



ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ)

Luftschadstoffuntersuchung

Planfeststellungsabschnitt 4 (Oldenburg in Holstein, Göhl)

LAIRM CONSULT GmbH

Arbeitsgemeinschaft FBQ

Ersterstellung: 22. Oktober 2018
Überarbeitung: 15. Dezember 2019

Vorhabenträgerin:



DB Netz AG
Theodor-Heuss-Allee 7
60486 Frankfurt / M.

Regional zuständig:

DB Netz AG
Regionalbereich Nord
Großprojekte I.NG-N-F
Hammerbrookstraße 44
20097 Hamburg

Erstellt durch:
LAIRM CONSULT GmbH



LAIRM CONSULT GmbH
Haferkamp 6
22941 Bargteheide

Im Auftrag von:
Arbeitsgemeinschaft FBQ



c/o
Trüper Gondesen Partner (TGP)
An der Untertrave 17
23568 Lübeck

Ersterstellung: 2018-10-22
Überarbeitung: 2019-12-15



**Kofinanziert von der Fazilität
„Connecting Europe“ der Europäischen Union**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Örtliche Gegebenheiten	2
3 Luftschadstoffquellen	3
3.1 Verbrennungsmotoren	3
3.2 Weitere Emissionsquellen	4
4 Beurteilungsgrundlagen	5
4.1 Immissionsgrenzwerte	5
4.2 Umweltverträglichkeitsprüfung	8
5 Emissionen	9
5.1 Schienenverkehr	9
5.1.1 Belastungen	9
5.1.2 Emissionsfaktoren	9
5.2 Straßenverkehr	9
5.2.1 Belastungen	9
5.2.2 Emissionen	10
5.3 Bauphase	12
5.3.1 Allgemeines	12
5.3.2 Belastungen	12
5.3.3 Bodenbewegungen	13
5.3.4 Schüttgutlagerung	13
5.3.5 Staubaufwirbelung durch Baustellenverkehr	13
5.3.6 Emissionsmodell	14
5.4 Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet	14
5.4.1 Betrieb	14
5.4.2 Bauphase	18
6 Immissionen	19
6.1 Allgemeines	19
6.2 Berechnungsverfahren	19
6.3 NO-NO ₂ -Konversion	20
6.3.1 Allgemeines	20
6.3.2 Umwandlungsmodelle	21
6.4 Hintergrundbelastung	21
6.5 Gesamtbelastungen (Betrieb)	22
6.5.1 Allgemeines	22
6.5.2 Stickoxid-Belastungen (NO _x , Jahresmittelwert)	23
6.5.3 Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Jahresmittelwert)	23
6.5.4 Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Stundenmittelwert)	24
6.5.5 Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert)	24
6.5.6 Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Überschreitungstage)	24
6.5.7 Feinstaub(PM _{2,5})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	24

6.5.8 Benzol-Belastungen (Jahresmittelwert)	25
6.6 Gesamtbelastungen (Bauphase)	25
6.6.1 Allgemeines	25
6.6.2 Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert)	25
6.6.3 Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Überschreitungstage)	26
6.6.4 Feinstaub(PM _{2,5})-Belastungen (Jahresmittelwert)	26
6.7 Qualität der Prognose	26
7 Zusammenfassung und Beurteilung	27
8 Quellen	29
9 Anlagen	33

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
Abk.	Abkürzung
AG	Aktiengesellschaft
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BauNVO	Baunutzungsverordnung
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
KfzCO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
d	Tag
DB	Deutsche Bahn
DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (Kfz/24h)
EPA	Environmental Protection Agency (Umweltbehörde USA)
EÜ	Eisenbahnüberführung
FBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
FL	Fahrleistung
GG	Gegengleis
h	Stunde
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren
Hbf	Hauptbahnhof
HC	Kohlenwasserstoffe
IO	Immissionsort
IGW	Immissionsgrenzwert
Kfz	Kraftfahrzeuge
LAI	Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge (zwischen 2,8 t und 3,5 t)
LKW	Lastkraftwagen
m	Meter
m ²	Quadratmeter

m ³	Kubikmeter
µg	Mikrogramm (10 ⁻⁶ Gramm)
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter
MD	Dorfgebiet
MI	Mischgebiet
NO	Stickstoffmonoxid
NO _x	Stickstoffoxide (Summe aus NO und NO ₂), angegeben als NO ₂
NO ₂	Stickstoffdioxid
Nr.	Nummer
O ₃	Ozon
p	LKW-Anteil gemäß RLS-90 (Kfz > 2,8 t)
PFA	Planfeststellungsabschnitt
PKW	Personenkraftwagen
PM ₁₀	Particulate Matter – Feinstaub, Größenklasse bis 10 µg/m ³
PM _{2,5}	Particulate Matter – Feinstaub, Größenklasse bis 2,5 µg/m ³
RG	Richtungsgleis
ROV	Raumordungsverfahren
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge (größer 3,5 t)
SO ₂	Schwefeldioxid
SÜ	Straßenüberführung
SV	Schwerverkehrsanteil (Kfz > 3,5 t)
SW	Südwest
t	Tonnen
t/a	Tonnen pro Jahr
TA Luft	Technische Anleitung Luft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
VOC	flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen
WA	Allgemeines Wohngebiet
WE	Wohneinheit
WR	Reines Wohngebiet
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Mit einem Staatsvertrag haben das Königreich Dänemark und die Bundesrepublik Deutschland am 3. September 2008 in Kopenhagen den Bau einer festen Verbindung über den Fehmarnbelt vereinbart. Deutschland hat sich darin verpflichtet, eine leistungsfähige Schienenanbindung bis Puttgarden herzustellen, während Dänemark neben seiner Hinterlandanbindung auch die Finanzierung des Querungsbauwerks übernimmt.

Der vorliegende Planfeststellungsabschnitt 4 (PFA 4) umfasst neben dem zweigleisigen Aus- bzw. Neubau im Bereich Oldenburg i.H. und Göhl auch die Elektrifizierung der Strecke sowie eine Erhöhung der zulässigen Streckengeschwindigkeit. Dabei werden folgende Varianten der Trassenführung untersucht:

- Antragstrasse (Bezeichnung als Prognose-Planfall);
- Trasse der landesplanerischen Bewertung aus dem Raumordnungsverfahren (als Planfall ROV bezeichnet).

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens ist der Schutz vor Luftschadstoffbelastungen sicherzustellen. In der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung erfolgen die erforderlichen Nachweise.

Zusätzlich zu den oben genannten Trassenführungen existiert eine Variante zur Verlegung des Haltepunktes Oldenburg i.H. in Richtung Osten. Diese unterscheidet sich nur geringfügig von der Trasse im Prognose-Planfall, so dass sich keine relevanten Unterschiede im Hinblick auf die Luftschadstoffbelastungen ergeben. Auf eine detaillierte Betrachtung wird im Folgenden daher verzichtet.

Die Luftschadstoffimmissionen werden mit Hilfe einer rechnerischen Immissionsprognose ermittelt. Zur Beurteilung der Veränderungen erfolgt ein Vergleich der Planvarianten mit dem Planfall 0 (derzeitige Trasse ohne Ausbau, im Folgenden als Planfall 0 bezeichnet). Alle Untersuchungsfälle beziehen sich auf den Prognosehorizont 2030. Für den Prognose-Nullfall wird davon ausgegangen, dass die Feste Fehmarnbeltquerung realisiert ist, Güterverkehr jedoch nicht stattfindet.

Für die Bauphase erfolgen überschlägige Ermittlungen im Hinblick auf die Feinstaubimmissionen, da diese die relevanten Beeinträchtigungen der Luftqualität im Zusammenhang mit Baustellen darstellen. Die Betrachtung der Bauphase beschränkt sich auf die beantragte Planvariante (Prognose-Planfall).

Die Beurteilung erfolgt auf Grundlage der aktuellen Grenz- und Richtwerte auf nationaler und europäischer Ebene (39. BImSchV, EU-Richtlinien, TA Luft). Als maßgebliche Schadstoffkomponenten für den Schienen- und Straßenverkehr werden Stickstoffdioxid, Feinstaub (Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5}) sowie Benzol einbezogen.

Zur Bewertung der Gesamtbelastung werden ergänzend auch die Luftschadstoffemissionen vom maßgebenden Straßenverkehrsnetz und die vorhandenen großräumigen Hintergrundbelastungen auf Grundlage aktueller Messergebnisse der Lufthygienischen Überwachung Schleswig-Holstein berücksichtigt.

Die südlich und nordöstlich angrenzenden Bereiche sind in den Untersuchungsgebieten der Planfeststellungsabschnitte PFA 3 und PFA 5.1 enthalten, so dass die Auswirkungen dort beurteilt werden. In der vorliegenden Untersuchung werden jedoch die Emissionsachsen der Anschlussgleise berücksichtigt, um Abschneideeffekte bei der Ausbreitungsberechnung zu vermeiden.

2 Örtliche Gegebenheiten

Der vorliegende Planfeststellungsabschnitt 4 umfasst neben dem zweigleisigen Ausbau der Bestandsstrecke in Teilbereichen auch den zweigleisigen Neubau der Ortsumfahrung Oldenburg in Holstein.

Innerhalb des PFA 4 befinden sich folgende Städte und (Teil-)Gemeinden, die von möglichen Einwirkungen aus Schienenverkehrslärm betroffen sind:

- Stadt Oldenburg i.H.;
- Gemeinde Göhl;
- Gemeinde Giddendorf (ggf. Randbereich);
- Gemeinde Gremersdorf (ggf. Randbereich).

In dem hier betrachteten PFA 4 sind folgende Gleistrassen vorhanden:

- Strecke 1100, Gleis 1 (eingleisig), Bestandsgleise, Beginn PFA 4 (Anschluss an PFA 3) bei Bau-km 150,755 bis Anschluss an PFA 5.1 bei Bau-km 157,055.

In dem hier betrachteten PFA 4 sind folgende Gleistrassen geplant:

- Strecke 1100, Gleis 1 (Richtungsgleis, Richtung Puttgarden), Beginn PFA 4 (Anschluss an PFA 3) bei Bau-km 150,755 bis Anschluss an PFA 5.1 bei Bau-km 157,055;
- Strecke 1100, Gleis 2 (Gegengleis, Richtung Lübeck), Beginn PFA 4 (Anschluss an PFA 5.1) bei Bau-km 157,055 bis Anschluss an PFA 3 bei Bau-km 150,755.

Die genauen Örtlichkeiten und die Lage der Quellen sind den Lageplänen der Anlage 1 zu entnehmen.

Das vorgeschlagene Lärmschutzkonzept für aktive Lärmschutzmaßnahmen umfasst folgende Lärmschutzwände:

- Lärmschutzwand im Bereich Oldenburg i.H. (LSW L 01 – Oldenburg) nördlich der Schienenstrecke 1100 mit einer Höhe von 2,0 m auf einer Länge von etwa 532 m (Bau-km 152,540 bis Bau-km 153,072, bahnlinks);
- Lärmschutzwand im Bereich Göhl (LSW L 02 – Göhl 1) südlich der Schienenstrecke 1100 mit einer Höhe von 2,0 m auf einer Länge von 290 m (Bau-km 155,057 bis Bau-km 155,347, bahnrechts);
- Lärmschutzwand im Bereich Göhl (LSW L 03 – Göhl 2) südlich der Schienenstrecke 1100 mit einer Höhe von 2,0 m auf einer Länge von 369 m (Bau-km 155,389 bis Bau-km 155,758, bahnrechts).

3 Luftschadstoffquellen

3.1 Verbrennungsmotoren

Durch Verbrennungsprozesse in Verbrennungsmotoren entstehen Abgase, die zu Luftverunreinigungen führen. Zu diesen primären Luftschadstoffen, die Bestandteil der Abgase sind, zählen im Wesentlichen:

- Stickoxide (in der Regel angegeben als NO_x: Summe aus Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO₂),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Schwefeldioxid (SO₂),
- Kohlenwasserstoffe (HC, darunter Benzol (C₆H₆), Toluol (C₇H₈) und Xylole (C₈H₁₀)),
- Partikel (PM, darunter Dieselruß und Feinstaub) und
- Blei (Pb).

Die Stickoxide im Abgas setzen sich in der Regel zu mehr als 90 % aus Stickstoffmonoxid (NO) und weniger als 10 % aus Stickstoffdioxid (NO₂) zusammen. Moderne Dieselmotoren mit Katalysatortechnik können teilweise auch höhere NO₂-Direktemissionsanteile aufweisen, wenn auch die gesamten NO_x-Emissionen gemindert werden. Auf dem Ausbreitungsweg in der Atmosphäre wird das Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert, wobei eine Vielzahl von chemischen Reaktionen möglich ist. Der wichtigste Umwandlungsprozess von NO in der Atmosphäre ist die Oxidation durch Ozon (O₃). Die Reaktion läuft relativ schnell ab, so dass im straßennahen Bereich ein großer Teil des als natürliches Spurengas in der Luft vorhandenen Ozons aufgebraucht wird. Bei Sonnenlicht kann sich NO₂ durch Photolyse wieder in NO und O₃ umwandeln.

Für das Kohlenmonoxid liegen aufgrund zahlreicher Wirkungsuntersuchungen Immissionswerte als Grenz- und Vorsorgewerte vor. Sie liegen jedoch im Vergleich zu den Messwerten so hoch, dass CO im Freien keine kritische Komponente ist.

In den Kohlenwasserstoffen ist eine Vielzahl von Stoffen enthalten, die die unterschiedlichsten Wirkungsspektren aufweisen. Derzeit sind bis zu 200 organische Stoffe im Abgas bekannt. Darunter befinden sich auch das Benzol sowie die Gruppe der flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen (VOC). Aufgrund der unterschiedlichen Wirkungsspektren ist die Summe der Kohlenwasserstoffe einer Bewertung nicht zugänglich. Stellvertretend erfolgt eine Beurteilung anhand des in den Kohlenwasserstoffen enthaltenen Benzols.

Die Schadstoffkomponenten Blei und Schwefeldioxid verlieren mit zunehmendem Einsatz bleifreier Kraftstoffe und schwefelarmer Kraftstoffe für den Kfz-Verkehr immer mehr an Bedeutung und können daher bei der Bewertung einer Immissionssituation für den Straßenverkehr vernachlässigt werden.

Eine weitere Komponente im Abgas von Verbrennungsmotoren stellen die Partikel dar (Staub). Bei den mit dem Abgas von Motoren emittierten Partikelemissionen handelt es sich aktuellen Erkenntnissen entsprechend vollständig um Feinstaub PM_{2,5} (Partikeldurchmesser kleiner als 2,5 µm), der im Feinstaub PM₁₀ (Partikeldurchmesser kleiner als 10 µm) enthalten ist.

Die Staubemissionen der Abgase beinhalten auch die Dieselrußemissionen. Aufgrund der Emissionsminderungen an modernen Dieselmotoren ist in den letzten Jahren zwar eine Abnahme der Emissionsfaktoren (angegeben als Gramm pro Kilometer) zu verzeichnen. Diese Abnahme wird jedoch teilweise durch eine stetige Zunahme der Fahrzeuge mit Dieselantrieb kompensiert. Hinsichtlich der Korngrößenverteilungen der Dieselrußpartikel ist anzumerken, dass einige Untersuchungen Hinweise auf einen nicht unerheblichen Teil an kleinen und sehr kleinen Teilchen auch bei modernen Abgaskonzepten ergeben haben. Hierzu sind jedoch weitere systematische Untersuchungen erforderlich, auch im Hinblick auf den Einsatz von Partikelfiltern.

Ein weiterer Bestandteil des Abgases ist das Kohlendioxid, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger als Endprodukt entsteht. Da es bereits zum Teil in der Luft vorhanden ist, wird es nicht unmittelbar als „Luftschadstoff“ bezeichnet. Kohlendioxid wird jedoch als klimarelevantes

Gas für den Treibhauseffekt mit verantwortlich gemacht, so dass es in diesem Zusammenhang von Interesse ist. In der vorliegenden Untersuchung erfolgt daher eine Bilanzierung der Kohlendioxidemissionen.

3.2 Weitere Emissionsquellen

Durch die Aufwirbelung von Staub durch das Fahren von Fahrzeugen auf Straßen ist eine weitere maßgebliche Quelle für Feinstaubemissionen gegeben. Hierbei ist nach befestigten und unbefestigten Fahrwegen zu unterscheiden.

Des Weiteren können durch den Reifenabrieb Stäube emittiert werden. Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um gröbere Partikel. Der PM_{10} -Anteil wird in der Literatur mit ca. 10 % abgeschätzt. Der Reifenabrieb ist in den Emissionsfaktoren der Staubaufwirbelung implizit enthalten, so dass weitergehende Untersuchungen – auch angesichts des geringen Feinstaubanteils – hier nicht erforderlich sind.

Für den Schienenverkehr sind nicht abgasbedingte Staubemissionen durch Schienenabrieb, Radabrieb, Fahrleitungsabrieb, Bremsabrieb sowie Aufwirbelung vom Fahrweg und dem umgebenden Gelände von Bedeutung.

4 Beurteilungsgrundlagen

4.1 Immissionsgrenzwerte

Die Beurteilung von Luftverunreinigungen erfolgt anhand der Immissionswerte aus den geltenden Regelwerken (39. BImSchV, EU-Richtlinien, TA Luft).

Die Umsetzung der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG [4] der Europäischen Union in nationales Recht wurde mit der Neuaufstellung der 39. BImSchV [2] vorgenommen.

Die erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft –TA Luft [3]) dient zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen und der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen. Diese Vorschrift ist im Rahmen von Genehmigungsverfahren von Anlagen sowie bei nachträglichen Anordnungen zu beachten. Für verkehrsbedingte Immissionen ist sie nicht anzuwenden, da diese nicht im Geltungsbereich der TA Luft [3] enthalten sind.

In der Tabelle 1 sind die aktuellen Grenz-, Leit-, und Vorsorgewerte zum Schutz des Menschen aufgeführt.

Tabelle 1: Beurteilungsrelevante Immissionswerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] zum Schutz des Menschen (wenn nicht anders angegeben)

Luftschadstoff		Immissionswerte		
		Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Quelle	Charakter
NO _x	Jahresmittel	30	39. BImSchV	Schutz der Vegetation abseits von Ballungszentren
		40	39. BImSchV	Grenzwert
NO ₂	1 Stunde	200	39. BImSchV	Grenzwert, max. 18 Überschreitungen im Jahr
		200	TA Luft	Immissionswert, max. 18 Überschreitungen im Jahr
Benzol	Jahresmittel	5	39. BImSchV	Grenzwert
		5	TA Luft	Immissionswert
Feinstaub (PM ₁₀)	Jahresmittel	40	39. BImSchV	Grenzwert
		40	TA Luft	Immissionswert
	24 Stunden	50	39. BImSchV	Grenzwert, max. 35 Überschreitungen im Jahr
		50	TA Luft	Immissionswert, max. 35 Überschreitungen im Jahr
Feinstaub (PM _{2,5})	Jahresmittel	25	39. BImSchV	Grenzwert

Bezüglich der Stickstoffdioxid-Immissionen wurde für den Jahresmittelwert in der 39. BImSchV und der TA Luft ein Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgesetzt. Die Beurteilung der kurzzeitig auftretenden Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen erfolgte bis 2010 anhand des 98-Perzentil-Wertes. Seit 2010 werden gemäß 39. BImSchV die Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen mit einem Kurzzeitbelastungswert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beurteilt, der als Stundenmittel 18-mal pro Jahr überschritten werden darf. Dieser Immissionswert wurde auch in die aktuell geltende Fassung der TA Luft übernommen. Die Berechnung der Überschreitungshäufigkeit des NO_2 -Stundenmittelwertes kann anhand einer Berechnungsfunktion gemäß RLuS 2012 [27] bestimmt werden. Hierzu wurden vom Ingenieurbüro Lohmeyer landesweite Messdaten der Jahre 2000 bis 2009 ausgewertet. Demnach ist eine Überschreitung der pro 18 erlaubten NO_2 -Stundenmittelwerte erst ab einem NO_2 -Jahresmittelwert von $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingetreten.

Für den Schutz der Vegetation ist auch eine Bewertung der gesamten Stickoxide (NO_x) vorgesehen. Gemäß 39. BImSchV beträgt der Grenzwert für den Jahresmittelwert der NO_x -Konzentrationen $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dieser Wert wurde auch in die TA Luft übernommen. Der Grenzwert zum Schutz der Vegetation ist gemäß 39. BImSchV jedoch nur an Messstellen einzuhalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind. Im vorliegenden Fall ist dieser somit in einem jeweils 5 km breiten Streifen rechts und links der vorhandenen Schienenstrecke bzw. Bundesstraße B207 nicht anzuwenden.

Für Benzol ist in der 39. BImSchV ein Grenzwert bzw. in der TA Luft ein Immissionswert von jeweils $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgesetzt.

In Bezug auf Schwebstaubbelastungen werden Partikel mit aerodynamischen Durchmessern von $10 \mu\text{m}$ und kleiner bzw. von $2,5 \mu\text{m}$ und kleiner unterschieden (Bezeichnungen PM_{10} – Particulate Matter $10 \mu\text{m}$ – und $\text{PM}_{2,5}$ – Particulate Matter $2,5 \mu\text{m}$).

Im Rahmen der 39. BImSchV wurde für den Jahresmittelwert der PM_{10} -Feinstaubimmissionen ein Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgelegt. Der 24-Stunden-Mittelwert der PM_{10} -Immissionen darf zusätzlich einen Grenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 35-mal überschreiten.

Mathematisch entsprechen 35 Überschreitungen des Tagesmittelwerts der Bestimmung des 90,4-Perzentils der Tagesmittelwerte. Die Anzahl der Grenzwert-Überschreitungen kann rechnerisch durch Zeitreihenberechnungen prognostiziert werden.

In Abbildung 1 sind die Jahresmittelwerte gegenüber der Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt, wie sie in den Jahren 2001 bis 2015 an verschiedenen Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein [49] ermittelt wurden. Es zeigt sich, dass die zulässige Zahl von 35 Tagen im Jahr erst bei Jahresmittelwerten von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und mehr überschritten wurde.

Zur Ermittlung der Überschreitungshäufigkeiten der Tagesmittelwerte aus den Jahresmittelwerten der PM_{10} -Gesamtbelastungen stehen verschiedenen Ansätze zur Verfügung:

- „best fit“: Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST 2005 [47]) wurde aus zahlreichen Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM_{10} -Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM_{10} -Jahresmittelwert gefunden und eine Regressionskurve mit einem mathematischen Standardverfahren (Methode der kleinsten Quadrate) ermittelt.
- „best fit + sigma“: Weiterhin ist die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung (Sigma) erhöhte Funktion dargestellt.
- RLuS 2012 [27] (bisher MLuS-05): Im Bericht „ PM_{10} -Emissionen an Außerortsstraßen“ von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST 2005) wird die Anwendung eines Sicherheitszuschlages von zwei Standardabweichungen (jahresmittelwertabhängig) für die Umrechnung von PM_{10} -Jahresmittelwerten auf Überschreitungshäufigkeiten vorgeschlagen.
- UMK 2004: Die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) stellte im Oktober 2004 aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor [48]. Diese Funktion zeigt einen vergleichbaren Verlauf wie der o.g. „best fit“.

