

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

IMMISSIONSBERECHNUNGEN FÜR DIE HERMANN-HESSE-BAHN WEIL DER STADT-CALW

Auftraggeber: Landratsamt Calw
Projektbüro „Hermann-Hesse-Bahn“
Vogteistraße 42-46
75365 Calw

Dipl.-Geogr. T. Nagel
Dipl.-Umwiss. A. Friedrich
Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr.-Ing. W. Bächlin

Juli 2014
Projekt 62732-14-01
Berichtsumfang 41 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	5
3 VORGEHENSWEISE	6
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe	6
3.2 Berechnungsverfahren.....	8
3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	8
4 EINGANGSDATEN	11
4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	11
4.2 Verkehrsdaten	11
4.3 Meteorologische Daten	13
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung	16
5 EMISSIONEN	18
5.1 Betrachtete Schadstoffe.....	18
5.2 Bestimmung der Emissionen	18
6 IMMISSIONEN.....	22
6.1 Stickstoffdioxidimmissionen	22
6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)	24
6.3 Betrachtungen hinsichtlich Schutz der Vegetation.....	24
7 LITERATUR	29
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN.....	33
A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION	37

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 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.

Feinstaub / PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$

Mit Feinstaub bzw. PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$ werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufterlass 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.

NO_x zum Schutz der Vegetation

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO_x) von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Zwischen Weil der Stadt und Calw ist die Wiederinbetriebnahme der Württembergischen Schwarzwaldbahn als „Hermann-Hesse-Bahn“ vorgesehen. Im planmäßigen Betrieb sollen auf der Strecke Dieseltriebwagen vom Typ Stadler RegioShuttle (DB Baureihe 650) zum Einsatz kommen. Für diese Planungen sind Aussagen über die Luftschadstoffe in der Umgebung der Bahnanlagen erforderlich.

In diesem Gutachten werden die Gesamtimmissionen ermittelt, die durch den bahnbetriebsbedingten Verkehr unter Berücksichtigung der vorherrschenden Hintergrundbelastung und der lokalen Windverhältnisse zu erwarten sind. Betrachtet werden die Schadstoffe NO_2 und Feinstaub (PM_{10}). Die Beurteilung erfolgt im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV.

Weiter ist der durch den planmäßigen Eisenbahnbetrieb verursachte Stickstoffeintrag in entsprechend empfindliche und geschützte Vegetationsflächen zu prognostizieren. Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten täglichen Zugverkehre werden auf Basis der Fachliteratur die von den Fahrzeugen emittierten motorbedingten Schadstoffmengen und –immissionen ermittelt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM_{10}) des Zugverkehrs aufgrund von Abrieb werden Angaben der Fachliteratur entnommen.

Die Immissionsberechnungen erfolgen mit dem Straßennetzmodell PROKAS unter Einbeziehung der lokalen Ausbreitungsklassenstatistik, der berechneten Emissionen des Bahnverkehrs und der aus Messdaten abgeleiteten Hintergrundbelastung.

Die Immissionsberechnungen zeigen, dass durch den Einsatz von Dieseltriebwagen auf der Bahnstrecke im Betrachtungsgebiet in deren Nahbereich geringe zusätzliche Beiträge zu den Luftschadstoffbelastungen zu erwarten sind.

Im Nahbereich der geplanten Tunnelportale östlich von Ostelsheim sind NO_2 -Jahresmittelwerte bis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, entlang den Fahrstrecken bis ca. $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die NO_2 -Belastungen (Jahresmittelwerte) sind im Planfall an der bestehenden Bebauung entlang der geplanten Bahnstrecke in Bezug auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend als mittlere Belastungen zu bezeichnen.

Im Nahbereich der Tunnelportale sind PM10-Jahresmittelwerte bis $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, entlang den Fahrstrecken nicht über $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) sind im Planfall an der bestehenden Bebauung entlang der geplanten Bahnstrecke in Bezug auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend ebenfalls als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Der Beitrag des dieselbetriebenen Bahnverkehrs an den PM10-Immissionen ist als sehr gering zu bezeichnen. Diese Beurteilung trifft auch auf PM2.5 zu.

Zum Schutz der Vegetation werden die NO_x -Jahresmittelwerte betrachtet, die nur im Nahbereich der Tunnelportale über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet sind. Außerhalb der Tunnelportalbereiche beträgt der bahnbetriebsbedingte NO_x -Beitrag weniger als $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastungen im Jahresmittel an Stickstoffeinträgen in die Ökosysteme (N-Depositionen), resultierend aus den bahnbetriebsbedingten NO_x - und NH_3 -Einträgen, sind im Nahbereich der Tunnelportale mit Einträgen bis ca. $1 \text{ kg}/(\text{ha} * \text{a})$ berechnet. Außerhalb der Tunnelportalbereiche sind entlang den Fahrstrecken vereinzelt Stickstoffeinträge bis $0.5 \text{ kg}/(\text{ha} * \text{a})$, überwiegend nicht über $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} * \text{a})$ berechnet.

Insgesamt sind durch den Einsatz von Dieseltriebwagen auf der Bahnstrecke und den genannten Frequentierungen (Anzahl der Fahrten pro Tag) geringe Beiträge zu den Immissionen im Hinblick auf Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit zu erwarten.

2 AUFGABENSTELLUNG

Um den Landkreis Calw per Schiene besser an die Landeshauptstadt Stuttgart und an den Wirtschaftsraum Sindelfingen/Böblingen anzubinden, ist vom Landkreis Calw als Eigentümer der Bahnstrecke von Weil der Stadt nach Calw („Württembergische Schwarzwaldbahn“) eine neuerliche Betriebsaufnahme der Bahnstrecke als „Hermann-Hesse-Bahn“ geplant. Hierzu muss die Strecke in ihrem Bestand saniert und technisch modernisiert werden. Die Strecke ist eisenbahnrechtlich gewidmet und bis auf zwei Bahndammdurchbrüche, die im Zuge von Straßenbaumaßnahmen entstanden sind, baulich noch vorhanden. Der Landkreis Calw verfolgt mit der Wiederinbetriebnahme der Bahnstrecke das Ziel, die Attraktivität des östlichen Landkreises als Wirtschafts- und Wohnstandort sowie als Naherholungsziel zu steigern. Auf der Strecke soll in Zukunft ein leistungsfähiger und zuverlässiger Schienenpersonennahverkehr mit Dieseltriebwagen der DB Baureihe 650 (Stadler Regio Shuttle) oder vergleichbaren Fahrzeugen angeboten werden. Für diese Planungen sind Aussagen über die Luftschadstoffe in der Umgebung der Bahnanlagen erforderlich.

Zu betrachten sind einerseits die Immissionen im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit, d.h. an benachbarten Wohnnutzungen. Es sind die Schadstoffe zu betrachten, die einerseits mit den dieselbetriebenen Fahrzeugen freigesetzt werden und für die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit vorliegen.

Andererseits ist der durch den Einsatz von Dieseltriebwagen auf der Bahnstrecke verursachte Stickstoffeintrag in entsprechend empfindliche und geschützte Vegetationsflächen zu prognostizieren.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kraftstoffes der dieselbetriebenen Triebwagen 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. Relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO₂ und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Verkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide und Feinstaubpartikel (PM10 und PM2.5). Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den dieselbetriebenen Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO 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 und wird hier nicht durchgeführt.

3.1 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 Komponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in µg/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)
PM2.5	Grenzwert ab 2015	25	

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

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert.

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)

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. Daneben gibt es die sog. „Critical Loads“ (kritische Eintragsraten), die wissenschaftlich begründete Zielwerte für Stickstoffeinträge zum Schutz von Vegetationseinheiten darstellen.

Für die Ermittlung des Stickstoffeintrags (N-Deposition) in empfindlichen FFH-Bereichen werden neben den Stickstoffoxiden zusätzlich verkehrsbedingte Emissionen von Ammoniak (NH₃) betrachtet. Die ökologische Beurteilung der Ergebnisse ist nicht Bestandteil dieses Gutachtens.

