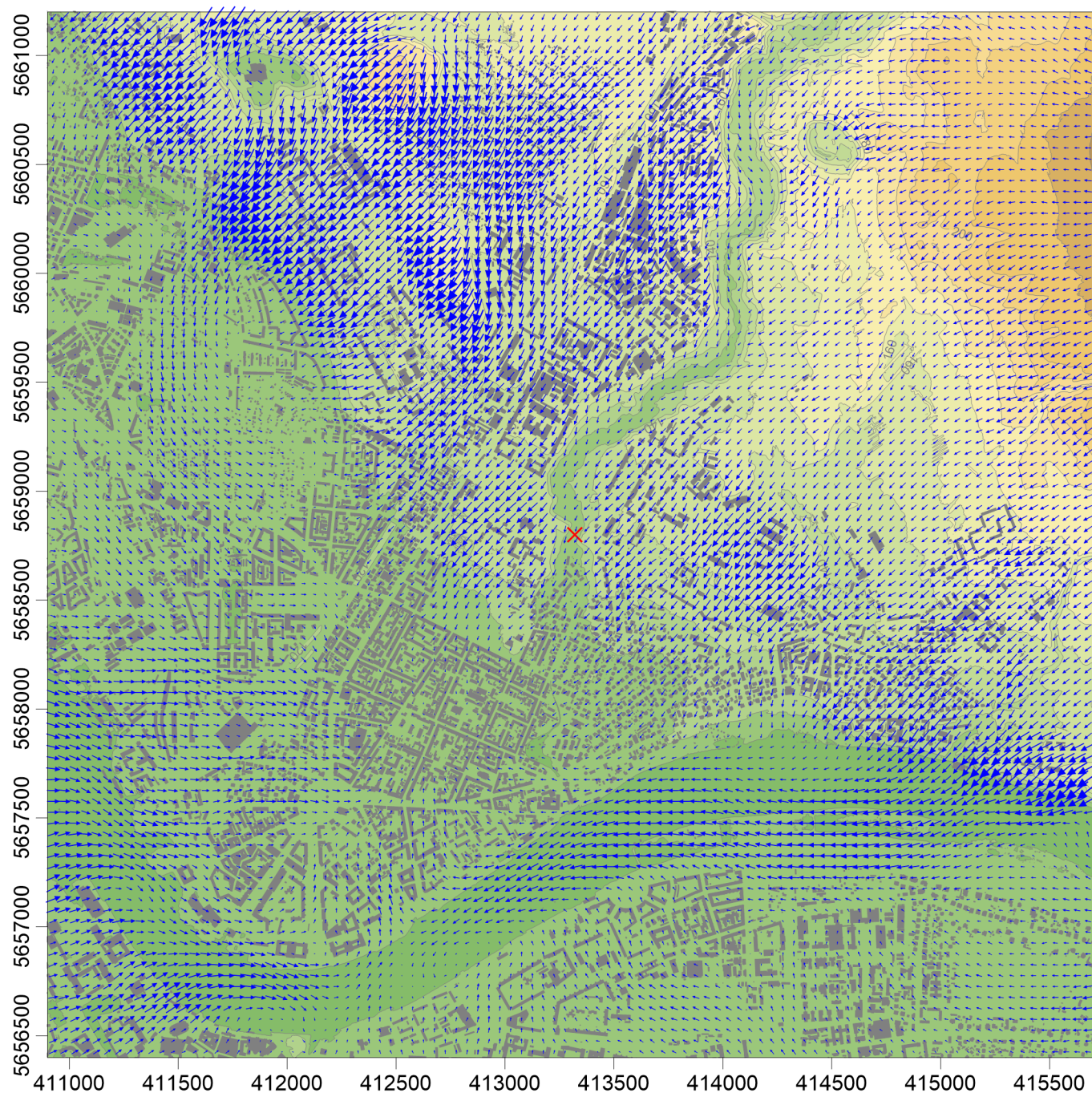
Abb. A1.4

71650-19-01

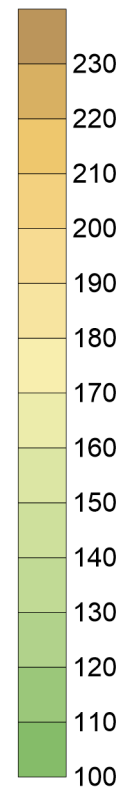
Landnutzung des Untersuchungs-
gebietes für das innere Rechengebiet