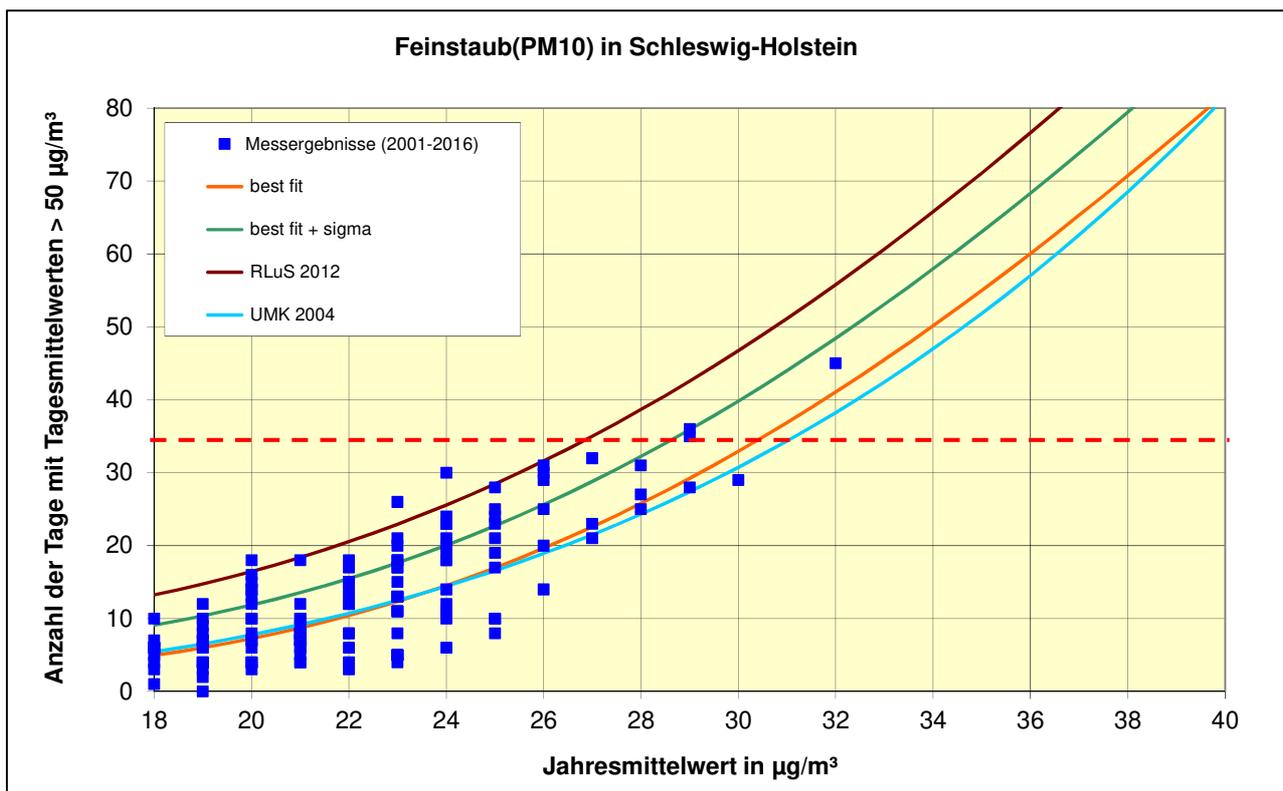
Aus dem Vergleich mit den Messwerten in Schleswig-Holstein ergibt sich für die relevanten Häufigkeiten der Überschreitungstage die beste Übereinstimmung mit dem Ansatz „best fit + sigma“.

Weiterhin wurde von der EU mit der Richtlinie 2008/50/EG ein Grenzwert für Feinstäube mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm und kleiner (PM_{2,5}) beschlossen. Für den Jahresmittelwert der PM_{2,5}-Feinstaubbelastungen ist dementsprechend in der 39. BImSchV ein Grenzwert von 25 µg/m³ festgelegt.

Für Dieselruß sind keine eigenen Grenzwerte in Kraft. Der gesundheitsrelevante Feinstaubanteil ist jedoch im Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) enthalten, so dass frühere Vorsorgewerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) zurückgezogen wurden.

Weitere Luftschadstoffkomponenten wie z.B. Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid und Blei sind für eine Bewertung von verkehrsbedingten Immissionen im Freien nicht bzw. nicht mehr relevant. Dies ist für Kohlenmonoxid aufgrund des hinreichend hohen Grenzwertes gegeben, der im Freien auch an vielbefahrenen Straßen bei Weitem nicht erreicht wird. Für Schwefeldioxid und Blei sind aufgrund der aktuellen schwefelarmen und bleifreien Kraftstoffe keine relevanten Emissionen mehr zu erwarten.

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Jahresmittelwerten und Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen an Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein



4.2 Umweltverträglichkeitsprüfung

Die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen und der Auswirkungen durch die geplanten Maßnahmen kann im Rahmen der UVS neben der Prüfung auf Einhaltung der Grenzwerte auch anhand von geeigneten Bewertungsstufen erfolgen.

Im vorliegenden Fall orientiert sich die Beurteilung an einer etablierten Bewertungsskala (Landesamtes für Umweltschutz Baden-Württemberg (1993) [7]). Eine Zusammenstellung zeigt die Tabelle 2.

Tabelle 2: Bewertung von Immissionskonzentrationen

Immissionen in % der entsprechenden Grenz- oder Prüfwerte	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

5 Emissionen

5.1 Schienenverkehr

5.1.1 Belastungen

Die Zugzahlen wurden vom Vorhabenträger zur Verfügung gestellt [54]. Dabei liegen Daten für den Prognosehorizont 2030 vor.

Der Planfall 0 (Prognose-Nullfall) umfasst die Fertigstellung der Festen Fehmarnbeltquerung ohne Ausbau der Strecke Lübeck-Puttgarden, wobei berücksichtigt wird, dass eine grundsätzlich rechtliche zulässige Nutzung für Güterverkehre tatsächlich derzeit nicht stattfindet.

Der Prognose-Planfall bezieht sich ebenfalls auf die Verkehrsprognose 2030, aber mit zweigleisigem Ausbau.

Für die Strecke Lübeck-Puttgarden ist im Planfall 0 von Zügen mit Dieseltraktion, im Planfall von Elektrotraktion auszugehen.

5.1.2 Emissionsfaktoren

Für die Züge mit Dieseltraktion sind die Abgasemissionen zu berücksichtigen. Dabei wird zwischen Personenzügen mit Lokomotiven, Triebwagen und Güterzügen unterschieden.

Die Emissionsfaktoren für Schienenfahrzeuge mit Dieseltraktion wurden der Fachliteratur entnommen [22]. Die Daten sind mit vorliegenden Angaben der Deutschen Bahn AG vergleichbar. Für Benzol im Abgas von Dieselloks liegen keine Angaben vor. Näherungsweise kann der Anteil an den gesamten Kohlenwasserstoffen (HC) aus dem Verhältnis abgeschätzt werden, wie es im Abgas von Dieselmotoren von Lastkraftwagen vorliegt. Für Dieselmotoren beträgt danach der Benzol-Anteil etwa 1,9 % an den gesamten Kohlenwasserstoffemissionen. Für die Partikelemissionen aus den Abgasen wird davon ausgegangen, dass diese zu 100 % aus PM_{2,5} bestehen (in PM₁₀ enthalten).

Darüber hinaus sind die Staubemissionen durch Schienenabrieb, Radabrieb, Fahrleitungsabrieb, Bremsabrieb sowie Aufwirbelung von Bedeutung. Bezüglich der Staubemissionen von Schienenfahrzeugen stehen nur wenige Untersuchungen zur Verfügung. Insbesondere in der Schweiz wurden einige Studien durchgeführt. Zur Ermittlung der Emissionen werden daher die Ansätze einer Schweizer Studie [23] verwendet. Da Güterzüge mehr Partikel emittieren, werden für Personenzüge und Güterzüge unterschiedliche Emissionsfaktoren verwendet. Detaillierte Emissionsfaktoren für verschiedene Zugarten stehen nicht zur Verfügung. Daher wurden die Emissionsfaktoren für Personen- und Güterzüge anhand verfügbarer Bilanzierungen der Gesamtstaubemissionen aus der Fachliteratur [24] und den dort ebenfalls enthaltenen Verteilungen auf die Zugarten abgeleitet. Die Verteilung auf die Größenklassen der Feinstaubpartikel erfolgte gemäß aktueller Fachliteratur [21]/[25]. Die verwendeten Ansätze sind mit aktuellen Messwerten der Deutschen Bahn AG für Bestandsstrecken vergleichbar [26].

Die Verkehrsbelastungen des Schienenverkehrs für den Prognosehorizont 2030 sind in der Anlage 2.1 aufgeführt. Eine Zusammenstellung der Basis-Emissionsfaktoren für Personenzüge und Güterzüge zeigt die Anlage 2.2.

Die sich ergebenden mittleren Emissionen pro Zug und die jährlichen Gesamtemissionen sind in den Anlagen 2.3 und 2.4 zusammengestellt.

5.2 Straßenverkehr

5.2.1 Belastungen

Als Eingangsdaten für die Berechnung der Luftschadstoffbelastungen werden geeignete Straßenverkehrsbelastungen als DTV (Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an allen Tagen des Jahres) und die maßgeblichen LKW-Anteile benötigt. Dabei wird die Verteilung auf PKW, leichte

Nutzfahrzeuge (LNF: Kfz bis 3,5 t) und schwere Nutzfahrzeuge (SNF: Kfz über 3,5 t) unterscheiden.

Im Rahmen der Ermittlungen zur Schienenanbindung wurde von der DB AG eine Verkehrsuntersuchung auf Basis aktueller Verkehrszählungen beauftragt [56]. Für das maßgebliche Straßenverkehrsnetz wurden die Verkehrsstärken werktags (DTVw) und die Schwerverkehrsanteile (Kfz mit einem zulässigen Gesamtgewicht größer 3,5 Tonnen) für den Prognosehorizont 2030 ermittelt und für die vorliegenden Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Für einige wenige untergeordnete Kreis- und Gemeindestraßen liegen keine LKW-Zahlen vor, so dass hilfsweise die Ergebnisse der allgemeinen Straßenverkehrszählungen des Landes Schleswig-Holstein sofern verfügbar oder die Ansätze gemäß RLS-90 zugrunde gelegt wurden.

Für die Berechnung gemäß 16. BImSchV ist die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) zugrunde zu legen. Hierzu erfolgt eine Umrechnung gemäß $DTVw = 1,1 \text{ DTV}$.

Zur Ermittlung des Anteils der leichten Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5 Tonnen erfolgte eine Auswertung der Zählergebnisse für die Lieferwagen der allgemeinen Straßenverkehrszählungen 2005 und 2010 [55]. In der Straßenverkehrszählung 2015 sind keine Daten zu den Lieferwagen mehr enthalten.

Eine Zusammenstellung der Verkehrsbelastungen zeigt die Anlage 3.1.

5.2.2 Emissionen

5.2.2.1 Kfz-Abgase

Zur Ermittlung der Emissionsfaktoren der Kfz-Abgase wird die aktuelle Fassung des „Handbuchs Emissionsfaktoren“ herangezogen (HBEFA, Version 3.3, April 2017 [8]).

Die Emissionsfaktoren hängen u. a. von folgenden Parametern ab:

- Fahrzeugkategorien und -zusammensetzungen;
- Verkehrssituation (Gebiet (städtisch/ländlich), Straßentypen, Geschwindigkeiten, Verkehrszustand, Steigung/Gefälle);
- Umgebungstemperatur, Längsneigung, Laufleistung, Anteil Klimaanlage etc.;
- Bezugsjahr.

Das EDV-Programm „Handbuch Emissionsfaktoren“ berechnet die Emissionen für unterschiedliche Straßentypen und Verkehrssituationen. Darin sind je nach Bezugsjahr entsprechende Verteilungen der Fahrleistungsgewichte (Zusammensetzung der Fahrzeugflotte) sowie typische Temperaturganglinien und Kaltstarthäufigkeiten angegeben, die bei Fehlen exakter Zähldaten verwendet werden können.

Die Emissionsfaktoren hängen zum Teil erheblich vom Bezugsjahr ab, das für die Berechnung zugrunde gelegt wird, da sich die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte nach Alter, Motorenkonzept und Abgas-Norm ändert. Das „Handbuch Emissionsfaktoren“ legt daher je nach Bezugsjahr eine entsprechende Prognoseverteilung der Fahrzeugflotte zugrunde. Zusätzlich werden absehbare bzw. bereits gesetzlich beschlossene Verbesserungen der Kraftstoffqualitäten berücksichtigt.

Für die Berechnung der Abgasemissionen wurde das Bezugsjahr 2025 zugrunde gelegt. Damit ist sichergestellt, dass die verwendeten Emissionen auf der sicheren Seite liegen, auch wenn die Abnahmen der Emissionsfaktoren aufgrund einer Verbesserung der Fahrzeugtechnik und der Kraftstoffe nicht in dem Umfang eintreten sollten, wie sie für die Jahre bis 2030 prognostiziert werden. Dabei wird der Anteil durch den Betrieb von Kfz-Klimaanlagen eingerechnet (Mittelwert gemäß „Handbuch Emissionsfaktoren“).

Zum Themenkreis Staub/Feinstaub ist aktuellen Erkenntnissen entsprechend festzustellen, dass es sich bei den mit dem Abgas von Motoren emittierten Partikelemissionen vollständig um Fein-

staub PM₁₀ bzw. PM_{2,5} handelt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird davon ausgegangen, dass die Partikelemissionen aus den Abgasen zu 100 % aus PM_{2,5} bestehen (in PM₁₀ enthalten).

Die Basisemissionsfaktoren aus dem „Handbuch Emissionsfaktoren“ finden sich in der Anlage 3.3.1. Die relevanten Verkehrssituationen für die Ermittlung der Emissionen sind in der Anlage 3.2 aufgeführt. Die Emissionen des berücksichtigten Straßennetzes sind in den Anlagen 3.4 und 3.5 zusammengestellt. Die Emissionen sind als mittlere Emissionsfaktoren je Kfz und Kilometer für den entsprechenden Straßenabschnitt angegeben.

5.2.2.2 Staubaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr

Eine weitere Staubquelle ist durch die Aufwirbelung durch das Fahren von Fahrzeugen auf Straßen gegeben. Während für die Partikelemissionen im Abgas von Kraftfahrzeugen detaillierte Emissionsfaktoren zur Verfügung stehen, ist die Prognose der Staubaufwirbelung auf Straßen weitaus schwieriger.

In der aktuellen Fassung der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 [12] steht für unbefestigte Straßen ein entsprechender Berechnungsansatz zur Verfügung. Für befestigte Straßen wird gemäß VDI 3790, Blatt 3 auf einen Berechnungsansatz der U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 5. Auflage) verwiesen, der allerdings erfahrungsgemäß die tatsächlich gemessenen Belastungen an deutschen Straßen erheblich überschätzt.

Hierzu wird neben Angaben zum mittleren Fahrzeuggewicht auch die Staubbelastung der entsprechenden Straßenabschnitte benötigt. In den USA stehen zwar umfangreiche Messungen der Staubbelastungen von Straßen zur Verfügung, die allerdings kaum auf deutsche Verhältnisse zu übertragen sind. Für Deutschland sind bisher nur Messergebnisse an wenigen Standorten bekannt, umfangreiche Messkampagnen haben jedoch begonnen.

Zur Übertragung auf deutsche Verhältnisse wurde vom Ingenieurbüro Lohmeyer im Rahmen eines Forschungsprojektes auf Basis der vorhandenen Literatur und aktueller Messergebnisse eine Anpassung der Ansätze gemäß EPA vorgenommen und entsprechende Hinweise zur Anwendung gegeben. Aktuelle Immissionsmessungen zeigen allerdings, dass auch der Ansatz von Lohmeyer die Staubemissionen überschätzt.

Daher wurde vom Ingenieurbüro Lohmeyer (2004) auf Grundlage aktueller Messergebnisse ein Modell auf Basis von Emissionsfaktoren für die Staubaufwirbelung auf Straßen vorgeschlagen [18]. Dementsprechend hängt die Größe der Staubaufwirbelung von der Verkehrssituation und der Fahrzeugart ab (Unterscheidung PKW/LKW).

Diese Emissionsfaktoren wurden für die Verkehrssituationen gemäß „Handbuch Emissionsfaktoren“, Version 2.1 (HBEFA 2.1) abgeleitet. Durch die Veröffentlichung einer Neufassung des „Handbuchs Emissionsfaktoren“ (Version HBEFA 3.1) wurde eine Anpassung der nicht motorbedingten Emissionen erforderlich, da die Methodik geändert worden ist. Die aktuelle Version HBEFA 3.3 basiert auf den Ansätzen gemäß HBEFA 3.1. Im Folgenden wird der aktualisierte Ansatz von Lohmeyer (2011) [19] verwendet, da die anderen Ansätze im Vergleich mit Naturmessdaten überwiegend zu unrealistischen Ergebnissen führen.

Für den Anteil der PM_{2,5}-Fraktion an der Staubaufwirbelung stehen verschiedene vorläufige Modellansätze zur Verfügung. Hier besteht jedoch weiterer Forschungsbedarf. Im Rahmen einer Studie wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. In der aktuellen Studie von Lohmeyer [19] erfolgte neben der Anpassung der PM₁₀-Emissionsfaktoren auch eine Zusammenstellung der PM_{2,5}-Emissionsfaktoren, welche im Folgenden zugrunde gelegt werden.

Die Emissionsfaktoren für die Staubaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr sind in den Anlagen 3.3.2 und 3.3.3 zusammengestellt.

5.3 Bauphase

5.3.1 Allgemeines

Bei der Ausbreitungsrechnung von Staubemissionen sind gemäß TA Luft vier verschiedene Staubklassen nach Korngrößen zu unterscheiden, die verschiedene Depositions- und Sedimentationsgeschwindigkeiten aufweisen:

- Klasse 1 ($PM_{2,5}$): Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser unterhalb von $2,5 \mu\text{m}$;
- Klasse 2 ($PM_{2,5-10}$): Partikel zwischen $2,5 \mu\text{m}$ und $10 \mu\text{m}$;
- Klasse 3 (PM_{10-50}): Partikel zwischen $10 \mu\text{m}$ und $50 \mu\text{m}$;
- Klasse 4 ($PM_{>50}$): Partikel größer als $50 \mu\text{m}$.

Feinstaub (Schwebstaub) wird durch die beiden oberen Klassen repräsentiert, wobei Feinstaub der Bezeichnung PM_{10} die Summe der Klassen 1 und 2 enthält.

Im Folgenden werden, soweit verfügbar, die Korngrößenverteilungen aus den entsprechenden Regelwerken herangezogen [11]-[14]. Sofern keine Angaben und/oder andere Klassengrenzen vorliegen, werden geeignete Annahmen getroffen.

In der vorliegenden Untersuchung werden lediglich die relevanten Größenklassen PM_{10} (enthält auch $PM_{2,5}$) und $PM_{2,5}$ unterschieden, da für diese Belastungen Grenzwerte in der 39. BImSchV vorliegen.

5.3.2 Belastungen

Die vorliegenden Ermittlungen zu den Luftschadstoffimmissionen während der Bauphase umfassen den Rückbau des Gleisschotter, Erdarbeiten mit Bodenbewegungen (Abtrag und Auftrag), die Bodenzwischenlagerung, den Einbau von Gleisschotter und den Betrieb einer Gleisschotteraufbereitungsanlage. Für weitere Bauphasen ist mit vergleichbaren bzw. geringeren Staubemissionen zu rechnen. Für die berücksichtigten Bauarbeiten wird von etwa einem Jahr Bauzeit ausgegangen, so dass alle Emissionen in dem hier betrachteten repräsentativen Jahr stattfinden.

Für die jeweiligen Ausbauabschnitte wurden vom Vorhabenträger die zu bewegendenden Bodenmassen bilanziert. Die Mengen des abzutragenden Gleisschotter sowie des neu einzubauenden Materials wurden entsprechend geschätzt, da detaillierte Angaben noch nicht zur Verfügung standen.

Für die Zufahrten zur Baustelle sollen Baustraßen parallel zu Schienentrasse hergestellt werden, die als unbefestigte Straßen ausgeführt werden.

Die Lagerung der Böden ist überwiegend auf den Baustelleneinrichtungsflächen in den Bereichen westlich Hohelieth, südlich Qualser Weg und östlich Neuschwelbek geplant.

Im Folgenden wird zur sicheren Seite davon ausgegangen, dass die abzutragenden Böden von einem Radlader oder Bagger aufgenommen werden und mit LKW zu den Zwischenlagerplätzen abtransportiert werden. Dort findet ein Abkippvorgang statt. Weiterhin wird eine Aufnahme mit einem Radlader zur Sortierung berücksichtigt.

Für die Auffüllung wird ebenfalls angenommen, dass diese mit LKW angefahren werden, abgekippt und mit Radladern oder Baggern aufgenommen und verteilt werden.

Für den rückgebauten Gleisschotter wird eine direkte Abfuhr vom Baufeld angenommen. Für den neu einzubauenden Gleisschotter wird davon ausgegangen, dass dieser direkt zu den Baufeldern angefahren wird.

Hinsichtlich der LKW-Fahrten wird ebenfalls zur sicheren Seite davon ausgegangen, dass diese zur Abfuhr leer ankommen und voll abfahren bzw. zur Anlieferung voll ankommen und leer abfahren. Dabei wird zugrunde gelegt, dass jeder LKW etwa die Hälfte der gesamten Baustraßen befährt (Annahme etwa 6 km je LKW). Weiterhin werden für die An- und Abfahrten zusätzlich Fahrwege von jeweils etwa 250 m auf den Zwischenlagerflächen sowie etwa 100 m auf den Baufeldern eingerechnet.

5.3.3 Bodenbewegungen

Die Berechnung der Staubemissionen für den Umschlag von Böden und Gleisschotter erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 [12]. Beim Umschlag von Schüttgütern wird nach dem Staubentwicklungsgrad unterschieden. Im vorliegenden Fall von Muttererde und anderen Erden, Sande etc. sowie Gleisschotter liegen Materialien vor, deren Staubentwicklung gemäß Anhang B zur VDI 3790, Blatt 3 von überwiegend „nicht wahrnehmbar“ bis „schwach“ einzustufen ist. Im Folgenden wird für alle bewegten Böden zur sicheren Seite von einer Staubentwicklung der Klasse „schwach“ ausgegangen, die zu höheren Emissionen führt als die Klasse „nicht wahrnehmbar“, auch wenn dies insbesondere bei feuchten Böden die tatsächliche Situation eher überschätzt.

Für den Geräteeinsatz beim Bodenabtrag wird davon ausgegangen, dass die abzutragenden Böden mit einem Radlader oder Bagger mit einer Schaufel mit einem Volumen von etwa 2 m³ aufgenommen und auf einen LKW verladen werden. Dabei wird eine mittlere Ladung von etwa 20 m³ pro LKW angenommen, dem entspricht bei einer mittleren Dichte von 1,5 t/m³ eine Gesamtmasse von etwa 30 t je LKW. Für den Gleisschotter wird eine Dichte von etwa 1,9 t/m³ zugrunde gelegt.

Für den Bodenauftrag und die Gleisschotteranfuhr wird zunächst ein LKW-Abkippvorgang zugrunde gelegt (Anlieferung von 30 t je LKW). Danach werden die Böden mit einem Radlader oder Bagger aufgenommen und zum Verfüllungsort verbracht und dort abgegeben.

Die verwendeten Basis-Emissionsfaktoren gemäß VDI 3970, Blatt 3 sind in der Anlage 4.1.1 zusammengestellt. Die Verteilung auf die Größenklassen kann der Anlage 4.1.2 entnommen werden.

In der Anlage 4.5 sind die Emissionen für die entsprechenden Umschlagvorgänge für je eine LKW-Abfuhr oder LKW-Anlieferung zusammengestellt (Bezugsgröße für den Umschlag von 30 t). Aufgrund der zusätzlichen Abkippvorgänge ergeben sich bei der LKW-Anlieferung höhere Emissionen als bei der Abfuhr. Im Folgenden wird ein aus diesen Emissionen abgeleiteter normierter Emissionsfaktor verwendet, der auf den Umschlag von je 1 m³ bzw. 1 t Boden bezogen wird (vgl. Anlage 4.6).