3.2 Berechnungsverfahren

Für immissionsseitige Berechnungen des dieselbetriebenen Schienenverkehrs steht kein gesondertes Modell zur Verfügung, deshalb wird hier auf die Funktionen des Straßennetzmodells PROKAS (Beschreibung: www.lohmeyer.de/prokas.htm) unter Berücksichtigung von lokal repräsentativen Windverhältnissen zurückgegriffen.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten täglichen Zugverkehre werden die von den Fahrzeugen emittierten motorbedingten Schadstoffmengen und –immissionen ermittelt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM10) des Zugverkehrs aufgrund von Abrieb werden Angaben der Fachliteratur entnommen.

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik) und der berechneten Emissionen des Zugverkehrs innerhalb des Untersuchungsgebietes werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A2) ist in der Lage, sämtliche in **Abb. 4.1** dargestellten Streckenabschnitte gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- bzw. Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Strecken vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Messstandorten abgeschätzt.

3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert 115 µg/m³ bis 170 µg/m³ nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes

von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

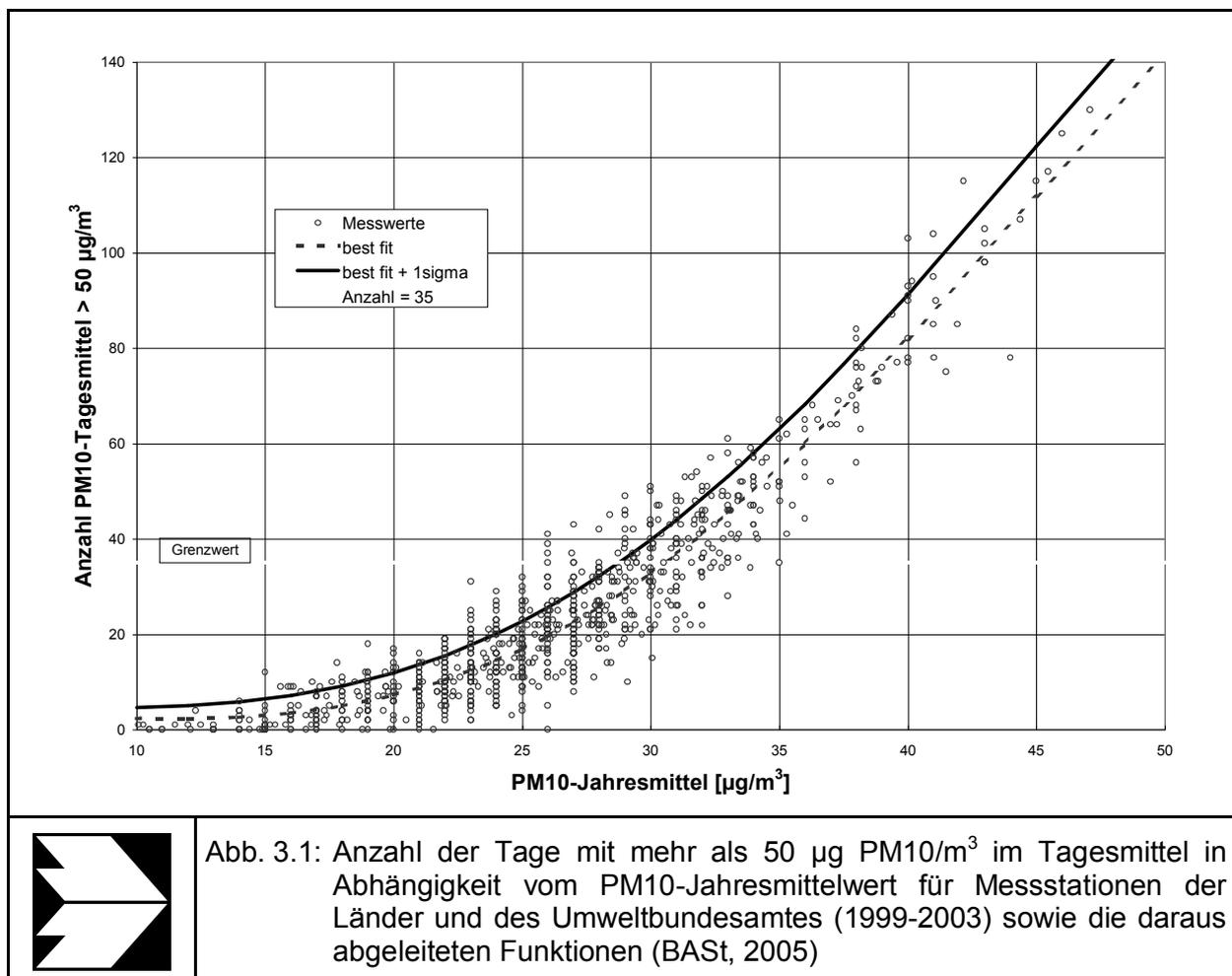


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit mehr als $50 \mu\text{g PM10}/\text{m}^3$ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

4 EINGANGSDATEN

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Der Landkreis Calw plant die Wiederinbetriebnahme der landkreiseigenen Bahnstrecke zwischen Weil der Stadt und Calw als „Hermann-Hesse-Bahn“. Das Gelände an der Ostseite des Schwarzwaldes weist ein ausgeprägtes Relief auf und die Bahnlinie folgt weitgehend bestehenden Talbereichen. Das ist im östlichen Bereich das Tal der Würm mit einer Orientierung von Süden nach Norden und im zentralen und westlichen Bereich folgt die Bahnlinie vorhandenen Niederungen, wie z.B. dem west-östlich orientierten Tal mit dem Altbach; im Westen trifft die Bahnlinie auf das Nagoldtal.

Für die Betrachtungen der Auswirkungen des dieselbetriebenen Bahnbetriebs auf die Luftschadstoffe wird ein Teilbereich herausgegriffen, der hinsichtlich Lageverhältnisse und bodennahen Windverhältnissen stellvertretend für einen Großteil der Strecke aufzufassen ist. Dieser Bereich umfasst den Bereich von Ostelsheim Richtung Osten entlang dem Tal des Altbachs und dem Schwenken nach Norden Richtung Weil der Stadt entlang dem Tal der Würm. In diesem Streckenabschnitt, der in **Abb. 4.1** dargestellt ist, sind der geplante Haltepunkt Ostelsheim und eine neue Tunnelstrecke östlich von Ostelsheim mit einer Länge von ca. 390 m enthalten.

Abb. 4.1 zeigt den Lageplan des Untersuchungsgebietes mit Angabe der Lage der geplanten Bahnstrecke, des Haltepunktes Ostelsheim, des Tunnelabschnittes und der zu betrachtenden Lebensraumtypen (LRT).

4.2 Verkehrsdaten

Für den Betrieb der Bahnlinie wird durch den Auftraggeber angegeben, dass Montag bis Freitag 68 Fahrten pro Tag vorgesehen sind.

Zum Einsatz sollen Verbrennungstriebwagen (VT) der DB-Baureihe 650 (Stadler Regio-Shuttle auch Stadler RS1 genannt) kommen. Die Triebzüge verkehren im planmäßigen Betrieb in Einfachtraktion.

Für den Haltepunkt wird eine mittlere Haltezeit von weniger als einer Minute angegeben.