A N H A N G A2:
KALTLUFTWINDFELDER





Höhe in Meter über NHN



Kaltluftströmungs-
geschwindigkeit

→ 1.0 m/s

→ 0.5 m/s

→ 0.25 m/s

× Standort

■ Gebäude



Abb. A2.2

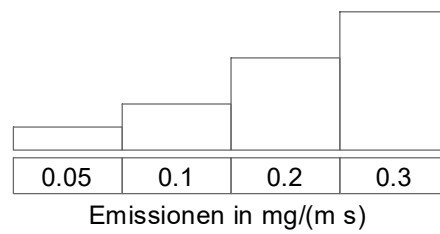
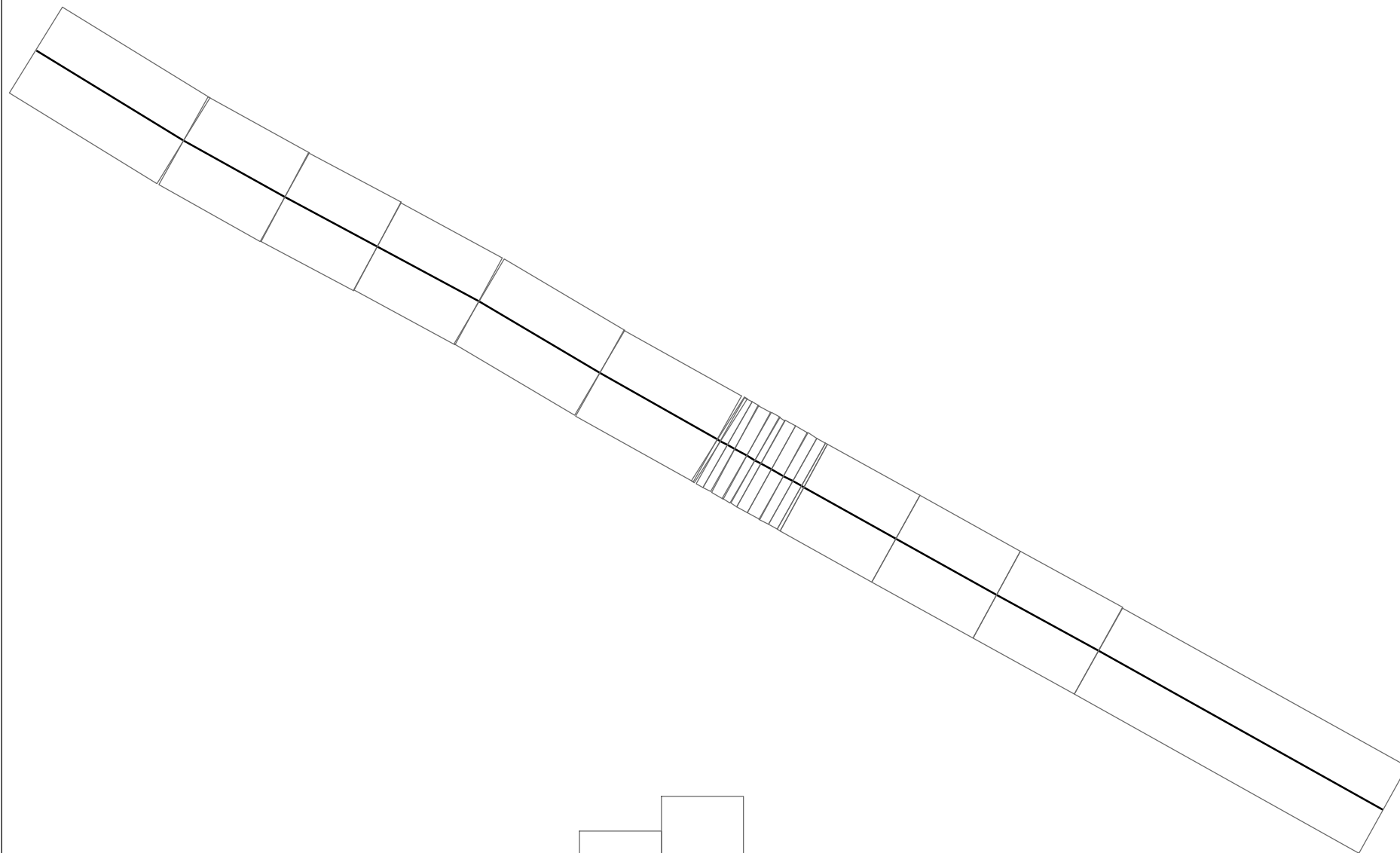
71650-19-01