5.3.4 Schüttgutlagerung

Eine weitere Staubquelle ist durch die Abwehung von Schüttgut im Bereich offener Lagerflächen gegeben. Nennenswerte Abwehungen sind erst bei Windgeschwindigkeiten oberhalb von 4 m/s zu erwarten. Dabei ist grundsätzlich zu beachten, dass eine Abwehung nur solange erfolgen kann, wie abwehfähiges Material an der Haldenoberfläche zur Verfügung steht. Bei lang andauernden Windepisoden kann daher die Abwehung in eine Sättigung bzw. zum Stillstand kommen. Weiterhin wird eine relevante Abwehung überwiegend an der dem Wind zugewandten Seite der Schüttguthalde zu erwarten sein.

Aufgrund der obigen Einschränkungen ist eine Quantifizierung der Schüttgutabwehung schwierig. Pauschale Ansätze aus der Literatur liegen im Bereich von etwa 5 bis 10 g/(m²d). Im Folgenden wird zur sicheren Seite von 10 g/(m²d) ausgegangen.

Dabei ist zu erwarten, dass aufgrund der Windrichtung nur ein Teil der Schüttgutoberfläche dem Wind ausgesetzt ist. Im Folgenden wird ein Anteil von 25 % zugrunde gelegt. Als Oberflächen wurden für die Halden auf den drei Lagerflächen etwa 2.000 m², 2.500 m² und 1.200 m² geschätzt. Die Emissionen für die Windabwehung werden im Ausbreitungsmodell erst für Windgeschwindigkeiten größer 4,0 m/s in Ansatz gebracht, mit der vorliegenden Meteorologie in etwa 70 % der Jahresstunden. Eine Zusammenstellung der Eingangsdaten zeigt Anlage 4.3.

5.3.5 Staubaufwirbelung durch Baustellenverkehr

Verkehrsbedingte Staubemissionen sind durch Stäube im Abgas (überwiegend Feinstaub) sowie durch Abrieb und Staubaufwirbelung auf den Straßen und Fahrwegen gegeben.

Für die Berechnung der Staubaufwirbelung auf befestigten Betriebsflächen liegen keine gesonderten Emissionsfaktoren vor. In der VDI 3790, Blatt 3 [12] stehen Ansätze für unbefestigte Straßen (u. a. für Baustellenbereiche) zur Verfügung. Im Vergleich zu der Staubaufwirbelung sind die Staubemissionen aus dem Abgas von untergeordneter Bedeutung und werden daher im Folgenden vernachlässigt.

Für den Baustellenbetrieb wird mit einer mittleren Staubbiladung der Klasse „Baustellenbereich“ gemäß VDI 3790, Blatt 3 gerechnet, wobei im Mittel von 30 % Regentagen bzw. feuchter Oberfläche pro Jahr ausgegangen wird. Hinsichtlich des Fahrzeuggewichtes wird im Mittel mit 35 t gerechnet. Es wird angenommen, dass aufgrund des hinreichend hohen Ansatzes für die Staubaufwirbelung die Abwehung bzw. der Ladungsverlust von den Ladeflächen der Lieferfahrzeuge nicht gesondert zu erfassen ist, da diese zur Staubbiladung des Baustellenbereiches beitragen und implizit in der Staubaufwirbelung berücksichtigt werden. Die Ansätze sind in der Anlage 4.2 zusammengestellt.

Weitere Staubaufwirbelungen durch Bewegungen der Erdbaugeräte sind erfahrungsgemäß gegenüber den Emissionen der LKW zu vernachlässigen, insbesondere da niedrigere Fahrzeuggewichte, deutlich kürzere Fahrwege und geringere Fahrgeschwindigkeiten vorliegen.

5.3.6 Emissionsmodell

Die Berechnung der Luftschadstoffausbreitung erfolgt wie für den Betrieb der Schienenstrecken durch den Ansatz von Linienquellen entlang der geplanten Baustraßen und der Baufelder. Hierzu wurden die jeweiligen gesamten Staubemissionen für jeden Teilabschnitt auf einen längenbezogenen Emissionsfaktor in g/km umgerechnet, der bei der folgenden Ausbreitungsberechnung zugrunde gelegt wird. Die Bodenbewegungen auf den Zwischenlagerflächen werden ebenfalls durch Linienquellen auf den jeweiligen Flächen approximiert. Eine Zusammenstellung der Quellmissionen zeigt die Anlage 4.6. In der Anlage 4.7 finden sich die Gesamtemissionen pro Jahr.

5.4 Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet

5.4.1 Betrieb

Zur Abschätzung der Größe der Luftschadstoffemissionen bei bestimmungsgemäßem Betrieb der Schienenstrecken durch Quellen innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden die Gesamtemissionen bilanziert. Dabei wurden die einzelnen Quellbereiche zum Vergleich detailliert angegeben. Die Bilanzierung umfasst alle maßgeblichen Quellen. Dazu zählen die Emissionen der Schienenwege und der Straßenabschnitte.

Die sich ergebenden jährlichen Gesamtemissionen für den Planfall 0, den Prognose-Planfall und den Planfall ROV sind in der Tabelle 3 aufgeführt. Grafische Darstellungen zeigen die Abbildungen 2 bis 6.

Zusammenfassend ist Folgendes festzustellen:

- Im Planfall 0 werden die Gesamtemissionen für alle Luftschadstoffe maßgeblich durch den Straßenverkehr bestimmt.
- Im Prognose-Planfall als auch im Planfall ROV Vergeben sich für die Schadstoffkomponenten NO_x, Benzol und Kohlendioxid Abnahmen, da die Abgasemissionen der elektrifizierten Ausbaustrecke entfallen.

Für die Stickstoffoxide NO_x ist mit Abnahmen der Emissionen aus dem Schienenverkehr um 100 % zu rechnen, die Gesamtemissionen nehmen um etwa 35 % ab.

Die Benzolemissionen aus dem Schienenverkehr nehmen um 100 % ab, die gesamten Benzolemissionen um etwa 29 %.

Für Kohlendioxid betragen die Abnahmen aus dem Schienenverkehr 100 %. Da der Straßenverkehr die Kohlendioxidemissionen maßgebend bestimmt, ergeben sich für die Gesamtemissionen nur Abnahmen um etwa 3 %.

Die Feinstaubemissionen aus dem Schienenverkehr der Größenklasse PM₁₀ nehmen dagegen zu, da Abrieb und Aufwirbelung gegenüber den Abgasemissionen bestimmend sind. Dies ist insbesondere durch den künftigen Schienengüterverkehr zu erwarten, so dass mit Zunahmen der Gesamtemissionen um etwa 110 % im Prognose-Planfall bzw. 115 % im Planfall ROV zu rechnen ist.

Für die Feinstaubemissionen der Größenklasse PM_{2,5} liegt der Anteil aus Abrieb und Aufwirbelung gegenüber den Abgasemissionen niedriger als im Fall von PM₁₀, so dass gegenüber dem Planfall 0 nur Zunahmen der Gesamtemissionen um etwa 37 % im Prognose-Planfall bzw. um etwa 38 % im Planfall ROV zu erwarten sind.

Die etwas höheren Emissionen im Planfall ROV gegenüber dem Prognose-Planfall sind durch eine etwas längere Trasse bedingt.

Tabelle 3: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr)

Schadstoff / Quelle	Planfall 0	Prognose-Planfall			Planfall ROV		
	Emission [t/a]	Emission [t/a]	Veränderung vs. Planfall 0 [t/a]		Emission [t/a]	Veränderung vs. Planfall 0 [t/a]	
Stickoxide (NOx)							
Gesamt	24,54	15,98	-8,56	-34,9%	15,98	-8,56	-34,9%
Schiene	8,56	0,00	-8,56	-100,0%	0,00	-8,56	-100,0%
Straßennetz	15,98	15,98	0,00	0,0%	15,98	0,00	0,0%
Benzol							
Gesamt	0,065	0,046	-0,019	-28,5%	0,046	-0,019	-28,5%
Schiene	0,019	0,000	-0,019	-100,0%	0,000	-0,019	-100,0%
Straßennetz	0,046	0,046	0,000	0,0%	0,046	0,000	0,0%
Feinstaub PM₁₀							
Gesamt	4,384	9,330	4,946	112,8%	9,436	5,053	115,3%
Schiene	0,828	5,774	4,946	597,2%	5,881	5,053	610,0%
Straßennetz	3,555	3,555	0,000	0,0%	3,555	0,000	0,0%
Feinstaub PM_{2,5}							
Gesamt	1,803	2,470	0,667	37,0%	2,489	0,686	38,0%
Schiene	0,370	1,037	0,667	180,2%	1,056	0,686	185,4%
Straßennetz	1,433	1,433	0,000	0,0%	1,433	0,000	0,0%
Kohlendioxid (CO₂)							
Gesamt	14.676	14.195	-481	-3,3%	14.195	-481	-3,3%
Schiene	481	0	-481	-100,0%	0	-481	-100,0%
Straßennetz	14.195	14.195	0	0,0%	14.195	0	0,0%

Abbildung 3: Stickstoffoxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

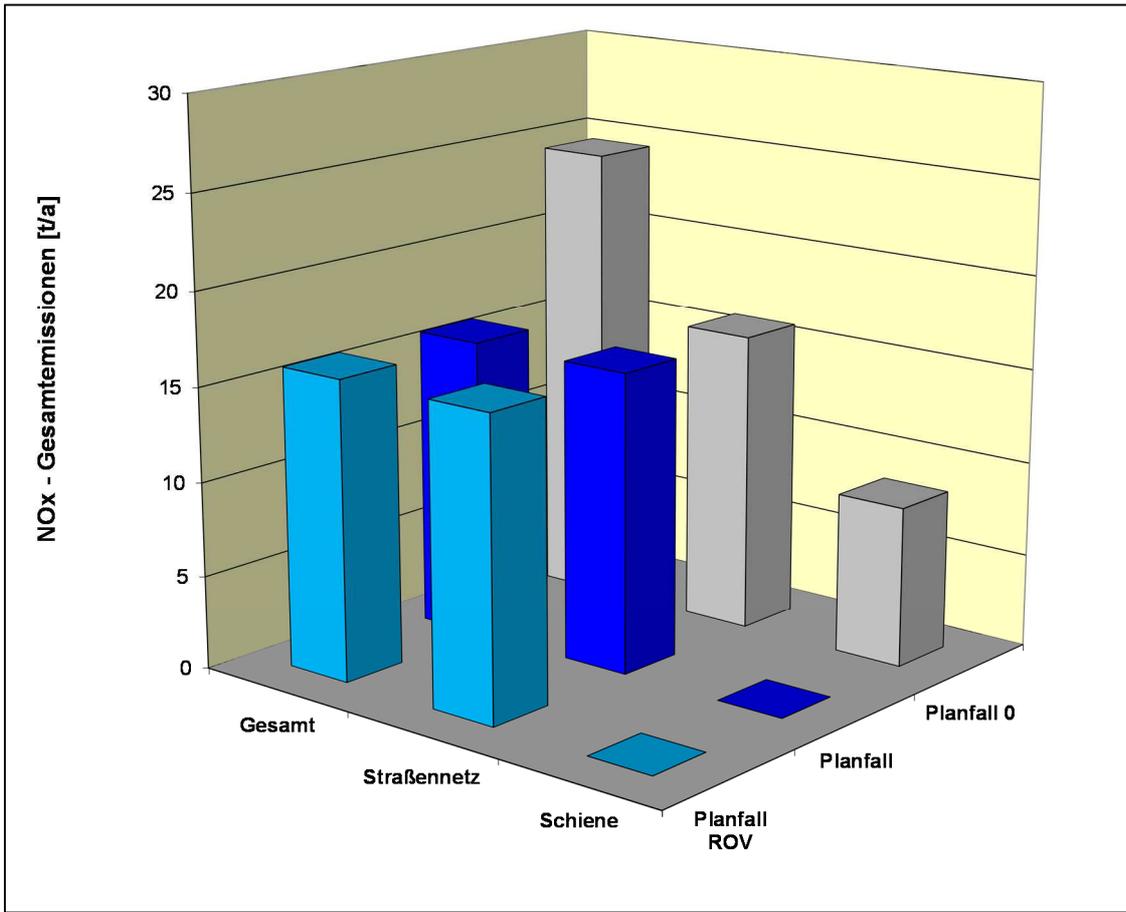


Abbildung 4: Benzol-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

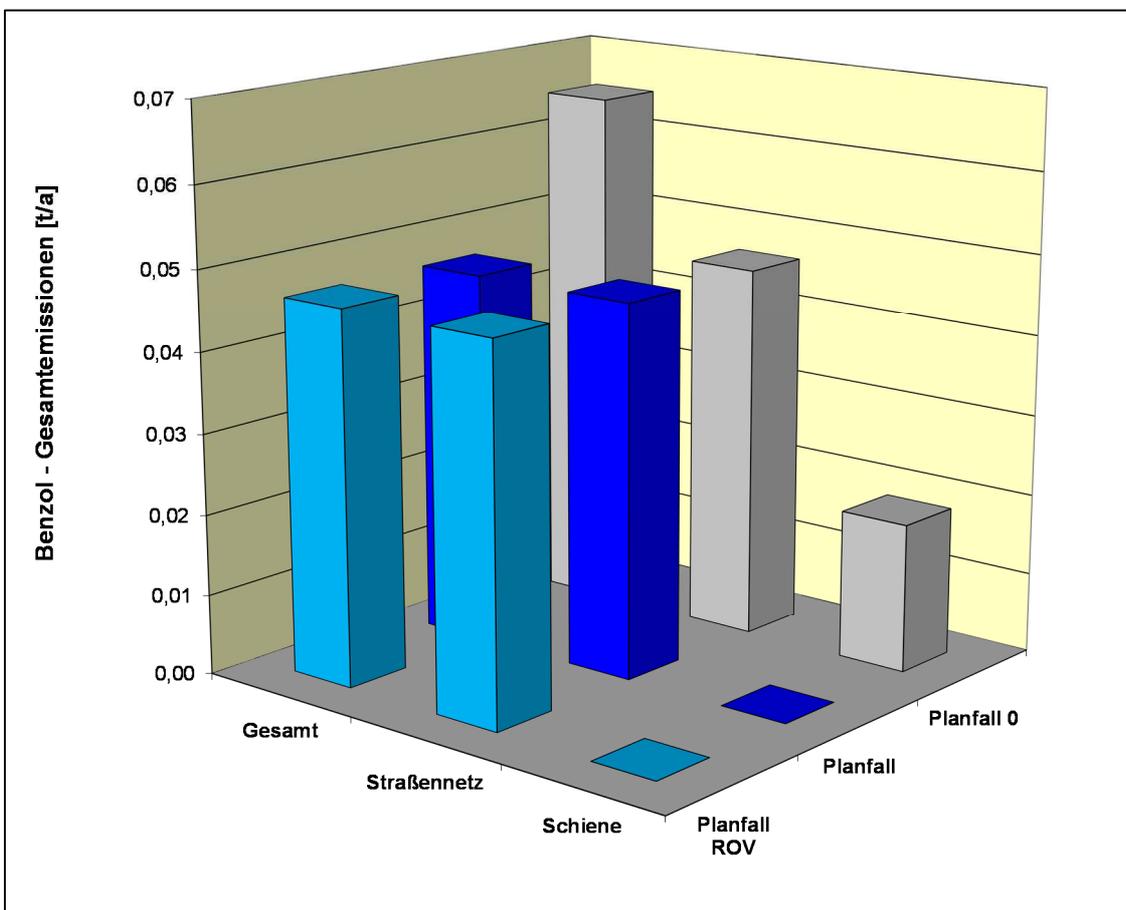


Abbildung 5: Feinstaub(PM₁₀)-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

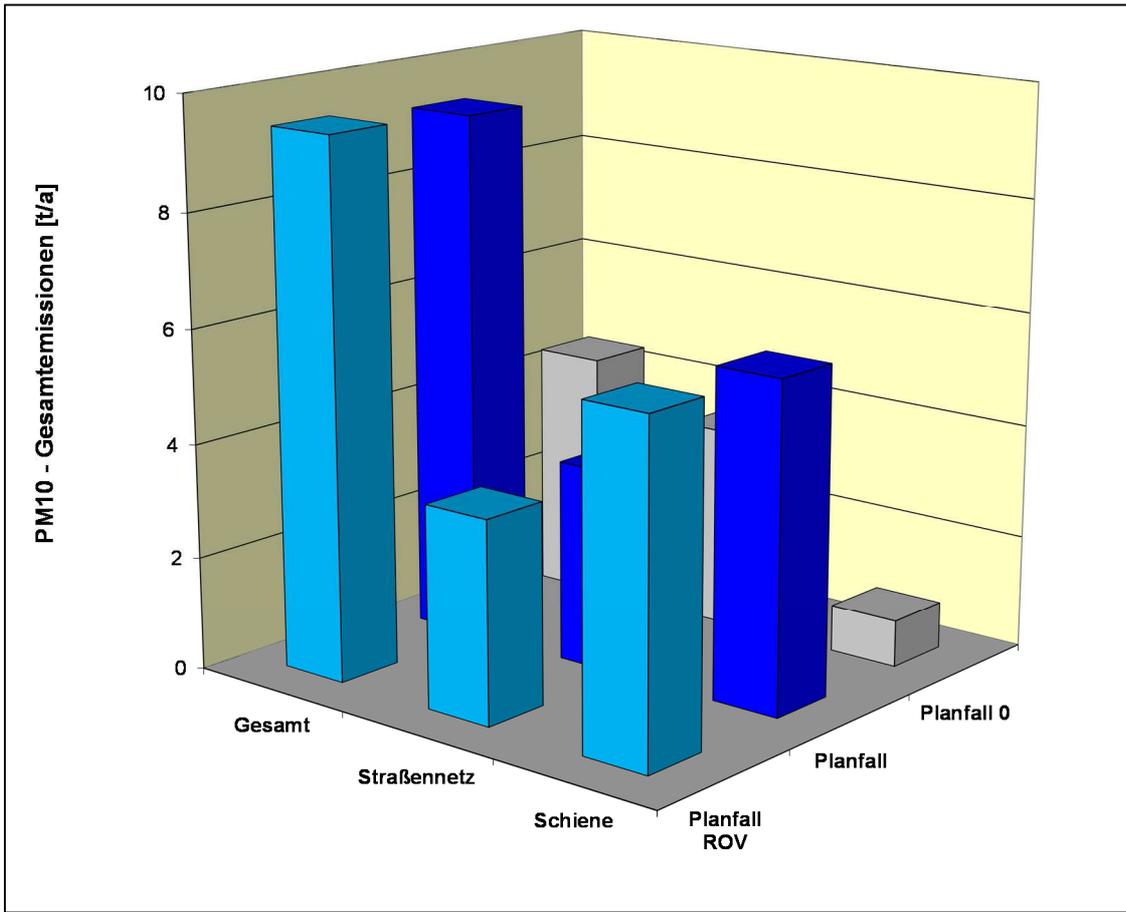


Abbildung 6: Feinstaub(PM_{2,5})-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

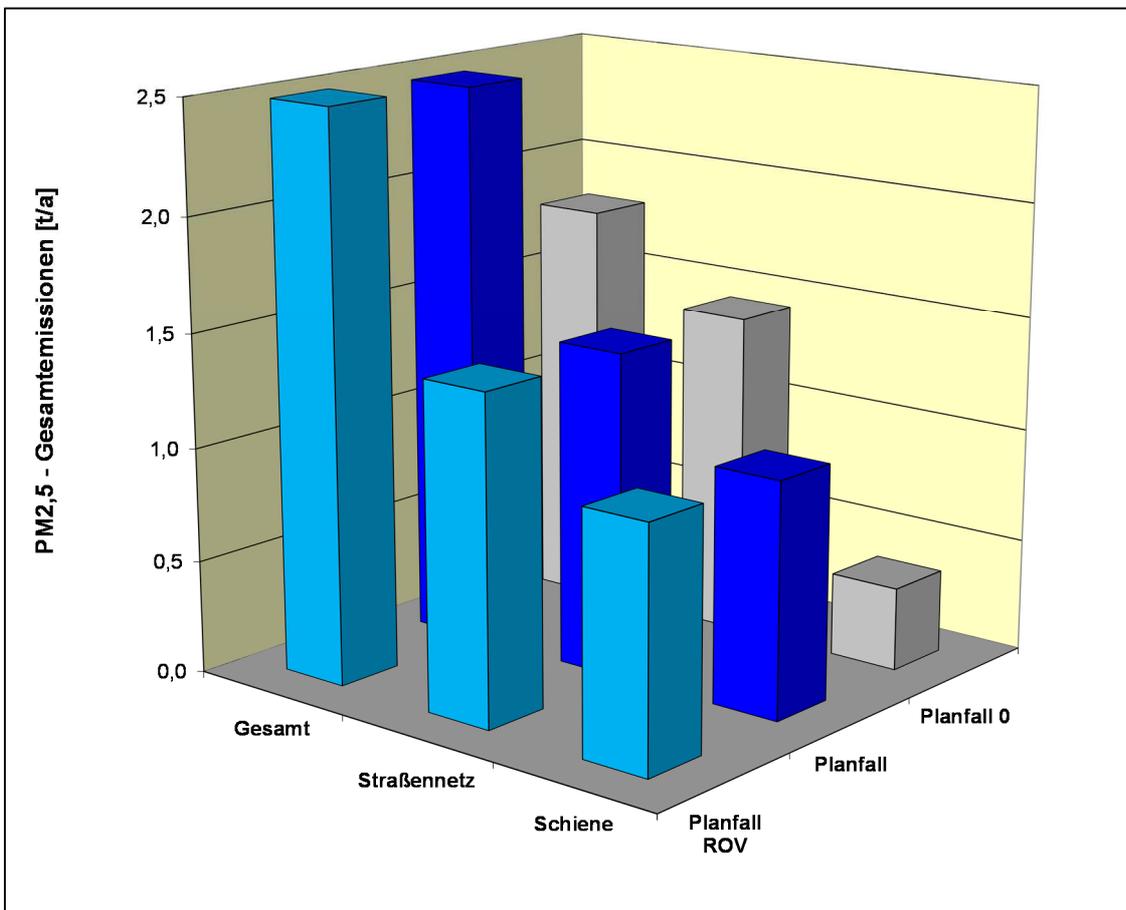
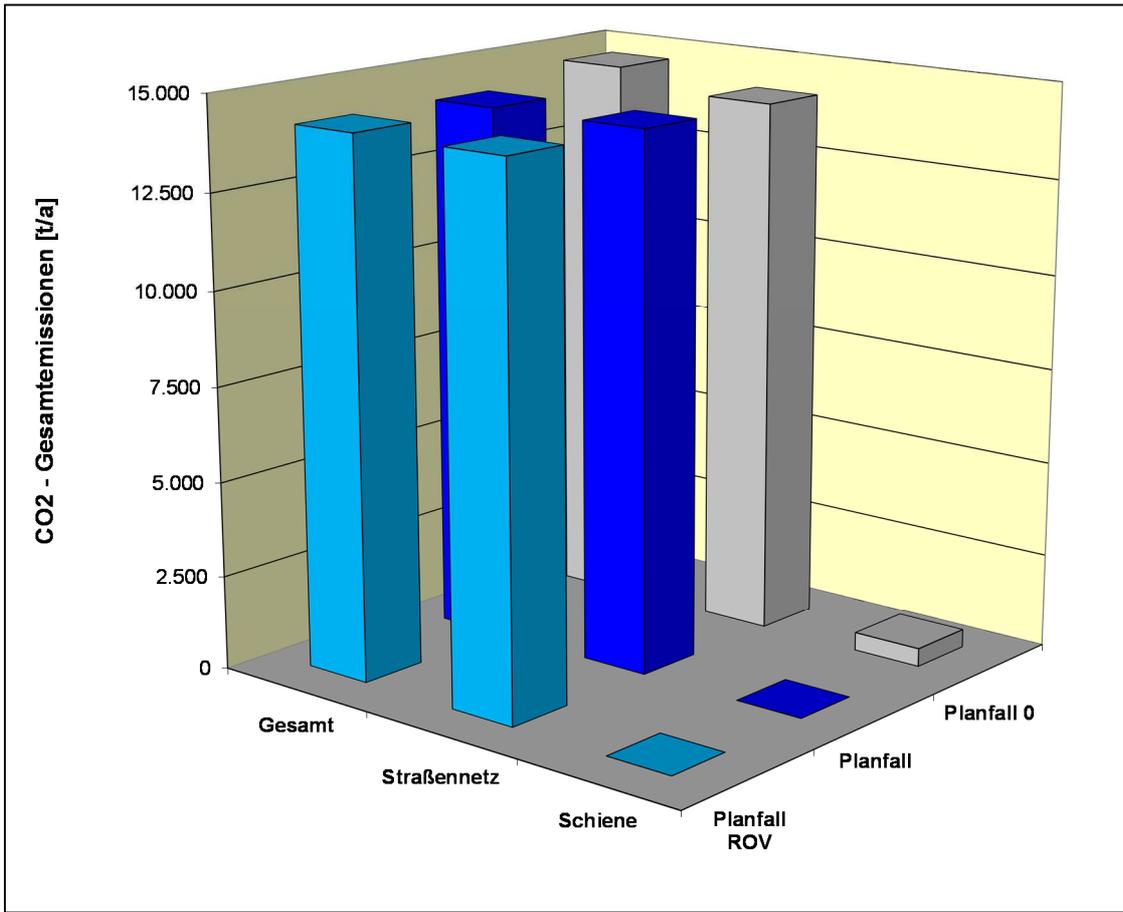


Abbildung 7: Kohlendioxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]



5.4.2 Bauphase

Die folgende Tabelle 4 zeigt die Emissionsbilanz für die Staubemissionen während der Bauphase.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Feinstaubemissionen maßgeblich durch die Staubaufwirbelung aufgrund der LKW-Fahrten bestimmt werden. Die Umschlagstätigkeiten, die Aufbereitung und Zwischenlagerung tragen demgegenüber deutlich weniger zur Gesamtemission bei.