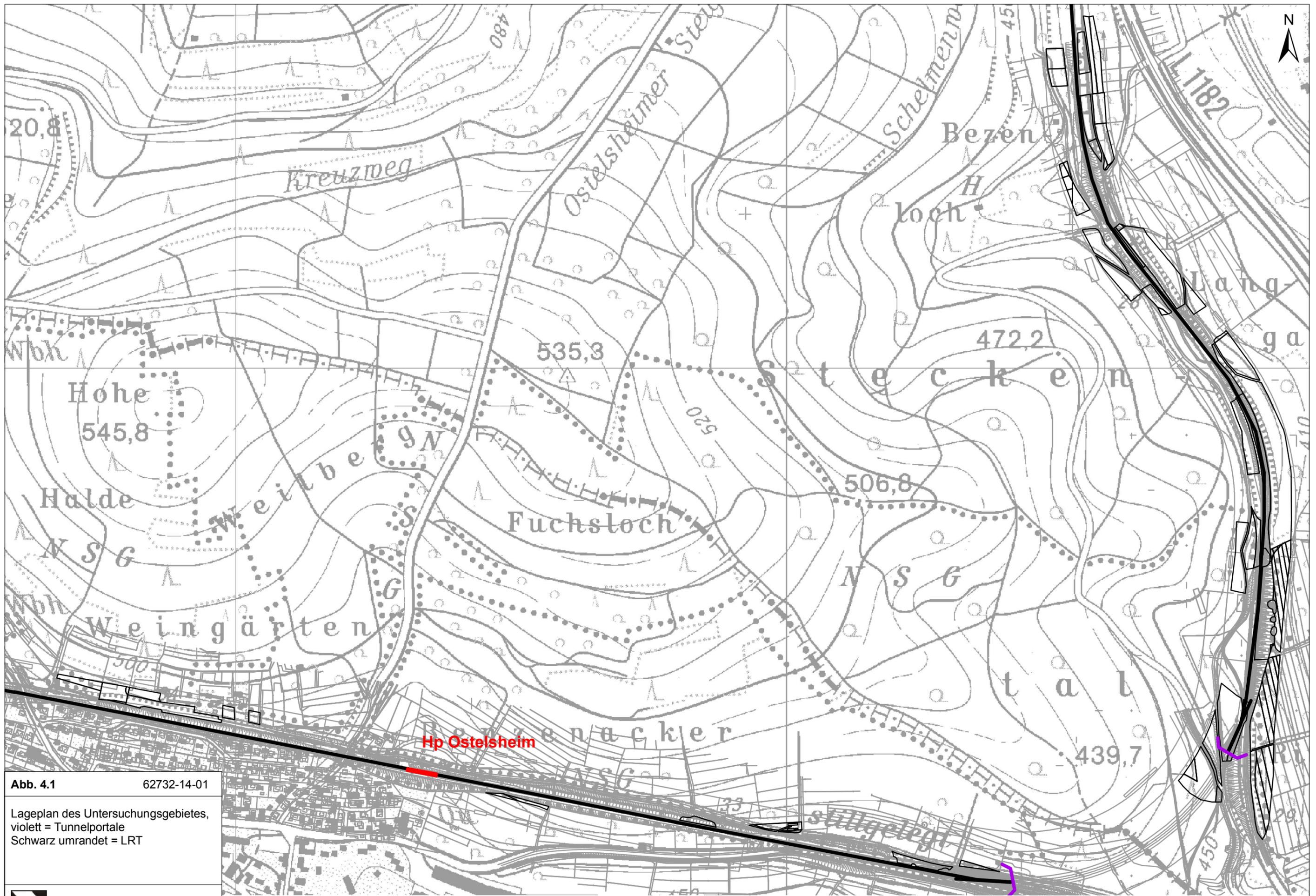


Abb. 4.1 62732-14-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes,
 violett = Tunnelportale
 Schwarz umrandet = LRT



4.3 Meteorologische Daten

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

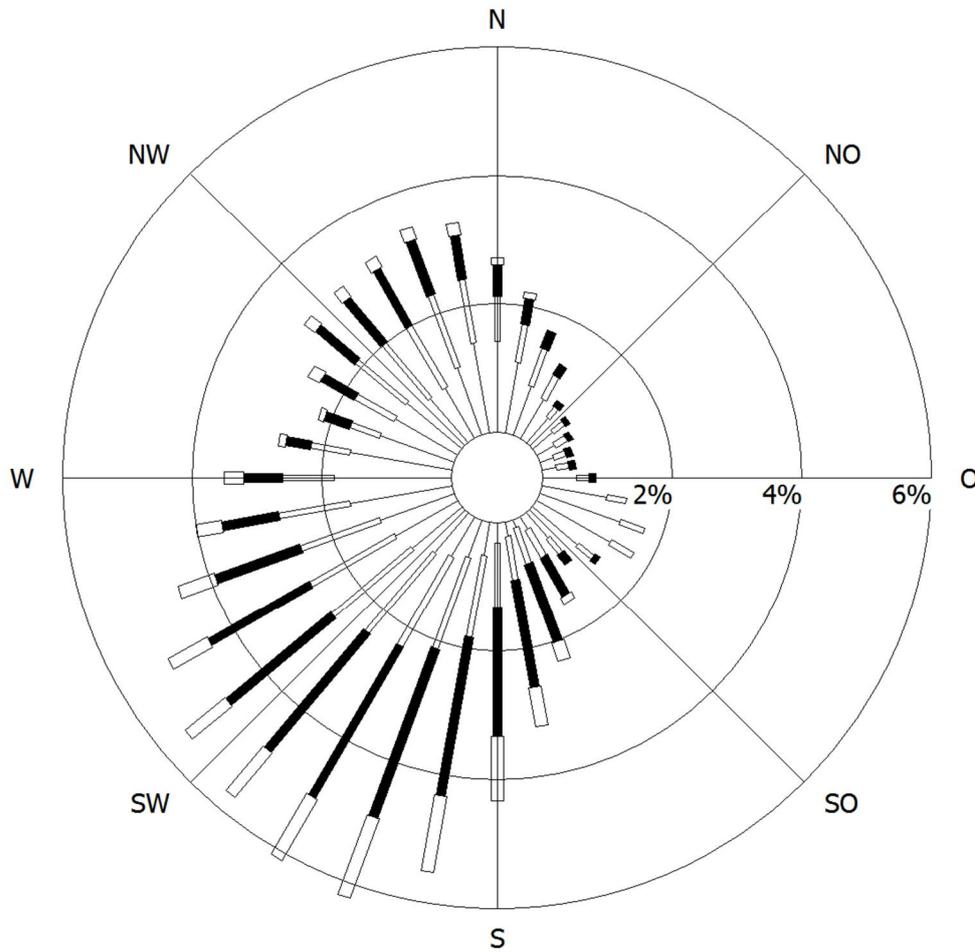
Für die betrachteten Bereiche entlang der geplanten Bahnstrecke liegen keine langjährigen Windmessdaten vor. Flächendeckend liegen synthetische Windrosen im 500 m Raster für Baden-Württemberg aus dem Jahr 2005 vor, die von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU BW) als synthetischer Windrosenatlas im Internet veröffentlicht wurden. Daraus wurden zwei Windrosen herausgegriffen, die repräsentativ für den Bereich um Ostelsheim und für den östlichen Bereich entlang des Würmtals sind.

Des Weiteren sind durch die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) synthetische Ausbreitungsklassenstatistiken im 500 m Raster für Baden-Württemberg in aktualisierter Form im Internet veröffentlicht (LUBW, Internet). Für die beiden Standorte wurden die entsprechenden Datenblätter der standortspezifischen synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken von der Internetseite der LUBW abgerufen und mit den vorliegenden synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken aus dem Jahr 2005 verglichen. Die synthetischen Ausbreitungsklassenstatistiken aus dem Jahr 2005 weisen mit den aktuellen Ausbreitungsklassenstatistiken der LUBW vergleichbare Häufigkeitsverteilungen auf und werden daher unverändert für die Ausbreitungsrechnungen herangezogen.

Die synthetische Windrose für den Standort Ostelsheim ist in **Abb. 4.2** aufgezeigt. Die Hauptwindrichtung wird durch Winde aus südwestlichen bis westlichen Richtungen geprägt, Winde aus nordwestlichen bis nördlichen Richtungen bilden ein Nebenmaximum. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2.2 m/s.

Die synthetische Windrose für den östlichen Standort ist in **Abb. 4.3** dargestellt. Die Hauptwindrichtung wird durch Winde aus südwestlichen bis westlichen Richtungen geprägt, Winde aus nördlichen Richtungen bilden ein Nebenmaximum. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit beträgt ca. 2.0 m/s. Die Richtungsverteilung wird durch die Orientierung des Würmtals geprägt.