Kaltluftströmungsgeschwindigkeit bei
ausgeprägter Kaltluftbildung in ca.
10 Meter über Grund für das innere
Rechengebiet




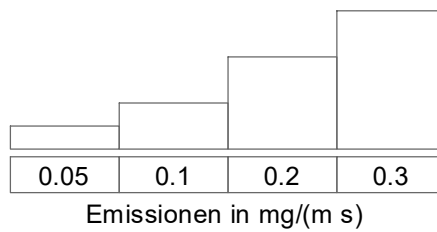
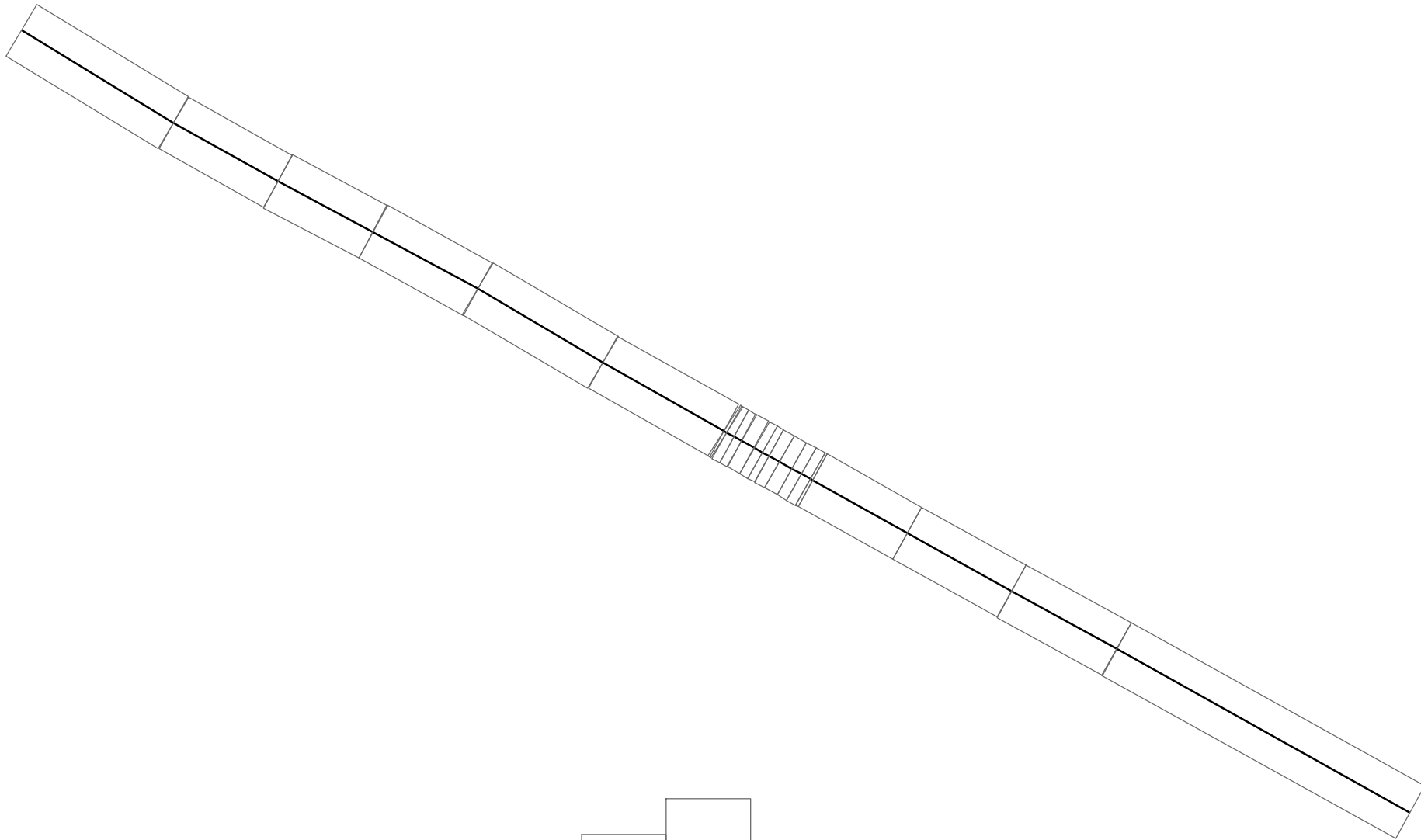
Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