Tabelle 4: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet während der Bauphase der Erdbauarbeiten (Tonnen pro Jahr)

Schadstoff / Quelle	Bauphase
	Emission [t/a]
Feinstaub PM₁₀	
Gesamt	110,8
Baufeld	6,4
Bauplätze	11,7
Baustraßen	92,7
Feinstaub PM_{2,5}	
Gesamt	13,5
Baufeld	1,5
Bauplätze	2,7
Baustraßen	9,3

6 Immissionen

6.1 Allgemeines

Luftschadstoffemissionen werden durch turbulente Transportvorgänge in der Atmosphäre in Immissionen umgewandelt. Diese Vorgänge sind in der Regel sehr komplex und stellen in der Praxis hohe Anforderungen an das Ausbreitungsmodell.

Eine Abschätzung der straßenverkehrsbedingten Immissionen im straßennahen Bereich kann anhand der Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung erfolgen (RLuS 2012 [27]), das vom Bundesminister für Verkehr (BMV) zur Anwendung empfohlen wurde [28]. Für den Schienenverkehr liegt ein vergleichbares Schätzverfahren nicht vor.

Zur Ermittlung der großräumigen Schadstoff-Konzentrationen ist eine wesentlich aufwändigere Ausbreitungsrechnung erforderlich, die u. a. alle maßgeblichen Quellen sowie die meteorologischen Randbedingungen (Windrichtungen und -geschwindigkeiten, Luftschichtungen, Inversionswetterlagen etc.) berücksichtigen muss. Je nach Aufgabenstellung und Detaillierungsgrad gibt es derzeit mehrere verschiedene Modellansätze. In der Regel werden die genaue Bebauungsstruktur und Geländetopografie nur pauschal berücksichtigt. Eine explizite Berechnung der Strömungsverhältnisse an Hindernissen und Geländestrukturen ist derzeit bei vertretbarem Rechenaufwand nur in kleinem Maßstab möglich. Dennoch ist auch mit „einfachen“ Ausbreitungsmodellen (Gelände ohne Bebauung) häufig eine Berechnung der Schadstoffausbreitung mit ausreichender Genauigkeit möglich, was durch den Vergleich mit Messdaten bestätigt wird.

Als Berechnungsverfahren in unbebautem oder locker bebautem Gelände stehen u. a. für großräumige detaillierte Berechnungen Gaußsche Linienquellenmodelle (z.B. PROKAS [30]) zur Verfügung, die insbesondere für verkehrsbedingte Immissionen geeignet sind. Für Abschätzungen bei dichter Randbebauung können einfache Straßenschluchtmodelle (z.B. STREET [31]) herangezogen werden. Genauere Berechnungen bei komplexer Bebauung (Innenstadtbereich, Straßenschluchten) unter Berücksichtigung der detaillierten Strömungsverhältnisse sollten mit komplexeren Modellen (z.B. MISKAM [32]) erfolgen.

Die aktuelle Fassung der TA Luft beinhaltet zur Berechnung der Schadstoffausbreitung für genehmigungsbedürftige Anlagen das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [34], mit dem die Berechnung von Zeitreihen und die Ermittlung der Überschreitungshäufigkeiten von Tages- und Stundenmittelwerten möglich ist. Dieses Modell wird überwiegend für die Beurteilung von Industrieanlagen (hohe Quellen, Schornsteine) angewandt, kann aber auch für niedrige und/oder diffuse Quellen herangezogen werden.

6.2 Berechnungsverfahren

Als Berechnungsverfahren in unbebautem oder locker bebautem Gelände steht mit PROKAS [30] für großräumige detaillierte Berechnungen ein Gaußsches Linienquellenmodell zur Verfügung, dessen Eignung insbesondere für verkehrsbedingte Immissionen durch den Vergleich mit Naturmessdaten validiert wurde. Mit dem Modell PROKAS kann die Quellschleife berücksichtigt werden, so dass auch Dammlagen sowie Brücken untersucht werden können. Weiterhin kann der Einfluss von Lärmschutzbauwerken einbezogen werden.

Im vorliegenden Fall ist eine Berücksichtigung des großräumigen Schienennetzes und des maßgeblichen Straßenverkehrsnetzes angebracht, um eine realistische Einschätzung der zu erwartenden Luftschadstoffbelastungen zu erhalten. Für die Immissionsberechnungen wurde daher das Modell PROKAS verwendet. Die detaillierten Berechnungen beschränken sich auf einen Abstand bis zu je 500 m von den Schienen- und Straßenachsen, wobei ein Rechengitter mit einer Auflösung von 5 m gewählt wurde. Außerhalb dieses Bereiches sind nur geringe Immissionen zu erwarten.

Der Einfluss von Bebauung ist im vorliegenden Fall von untergeordneter Bedeutung, da keine relevanten Gebäudeschluchten vorhanden sind, in denen die Verkehrswege verlaufen. Auch der

Einfluss des Geländes ist hier gering, da die maßgebenden Immissionen im Nahbereich der Verkehrswege zu erwarten sind.

Zeitreihenberechnungen sind mit dem Modell PROKAS nicht möglich. Die erforderlichen Aussagen hinsichtlich der Überschreitungshäufigkeiten von Stunden- bzw. 24-Stunden-Werten werden anhand von Korrelationen aus RLuS 2012 [27] bzw. vorliegenden aktuellen Messdaten abgeleitet (vgl. Abbildung 1).

Die Einflüsse von Straßenlagen und Lärmschutzanlagen werden im Modell PROKAS durch additive Terme σ_{z0} für den vertikalen Ausbreitungsparameter σ_z umgesetzt. Die Ableitung der entsprechenden Parameter kann der Anlage 5 entnommen werden. Im vorliegenden Fall wurden die geplanten Lärmschutzwände entlang der betreffenden Schienenabschnitte bei der Ausbreitungsrechnung im Prognose-Planfall berücksichtigt.

Bei der Ausbreitungsrechnung werden die standortspezifischen meteorologischen Daten benötigt. Hierzu wurde eine aktuelle mehrjährige Ausbreitungsklassenstatistik einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Station verwendet („AKS“, Standort Dahmeshöved, Zeitraum 2007-2011, s. Anlage 6), die von der meteomedia GmbH zur Verfügung gestellt wurde [51].

6.3 NO-NO₂-Konversion

6.3.1 Allgemeines

Die bei der Verbrennung in Benzin- und Dieselmotoren entstehenden Stickstoffoxide NO_x bestehen zu mehr als 90 % aus Stickstoffmonoxid (NO) und weniger als 10 % aus Stickstoffdioxid (NO₂). Üblicherweise wurde für Kfz-bedingte Emissionen bisher von einem Anteil von 5 % NO₂ an den NO_x-Emissionen ausgegangen. Die Umwandlung des NO in NO₂ erfolgt erst auf dem Ausbreitungsweg in Anwesenheit von Luft, im Wesentlichen durch eine Reaktion mit dem bodennahen Ozon (O₃). Durch Photolyse ist auch der umgekehrte Prozess möglich, so dass sich mit der Zeit ein Gleichgewicht zwischen NO und NO₂ einstellen wird.

Aktuelle Messungen an innerstädtischen verkehrsexponierten Standorten zeigen teilweise deutliche Zunahmen der NO₂-Immissionen, was den bisher prognostizierten Abnahmen der NO_x-Emissionen durch verbesserte Abgasreinigungstechniken widerspricht. Dies kann i.W. durch erhöhte NO₂-Direktemissionen im Abgas erklärt werden.

Aktuelle Messungen der Abgasemissionen von Fahrzeugen mit Dieselantrieb und Oxidationskatalysator zeigen ein deutlich anderes NO-NO₂-Verhältnis im primären Abgas als das bisherige von etwa 90:10 bis 95:5. So wurde der Anteil der NO₂-Emission für Diesel-PKW zwischen 22 % und 75 %, für LKW zwischen etwa 13 % und 66 % der NO_x-Emission bestimmt. Mit vermehrtem Einsatz von Dieselfahrzeugen mit Oxidationskatalysatoren ist daher eine erhöhte Direktemission von NO₂ verbunden. In Straßenschluchten wurde der Anteil der NO₂-Immissionen durch den Direktemissionsanteil auf etwa 25 bis 30 % abgeschätzt. Trotz zurückgehender NO_x-Emissionen haben somit die fahrzeugspezifischen NO₂-Emissionen der Diesel-PKW zwischen Euro 1 und Euro 4 stetig zugenommen, erst mit Einführung der Grenzwertstufen Euro 5 und Euro 6 sind Abnahmen der NO₂-Emissionen zu erwarten [43].

Im aktuellen „Handbuch Emissionsfaktoren“ 3.3 sind auch Angaben zu den NO₂-Emissionen im Abgas enthalten. Für das Bezugsjahr 2025 beträgt der Anteil der NO₂-Direktemission am gesamten NO_x-Emissionsfaktor für PKW etwa 29 % bis 30 %, für leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t (LNF) etwa 31 % und für schwere Nutzfahrzeuge (SNF) etwa 18 % bis 25 % (s. Anlage 3.3.1). Für o.g. Fahrzeugarten ist daher gegenüber früheren Ansätzen von einer erhöhten NO₂-Direktemission auszugehen.

Für den Schienenverkehr mit Dieseltraktion sind demgegenüber keine anderen NO₂-Anteile zu erwarten.

6.3.2 Umwandlungsmodelle

Für die Abschätzung der Stickstoffdioxid-Immissionen stehen verschiedene Modellansätze zur Verfügung:

- **Romberg:** Im straßennahen Bereich wurde der Anteil der Stickstoffdioxid-Immissionen aus den gesamten Stickstoffdioxidbelastungen (Summe aus NO und NO₂) bisher überwiegend durch einen aus Naturmessdaten abgeleiteten statistischen Zusammenhang nach Romberg [40] durchgeführt. Eine Anpassung der obigen Formeln an sehr hohe Immissionen erfolgte durch Bächlin [44].
- **Vereinfachtes chemisches Modell:** Mittlerweile liegen Veröffentlichungen zu einem vereinfachten chemischen Umwandlungsmodell zur NO-NO₂-Konversion vor [45]/[46], das für die Anwendung geeignet erscheint und zu plausiblen Ergebnissen führt. Als wesentliche Parameter sind die Hintergrundbelastungen für NO_x, NO₂ und Ozon sowie der Anteil an NO₂-Direktmissionen im Abgas zu verwenden. Dabei werden die Hintergrundbelastungen für NO_x und NO₂ unabhängig voneinander verwendet, da im NO_x auch der Anteil an NO enthalten ist. Darüber hinaus kann zwischen Freifeld und Straßenschlucht unterschieden werden (Wahl der Zeitkonstante).

Grundsätzlich ist festzustellen, dass das chemische Modell gegenüber der Romberg-Konversion weitere Parameter enthält (Hintergrundbelastungen für NO und Ozon). Damit hat man mehr Freiheitsgrade, so dass eine bessere Übereinstimmung mit Messwerten grundsätzlich leichter zu erzielen ist. Auf der anderen Seite sind die Hintergrundbelastungen für NO, NO₂ und Ozon nicht willkürlich wählbar, sondern durch repräsentative Messwerte gegeben. Eine gewisse Variationsbreite ist jedoch auch hier gegeben.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass das vereinfachte chemische Modell die Situation bei niedrigen Konzentrationen leicht überschätzt. Sofern keine verkehrsbedingte Zusatzbelastung vorhanden ist, müsste sich die NO₂-Hintergrundbelastung ergeben. Das vereinfachte chemische Modell ergibt jedoch in diesem Fall eine NO₂-Belastung, die etwas oberhalb der tatsächlichen Hintergrundbelastung liegt.

- **Konversionsformel LLUR (Schleswig-Holstein):** Aktuelle Messungen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein zeigen, dass die Romberg-Konversion nicht ganz zutrifft. Hier liegen die Messergebnisse unterhalb der Auswertekurve nach Romberg. Aus diesem Grund wurde vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR) eine aus den Messergebnissen abgeleitete NO_x/NO₂-Umrechnungsformel entwickelt, welche in der vorliegenden Untersuchung zugrunde gelegt wird [50]. Diese stellt für Schleswig-Holstein die beste aktuelle Näherung dar.

Die Umrechnung erfolgt gemäß folgender Formel:

$$[NO_2] = 2,7239 \cdot [NO_x]^{0,5856}$$

6.4 Hintergrundbelastung

Als Hintergrundbelastungen werden diejenigen Immissionen bezeichnet, die ohne den Emissionsbeitrag der im Modell berücksichtigten Quellen vorhanden sind.

Zur Einschätzung der Luftschadstoffbelastungen wurden aktuelle Messwerte an vergleichbaren Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein zugrunde gelegt [49]. Eine Zusammenstellung aktueller Messwerte findet sich in der Anlage 7.

Im vorliegenden Fall befindet sich das Untersuchungsgebiet teilweise in der Nähe von Ortschaften und teilweise im ländlichen Bereich. Zur sicheren Seite werden Hintergrundbelastungen in der Größenordnung angenommen, die mit dem städtischen Hintergrund von Lübeck und Neustadt vergleichbar sind. In ländlichen Bereichen sind geringere Hintergrundbelastungen zu erwarten.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird dementsprechend von folgenden Hintergrundbelastungen ausgegangen:

- NO₂ (Jahresmittelwert): 15 µg/m³;

- NO_x (Jahresmittelwert): 18,5 µg/m³;
- Feinstaub PM₁₀ (Jahresmittelwert): 20 µg/m³;
- Feinstaub PM_{2,5} (Jahresmittelwert): 13 µg/m³;
- Benzol (Jahresmittelwert): 1,0 µg/m³.

Die berechneten Schadstoff-Konzentrationen, die sich durch die im Modell berücksichtigten Schienenwege und Straßenabschnitte ergeben, werden „Zusatzbelastungen“ genannt. Für den Fall, dass die Hintergrundbelastungen mit eingerechnet wurden, wird von „Gesamtbelastungen“ gesprochen.

In der vorliegenden Untersuchung wird von dem konservativen Ansatz ausgegangen, dass die Hintergrundbelastung im Wesentlichen konstant bleibt. Tatsächlich ist jedoch zu erwarten, dass aufgrund emissionsmindernder Maßnahmen zur flächendeckenden Einhaltung der Grenzwerte der 39. BImSchV in den kommenden Jahren eine Abnahme der großräumigen Hintergrundbelastungen zu erwarten ist. Diese Abnahme ist jedoch schwer quantifizierbar, so dass diese im Folgenden zur sicheren Seite nicht eingerechnet wird.

Weitere Luftschadstoffkomponenten wie z.B. Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Blei sind für eine Bewertung der schienen- und straßenverkehrsbedingten Immissionen im Freien nicht bzw. nicht mehr relevant.

6.5 Gesamtbelastungen (Betrieb)

6.5.1 Allgemeines

Zur Bewertung der Luftschadstoffsituation wurden die Gesamtbelastungen aus dem Schienen- und Straßenverkehr entlang der Schienenstrecke berechnet, insbesondere um die Überlagerung der Immissionen zu beurteilen. Dabei wurde neben der Schienenstrecke das maßgebende Straßenverkehrsnetz einbezogen. Die berücksichtigten Quellen sind in den Übersichtsplänen der Anlage 1 dargestellt.

Weitere Quellen im Untersuchungsgebiet tragen kaum zu den Gesamtemissionen in diesem Bereich bei oder sind hinreichend weit entfernt, so dass sie bei der Immissionsprognose vernachlässigt werden. Dies umfasst weniger befahrene Straßen und Parkplätze sowie Emissionen durch den Hausbrand (betriebliche und private Heizungsanlagen). Indirekt sind die Immissionen der nicht explizit berücksichtigten Quellen in der großräumigen Hintergrundbelastung enthalten.

Die Luftschadstoffimmissionen wurden für die Leitkomponenten des Schienen- und Straßenverkehrs Stickstoffdioxid (NO_x), Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub der Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5} sowie Benzol berechnet. Die Maxima der Gesamtbelastungen für die jeweiligen Schienen- und Straßenabschnitte innerhalb des Rechengebietes sind in der Tabelle 5 dargestellt. Im Bereich dichter Straßenrandbebauung, z.B. in Oldenburg i.H., sind demgegenüber höhere Belastungen nicht auszuschließen. Da dort durch das Planvorhaben jedoch keine relevanten Änderungen zu erwarten sind, kann in diesen Bereichen auf eine Beurteilung verzichtet werden. Eine detaillierte Diskussion der Ergebnisse findet sich in den folgenden Abschnitten.

Grafische Darstellungen in Rasterschadstoffkarten finden sich für die maßgebenden Kenngrößen in der Anlage 8. Aufgrund der sehr geringen Veränderungen wurde auf eine Darstellung von Differenzkarten verzichtet.

Tabelle 5: Maximale Gesamtbelastungen im Untersuchungsgebiet

Schadstoff	Immissionsgrenzwert mit zulässiger Anzahl an Überschreitungen		Luftschadstoffimmissionen bzw. Überschreitungshäufigkeiten (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder Häufigkeiten kursiv)						
			Hintergrund	Planfall 0	Prognose-Planfall		Planfall ROV		
	Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anzahl			Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Differenz	Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Differenz	
NO_x									
Jahresmittelwert	30	—	20,5	26,1	24,0	-2,1	24,0	-2,1	
NO₂									
Jahresmittelwert	40	—	16,0	18,4	17,5	-0,9	17,5	-0,9	
Stundenmittelwert	200	18	1	1	1	0	1	0	
Benzol									
Jahresmittelwert	5	—	1,000	1,020	1,014	-0,006	1,014	-0,006	
PM₁₀									
Jahresmittelwert	40	—	20,0	21,3	22,7	1,4	22,7	1,4	
Tagesmittelwert	50	35	12	14	17	3	17	3	
PM_{2,5}									
Jahresmittelwert	25	—	13,0	13,5	13,7	0,2	13,7	0,2	

6.5.2 Stickoxid-Belastungen (NO_x, Jahresmittelwert)

Zum Schutz der Vegetation wird nach der 39. BImSchV und der TA Luft der NO_x- Jahresmittelwert als Immissionswert angesetzt. Dieser ist beurteilungsrelevant in mehr als 20 km Entfernung von Ballungsräumen bzw. in 5 km Entfernung von anderen bebauten Gebieten oder Straßen.

Im Planfall ist aufgrund der Elektrifizierung der Ausbaustrecke mit einer Abnahme der NO_x-Immissionen zu rechnen.

Der Immissionsgrenzwert von 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird in allen Untersuchungsfällen in den beurteilungsrelevanten Bereichen sicher eingehalten bzw. deutlich unterschritten.

6.5.3 Stickstoffdioxid-Belastungen (NO₂, Jahresmittelwert)

Die NO₂-Belastungen wurden aus den NO_x-Immissionen unter Verwendung der Konversion gemäß LLUR Schleswig-Holstein ermittelt.

Die maximalen Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Belastungen für den Planfall 0 und die Prognose-Planfälle sind in der Tabelle 5 dargestellt. Flächendeckende Ergebnisse für NO₂ zeigen die Rasterkarten in Anlage 8.1.

Zusammenfassend sind folgende Ergebnisse festzuhalten:

- Im Planfall 0 ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu 18,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Nahbereich von Schiene und Straße, wobei diese im Wesentlichen durch den Straßenverkehr bedingt sind. Eine Überschreitung des Grenzwertes ist nicht zu erwarten.
- Im Prognose-Planfall und im Planfall ROV ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu 17,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Nahbereich der Straße. Durch die Elektrifizierung des Schienenverkehrs sind keine weiteren Zusatzbelastungen durch die Schiene zu erwarten. Der zulässige Grenzwert wird weiterhin sicher eingehalten.

- Gegenüber dem Planfall 0 sind nur geringe Abnahmen um bis zu etwa $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu erwarten.
- In Bezug auf den Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind die Belastungen sowohl im Planfall 0 als auch im Prognose-Planfall als mittlere Konzentration (zwischen 25 % und 50 % des Grenzwertes) einzustufen. Veränderungen sind nicht zu erwarten.

6.5.4 Stickstoffdioxid-Belastungen (NO_2 , Stundenmittelwert)

Die NO_2 -Belastungen der Stundenmittelwerte wurden aus dem NO_2 -Jahresmittelwert unter Verwendung der Formel gemäß RLuS 2012 [27] ermittelt.

Die maximalen Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Belastungen für den Planfall 0, den Prognose-Planfall und den Planfall ROV sind in der Tabelle 5 dargestellt. Dementsprechend ist im Planfall 0 mit maximal 2 Stunden im Jahr mit Stundenmittelwerten größer $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu rechnen, im Prognose-Planfall und im Planfall ROV mit maximal 1 Stunde.

6.5.5 Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Jahresmittelwert)

Die Ergebnisse der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen finden sich in der Tabelle 5. Eine flächendeckende Darstellung findet sich in der Anlage 8.2.

Die PM_{10} -Belastungen werden maßgebend durch die großräumige Hintergrundbelastung bestimmt. Die Staubaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr auf der Schiene und den Straßen sind demgegenüber nur von untergeordneter Bedeutung und im Wesentlichen nur im Nahbereich dieser Quellen maßgebend.

Zusammenfassend ist folgendes festzustellen:

- Im Planfall 0 ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu $21,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Nahbereich von Schiene und Straße. Der Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im gesamten Untersuchungsgebiet nicht überschritten.
- Im Prognose-Planfall und im Planfall ROV ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu $22,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Diese zeigen sich ebenfalls entlang Straße und Schiene und werden maßgebend durch die Schiene bestimmt. Grenzwertüberschreitungen sind weiterhin nicht zu erwarten.
- In Bezug auf den Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind die Belastungen im Nahbereich der Quellen im Planfall 0 als leicht erhöhte Konzentration (zwischen 50 % und 75 % des Grenzwertes), im Prognose-Planfall und im Planfall ROV ebenfalls als leicht erhöhte Konzentration (zwischen 50% und 75 % des Grenzwertes) einzustufen.