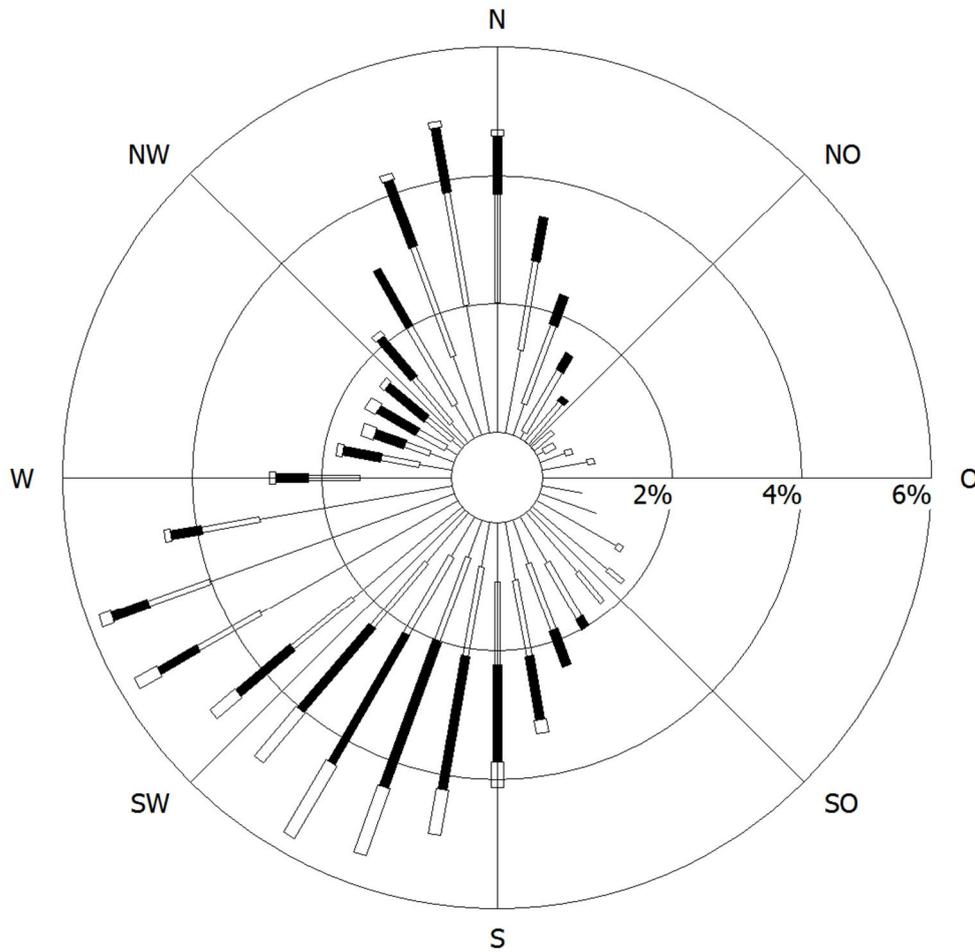
Windverteilung in Prozent



Station	: Ostelsheim s	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Rechtswert	: 3489000	I : 24.1 %	▬	1.4 bis 2.3 m/s
Hochwert	: 5399000	II : 23.7 %	▬	2.4 bis 3.8 m/s
Meßhöhe	: 10.0 m	III/1 : 23.4 %	▬	3.9 bis 6.9 m/s
Wind.Geschw.	: 2.2 m/s	III/2 : 14.9 %	▬	7.0 bis 10 m/s
		IV : 8.7 %	▬	größer 10 m/s
		V : 5.2 %	▬	

Abb. 4.2: Synthetische Windrose Ostelsheim (Quelle: LUBW)

Windverteilung in Prozent



Station	: Würm synth	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Rechtswert	: 3491000	I : 28.8 %	▬	1.4 bis 2.3 m/s
Hochwert	: 5399000	II : 25.5 %	▬	2.4 bis 3.8 m/s
Meßhöhe	: 10.0 m	III/1 : 18.9 %	▬	3.9 bis 6.9 m/s
Wind.Geschw.	: 2.0 m/s	III/2 : 13.0 %	▬	7.0 bis 10 m/s
		IV : 8.8 %	▬	größer 10 m/s
		V : 5.1 %	▬	

Abb. 4.3: Synthetische Windrose Würm (Quelle: LUBW)

4.4 Schadstoffhintergrundbelastung

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

Aktuelle Informationen über die Luftschadstoffbelastungen liegen mit Stationen des Landesmessnetzes Baden-Württemberg (LUBW) vor. Die nächstgelegenen Stationen sind Gärtringen, ca. 10 km süd-südöstlich, die in Stadtgebieten gelegenen Stationen Leonberg, ca. 15 km nordöstlich, Herrenberg, ca. 15 km südlich, Pforzheim, ca. 22 km nordwestlich, Tübingen ca. 24 km süd-südöstlich sowie Mühlacker, ca. 24 km nördlich.

Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.1** aufgeführt.

Aus den verfügbaren Messdaten der nächstgelegenen Stationen und den zeitlichen Entwicklungen der letzten Jahre werden die in **Tab. 4.2** aufgeführten Hintergrundbelastungswerte für die betrachteten Schadstoffe abgeleitet.

Schadstoffkomponente	Jahr	Gärtringen	Herrenberg Hindenburg Str.(S)	Pforzheim Jahnstr.(S)	Pforzheim- West	Leonberg Graben- str.(S)	Tübingen Mühlstr.(S)	Mühlacker Stuttgarter Str.(S)
NO ₂ Jahresmittel	2006	19	-	-	-	53	-	-
	2007	15	59	52	-	72	74	64
	2008	16	63	52	28	67	78	61
	2009	17	61	46	29	69	-	60
	2010	18	62	52	31	70	78	62
	2011	15	61	49	29	66	73	61
	2012	16	60	-	26	63	62	59
	2013	-	54	-	-	60	58	56
PM10 Jahresmittel	2006	22	36	32	-	29	37	36
	2007	18	28	26	-	33	29	32
	2008	17	-	24	18	32	27	28
	2009	17	30	25	19	31	-	28
	2010	19	29	26	20	35	30	29
	2011	17	26	-	19	30	33	28
	2012	15	-	-	17	27	28	26
	2013	-	28	-	-	28	28	27
PM10- Überschrei- tung (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	2006	15	50	42	-	39	57	58
	2007	6	30	22	-	48	28	38
	2008	8	25	10	7	39	30	23
	2009	4	28	23	10	34	-	32
	2010	15	34	25	17	55	44	38
	2011	7	18	-	10	42	53	30
	2012	4	-	-	7	31	31	20
	2013	-	30	-	-	30	46	26

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in [µg/m³] an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (LUBW, 2007-2014).

Schadstoff	Jahresmittelwert [µg/m ³]
NO ₂	18
PM10	19
NO _x	26

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet

5 EMISSIONEN

5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die dieselbetriebenen Triebwagen emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO_2 und PM_{10} erreicht, weshalb diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet werden. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie $\text{PM}_{2.5}$, Benzol, SO_2 , CO, Blei etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten deutlich geringer und werden deshalb hier nicht betrachtet.

5.2 Bestimmung der Emissionen

Entsprechend den Angaben des Auftraggebers kommen Verbrennungstriebwagen (VT) der DB-Baureihe 650 (Stadler RegioShuttle auch Stadler RS1 genannt) zum Einsatz.

Die installierte Leistung wird mit 2 x 257 kW (MAN) bzw. 2 x 265 kW (IVECO) angegeben. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt ca. 120 km/h, die maximale Beschleunigung 1.2 m/s^2 , die mittlere Beschleunigung im Betrieb ca. 0.82 m/s^2 . Die Leermasse beträgt ca. 40 t.

Die Triebwagen haben eine bauliche Höhe von ca. 3.7 m.

Für die MAN-Motoren werden basierend auf emissionsseitigen Messungen Emissionen für NO_x von 7.43 g/kWh und für Partikel von 0.139 g/kWh angegeben.

Für den Ansatz der NH_3 -Emissionen wird hilfsweise auf die Emissionsfaktoren der schweren Nutzfahrzeuge des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (UBA, 2014) zurückgegriffen, das einen Emissionsfaktor von 0.03 g/km nennt.

Für den Betrieb der Bahnstrecke werden erlaubte Fahrgeschwindigkeiten von 100 km/h angegeben, in wenigen Teilbereichen 90 km/h bzw. 80 km/h. Es ist ein Haltepunkt enthalten, für den während der Haltezeiten ein Leerlaufbetrieb angesetzt wird und für die darauffolgenden Streckenabschnitte eine Beschleunigungsphase mit 100 % der Nennleistung bis zum Erreichen der Fahrgeschwindigkeit von 100 km/h, die in ca. $\frac{1}{2}$ Minute erreicht wird.