A N H A N G A3:
EMISSIONSABBILDUNGEN




0 50 100
Meter

Abb. A3.1	71650-19-01
Analysefall 2018 NO _x -Emissionen Mittlere Emissionsdichte	
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG	



0 50 100
Meter

Abb. A3.2	71650-19-01
Prognosefall 2030 NO _x -Emissionen Mittlere Emissionsdichte	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

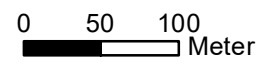
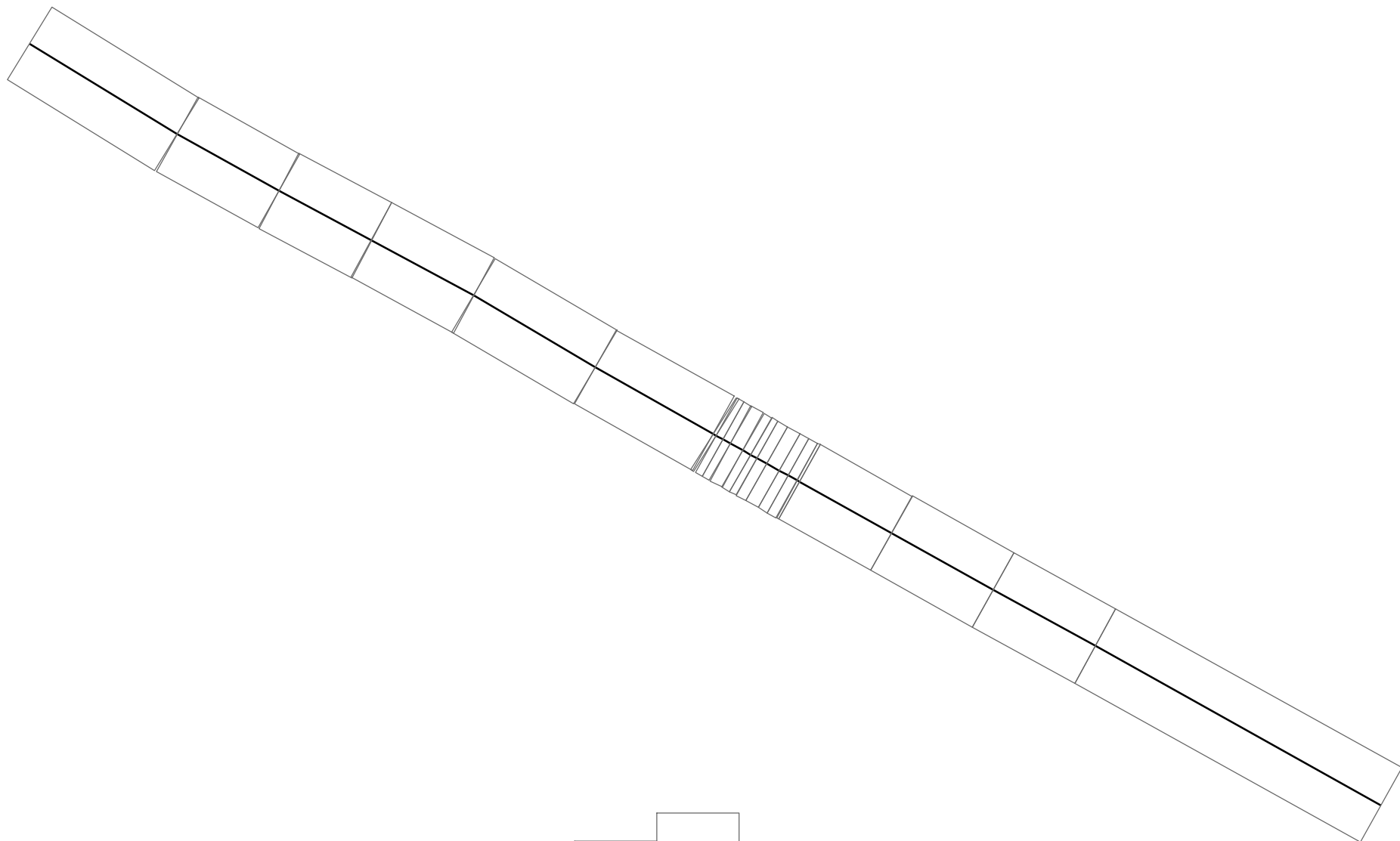