6.5.6 Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Überschreitungstage)

Neben dem Jahresmittelwert der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen wurde zusätzlich die Anzahl der Tage abgeschätzt, an denen der Tagesmittelwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wird. Die Ergebnisse der entsprechenden Feinstaub(PM_{10})-Belastungen sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Dabei wurde die Formel „bestfit + Sigma“ [47] zugrunde gelegt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die zulässige Anzahl von 35 Tagen mit Grenzwertüberschreitungen sowohl im Planfall 0 mit 14 Überschreitungstagen als auch für den Prognose-Planfall und den Planfall ROV mit bis 17 Überschreitungstagen nicht erreicht wird.

6.5.7 Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Belastungen finden sich in der Tabelle 5. Eine flächendeckende Darstellung zeigt die Anlage 8.3.

Zusammenfassend sind folgende Ergebnisse festzuhalten:

- Im Planfall 0 ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu $13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die nur knapp oberhalb der Hintergrundbelastung liegen. Eine Überschreitung des Grenzwertes von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist nicht zu erwarten.
- Auch im Prognose-Planfall und im Planfall ROV liegen die ermittelten Gesamtbelastungen nur knapp oberhalb der Hintergrundbelastung mit bis zu maximal $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Zunahmen mit $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind nicht relevant.
- In Bezug auf den Immissionsgrenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind die Belastungen sowohl im Planfall 0 als auch im Prognose-Planfall als leicht erhöhte Konzentration (zwischen 50 % und 75 % des Grenzwertes) einzustufen. Relevante Veränderungen sind nicht zu erwarten.

6.5.8 Benzol-Belastungen (Jahresmittelwert)

Weiterhin wurden die Benzol-Belastungen ermittelt. Die Ergebnisse finden sich in der Tabelle 5. Aufgrund der sehr geringen Zusatzbelastungen von deutlich unter $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird auf eine flächenhafte Darstellung verzichtet.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Benzol-Grenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei Weitem nicht erreicht wird. Die Zusatzbelastungen liegen deutlich unterhalb $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Relevante Veränderungen sind nicht zu erwarten.

Bezogen auf den Grenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind die Belastungen im Planfall 0 sowie im Prognose-Planfall und im Planfall ROV als niedrige Konzentration (zwischen 10 % und 25 % des Grenzwertes) einzustufen.

6.6 Gesamtbelastungen (Bauphase)

6.6.1 Allgemeines

Zur Bewertung der Luftschadstoffsituation während der Bauphase wurden die Staubimmissionen entlang der Ausbautrassen berechnet. Dabei wurden zur sicheren Seite die Zusatzbelastungen aus der Bauphase mit den Zusatzbelastungen des Straßenverkehrs im Planfall 0 überlagert, auch wenn die Straßenverkehrsbelastungen des Planfalls 0 während der Bauphase noch nicht erreicht werden sollten. Grafische Darstellungen der Feinstaubbelastungen finden sich in Rasterkarten für die maßgebenden Kenngrößen in der Anlage 9.

Mit dem Betrieb der Baugeräte und der LKW-Fahrten sind weiterhin Abgas-Emissionen von Dieselmotoren (i. W. Stickstoffoxide) verbunden. Aufgrund des hinreichend großen Abstandes zu der nächstgelegenen Wohnbebauung sowie der im Untersuchungsgebiet vorhandenen guten Durchlüftungssituation sind erfahrungsgemäß keine beurteilungsrelevanten Zunahmen der vorhandenen Luftschadstoffimmissionen zu erwarten. Insbesondere ist nicht damit zu rechnen, dass durch den Betrieb der Baustelle Überschreitungen der derzeit geltenden Grenzwerte der 39. BImSchV und der TA Luft hervorgerufen werden. Dies gilt auch im Hinblick auf die zu erwartenden Baustellenverkehre auf dem angrenzenden öffentlichen Straßennetz. Eine weitergehende Betrachtung ist daher nicht erforderlich.

6.6.2 Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert)

Die Ergebnisse der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen können der Schadstoffkarte der Anlage 9.1 entnommen werden.

Es zeigt sich, dass die PM₁₀-Gesamtbelastungen den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich unterschreiten. Lediglich an dem Gebäude Neuschwelbek 3 in Göhl nördlich der Baustraße wird der Immissionsgrenzwert rechnerisch überschritten (Am Bahnhof, Gebäude 1). Für diesen Bereich wird daher empfohlen, Maßnahmen zur Staubminderung umzusetzen. Da die Staubemissionen maßgebend durch den Verkehr auf den Baustraßen bestimmt

werden (vgl. Tabelle 4), stellt eine Befeuchtung der Baustraßen eine hinreichende Minderungsmaßnahme dar.

6.6.3 Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (Überschreitungstage)

Im Hinblick auf die mögliche Anzahl von Tagen, an denen der Tagesmittelwert der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen von 50 µg/m³ überschritten wird, ist Folgendes festzustellen:

Bereits in unmittelbarer Nähe zum Rand der jeweiligen Baufelder und Baustraßen liegen die PM₁₀-Gesamtbelastungen des Jahresmittelwertes unterhalb von 29 µg/m³. Somit ist damit zu rechnen, dass die zulässige Anzahl 35 Überschreitungstagen in allen schutzbedürftigen Bereichen im gesamten Untersuchungsgebiet sicher eingehalten wird (vgl. Abbildung 1).

Lediglich in einigen Bereichen, wo Wohnbebauung dicht an den Baustraßen liegt, sind Gesamtbelastungen oberhalb 29 µg/m³ nicht auszuschließen. Dies betrifft folgende Grundstücke:

- Göhl, Neuschwelbek 2;
- Göhl, Neuschwelbek 3.

Für diese Bereiche wird daher empfohlen, Maßnahmen zur Staubminderung (Befeuchtung der Baustraßen) umzusetzen.

6.6.4 Feinstaub(PM_{2,5})-Belastungen (Jahresmittelwert)

Die Ergebnisse der Feinstaub(PM_{2,5})-Belastungen sind flächendeckend in den Schadstoffkarten der Anlage 9.2 dargestellt.

In allen beurteilungsrelevanten Bereichen wird der zulässige Grenzwert von 25 µg/m³ deutlich unterschritten.

6.7 Qualität der Prognose

Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung verwendeten Ansätze liegen auf der sicheren Seite. Hinsichtlich der Belastungen, Emissionsfaktoren und Hintergrundbelastungen wurden konservative Ansätze verwendet, so dass eine Überschreitung der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelten Gesamtbelastungen nicht zu erwarten ist.

Vielmehr ist mit der vorliegenden Methodik davon auszugehen, dass die tatsächlichen Verhältnisse tendenziell überschätzt werden. Dies zeigt sich durch einen Vergleich von Ergebnissen aus vorhergehenden Immissionsprognosen im Rahmen anderer Projekte mit tatsächlichen Messwerten der Luftüberwachung Schleswig-Holstein.

Das Modell PROKAS genügt den Anforderungen gemäß der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1 [35]. Die statistischen Unsicherheiten bei der Ausbreitungsberechnung mit PROKAS wurden für die Jahresmittelwerte zu maximal ± 20 % ermittelt [36]. Die Qualitätsziele der 39. BImSchV werden eingehalten.

7 Zusammenfassung und Beurteilung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Luftschadstoffimmissionen durch den Bau und den Betrieb der Schienenanbindung zur Festen Fehmarnbeltquerung im Bereich der geplanten Trasse prognostiziert und die Veränderungen gegenüber dem Planfall 0 ermittelt. Dabei wurde neben dem Schienenverkehr auch das maßgebende Straßenverkehrsnetz einbezogen.

Für die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen wurden die aktuellen Grenz- und Immissionswerte herangezogen, insbesondere die Werte der aktuellen Fassung der 39. BImSchV. Es wurden die für den Schienen- und Straßenverkehr maßgeblichen Leitkomponenten Stickoxide, Stickstoffdioxid, Feinstaub der Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5} sowie Benzol betrachtet.

Die Berechnung erfolgte mit dem Gaußschen Linienquellenmodell PROKAS, das für die Betrachtung von großräumigen Verkehrsnetzen geeignet ist. Dabei wurden die teilweise vorhandenen bzw. geplanten Dammlagen berücksichtigt. Die großräumigen Hintergrundbelastungen wurden auf Grundlage aktueller Messwerte der Luftüberwachung Schleswig-Holstein abgeschätzt.

Emissionsseitig werden im Planfall 0 die Gesamtemissionen nahezu aller Luftschadstoffe durch den Straßenverkehr maßgebend bestimmt. Dies ist insbesondere für die Kohlendioxidemissionen der Fall. Im Prognose-Planfall und im Planfall ROV sind für die Schadstoffkomponenten NO_x, Benzol und Kohlendioxid Abnahmen zu erwarten, da die Abgasemissionen der elektrifizierten Ausbaustrecke entfallen. Für die Stickstoffoxide NO_x ist mit Abnahmen der Gesamtemissionen um etwa 35 %, für die gesamten Benzolemissionen um etwa 29 % zu rechnen. Für Kohlendioxid betragen die Abnahmen lediglich etwa 3 %, da der Straßenverkehr bestimmend ist. Die Feinstaubemissionen aus dem Schienenverkehr der Größenklasse PM₁₀ nehmen dagegen zu, da Abrieb und Aufwirbelung gegenüber den Abgasemissionen bestimmend sind. Höhere Emissionen durch den Schienengüterverkehr führen daher zu Zunahmen der PM₁₀-Gesamtemissionen um etwa 110 % bis 115 %. Für die Feinstaubemissionen der Größenklasse PM_{2,5} ist demgegenüber der Anteil aus Abrieb und Aufwirbelung gegenüber den wegfallenden Abgasemissionen geringer, so dass gegenüber dem Planfall 0 nur Zunahmen der PM_{2,5}-Gesamtemissionen um etwa 37 % bis 38 % zu erwarten sind.

Immissionsseitig ergeben sich für die NO₂-Gesamtbelastung geringe Abnahmen von unter 1 µg/m³ aufgrund der Elektrifizierung des Schienenverkehrs. Zunahmen gegenüber dem Planfall 0 sind nicht zu erwarten. Für die PM₁₀-Gesamtbelastungen zeigen sich im Nahbereich mit ausgebauter Schienentrasse Zunahmen von bis zu etwa 1 µg/m³. Für die Schadstoffkomponente PM_{2,5} ist nur mit Zunahmen von 0,2 µg/m³ zu rechnen. Aufgrund der vernachlässigbar geringen Zusatzbelastung treten bei Benzol keine Unterschiede auf.

Insgesamt ist festzustellen, dass für alle untersuchten Schadstoffkomponenten die derzeit geltenden Grenz- und Immissionswerte zum Schutz des Menschen an allen maßgeblichen Immissionsorten im Prognose-Planfall eingehalten werden.

Die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen und der Auswirkungen durch die geplanten Maßnahmen kann im Rahmen der UVS neben der Prüfung auf Einhaltung der Grenzwerte auch anhand von pauschalen Bewertungsstufen erfolgen, die in Bezug auf die jeweiligen Immissionsgrenzwerte definiert sind. Die Gesamtbelastungen sind an den maßgeblichen Immissionsorten im Planfall 0 je nach Schadstoffkomponente als niedrige bis leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen. Bei den PM₁₀-Gesamtbelastungen ist eine Veränderung der Einstufung nicht auszuschließen, da die Gesamtbelastungen im Planfall 0 knapp unterhalb der Schwelle zur nächst höheren Klasse liegen. Für die anderen Schadstoffe sind keine Veränderungen zu erwarten.

Ergänzend ist anzumerken, dass in der vorliegenden Untersuchung von dem konservativen Ansatz ausgegangen wurde, dass die großräumige Hintergrundbelastung konstant bleibt. Tatsächlich ist jedoch zu erwarten, dass aufgrund emissionsmindernder Maßnahmen zur flächendeckenden Einhaltung der Grenzwerte der 39. BImSchV und weiterer Abnahmen der Abgasemissionen des Straßenverkehrs in den kommenden Jahren eine Abnahme der großräumigen Hintergrundbelastungen zu erwarten ist. Insgesamt ist zu erwarten, dass die tatsächlichen Gesamtbelastungen geringer ausfallen werden als hier dargestellt.

Für die Beurteilung der Bauphase ist festzustellen, dass nur im Nahbereich der Baustelle relevante Zunahmen der Staubimmissionen zu erwarten sind. Überwiegend werden auch bei Betrieb der Baustelle die derzeit geltenden Grenzwerte der 39. BImSchV und der TA Luft eingehalten.

Lediglich an einem Gebäude in Göhl nördlich der Baustraße wird der Immissionsgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Jahresmittelwert der PM_{10} -Gesamtbelastungen rechnerisch überschritten (Neuschwelbek 3). Für diesen Bereich wird daher empfohlen, Maßnahmen zur Staubminderung umzusetzen. Da die Staubemissionen maßgebend durch den Verkehr auf den Baustraßen bestimmt werden, stellt eine Befeuchtung der Baustraßen eine hinreichende Minderungsmaßnahme dar.

Im Hinblick auf die Tagesmittelwerte ist festzustellen, dass die PM_{10} -Gesamtbelastungen des Jahresmittelwertes überwiegend unterhalb von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Somit ist damit zu rechnen, dass die zulässige Anzahl von 35 Überschreitungstagen dort eingehalten wird. Lediglich in einem kleinen Teilbereich in Göhl, wo Wohnbebauung dicht an der Baustraße liegt, sind höhere Gesamtbelastungen nicht auszuschließen. Auch hier sind daher Maßnahmen zur Staubminderung (Befeuchtung der Baustraßen) erforderlich.

Zusammenfassend werden in folgenden Bereichen Maßnahmen zur Staubminderung (Befeuchtung der Baustraßen) empfohlen:

- Baustraße im Bereich der Ortslage Göhl, Neuschwelbek.

Sofern während der Arbeiten besonders trockenes Wetter herrscht und eine sichtbare Staubentwicklung zu beobachten ist, wird darüber hinaus empfohlen, die Staubemissionen durch Befeuchten auch auf den weiteren Baustraßen und den Lagerflächen zu begrenzen (Stand der Technik).

Bei der abschließenden Beurteilung der Bauphase ist zu beachten, dass in der vorliegenden Untersuchung alle maßgebenden Vorgänge zur sicheren Seite innerhalb desselben Kalenderjahres angenommen wurden. Sofern sich diese Arbeiten auf zwei oder mehr Jahre verteilen, liegen die Jahresmittelwerte deutlich niedriger und damit auch die pro Jahr zu erwartende Anzahl von Überschreitungstagen der Tagesmittelwerte.

Insgesamt ist der Betrieb der Baustelle im Hinblick auf die Luftschadstoffimmissionen unter Berücksichtigung der obigen Maßnahmen mit dem Schutz der angrenzenden Bebauung verträglich.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass aus lufthygienischer Sicht das geplante Vorhaben den obigen Ergebnissen entsprechend mit dem Schutz der angrenzenden Nutzungen verträglich ist.

Bargteheide, 15. Dezember 2019



Dipl.-Phys. Dr. Bernd Burandt
Geschäftsführender Gesellschafter
LAIRM CONSULT GmbH



Dipl.-Phys. Dr. Olaf Peschel
Projektingenieur
LAIRM CONSULT GmbH

8 Quellen

Gesetze, Verwaltungsvorschriften und Richtlinien

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 8. April 2019 (BGBl. I S. 432);
- [2] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Oktober 2016 (BGBl. I S. 2244);
- [3] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511);
- [4] Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 21. Mai 2008 (ABl. EG vom 11.06.2008 Nr. L 152 S. 1);
- [5] Kalmbach, S., Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 5.Auflage, 2004;
- [6] Hansmann, K., TA Luft, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Kommentar, Verlag C. H. Beck, München, 2. Auflage, 2004;
- [7] Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992, Landesamt für Umweltschutz, Karlsruhe;

Emissionsermittlung

- [8] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3, Umweltbundesamt (UBA) Berlin, BUWAL Bern, UBA Wien, erstellt durch INFRAS AG Bern, April 2017;
- [9] MOBILEV, Maßnahmenorientiertes Berechnungsinstrumentarium für die lokalen Schadstoff-Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs, Software, Version 2.4, TÜV Automotive GmbH, Ingenieurzentrum Herzogenrath (vormals FIGE), im Auftrag des Umweltbundesamtes, August 1999;
- [10] Steven, H., Maßnahmenorientiertes Berechnungsinstrumentarium für die lokalen Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs, Proceedings, 438. Seminar „Handbuch Emissionsfaktoren, Immissionsberechnung nach § 40.2 Abs. 2 BImSchG“, Block II am 19./20.09.1996, TU Berlin;
- [11] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Mai 1999;
- [12] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Januar 2010;
- [13] Compilation of air pollutant emission factors, Vol. 1: Stationary point and area sources, 4th edition, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Mobile Sources, (1985);
- [14] Compilation of air pollutant emission factors, Vol. 1: Stationary point and area sources, 5th edition, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning & Standards (1995, kontinuierlich aktuelle Fortschreibungen);
- [15] Lohmeyer aktuell, Ausgabe Nr. 3, Mai 2000, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe;

- [16] Validierung von PM₁₀-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Juni 2001;
- [17] Quantifizierung der PM₁₀-Emissionen durch Staubaufwirbelung und Abrieb von Straßen auf Basis vorhandener Messdaten, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Februar 2003;
- [18] Düring, I und Lohmeyer, A.: Modellierung nicht motorbedingter PM₁₀-Emissionen von Straßen, Kommission zur Reinhaltung der Luft, Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe, 10./11. November 2004, VDI, Düsseldorf;
- [19] Düring, I., Lohmeyer, A. und Schmidt, W: Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs, im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH, Juni 2011, Karlsruhe;
- [20] Bretschneider, D. und Düring, I.: Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM_{2,5} in Sachsen, Sachstandsbericht vom 30.10.2009, unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg;
- [21] Düring, I., Nitzsche, E., Moldenhauer, A., Stockhause, M. und Lohmeyer, A.: Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen, Ingenieurbüro Lohmeyer unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg, November 2004, Karlsruhe;
- [22] Möglichkeiten zur Minderung von Diesellok-Emissionen, Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Referat 33, Karlsruhe, Oktober 2002;
- [23] PM₁₀-Emissionen des Verkehrs, Statusbericht Teil Schienenverkehr, BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2002;
- [24] Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz, Aktualisierung für das 2000, Bundesamt für Raumentwicklung;
- [25] Pregger, T., Ermittlung und Analyse der Emissionen und Potenziale zur Minderung primärer anthropogener Feinstäube in Deutschland, Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, 2006;
- [26] Feinstaubemissionen durch Abrieb an Schienenstrecken, Vergleich mit Emissionsfaktoren aus Messwerten an Bestandsstrecken, Abstimmung mit Herrn Löchter, DB Umwelt, Deutsche Bahn AG, 28. Juni 2016:

Immissionsberechnung

- [27] Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, RLuS 2012, Ausgabe 2012, PC-Berechnungsverfahren, Version 1.4, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;
- [28] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 6/2005, vom 12. April 2005;
- [29] Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen, RLS-90, Ausgabe 1990;
- [30] PROKAS, Ausbreitungsmodell für verkehrsbedingte Immissionen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Version 6.6.1.2;
- [31] STREET, Screening Modell, TÜV Energie und Umwelt GmbH, Filderstadt, 1996;
- [32] MISKAM, Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell, Dr. J. Eichhorn, Arbeitsgruppe Stadtklima, Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz;
- [33] Programmsystem inkl. der Module PROKAS/PROKAS _B, MISKAM und WINMISK, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;

- [34] AUSTAL2000, Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz, UFOPLAN Forschungskennzahl 200 43 256, Ingenieurbüro Janicke, Dunum, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin;
- [35] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung, Dezember 2001;
- [36] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 8: Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen, Entwurf, März 1998, aus formalen Gründen ersatzlos zurückgezogen;
- [37] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Anlagenbezogener Immissionsschutz, Januar 2010;
- [38] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 14: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Kraftfahrzeugbedingte Immissionen, August 2013;
- [39] Flassak, T., Bächlin, W., Bösing, R., Blazek, R., Schädler, G. und Lohmeyer, A.: Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase – Sensitivitätsanalyse, Forschungsbericht Forschungszentrum Karlsruhe (FZKA), Förderkennzeichen 2 95 003 (PEF), 1996;
- [40] Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R. und Röth, E.: NO-NO₂-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 56, 215/218, 1996;
- [41] Screening aktueller Kfz-Abgasmessungen in Hinblick auf den Anteil von NO₂ an den NO_x-Emissionen, ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg, Heidelberg, Dezember 2004;
- [42] Lohmeyer aktuell, NO-NO₂-Umwandlungsmodell, Überprüfung anhand neuerer Messwerte, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Ausgabe Nr. 14, Dezember 2005;
- [43] Gögen, R. und Lamprecht, U., „Hohe Stickstoffdioxidbelastungen – Können die NO₂-Luftqualitätsgrenzwerte im Jahr 2010 eingehalten werden?“, Immissionsschutz, Heft 1, 2008;
- [44] W. Bächlin et al.: „Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Romberg-Formel“, im Auftrag vom Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Dezember 2007;
- [45] Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A. und Wurzler, S.: „Update of the Romberg-Approach and Simplified NO/NO₂ Conversion Model under Consideration of Direct NO₂-Emissions, 13th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Paris, 2010;
- [46] Düring, I., Bächlin, W., Dünnebeil, F., Ellner, H., Friedrich, U., Schäfer, L. und Schönefeld, T.: „Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg von 1997 bis 2020“, Immissionsschutz, Heft 3, 2010;
- [47] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), I. Düring, R. Bösing, A. Lohmeyer: PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der BAB A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen, Verkehrstechnik Heft V 125, 2005;
- [48] Partikelemissionen des Straßenverkehrs, Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“, UMK (2004);
- [49] Immissions-Überwachung der Luft in Schleswig-Holstein, Staatliches Umweltamt Itzehoe, Messberichte und aktuelle Messergebnisse im Internet verfügbar (<http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/>), zuletzt abgerufen am 25.06.2017;
- [50] Untersuchung zur Anpassung von Emissions-Immissions-Matrizes am Standort Kiel Theodor-Heuss-Ring, LAIRM CONSULT GmbH, im Auftrag des Landesamtes für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) Schleswig-Holstein, 06. Dezember 2012;

- [51] Ausbreitungsklassenstatistik für die Station 101540 (Dahmeshöved), Zeitraum 2007 bis 2011, meteomedia GmbH, geliefert von ArguSoft GmbH & Co. KG, Brühl, 25. Mai 2012;

Sonstige projektbezogene Quellen und Unterlagen

- [52] Gesetz zu dem Vertrag vom 3. September 2008 zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark über eine Feste Fehmarnbeltquerung, (BGBl. II Nr. 25 vom 23. Juli 2009, S. 799);
- [53] Kartengrundlage: Digitale Flurkarten (DTK25, Maßstab 1:25.000 und DTK5, Maßstab 1.5.000), Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein;
- [54] Zugzahlen für Planfall 0 und Planfall 1, Bezugsjahr 2030, DB Netze, 21. November 2017;
- [55] Ergebnisse der allgemeinen Straßenverkehrszählung 2005-2015, Bundesanstalt für Straßenwesen;
- [56] Verkehrsuntersuchung ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Hinterlandanbindung FBQ), PTV Transport Consult GmbH, im Auftrag von DB Engineering & Consulting GmbH, Region Nord, Stand Juli 2017;
- [57] Informationen gemäß Ortstermin mit Fotodokumentation, LAIRM CONSULT GmbH, Oktober 2016.