Für die Ableitung der Emissionen für die Fahrstrecken wird angesetzt, dass die maximale Nennleistung mit einer Fahrgeschwindigkeit von 110 km/h verbunden ist. Die nicht motorbe-

dingten Partikelemissionen sind der Fachliteratur entnommen, (Löchter, A., 2007) in der für Personennahverkehr für PM10 ein Emissionsfaktor von 3.1 g/Zug-km genannt wird.

Daraus werden für die genannten Fahrgeschwindigkeiten die in **Tab. 5.1** genannten Emissionsfaktoren abgeleitet.

Fahrgeschwindigkeit	NO_x	PM Motor	PM10 Abrieb
100 km/h	29.8 g/km	0.56 g/km	3.10 g/km
90 km/h	25.0 g/km	0.47 g/km	3.10 g/km
80 km/h	21.5 g/km	0.40 g/km	3.10 g/km
Leerlauf	381.9 g/h	7.14 g/h	3.10 g/km
Volllast	3819.0 g/h	71.45 g/h	3.10 g/km

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren für den dieselbetriebenen Personennahverkehr

Für den neuen Tunnelabschnitt östlich von Ostelsheim werden die in der Tunnelstrecke freigesetzten Abgase auf die jeweiligen Portalbereiche aufgeteilt.

Die Emissionen des dieselbetriebenen Personennahverkehrs für den betrachteten Streckenabschnitt sind für NO_x und PM10 in **Abb. 5.1** und **Abb. 5.2** aufgezeigt.

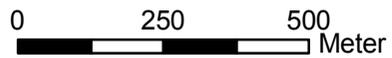
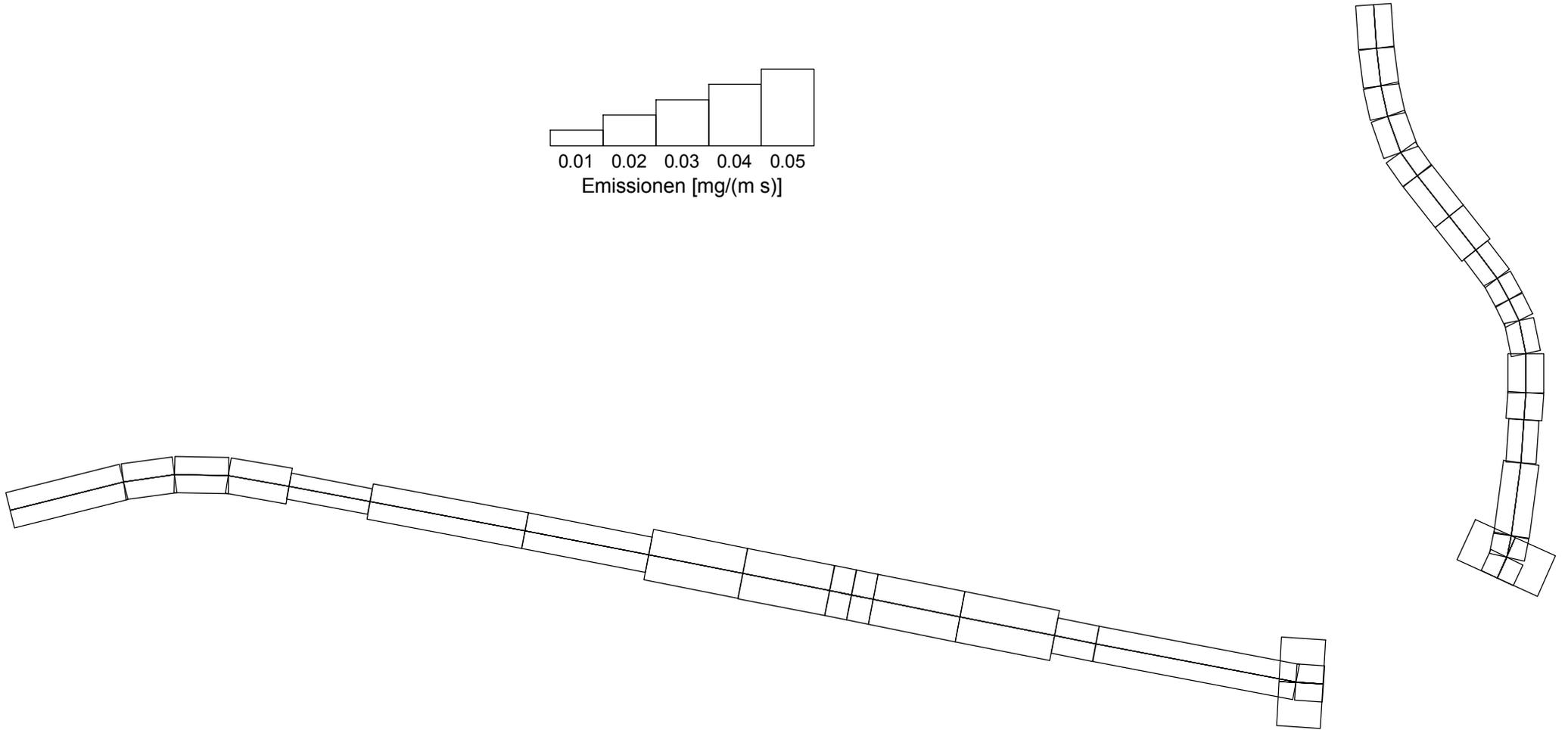
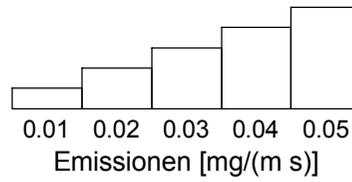


Abb. 5.1 62732-14-01
Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf der Schienenstrecke im Untersuchungsgebiet in [mg/(m s)]
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

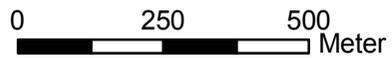
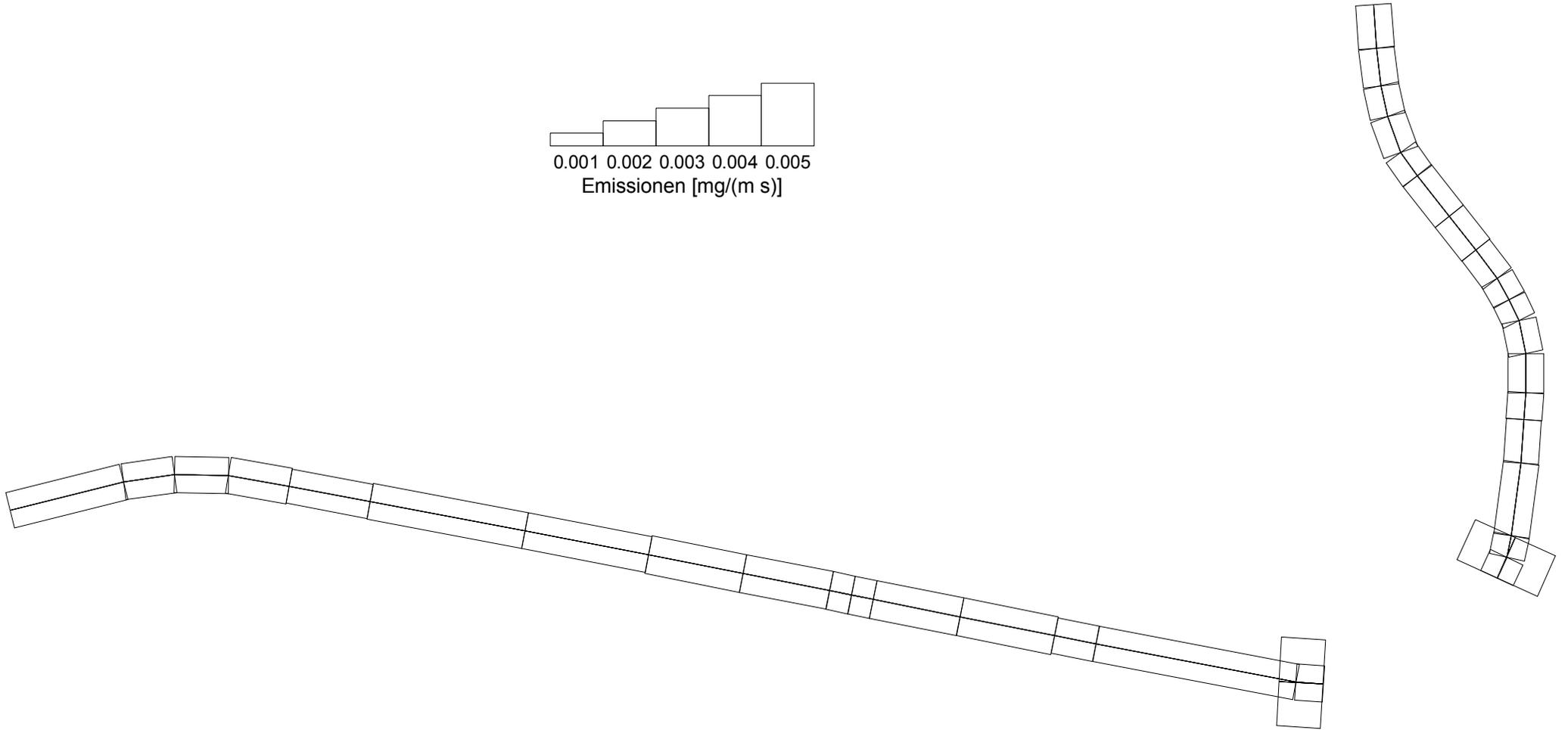
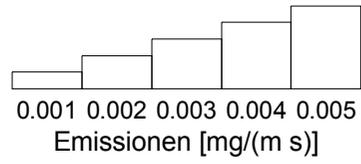