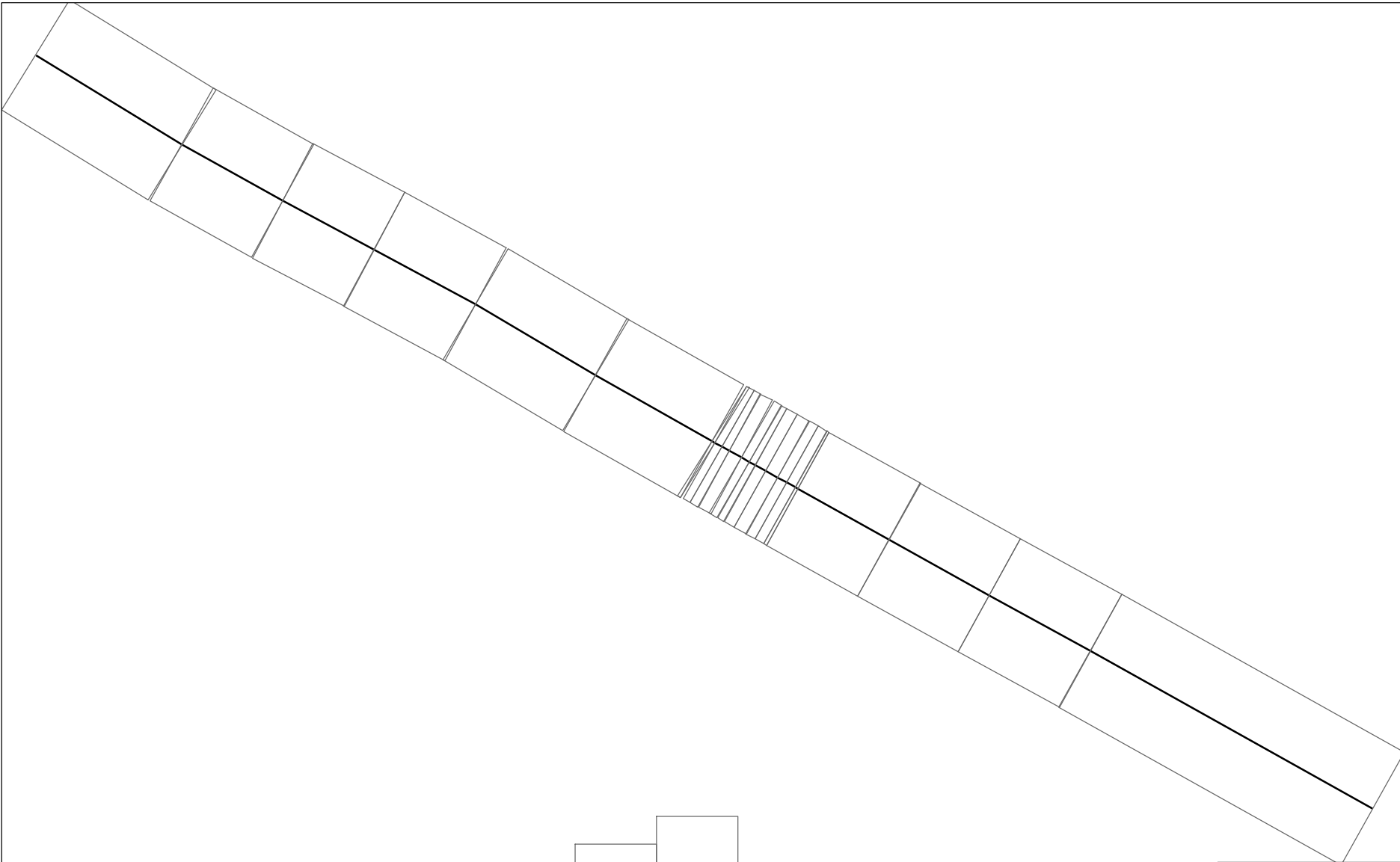



Abb. A3.3	71650-19-01
Analysefall 2018 NH ₃ -Emissionen Mittlere Emissionsdichte	
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG	



0 50 100
Meter

Abb. A3.4	71650-19-01
Prognosefall 2030 NH ₃ -Emissionen Mittlere Emissionsdichte	
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG	

A N H A N G A4:
IMMISSIONSABBILDUNGEN