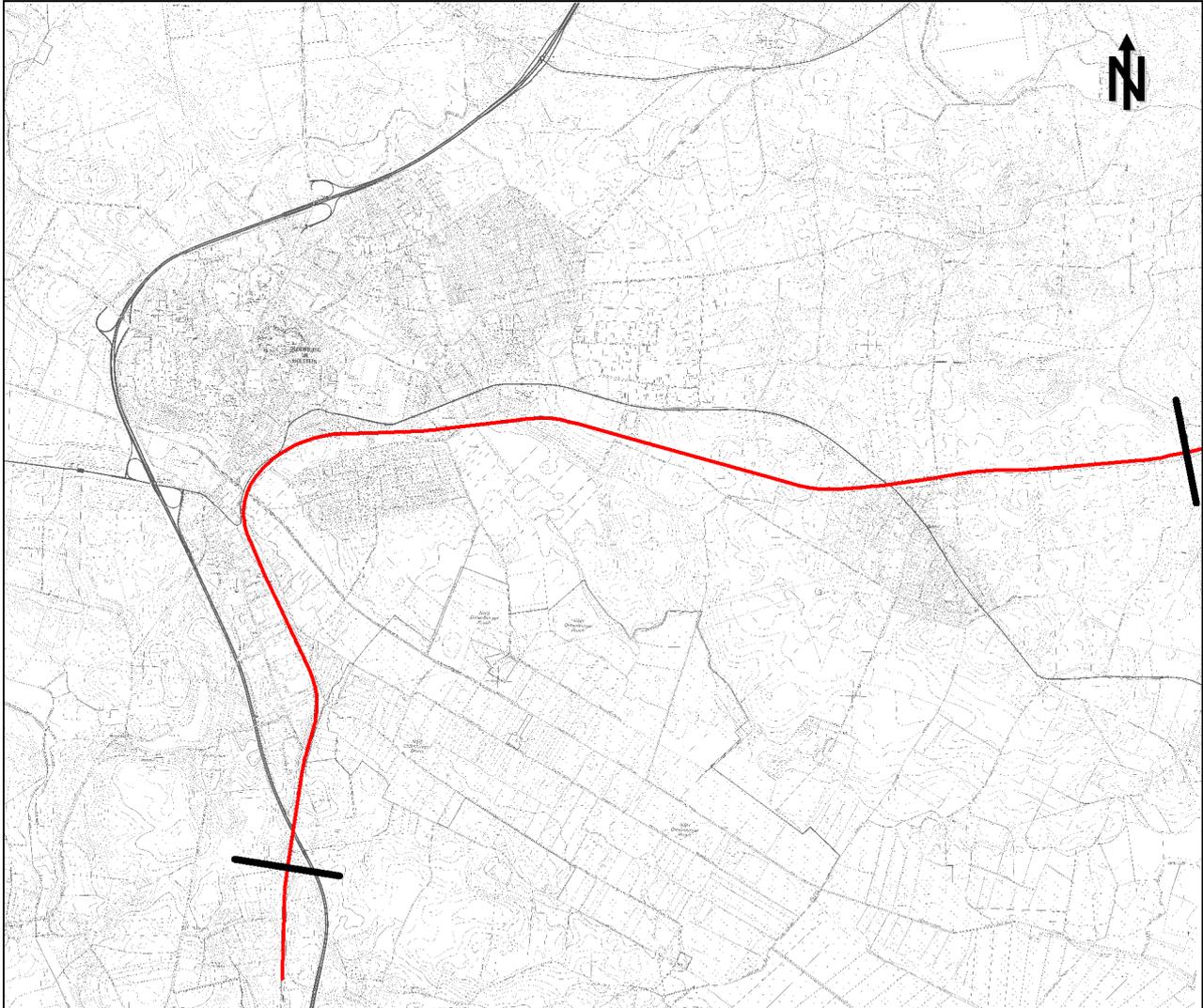
9 Anlagen

Anlage 1	Übersichtslagepläne, Maßstab 1:40.000
Anlage 1.1	Planfall 0
Anlage 1.2	Prognose-Planfall
Anlage 1.3	Planfall ROV
Anlage 1.4	Maßgebendes Straßennetz
Anlage 1.5	Emissionsquellen Bauphase
Anlage 2	Emissionen des Schienenverkehrs
Anlage 2.1	Verkehrsbelastungen
Anlage 2.1.1	Planfall 0
Anlage 2.1.2	Prognose-Planfall
Anlage 2.1.3	Planfall ROV
Anlage 2.2	Basis-Emissionsfaktoren
Anlage 2.2.1	Abgas (Dieseltraktion)
Anlage 2.2.2	Staubabrieb und Staubaufwirbelung
Anlage 2.3	Emissionsfaktoren je Zug
Anlage 2.3.1	Planfall 0
Anlage 2.3.2	Prognose-Planfall
Anlage 2.3.3	Planfall ROV
Anlage 2.4	Gesamtemissionen pro Jahr
Anlage 2.4.1	Planfall 0
Anlage 2.4.2	Prognose-Planfall
Anlage 2.4.3	Planfall ROV
Anlage 3	Emissionen des Straßenverkehrs
Anlage 3.1	Verkehrsbelastungen
Anlage 3.2	Verkehrssituationen
Anlage 3.3	Basis-Emissionsfaktoren
Anlage 3.3.1	Kfz-Abgase
Anlage 3.3.2	Staubaufwirbelung Feinstaub PM ₁₀
Anlage 3.3.3	Staubaufwirbelung Feinstaub PM _{2,5}
Anlage 3.4	Emissionsfaktoren je Kfz
Anlage 3.5	Gesamtemissionen pro Jahr
Anlage 4	Staubemissionen während der Bauphase
Anlage 4.1	Schüttgutumschlag
Anlage 4.1.1	Basis-Emissionsfaktoren für den Umschlag von Schüttgütern
Anlage 4.1.2	Emissionsfaktoren und Korngrößenverteilung für den Bodenumschlag
Anlage 4.2	Basis-Emissionsfaktoren für den LKW-Verkehr auf unbefestigten Straßen
Anlage 4.3	Basis-Emissionsfaktoren für die Abwehung von Halden
Anlage 4.4	Emissionen je LKW Bezugsgröße 30 t bzw. Brecher 200 t
Anlage 4.5	Normierte Emissionsfaktoren (Bezugsgröße 1 m ³ bzw. 1,5 t (Böden) bzw. 1,9 t (Gleisschotter)
Anlage 4.6	Ermittlung der längenbezogenen Emissionsfaktoren
Anlage 4.7	Emissionsfaktoren und Gesamtemissionen
Anlage 5	Berücksichtigung von Straßenlage und Lärmschutzanlagen mit PROKAS (aus [36])
Anlage 6	Ausbreitungsklassenstatistik
Anlage 6.1	Windrichtungsverteilung im Jahresmittel
Anlage 6.2	Verteilung der Ausbreitungsklassen
Anlage 7	Zusammenstellung vorhandener Messdaten

Anlage 8	Luftschadstoffrasterkarten (Betrieb), Maßstab 1:15.000
Anlage 8.1	Stickstoffdioxid(NO ₂)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
Anlage 8.1.1	Planfall 0, Gesamtbelastungen
Anlage 8.1.2	Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen
Anlage 8.1.3	Planfall ROV, Gesamtbelastungen
Anlage 8.2	Feinstaub(PM ₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
Anlage 8.2.1	Planfall 0, Gesamtbelastungen
Anlage 8.2.2	Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen
Anlage 8.2.3	Planfall ROV, Gesamtbelastungen
Anlage 8.3	Feinstaub(PM _{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
Anlage 8.3.1	Planfall 0, Gesamtbelastungen
Anlage 8.3.2	Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen
Anlage 8.2.3	Planfall ROV, Gesamtbelastungen
Anlage 9	Luftschadstoffrasterkarten (Bauphase), Maßstab 1:25.000
Anlage 9.1	Feinstaub(PM ₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
Anlage 9.2	Feinstaub(PM _{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)

Anlage 1 Übersichtslagepläne

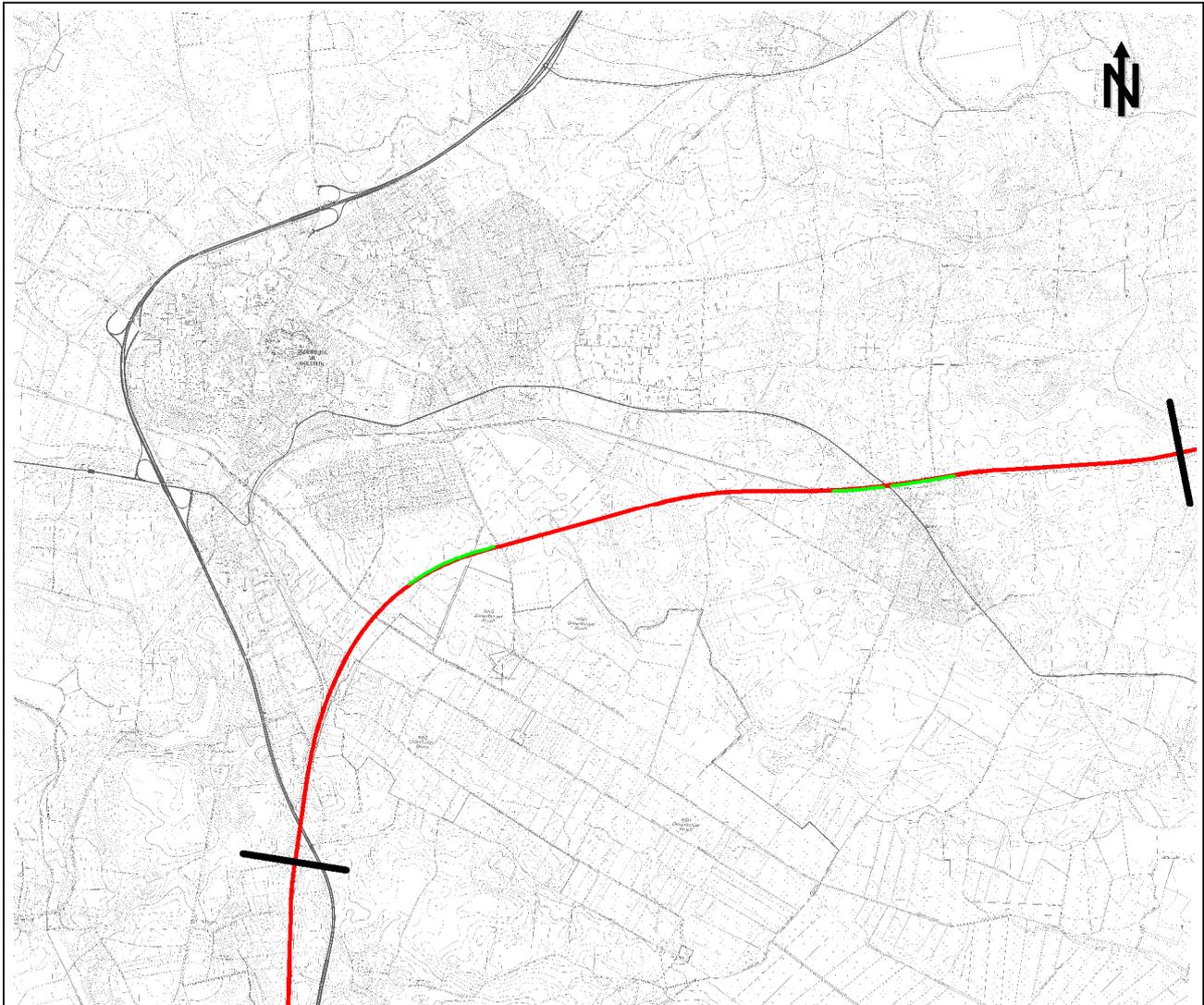
Anlage 1.1 Planfall 0



Schienenstrecken: rote Linien
Abschnittsende: schwarze Linien
Lärmschutzwände: grüne Linien

Maßstab 1:40.000

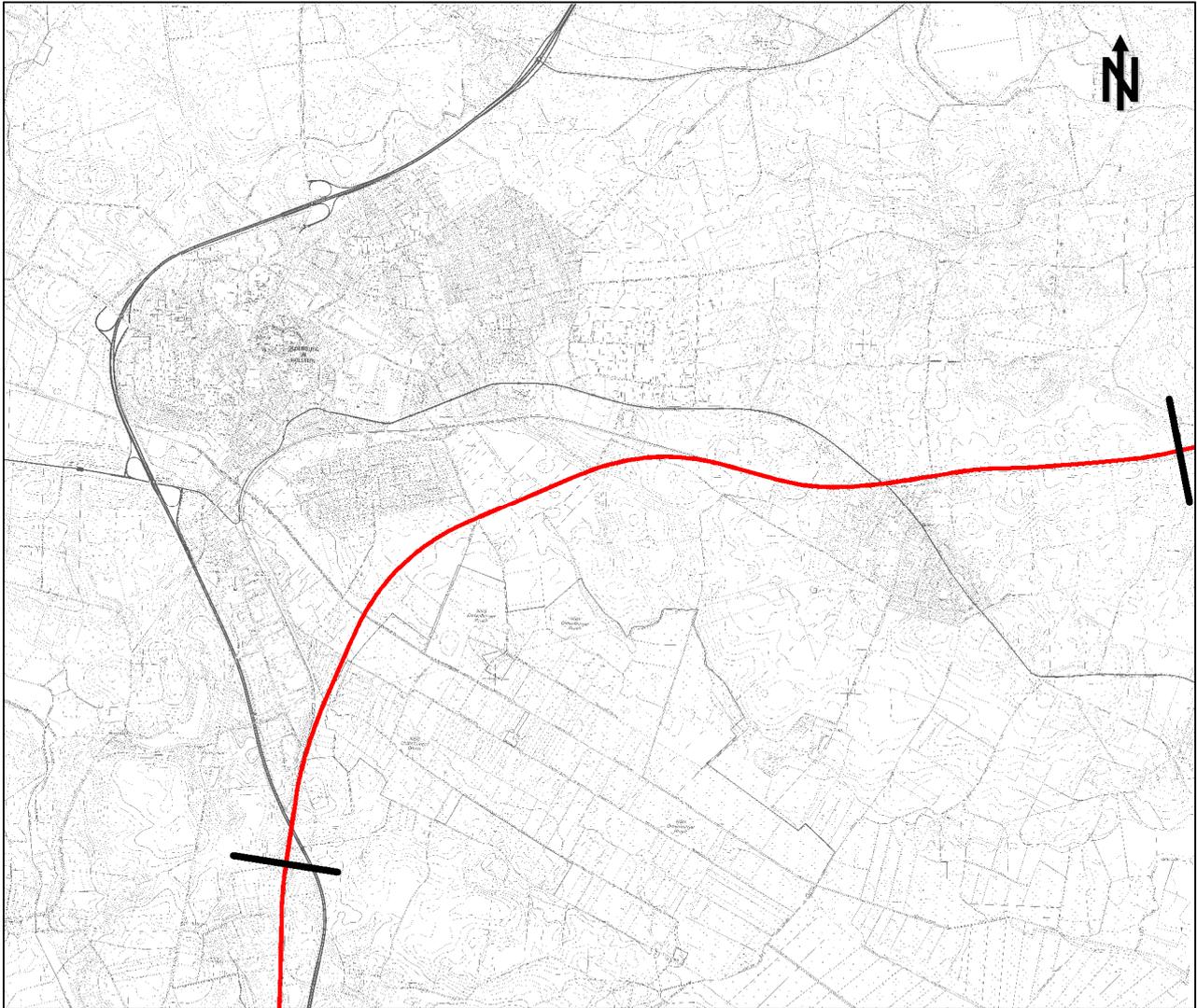
Anlage 1.2 Prognose-Planfall



Schienenstrecken: rote Linien
Abschnittsende: schwarze Linien
Lärmschutzwände: grüne Linien (Lärmschutzkonzept)

Maßstab 1:40.000

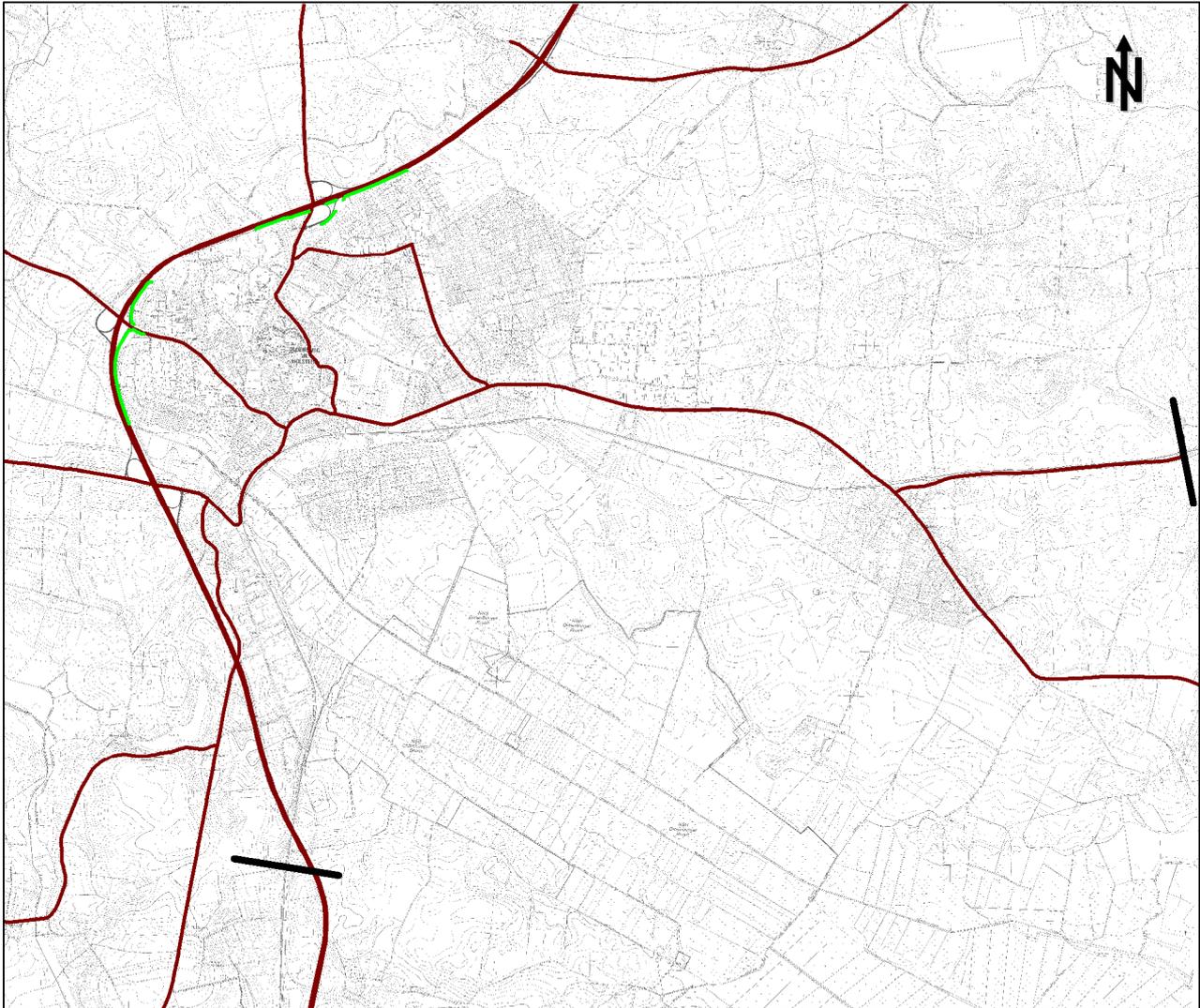
Anlage 1.3 Planfall ROV



Schienenstrecken: rote Linien
Abschnittsende: schwarze Linien
Lärmschutzwände: grüne Linien

Maßstab 1:40.000

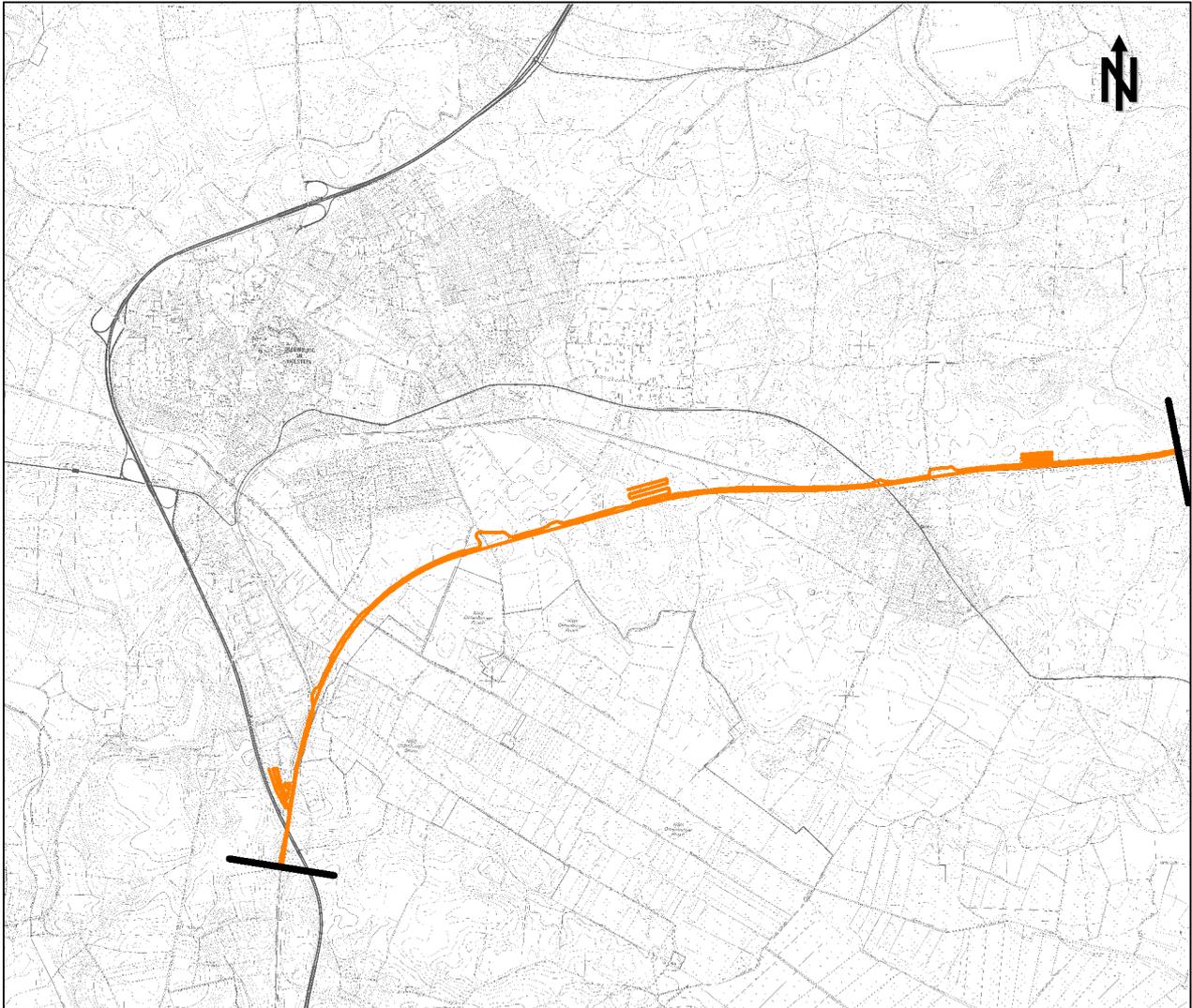
Anlage 1.4 Maßgebendes Straßenverkehrsnetz



Straßenabschnitte: braune Linien
Abschnittsende: schwarze Linien
Lärmschutzwände: grüne Linien

Maßstab 1:40.000

Anlage 1.5 Emissionsquellen Bauphase



Baufelder und Baustraßen: orange Linien
Abschnittsende: schwarze Linien

Maßstab 1:40.000

Anlage 2 Emissionen des Schienenverkehrs

Anlage 2.1 Verkehrsbelastungen

Anlage 2.1.1 Planfall 0

Sp	1	2	3	4	5	6	7
Ze	Kürzel	Streckenabschnitt	Zugzahlen 2030				
			Dieseltraktion			Elektrotraktion	
			Personenzüge		Güter- züge	Perso- nenzüge	Güter- züge
			Trieb- wagen	Strecken- lokom.			
<i>Planfall 0</i>							
1	p0sch01	1100, Bestandsgleis, eingleisig	34	8	0	0	0