Abb. 5.2 62732-14-01
Mittlere PM10-Emissionsdichte auf der Schienenstrecke im Untersuchungsgebiet in [mg/(m s)]
Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

6 IMMISSIONEN

Im Untersuchungsgebiet, d.h. im Plangebiet entlang der Bahnstrecke bei Ostelsheim, wurden die Schadstoffimmissionen in Bodennähe an Untersuchungspunkten in einem 10 m x 10 m Raster bis in einen Abstand von ca. 300 m von der Bahnstrecke angeordnet. In die Berechnungen gehen die Emissionen des Zugverkehrs (Kap. 5) ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevanten Kenngrößen sind einheitliche Farben zugeordnet. Damit werden der Grenzwert der 39. BImSchV für NO₂-Jahresmittelwerte und PM₁₀-Jahresmittelwerte mit roter Farbe und der Schwellenwert für PM₁₀-Kurzzeitbelastungen mit gelber Farbe belegt.

6.1 Stickstoffdioxidimmissionen

In **Abb. 6.1** sind die NO₂-Immissionen im Planfall für den Bereich bei Ostelsheim dargestellt. Im Nahbereich der Bahnstrecken und der neuen Tunnelportale östlich von Ostelsheim sind Auswirkungen durch den Einsatz von Dieseltriebwagen auf der Bahnstrecke berechnet. Im Nahbereich der Tunnelportale östlich von Ostelsheim sind NO₂-Jahresmittelwerte bis 21 µg/m³ berechnet, entlang den Fahrstrecken bis ca. 20 µg/m³. Bis in einen Abstand von ca. 100 m von den Fahrstrecken sind NO₂-Immissionen über 18 µg/m³ prognostiziert.

Die NO₂-Belastungen (Jahresmittelwerte) sind im Planfall an der bestehenden Bebauung entlang der geplanten Bahnstrecke in Bezug auf den Grenzwert von 40 µg/m³ entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Der Beitrag des dieselbetriebenen Bahnverkehrs an den NO₂-Immissionen ist als gering zu bezeichnen.

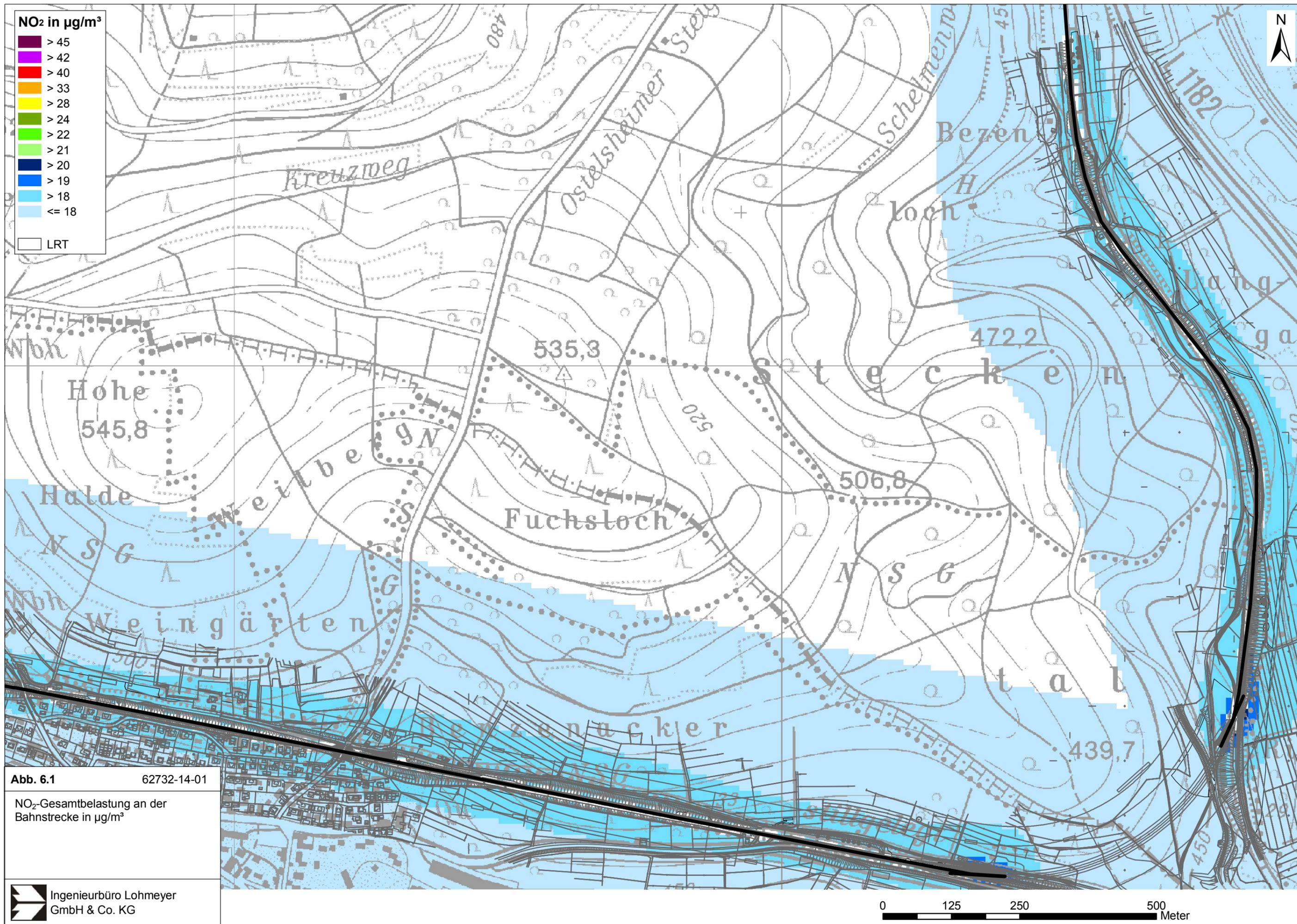


Abb. 6.1 62732-14-01

NO₂-Gesamtbelastung an der Bahnstrecke in µg/m³

6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen (PM10) liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der max. 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ in einem Jahr erlaubt. Die Auswertungen von Messdaten zeigen, dass der Kurzzeitwert die strengere Größe darstellt. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 3 gibt es für den Kurzzeitwert einen Schwellenwert. Dieser besagt, dass ab einem PM10-Jahresmittelwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Kurzzeitwert überschritten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM10-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diskutiert.

In **Abb. 6.2** sind die PM10-Immissionen im Planfall für den Bereich bei Ostelsheim dargestellt. Im Nahbereich der Bahnstrecken und der neuen Tunnelportale östlich von Ostelsheim sind gewisse Auswirkungen durch den Einsatz von Dieseltriebwagen auf der Bahnstrecke berechnet. Im Nahbereich der Tunnelportale sind PM10-Jahresmittelwerte bis $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet, entlang den Fahrstrecken nicht über $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) sind im Planfall an der bestehenden Bebauung entlang der Bahnstrecke in Bezug auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend **Tab. 3.2** als mittlere Belastungen zu bezeichnen. Der Beitrag des dieselbetriebenen Bahnverkehrs an den PM10-Immissionen ist als sehr gering zu bezeichnen.

Diese Beurteilung trifft auch auf PM2.5 zu.

6.3 Betrachtungen hinsichtlich Schutz der Vegetation

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO_x) von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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.

Abb. 6.3 zeigt die berechneten NO_x -Jahresmittelwerte (Gesamtbelastung aus Hintergrundbelastung und bahnbetriebsbedingter Zusatzbelastung) im Untersuchungsgebiet für den Planfall. Entlang der Bahnstrecke ist ein geringer bahnbetriebsbedingter NO_x -Beitrag berechnet, der nur im Nahbereich der neuen Tunnelportale östlich von Ostelsheim zu Immissionen über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führt. Außerhalb der Tunnelportalbereiche beträgt der bahnbetriebsbedingte NO_x -Beitrag weniger als $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

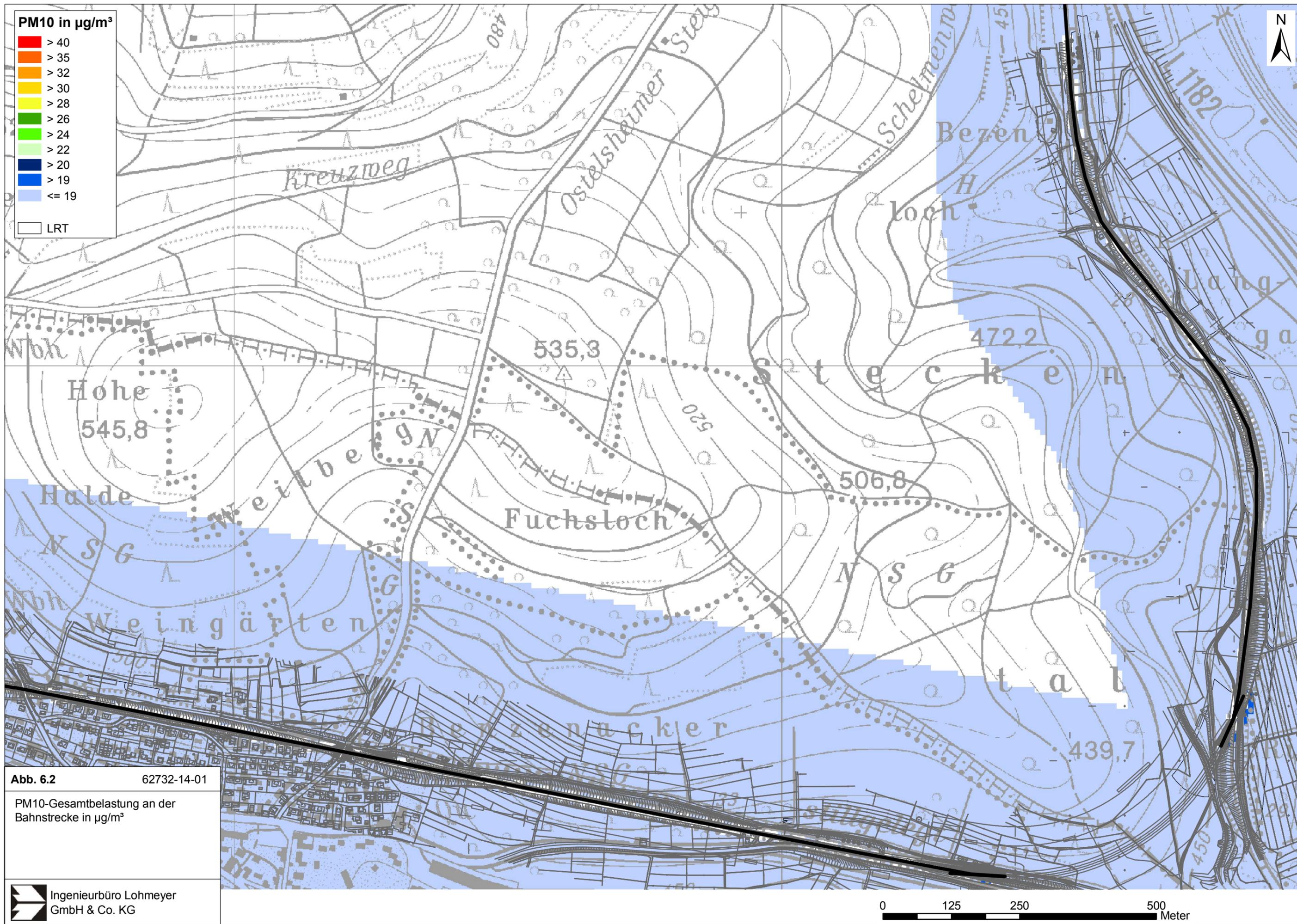
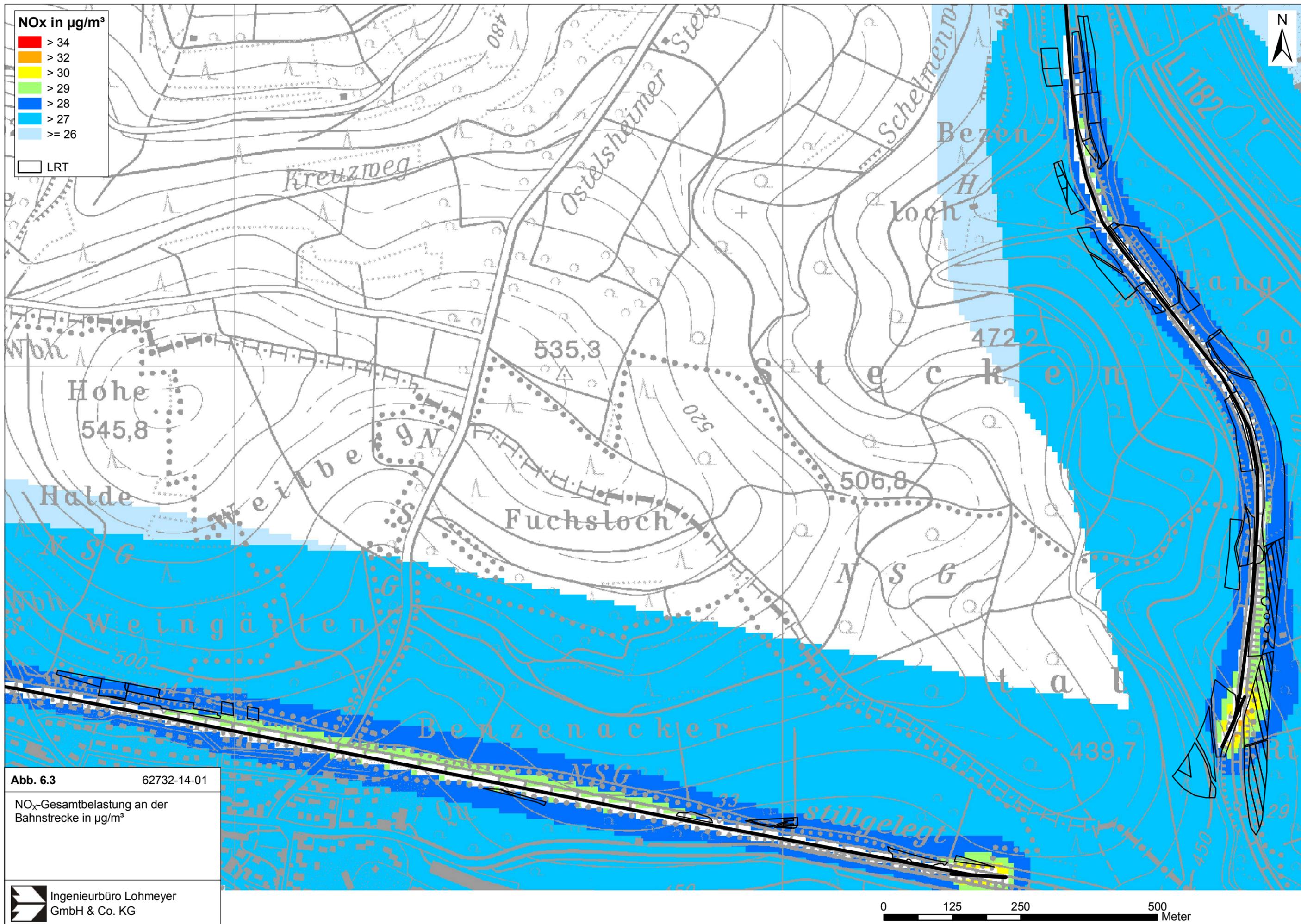