Anlage 2.1.2 Prognose-Planfall

Sp	1	2	3	4	5	6	7
Ze	Kürzel	Streckenabschnitt	Zugzahlen 2030				
			Dieseltraktion			Elektrotraktion	
			Personenzüge		Güter- züge	Perso- nenzüge	Güter- züge
			Trieb- wagen	Strecken- lokom.			
<i>Prognose-Planfall</i>							
1	p1sch01	1100, Richtungsgleis	0	0	0	24	35
2	p1sch02	1100, Gegengleis	0	0	0	24	35

Anlage 2.1.3 Planfall ROV

Sp	1	2	3	4	5	6	7
Ze	Kürzel	Streckenabschnitt	Zugzahlen 2030				
			Dieseltraktion			Elektrotraktion	
			Personenzüge		Güter- züge	Perso- nenzüge	Güter- züge
			Trieb- wagen	Strecken- lokom.			
<i>Prognose-Planfall</i>							
1	p2sch01	1100, Richtungsgleis	0	0	0	24	35
2	p2sch02	1100, Gegengleis	0	0	0	24	35

Anlage 2.2 Basis-Emissionsfaktoren

Anlage 2.2.1 Abgas (Dieseltraktion)

Schienenverkehr	Emissionsfaktor [g/kg Kraftstoff]				
	CO ₂	NOx	HC	Benzol	Partikel
Streckenlokomotiven	3.150	55,0	10,0	0,190	2,3
Triebwagen	3.150	57,0	3,0	0,057	1,3

Schienenverkehr		Verbrauch [kg/km]	Emissionsfaktor [g/km]			
			CO ₂	NOx	Benzol	Partikel
Streckenlokomotiven						
Personenzüge	db1	2,8	8.820	154,0	0,532	6,440
Güterzüge	db2	3,3	10.395	181,5	0,627	7,590
Triebwagen	db3	0,7	2.205	39,9	0,040	0,910

Anlage 2.2.2 Staubabrieb und Staubaufwirbelung

Schienenverkehr: Personenzüge	Emissionsfaktor [g/km Fahrleistung]					
	PM	PM10		PM2,5		
	g/km FL	g/km FL	Anteil an PM	g/km FL	Anteil an PM	Anteil an PM10
Schienenabrieb	2,20	1,100	50%	0,110	5%	10%
Radabrieb	0,50	0,252	50%	0,025	5%	10%
Fahrleitungsabrieb	0,08	0,080	100%	0,016	20%	20%
Bremsenabrieb	4,82	1,544	32%	0,309	6%	20%
Aufwirbelung	3,26	1,043	32%	0,261	8%	25%
Summe	10,87	4,019	37%	0,721	7%	18%
Ansatz	10,9	4,0	37%	0,7	6%	18%

Schienenverkehr: Güterzüge	Emissionsfaktor [g/km Fahrleistung]					
	PM	PM10		PM2,5		
	g/km FL	g/km FL	Anteil an PM	g/km FL	Anteil an PM	Anteil an PM10
Schienenabrieb	14,03	7,013	50%	0,701	5%	10%
Radabrieb	3,21	1,607	50%	0,161	5%	10%
Fahrleitungsabrieb	0,08	0,080	100%	0,016	20%	20%
Bremsenabrieb	30,75	9,841	32%	1,968	6%	20%
Aufwirbelung	20,60	6,593	32%	1,648	8%	25%
Summe	68,67	25,134	37%	4,494	7%	18%
Ansatz	68,7	25,0	36%	4,5	7%	18%

Anlage 2.3 Emissionsfaktoren je Zug

Anlage 2.3.1 Planfall 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	DTV Kfz/24h	Mittlerer Emissionsfaktor je Zug				
					CO2 [g/km]	NOx [g/km]	Benzol [g/km]	PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]
1	p0sch01	1100, Bestandsgleis, eingleisig	9,06	42	3.465	61,6	0,134	5,96	2,66

Anlage 2.3.2 Prognose-Planfall

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	DTV Kfz/24h	Mittlerer Emissionsfaktor je Zug				
					CO2 [g/km]	NOx [g/km]	Benzol [g/km]	PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]
1	p1sch01	1100, Richtungsgleis	8,14	59	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95
2	p1sch02	1100, Gegengleis	8,15	59	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95

Anlage 2.3.3 Planfall ROV

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	DTV Kfz/24h	Mittlerer Emissionsfaktor je Zug				
					CO2 [g/km]	NOx [g/km]	Benzol [g/km]	PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]
1	p2sch01	1100, Richtungsgleis	8,29	59	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95
2	p2sch02	1100, Gegengleis	8,30	59	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95

Anlage 2.4 Gesamtemissionen pro Jahr

Anlage 2.4.1 Planfall 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	DTV Kfz/24h	Emissionen/Jahr				
					CO2 [t/a]	NOx [t/a]	Benzol [t/a]	PM10 [t/a]	PM2,5 [t/a]
1	p0sch01	1100, Bestandsgleis, eingleisig	9,06	42	481,3	8,56	0,019	0,828	0,370
Summe					481,3	8,6	0,02	0,83	0,37

Anlage 2.4.2 Prognose-Planfall

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	DTV Kfz/24h	Emissionen/Jahr				
					CO2 [t/a]	NOx [t/a]	Benzol [t/a]	PM10 [t/a]	PM2,5 [t/a]
1	p1sch01	1100, Richtungsgleis	8,14	59	0,0	0,00	0,000	2,887	0,518
2	p1sch02	1100, Gegengleis	8,15	59	0,0	0,00	0,000	2,888	0,518
Summe					0,0	0,0	0,00	5,77	1,04

Anlage 2.4.3 Planfall ROV

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	DTV Kfz/24h	Emissionen/Jahr				
					CO2 [t/a]	NOx [t/a]	Benzol [t/a]	PM10 [t/a]	PM2,5 [t/a]
1	p2sch01	1100, Richtungsgleis	8,29	59	0,0	0,00	0,000	2,940	0,528
2	p2sch02	1100, Gegengleis	8,30	59	0,0	0,00	0,000	2,941	0,528
Summe					0,0	0,0	0,00	5,88	1,06

Anlage 3: Emissionen des Straßenverkehrs

Anlage 3.1 Verkehrsbelastungen

Sp	1	2	3	4	5	6	7	
Ze	Kürzel	Straßenabschnitt	Verkehrsbelastungen 2030					
			DTV	p	SV	PKW	LNF	SNF
			Kfz/ 24h	%	%	Kfz/ 24h	Kfz/ 24h	Kfz/ 24h
BAB A1								
1	pstr1_01	AS Jahnshof bis AS Gremersdorf, Richtung Norden	10.364	15,5	11,3	9.560	218	586
2	pstr1_02	AS Jahnshof bis AS Gremersdorf, Richtung Süden	10.336	15,5	11,3	9.535	217	584
3	pstr1_03	AS Oldenburg i.H. Nord bis AS Jahnshof, Richtung Norden	10.700	14,5	11,2	9.924	177	599
4	pstr1_04	AS Oldenburg i.H. Nord bis AS Jahnshof, Richtung Süden	10.673	14,5	11,2	9.898	177	598
5	pstr1_05	AS Oldenburg i.H. Nord bis AS Jahnshof, Richtung Norden	10.700	14,5	11,2	9.924	177	599
6	pstr1_06	AS Oldenburg i.H. Nord bis AS Jahnshof, Richtung Süden	10.673	14,5	11,2	9.898	177	598
7	pstr1_07	AS Oldenburg i.H. Nord bis AS Jahnshof, Richtung Süden	10.673	14,5	11,2	9.898	177	598
8	pstr1_08	AS Oldenburg i.H. Nord bis AS Jahnshof, Richtung Norden	10.700	14,5	11,2	9.924	177	599
9	pstr1_09	AS Oldenburg i.H. Nord bis AS Jahnshof, Richtung Süden	10.673	14,5	11,2	9.898	177	598
10	pstr1_10	AS Oldenburg i.H. Mitte bis AS Oldenburg i.H. Nord, Richtg. Norden	11.136	20,3	11,6	10.005	485	646
11	pstr1_11	AS Oldenburg i.H. Mitte bis AS Oldenburg i.H. Nord, Richtg. Süden	10.955	20,6	11,8	9.826	482	647
12	pstr1_12	AS Oldenburg i.H. Mitte bis AS Oldenburg i.H. Nord, Richtg. Norden	11.136	20,3	11,6	10.005	485	646
13	pstr1_13	AS Oldenburg i.H. Mitte bis AS Oldenburg i.H. Nord, Richtg. Süden	10.955	20,6	11,8	9.826	482	647
14	pstr1_14	AS Oldenburg i.H. Mitte bis AS Oldenburg i.H. Nord, Richtg. Norden	11.136	20,3	11,6	10.005	485	646
15	pstr1_15	AS Oldenburg i.H. Mitte bis AS Oldenburg i.H. Nord, Richtg. Süden	10.955	20,6	11,8	9.826	482	647
16	pstr1_16	AS Oldenburg i.H. Süd bis AS Oldenburg i.H. Mitte, Richtg. Norden	10.845	16,0	11,9	9.977	222	646
17	pstr1_17	AS Oldenburg i.H. Süd bis AS Oldenburg i.H. Mitte, Richtg. Süden	11.127	15,6	11,7	10.259	217	651
18	pstr1_18	AS Oldenburg i.H. Süd bis AS Oldenburg i.H. Mitte, Richtg. Norden	10.845	16,0	11,9	9.977	222	646
19	pstr1_19	AS Oldenburg i.H. Süd bis AS Oldenburg i.H. Mitte, Richtg. Süden	11.127	15,6	11,7	10.259	217	651
20	pstr1_20	AS Lensahn bis AS Oldenburg i.H. Süd, Richtung Norden	11.145	13,6	10,8	10.387	156	602
21	pstr1_21	AS Lensahn bis AS Oldenburg i.H. Süd, Richtung Süden	11.436	13,4	10,6	10.670	160	606
22	pstr1_22	AS Lensahn bis AS Oldenburg i.H. Süd, Richtung Norden	11.145	13,6	10,8	10.387	156	602
23	pstr1_23	AS Lensahn bis AS Oldenburg i.H. Süd, Richtung Süden	11.436	13,4	10,6	10.670	160	606
B202								
24	pstr2_01	L59 bis AS Oldenburg i.H. Süd	8.236	7,5	5,0	7.927	103	206
25	pstr2_02	L59 bis AS Oldenburg i.H. Süd	8.236	7,5	5,0	7.927	103	206
26	pstr2_03	Wangels (K48) bis AS Oldenburg i.H. Süd	6.664	12,2	8,2	6.257	134	273
27	pstr2_04	Wangels (K48) bis AS Oldenburg i.H. Süd	6.664	12,2	8,2	6.257	134	273
L59								
28	pstr3_01	Bahnhofstraße/ Holsteiner Straße, K59 bis K48	10.600	10,3	5,3	10.054	265	281
29	pstr3_02	Holsteiner Straße, K48 bis K41	12.636	9,0	4,6	12.067	278	291
30	pstr3_03	Göhler Straße, K41 bis Ostlandstraße	7.200	9,3	4,8	6.865	162	173
31	pstr3_04	Göhler Straße, Ostlandstraße bis Am Voßberg	9.109	7,7	4,0	8.758	169	182
32	pstr3_05	Göhler Chaussee, Am Voßberg bis K40	4.455	11,0	5,7	4.210	118	127
33	pstr3_06	Göhler Chaussee, Am Voßberg bis K40	4.455	11,0	5,7	4.210	118	127
34	pstr3_07	Ortsdurchfahrt Göhl	3.291	12,8	6,6	3.080	102	109
35	pstr3_08	Göhl bis Plügge	2.164	4,6	2,4	2.114	24	26
L60								
36	pstr4_01	A1 bis Giddendorf	673	10,9	6,7	636	14	23
37	pstr4_02	Giddendorf bis Seegalendorf	691	10,9	6,7	653	15	23
K40								
38	pstr5_01	L59 bis Rellin	1.600	9,5	6,1	1.524	27	49
39	pstr5_02	L59 bis Rellin	1.600	9,5	6,1	1.524	27	49
K41								
40	pstr6_01	AS Oldenburg i.H. Nord bis K42	2.491	8,3	5,8	2.387	32	72
41	pstr6_02	AS Oldenburg i.H. Nord bis K42	2.491	8,3	5,8	2.387	32	72
42	pstr6_03	Burgtorstraße, Giddendorfer Weg bis AS Oldenburg i.H. Nord	6.064	4,3	3,0	5.933	40	91
43	pstr6_04	Burgtorstraße, Giddendorfer Weg bis AS Oldenburg i.H. Nord	6.064	4,3	3,0	5.933	40	91
44	pstr6_05	Burgtorstraße, Hopfenmarkt bis Giddendorfer Weg	2.764	8,3	5,8	2.649	35	80
45	pstr6_06	Schauenburger Straße, L59 bis Hopfenmarkt	9.745	3,7	2,6	9.564	54	127
K48								
46	pstr7_01	Dannau bis AS Oldenburg i.H. Mitte	2.009	6,5	4,9	1.943	17	49
47	pstr7_02	Hoheluftstraße, AS Oldenburg i.H. Mitte bis Heinrich-Siemßen-Straß	2.536	6,5	4,9	2.453	21	62
48	pstr7_03	Hoheluftstraße, Heinrich-Siemßen-Straße bis L59	2.127	6,5	4,9	2.058	17	52
K59								
49	pstr8_01	Neustädter Straße, L59 bis K60	3.591	8,0	6,1	3.447	34	110
50	pstr8_02	Neustädter Straße, L59 bis K60	3.591	8,0	6,1	3.447	34	110
51	pstr8_03	K60 bis Sipsdorf	2.918	9,8	7,5	2.774	34	110
52	pstr8_04	K60 bis Sipsdorf	2.918	9,8	7,5	2.774	34	110
K60								
53	pstr9_01	K59 bis Sipsdorfer Weg	709	19,4	11,8	640	27	42
54	pstr9_02	Sipsdorfer Weg bis Einhaus	982	19,4	11,8	886	38	58
55	pstr9_03	Sipsdorfer Weg bis Einhaus	982	19,4	11,8	886	38	58
Oldenburg, Ostlandstraße								
56	pstr10_01	Göhler Straße (L59) bis Giddendorfer Weg	2.064	9,4	5,7	1.967	38	59
Oldenburg, Giddendorfer Weg								
57	pstr11_01	Ostlandstraße bis Breslauer Straße	2.064	9,4	5,7	1.967	38	59
58	pstr11_02	Breslauer Straße bis Heiligenhafener Chaussee	5.091	5,9	3,6	4.940	59	92
Oldenburg, Heiligenhafener Chaussee								
59	pstr12_01	Giddendorfer Weg bis Burgtorstraße	5.091	5,9	3,6	4.940	59	92

Anlage 3.2 Verkehrssituationen

Sp	1	2	3	4	5	6	7
Ze	Kürzel	Gebiet	Straßentyp	Ge- schw. [km/h]	Verkehr- zustand	Steig- ung	Verkehrssituation (mit Steigung/Gefälle)
BAB A1							
1	pstr1_01	Land/Autobahn	Autobahn	130	flüssig	0,0	Land/AB/130/fluessig_0%
2	pstr1_02	Land/Autobahn	Autobahn	130	flüssig	0,0	Land/AB/130/fluessig_0%
3	pstr1_03	Land/Autobahn	Autobahn	130	flüssig	0,0	Land/AB/130/fluessig_0%
4	pstr1_04	Land/Autobahn	Autobahn	130	flüssig	0,0	Land/AB/130/fluessig_0%
5	pstr1_05	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
6	pstr1_06	Land/Autobahn	Autobahn	120	flüssig	0,0	Land/AB/120/fluessig_0%
7	pstr1_07	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
8	pstr1_08	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
9	pstr1_09	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
10	pstr1_10	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
11	pstr1_11	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
12	pstr1_12	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
13	pstr1_13	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
14	pstr1_14	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
15	pstr1_15	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
16	pstr1_16	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
17	pstr1_17	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
18	pstr1_18	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
19	pstr1_19	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
20	pstr1_20	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
21	pstr1_21	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
22	pstr1_22	Land/Autobahn	Autobahn	120	flüssig	0,0	Land/AB/120/fluessig_0%
23	pstr1_23	Land/Autobahn	Autobahn	130	flüssig	0,0	Land/AB/130/fluessig_0%
B202							
24	pstr2_01	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/HVS/50/fluessig_0%
25	pstr2_02	Land/Autobahn	Fern-, Bundesstraße	70	flüssig	0,0	Land/FernStr/70/fluessig_0%
26	pstr2_03	Land/Autobahn	Fern-, Bundesstraße	70	flüssig	0,0	Land/FernStr/70/fluessig_0%
27	pstr2_04	Land/Autobahn	Fern-, Bundesstraße	100	flüssig	0,0	Land/FernStr/100/fluessig_0%
L59							
28	pstr3_01	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	dicht	0,0	Agglo/HVS/50/dicht_0%
29	pstr3_02	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	dicht	0,0	Agglo/HVS/50/dicht_0%
30	pstr3_03	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/HVS/50/fluessig_0%
31	pstr3_04	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/HVS/50/fluessig_0%
32	pstr3_05	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
33	pstr3_06	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
34	pstr3_07	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
35	pstr3_08	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%
L60							
36	pstr4_01	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
37	pstr4_02	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	60	flüssig	0,0	Land/HVS/60/fluessig_0%
K40							
38	pstr5_01	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
39	pstr5_02	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
K41							
40	pstr6_01	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
41	pstr6_02	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
42	pstr6_03	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
43	pstr6_04	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/HVS/50/fluessig_0%
44	pstr6_05	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/HVS/50/fluessig_0%
45	pstr6_06	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	dicht	0,0	Agglo/HVS/50/dicht_0%
K48							
46	pstr7_01	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
47	pstr7_02	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/HVS/50/fluessig_0%
48	pstr7_03	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/HVS/50/fluessig_0%
K59							
49	pstr8_01	Stadt/Agglom.	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/HVS/50/fluessig_0%
50	pstr8_02	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
51	pstr8_03	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
52	pstr8_04	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
K60							
53	pstr9_01	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%
54	pstr9_02	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%
55	pstr9_03	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%
Oldenburg, Ostlandstraße							
56	pstr10_01	Stadt/Agglom.	Sammelstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%
Oldenburg, Giddendorfer Weg							
57	pstr11_01	Stadt/Agglom.	Sammelstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%
58	pstr11_02	Stadt/Agglom.	Sammelstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%
Oldenburg, Heiligenhafener Chaussee							
59	pstr12_01	Stadt/Agglom.	Sammelstraße	50	flüssig	0,0	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%

Anlage 3.3 Basis-Emissionsfaktoren

Anlage 3.3.1 Kfz-Abgase (HBEFA 3.3)

Verkehrssituation	PKW					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO ₂	NO _x	NO ₂	PM	Bzl
Land/AB/80/fluessig_0%	82,8	111,6	0,117	0,035	0,0017	0,0003
Land/AB/100/fluessig_0%	102,0	114,4	0,132	0,040	0,0018	0,0004
Land/AB/120/fluessig_0%	122,0	140,7	0,185	0,057	0,0023	0,0007
Land/AB/130/fluessig_0%	132,6	152,6	0,283	0,087	0,0033	0,0010
Land/HVS/50/fluessig_0%	48,9	114,0	0,126	0,037	0,0020	0,0004
Land/HVS/70/fluessig_0%	66,9	104,1	0,131	0,039	0,0018	0,0004
Land/HVS/100/fluessig_0%	94,0	118,9	0,165	0,050	0,0021	0,0006
Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	35,0	156,9	0,211	0,063	0,0029	0,0008
Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%	52,7	128,7	0,174	0,052	0,0022	0,0006
Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	80,1	116,5	0,151	0,046	0,0019	0,0005
Agglo/HVS/50/fluessig_0%	45,1	134,6	0,159	0,047	0,0021	0,0005
Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	46,6	127,8	0,165	0,049	0,0023	0,0005

Verkehrssituation	LNF					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO ₂	NO _x	NO ₂	PM	Bzl
Land/AB/80/fluessig_0%	82,8	144,4	0,247	0,078	0,0067	0,0001
Land/AB/100/fluessig_0%	102,0	170,5	0,352	0,110	0,0079	0,0001
Land/AB/120/fluessig_0%	122,0	202,3	0,577	0,181	0,0096	0,0002
Land/AB/130/fluessig_0%	132,5	220,4	0,663	0,209	0,0104	0,0003
Land/HVS/50/fluessig_0%	48,9	131,9	0,164	0,051	0,0060	0,0001
Land/HVS/70/fluessig_0%	66,9	137,5	0,209	0,065	0,0063	0,0001
Land/HVS/100/fluessig_0%	94,0	168,5	0,358	0,112	0,0078	0,0001
Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	35,0	182,0	0,291	0,091	0,0083	0,0001
Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%	52,7	158,1	0,277	0,087	0,0073	0,0001
Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	80,1	158,0	0,307	0,097	0,0074	0,0001
Agglo/HVS/50/fluessig_0%	45,1	158,3	0,231	0,072	0,0067	0,0001
Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	46,6	149,5	0,229	0,072	0,0066	0,0001

Verkehrssituation	SNF					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO ₂	NO _x	NO ₂	PM	Bzl
Land/AB/80/fluessig_0%	81,3	641,2	0,244	0,060	0,0042	0,0004
Land/AB/100/fluessig_0%	86,3	660,6	0,247	0,061	0,0042	0,0004
Land/AB/120/fluessig_0%	86,3	660,6	0,247	0,061	0,0042	0,0004
Land/AB/130/fluessig_0%	86,3	660,6	0,247	0,061	0,0042	0,0004
Land/HVS/50/fluessig_0%	44,1	571,0	0,618	0,120	0,0069	0,0005
Land/HVS/70/fluessig_0%	62,0	657,0	0,344	0,067	0,0057	0,0005
Land/HVS/100/fluessig_0%	77,9	668,9	0,299	0,060	0,0052	0,0004
Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	29,6	810,3	0,756	0,140	0,0093	0,0007
Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%	45,4	732,7	0,473	0,093	0,0067	0,0006
Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	66,0	665,0	0,326	0,065	0,0055	0,0004
Agglo/HVS/50/fluessig_0%	39,8	633,0	0,629	0,119	0,0073	0,0006
Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	41,4	629,2	0,591	0,110	0,0071	0,0005

Anlage 3.3.2 Staubaufwirbelung Feinstaub PM₁₀

Verkehrssituation	Staubaufwirbelung PM ₁₀			
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]		
		PKW	LNF	SNF
Land/AB/80/fluessig_0%	82,8	0,030	0,030	0,130
Land/AB/100/fluessig_0%	102,0	0,030	0,030	0,130
Land/AB/120/fluessig_0%	122,0	0,030	0,030	0,130
Land/AB/130/fluessig_0%	132,5	0,030	0,030	0,130
Land/HVS/50/fluessig_0%	48,9	0,030	0,030	0,130
Land/HVS/70/fluessig_0%	66,9	0,030	0,030	0,130
Land/HVS/100/fluessig_0%	94,0	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	35,0	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%	52,7	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	80,1	0,030	0,030	0,130
Agglo/HVS/50/fluessig_0%	45,1	0,030	0,030	0,130
Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	46,6	0,030	0,030	0,130

Anlage 3.3.3 Staubaufwirbelung Feinstaub PM_{2,5}

Verkehrssituation	Staubaufwirbelung PM _{2,5}			
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]		
		PKW	LNF	SNF
Land/AB/80/fluessig_0%	82,8	0,010	0,013	0,051
Land/AB/100/fluessig_0%	102,0	0,009	0,011	0,048
Land/AB/120/fluessig_0%	122,0	0,009	0,011	0,048
Land/AB/130/fluessig_0%	132,5	0,009	0,011	0,048
Land/HVS/50/fluessig_0%	48,9	0,015	0,021	0,061
Land/HVS/70/fluessig_0%	66,9	0,011	0,016	0,059
Land/HVS/100/fluessig_0%	94,0	0,009	0,011	0,048
Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	35,0	0,015	0,021	0,061
Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%	52,7	0,013	0,018	0,066
Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	80,1	0,013	0,018	0,066
Agglo/HVS/50/fluessig_0%	45,1	0,015	0,021	0,061
Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	46,6	0,015	0,021	0,061