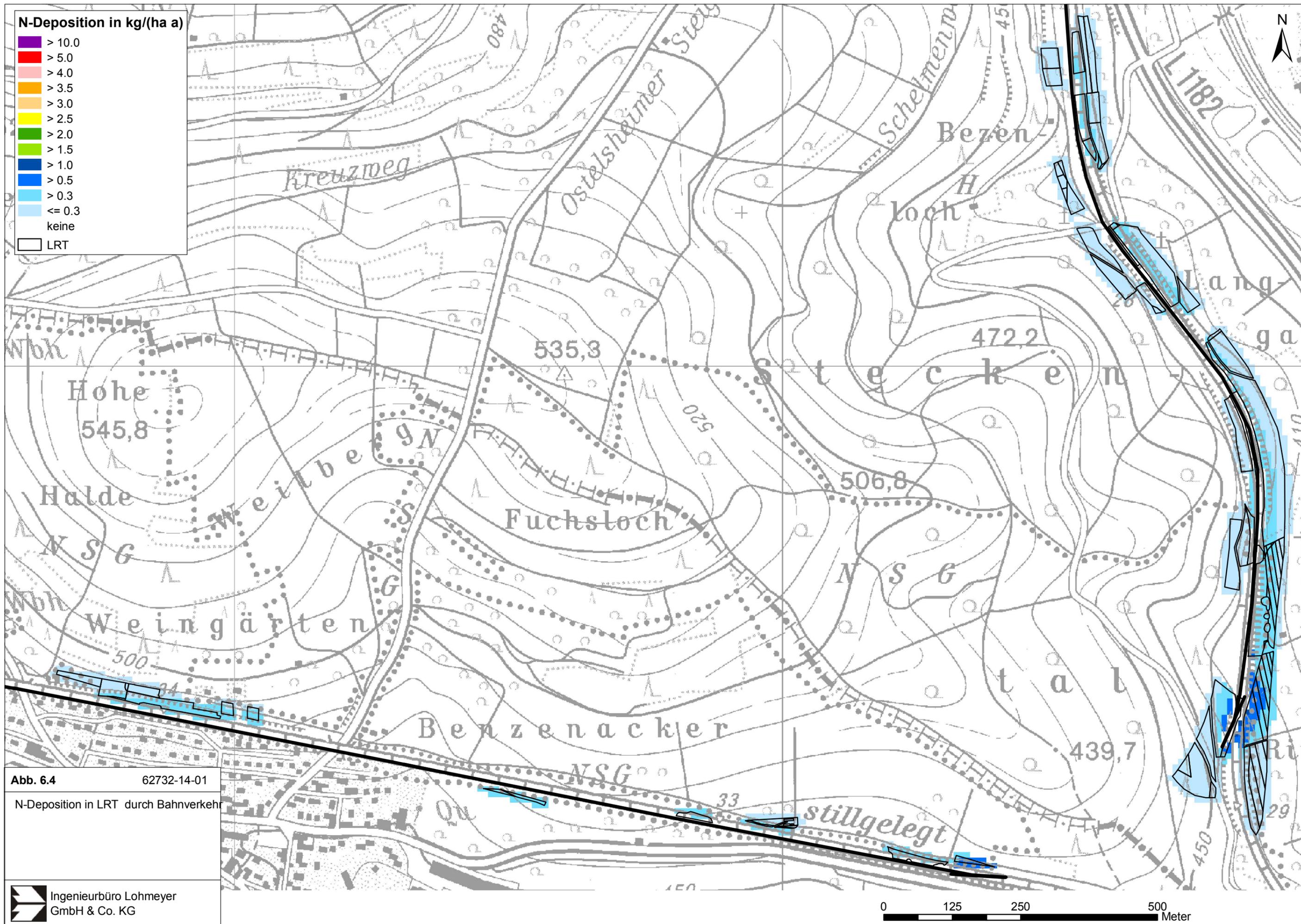
Abb. 6.2 62732-14-01

PM10-Gesamtbelastung an der
Bahnstrecke in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Die berechneten verkehrsbedingten Zusatzbelastungen im Jahresmittel an Stickstoffeinträgen in die Ökosysteme (N-Depositionen), resultierend aus den bahnbetriebsbedingten NO_x - und NH_3 -Einträgen, sind in **Abb. 6.4** für den Planfall für die gegenüber N-Deposition empfindlichen Lebensraumtypen dargestellt, die in den Darstellungen schwarz umrandet sind.

Im Nahbereich der Tunnelportale östlich von Ostelsheim sind die deutlichsten Stickstoffeinträge in bestehende empfindliche Lebensraumtypen prognostiziert mit Einträgen bis ca. $1 \text{ kg}/(\text{ha} * \text{a})$. Außerhalb der Tunnelportalbereiche sind entlang den Fahrstrecken vereinzelt Stickstoffeinträge bis $0.5 \text{ kg}/(\text{ha} * \text{a})$, überwiegend nicht über $0.3 \text{ kg}/(\text{ha} * \text{a})$ berechnet.



7 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241). (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen)
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). 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. (mit 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.
- Bächlin, W., Bössinger, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April.
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 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. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- EU-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.

- 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.
- Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf.
- LUBW (2007-2014): Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an Stationen des Landesmessnetzes Baden-Württemberg.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.
- LfU BW (2005): Windstatistiken in Baden-Württemberg. Windrosenatlas für Fragen der Luftreinhaltung. Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.
- Löchter, A. (2007): Modellsystem zur Berechnung des Abriebs und anderer luftgetragenen Schadstoffe des Schienenverkehrs. In: Immissionsschutz, 2007 – Zeitschrift für Luftreinhaltung, Lärmschutz, Anlagensicherheit, Abfallverwertung und Energienutzung. Erich Schmidt Verlag.
- 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, Raabe-Verlag, Berlin.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- 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.
- 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).

UBA (2014): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2/Juli 2014. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. <http://www.hbefa.net/>.

UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.

A N H A N G A 1
BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN

A1.1 Grenzwerte

Bei der Verbrennung des Kraftstoffes der dieselbetriebenen Triebwagen wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, 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 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 Kalenderjahr 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	ab 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. Die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV werden u.a. in der 39. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben werden. 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 ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist. Für davor liegende Jahre werden Toleranzmargen genannt, die hier im Kap. A1.2 beschrieben werden.

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 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus, der bereits heute eingehalten werden sollte.

Um die Einhaltung des Immissionsgrenzwertes für PM2.5 von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab dem Jahr 2015 einzuhalten, wird eine die Toleranzmarge von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erlassen, die sich ab dem 1. Januar 2009 jährlich um ein Siebentel (ca. $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vermindert.

In der 39. BImSchV wird als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM2.5-Exposition von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM2.5-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 PM2.5-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 PM2.5-Richtgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 wird dieser Richtgrenzwert von der EU-Kommission anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten überprüft.

A1.4 Schutz der Vegetation

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO_x) von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 A 2

BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-

ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt wird das mathematische Modell PROKAS zur Anwendung gebracht, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

A2.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ erfolgt nach Romberg et al. (1996). Diese Vorgehensweise wurde durch Auswertungen von Messdaten der letzten Jahre bestätigt (Bächlin et al., 2006).

A2.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil

nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A2.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10 % bis 30 % geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

wobei:	c	=	Abgaskonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	c^*	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	Q	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [$\mu\text{g}/\text{m s}$]
	B	=	Straßenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
	u'	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeug-induzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Hintergrundbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil [%]
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

Tab. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

A2.3 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des KFZ-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Dies gilt uneingeschränkt auch für Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des Bahnbetriebs mit Dieseltriebwagen. 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.

* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite $\geq 5 \times$ Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil ≥ 61 %) erfüllt ist.

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 Zählwerten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10 %.

Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter Schätzwert von ca. 20 % angenommen.

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 Gesamtimmisionsbelastung geringer sind.