Anlage 3.4 Emissionsfaktoren je Kfz

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt	Verkehrssituation	Länge [m]	DTV [Kfz/24h]	Emissionsfaktor					
				CO2 [g/km]	Benzol [g/km]	NOx [g/km]	PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]	
1	pstr1_01	Land/AB/130/fluessig_0%	521	10.364	182,758	0,00091	0,28879	0,03920	0,01479
2	pstr1_02	Land/AB/130/fluessig_0%	514	10.336	182,735	0,00091	0,28877	0,03919	0,01479
3	pstr1_03	Land/AB/130/fluessig_0%	440	10.700	182,168	0,00092	0,28710	0,03911	0,01473
4	pstr1_04	Land/AB/130/fluessig_0%	445	10.673	182,195	0,00092	0,28711	0,03911	0,01473
5	pstr1_05	Land/AB/100/fluessig_0%	544	10.700	145,910	0,00039	0,14217	0,03759	0,01321
6	pstr1_06	Land/AB/120/fluessig_0%	216	10.673	170,853	0,00064	0,19495	0,03817	0,01378
7	pstr1_07	Land/AB/100/fluessig_0%	317	10.673	145,939	0,00039	0,14219	0,03760	0,01321
8	pstr1_08	Land/AB/100/fluessig_0%	570	10.700	145,910	0,00039	0,14217	0,03759	0,01321
9	pstr1_09	Land/AB/100/fluessig_0%	568	10.673	145,939	0,00039	0,14219	0,03760	0,01321
10	pstr1_10	Land/AB/100/fluessig_0%	355	11.136	148,533	0,00038	0,14834	0,03797	0,01352
11	pstr1_11	Land/AB/100/fluessig_0%	354	10.955	149,132	0,00038	0,14855	0,03808	0,01356
12	pstr1_12	Land/AB/100/fluessig_0%	687	11.136	148,533	0,00038	0,14834	0,03797	0,01352
13	pstr1_13	Land/AB/100/fluessig_0%	694	10.955	149,132	0,00038	0,14855	0,03808	0,01356
14	pstr1_14	Land/AB/100/fluessig_0%	264	11.136	148,533	0,00038	0,14834	0,03797	0,01352
15	pstr1_15	Land/AB/100/fluessig_0%	265	10.955	149,132	0,00038	0,14855	0,03808	0,01356
16	pstr1_16	Land/AB/100/fluessig_0%	621	10.845	148,089	0,00039	0,14345	0,03799	0,01339
17	pstr1_17	Land/AB/100/fluessig_0%	633	11.127	147,455	0,00039	0,14311	0,03787	0,01334
18	pstr1_18	Land/AB/100/fluessig_0%	371	10.845	148,089	0,00039	0,14345	0,03799	0,01339
19	pstr1_19	Land/AB/100/fluessig_0%	372	11.127	147,455	0,00039	0,14311	0,03787	0,01334
20	pstr1_20	Land/AB/100/fluessig_0%	3.110	11.145	144,694	0,00039	0,14139	0,03738	0,01311
21	pstr1_21	Land/AB/100/fluessig_0%	2.944	11.436	144,133	0,00039	0,14127	0,03727	0,01307
22	pstr1_22	Land/AB/120/fluessig_0%	176	11.145	169,647	0,00064	0,19381	0,03794	0,01367
23	pstr1_23	Land/AB/130/fluessig_0%	338	11.436	180,476	0,00092	0,28623	0,03879	0,01459
24	pstr2_01	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	130	8.236	147,368	0,00051	0,17190	0,03016	0,01760
25	pstr2_02	Land/FernStr/70/fluessig_0%	188	8.236	118,843	0,00045	0,13790	0,03454	0,01827
26	pstr2_03	Land/FernStr/70/fluessig_0%	353	6.664	127,086	0,00045	0,14147	0,03623	0,01914
27	pstr2_04	Land/FernStr/100/fluessig_0%	1.678	6.664	133,636	0,00047	0,15273	0,03626	0,01523
28	pstr3_01	Agglo/HVS/50/dicht_0%	887	10.600	155,584	0,00056	0,19410	0,04418	0,01920
29	pstr3_02	Agglo/HVS/50/dicht_0%	316	12.636	153,488	0,00056	0,19174	0,04304	0,01898
30	pstr3_03	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	910	7.200	147,114	0,00050	0,17216	0,03013	0,01766
31	pstr3_04	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	525	9.109	145,003	0,00051	0,16997	0,02979	0,01740
32	pstr3_05	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.800	4.455	135,942	0,00054	0,17344	0,03514	0,01694
33	pstr3_06	Land/HVS/50/fluessig_0%	139	4.455	127,484	0,00041	0,14148	0,03513	0,01244
34	pstr3_07	Land/HVS/50/fluessig_0%	867	3.291	129,673	0,00041	0,14391	0,03563	0,01267
35	pstr3_08	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	1.780	2.164	123,535	0,00047	0,15531	0,03324	0,01766
36	pstr4_01	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.338	673	138,777	0,00054	0,17310	0,03570	0,01719
37	pstr4_02	Land/HVS/60/fluessig_0%	1.123	691	125,715	0,00038	0,14089	0,03537	0,01566
38	pstr5_01	Land/HVS/50/fluessig_0%	431	1.600	128,280	0,00042	0,14216	0,03531	0,01248
39	pstr5_02	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.224	1.600	136,630	0,00055	0,17187	0,03531	0,01695
40	pstr6_01	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.046	2.491	135,484	0,00055	0,17086	0,03511	0,01681
41	pstr6_02	Land/HVS/70/fluessig_0%	299	2.491	120,527	0,00040	0,13789	0,03491	0,01842
42	pstr6_03	Land/HVS/70/fluessig_0%	111	6.064	112,636	0,00041	0,13444	0,03344	0,01766
43	pstr6_04	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	222	6.064	142,241	0,00051	0,16677	0,02934	0,01700
44	pstr6_05	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	704	2.764	149,331	0,00051	0,17376	0,03048	0,01781
45	pstr6_06	Agglo/HVS/50/dicht_0%	356	9.745	147,280	0,00057	0,18449	0,03974	0,01826
46	pstr7_01	Land/HVS/70/fluessig_0%	1.571	2.009	117,886	0,00041	0,13658	0,03442	0,01815
47	pstr7_02	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	325	2.536	146,986	0,00051	0,17133	0,03010	0,01752
48	pstr7_03	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	836	2.127	146,979	0,00051	0,17131	0,03010	0,01752
49	pstr8_01	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	904	3.591	150,097	0,00051	0,17433	0,03060	0,01787
50	pstr8_02	Land/HVS/70/fluessig_0%	584	3.591	121,370	0,00041	0,13799	0,03507	0,01847
51	pstr8_03	Land/HVS/70/fluessig_0%	289	2.918	125,349	0,00041	0,13967	0,03581	0,01885
52	pstr8_04	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.300	2.918	140,261	0,00055	0,17181	0,03601	0,01729
53	pstr9_01	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	1.643	709	150,558	0,00046	0,16776	0,03828	0,02031
54	pstr9_02	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	477	982	196,450	0,00073	0,24656	0,03936	0,01978
55	pstr9_03	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	1.163	982	150,488	0,00046	0,16783	0,03827	0,02031
56	pstr10_01	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	960	2.064	142,530	0,00054	0,17882	0,03063	0,01799
57	pstr11_01	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	167	2.064	142,530	0,00054	0,17882	0,03063	0,01799
58	pstr11_02	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	429	5.091	137,111	0,00054	0,17391	0,02977	0,01737
59	pstr12_01	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	111	5.091	137,111	0,00054	0,17391	0,02977	0,01737

Anlage 3.5 Gesamtemissionen pro Jahr

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt	Verkehrssituation	Länge [m]	DTV [Kfz/24h]	Emissionen/Jahr					
				CO2 [t/a]	Benzol [t/a]	NOx [t/a]	PM10 [t/a]	PM2,5 [t/a]	
1	pstr1_01	Land/AB/130/fluessig_0%	521	10.364	360	0,0018	0,569	0,077	0,029
2	pstr1_02	Land/AB/130/fluessig_0%	514	10.336	354	0,0018	0,559	0,076	0,029
3	pstr1_03	Land/AB/130/fluessig_0%	440	10.700	313	0,0016	0,493	0,067	0,025
4	pstr1_04	Land/AB/130/fluessig_0%	445	10.673	316	0,0016	0,498	0,068	0,026
5	pstr1_05	Land/AB/100/fluessig_0%	544	10.700	310	0,0008	0,302	0,080	0,028
6	pstr1_06	Land/AB/120/fluessig_0%	216	10.673	144	0,0005	0,164	0,032	0,012
7	pstr1_07	Land/AB/100/fluessig_0%	317	10.673	180	0,0005	0,175	0,046	0,016
8	pstr1_08	Land/AB/100/fluessig_0%	570	10.700	325	0,0009	0,316	0,084	0,029
9	pstr1_09	Land/AB/100/fluessig_0%	568	10.673	323	0,0009	0,315	0,083	0,029
10	pstr1_10	Land/AB/100/fluessig_0%	355	11.136	214	0,0006	0,214	0,055	0,019
11	pstr1_11	Land/AB/100/fluessig_0%	354	10.955	211	0,0005	0,210	0,054	0,019
12	pstr1_12	Land/AB/100/fluessig_0%	687	11.136	415	0,0011	0,414	0,106	0,038
13	pstr1_13	Land/AB/100/fluessig_0%	694	10.955	414	0,0011	0,412	0,106	0,038
14	pstr1_14	Land/AB/100/fluessig_0%	264	11.136	159	0,0004	0,159	0,041	0,014
15	pstr1_15	Land/AB/100/fluessig_0%	265	10.955	158	0,0004	0,157	0,040	0,014
16	pstr1_16	Land/AB/100/fluessig_0%	621	10.845	364	0,0010	0,353	0,093	0,033
17	pstr1_17	Land/AB/100/fluessig_0%	633	11.127	379	0,0010	0,368	0,097	0,034
18	pstr1_18	Land/AB/100/fluessig_0%	371	10.845	217	0,0006	0,210	0,056	0,020
19	pstr1_19	Land/AB/100/fluessig_0%	372	11.127	223	0,0006	0,216	0,057	0,020
20	pstr1_20	Land/AB/100/fluessig_0%	3.110	11.145	1.831	0,0050	1,789	0,473	0,166
21	pstr1_21	Land/AB/100/fluessig_0%	2.944	11.436	1.771	0,0048	1,736	0,458	0,161
22	pstr1_22	Land/AB/120/fluessig_0%	176	11.145	122	0,0005	0,139	0,027	0,010
23	pstr1_23	Land/AB/130/fluessig_0%	338	11.436	255	0,0013	0,404	0,055	0,021
24	pstr2_01	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	130	8.236	58	0,0002	0,067	0,012	0,007
25	pstr2_02	Land/FernStr/70/fluessig_0%	188	8.236	67	0,0003	0,078	0,020	0,010
26	pstr2_03	Land/FernStr/70/fluessig_0%	353	6.664	109	0,0004	0,122	0,031	0,016
27	pstr2_04	Land/FernStr/100/fluessig_0%	1.678	6.664	545	0,0019	0,623	0,148	0,062
28	pstr3_01	Agglo/HVS/50/dicht_0%	887	10.600	534	0,0019	0,666	0,152	0,066
29	pstr3_02	Agglo/HVS/50/dicht_0%	316	12.636	224	0,0008	0,280	0,063	0,028
30	pstr3_03	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	910	7.200	352	0,0012	0,412	0,072	0,042
31	pstr3_04	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	525	9.109	253	0,0009	0,296	0,052	0,030
32	pstr3_05	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.800	4.455	398	0,0016	0,508	0,103	0,050
33	pstr3_06	Land/HVS/50/fluessig_0%	139	4.455	29	0,0001	0,032	0,008	0,003
34	pstr3_07	Land/HVS/50/fluessig_0%	867	3.291	135	0,0004	0,150	0,037	0,013
35	pstr3_08	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	1.780	2.164	174	0,0007	0,218	0,047	0,025
36	pstr4_01	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.338	673	46	0,0002	0,057	0,012	0,006
37	pstr4_02	Land/HVS/60/fluessig_0%	1.123	691	36	0,0001	0,040	0,010	0,004
38	pstr5_01	Land/HVS/50/fluessig_0%	431	1.600	32	0,0001	0,036	0,009	0,003
39	pstr5_02	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.224	1.600	98	0,0004	0,123	0,025	0,012
40	pstr6_01	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.046	2.491	129	0,0005	0,162	0,033	0,016
41	pstr6_02	Land/HVS/70/fluessig_0%	299	2.491	33	0,0001	0,037	0,009	0,005
42	pstr6_03	Land/HVS/70/fluessig_0%	111	6.064	28	0,0001	0,033	0,008	0,004
43	pstr6_04	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	222	6.064	70	0,0003	0,082	0,014	0,008
44	pstr6_05	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	704	2.764	106	0,0004	0,123	0,022	0,013
45	pstr6_06	Agglo/HVS/50/dicht_0%	356	9.745	187	0,0007	0,234	0,050	0,023
46	pstr7_01	Land/HVS/70/fluessig_0%	1.571	2.009	136	0,0005	0,157	0,040	0,021
47	pstr7_02	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	325	2.536	44	0,0002	0,052	0,009	0,005
48	pstr7_03	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	836	2.127	95	0,0003	0,111	0,020	0,011
49	pstr8_01	Agglo/HVS/50/fluessig_0%	904	3.591	178	0,0006	0,207	0,036	0,021
50	pstr8_02	Land/HVS/70/fluessig_0%	584	3.591	93	0,0003	0,106	0,027	0,014
51	pstr8_03	Land/HVS/70/fluessig_0%	289	2.918	39	0,0001	0,043	0,011	0,006
52	pstr8_04	Land/HVS/100/fluessig_0%	1.300	2.918	194	0,0008	0,238	0,050	0,024
53	pstr9_01	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	1.643	709	64	0,0002	0,071	0,016	0,009
54	pstr9_02	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	477	982	34	0,0001	0,042	0,007	0,003
55	pstr9_03	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	1.163	982	63	0,0002	0,070	0,016	0,008
56	pstr10_01	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	960	2.064	103	0,0004	0,129	0,022	0,013
57	pstr11_01	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	167	2.064	18	0,0001	0,022	0,004	0,002
58	pstr11_02	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	429	5.091	109	0,0004	0,139	0,024	0,014
59	pstr12_01	Agglo/Sammel/50/fluessig_0%	111	5.091	28	0,0001	0,036	0,006	0,004
Summe					14.195	0,0465	15,976	3,555	1,433

Anlage 4 Staubemissionen während der Bauphase

Anlage 4.1 Schüttgutumschlag

Anlage 4.1.1 Basis-Emissionsfaktoren für den Umschlag von Schüttgütern

Vorgang	Fall	Umfeld	Gerät	Kürzel	M [t/Ab- wurf]	M [t/h]	ρ _s [t/m ³]	Staub- entwick- lung	a	k _U	H _{frei} [m]	H _{Rohr} [m]	k _{reib}	k _H	k _{Gerät}	q _{norm} [g/t _{Gut}]	q _{Auf} [g/t _{Gut}]	q _{Ab} [g/t _{Gut}]
LKW abkippen	Abgabe	Halde	LKW	bl1	20,0	—	1,50	nicht wahrnehmbar	10	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	6,0	—	2,6
				bl2	20,0	—	1,50	schwach	32	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	19,1	—	8,1
				bl3	20,0	—	1,50	mittel	100	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	60,4	—	25,7
				bl4	20,0	—	1,50	stark	316	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	190,9	—	81,3
Aufnahme Schaufel- lader/ Bagger	Auf- nahme	Halde	Schaufel	ar1	100	—	1,50	nicht wahrnehmbar	10	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	2,7	3,6	—
				ar2	100	—	1,50	schwach	32	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	8,5	11,5	—
				ar3	100	—	1,50	mittel	100	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	27,0	36,5	—
				ar4	100	—	1,50	stark	316	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	85,4	115,3	—
Schaufel- lader/ Bagger Abgabe	Abgabe	LKW, Halde	Schaufel	br1	3,0	—	1,50	nicht wahrnehmbar	10	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	15,6	—	6,6
				br2	3,0	—	1,50	schwach	32	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	49,3	—	21,0
				br3	3,0	—	1,50	mittel	100	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	155,9	—	66,4
				br4	3,0	—	1,50	stark	316	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	493,0	—	209,9
LKW abkippen	Abgabe	Halde	LKW	bl5	20,0	—	1,90	nicht wahrnehmbar	10	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	6,0	—	3,2
				bl6	20,0	—	1,90	schwach	32	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	19,1	—	10,3
				bl7	20,0	—	1,90	mittel	100	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	60,4	—	32,6
				bl8	20,0	—	1,90	stark	316	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	190,9	—	102,9
Aufnahme Schaufel- lader/ Bagger	Auf- nahme	Halde	Schaufel	ar5	100	—	1,90	nicht wahrnehmbar	10	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	2,7	4,6	—
				ar6	100	—	1,90	schwach	32	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	8,5	14,5	—
				ar7	100	—	1,90	mittel	100	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	27,0	46,2	—
				ar8	100	—	1,90	stark	316	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	85,4	146,0	—
Schaufel- lader/ Bagger Abgabe	Abgabe	LKW, Halde	Schaufel	br5	3,8	—	1,90	nicht wahrnehmbar	10	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	13,9	—	7,5
				br6	3,8	—	1,90	schwach	32	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	43,8	—	23,6
				br7	3,8	—	1,90	mittel	100	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	138,5	—	74,7
				br8	3,8	—	1,90	stark	316	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,5	438,0	—	236,2

Anlage 4.1.2 Emissionsfaktoren und Korngrößenverteilung für den Bodenumschlag

Vorgang	Kürzel	Emissionsfaktor		Gesamtstaub [g/t _{Gut}] 100%	PM _{>50} [g/t _{Gut}] 10%	PM ₁₀₋₅₀ [g/t _{Gut}] 55%	PM _{2,5-10} [g/t _{Gut}] 25%	PM _{2,5} [g/t _{Gut}] 10%
		Staubentwicklung	Kürzel					
Abkippen LKW, Gleisschotter	lk2	schwach	bl6	10,30	1,03	5,67	2,58	1,03
Aufnahme Radlader, Mutterboden/Erde	rl11	schwach	ar2	11,50	1,15	6,33	2,88	1,15
Aufnahme Radlader, Gleisschotter	rl21	schwach	ar6	14,50	1,45	7,98	3,63	1,45
Abgabe Radlader, Mutterboden/Erde	rl12	schwach	br2	21,00	2,10	11,55	5,25	2,10
Abgabe Radlader, Gleisschotter	rl22	schwach	br6	23,60	2,36	12,98	5,90	2,36

Anlage 4.2 Basis-Emissionsfaktoren für den LKW-Verkehr auf unbefestigten Straßen

Gerät	Straßenart	Kürzel	Geschw. [km/h]	Gewicht [t]	Anteil Regen	Gesamtstaub	PM ₁₀	PM _{2,5}
						[g/km]	[g/km]	[g/km]
Staubaufwirbelung gemäß VDI 3790, Blatt 3 (Januar 2010)								
LKW	unbefestigte Fahrwege, Baustellen	fu1	—	35	30 %	2.404	682,8	68,3

Anlage 4.3 Basis-Emissionsfaktoren für die Abwehung von Halden

Vorgang	Kürzel	PM ₁₀	PM _{2,5}
		[g/(m ² d)]	[g/(m ² d)]
Abwehung von Halden ab Windgeschwindigkeiten größer 4 m/s, 100% der Jahresstunden	hal100	3,50	1,00
Abwehung von Halden ab Windgeschwindigkeiten größer 4 m/s, 70 % der Jahresstunden (Dahmesvöved)	hal070	2,50	0,70

Anlage 4.4 Emissionen für Bezugsgrößen LKW 30 t sowie Brecher 200 t

Quelle	Belastungen		Emissionen					
	Anzahl	Menge	Kürzel	Gesamt- staub	PM _{>50}	PM ₁₀₋₅₀	PM _{2,5-10}	PM _{2,5}
		[t]						
<i>Erdarbeiten: Abtrag Mutterboden/Erde</i>								
Aufnahme vom Boden (Radlader)	10	30	rl11	345	35	190	86	35
Abgabe auf LKW	10	30	rl12	630	63	347	158	63
Summe	ef1	30		975	98	536	244	98
<i>Erdarbeiten: Auftrag Mutterboden/Erde</i>								
Akippen vom LKW	1	30	lk1	243	24	134	61	24
Aufnahmen von Halde (Radlader)	10	30	rl11	345	35	190	86	35
Abgabe auf Boden (Radlader)	10	30	rl12	630	63	347	158	63
Summe	ef2	30		1.218	122	670	305	122
<i>Abtrag Gleisschotter</i>								
Aufnahme vom Boden (Radlader)	10	30	rl21	435	44	239	109	44
Abgabe auf LKW	10	30	rl22	708	71	389	177	71
Summe	ef3	30		1.143	114	629	286	114
<i>Auftrag Gleisschotter</i>								
Akippen vom LKW	1	30	lk2	309	31	170	77	31
Aufnahmen von Halde (Radlader)	10	30	rl21	435	44	239	109	44
Abgabe auf Boden (Radlader)	10	30	rl22	708	71	389	177	71
Summe	ef4	30		1.452	145	799	363	145

Anlage 4.5 Normierte Emissionsfaktoren (Bezugsgröße 1 m³ bzw. 1,5 t (Böden) oder 1,9 t (Gleisschotter))

Quelle/Vorgang		Normierte Emissionsfaktoren				
		Kürzel	PM ₁₀		PM _{2,5}	
			[g/t]	[g/m ³]	[g/t]	[g/m ³]
Abfuhr Böden	ef1	en1	11,4	17,1	3,3	4,9
Anlieferung Böden	ef2	en2	14,2	21,3	4,1	6,1
Abfuhr Gleisschotter	ef3	en3	13,3	25,3	3,8	7,2
Anlieferung Gleisschotter	ef4	en4	16,9	32,2	4,8	9,2

Anlage 4.6 Ermittlung der längenbezogenen Emissionsfaktoren

Abschnitt	Material	Kürzel	Abfuhr [m³]	Anfuhr [m³]	Abfuhr			Anfuhr			Abwehung			Verkehr						Summe	
					Menge	PM ₁₀	PM _{2,5}	Menge	PM ₁₀	PM _{2,5}	Fläche	PM ₁₀	PM _{2,5}	LKW-Fahrten			PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	
					[m³/ 24h]	[g/ 24h]	[g/ 24h]	[m³/ 24h]	[g/ 24h]	[g/ 24h]	[m²]	[g/ 24h]	[g/ 24h]	[Kfz/ 24h]	Länge [km]	Anteil	[g/ 24h]	[g/ 24h]	[g/ 24h]	[g/ 24h]	
Baufeld	Böden		90.000	100.000	247	4.214	1.204	274	5.840	1.669	0	0	0	52	0,10	100%	3.550	355	13.605	3.228	
	Gleisschotter		5.000	31.500	14	355	101	86	2.768	791	0	0	0	10	0,10	100%	683	68	3.805	960	
	Summe	emi1	95.000	131.500	261	4.569	1.305	360	8.608	2.460	0	0	0	62	0,10	100%	4.233	423	17.411	4.188	
Bauplatz 1 Hohelieth	Böden		31.500	31.500	86	1.467	419	86	1.833	524	0	0	0	17	0,25	100%	2.902	290	6.202	1.233	
	Halde		0	0	0	0	0	0	0	0	2.000	5.000	1.400	0	0,00	0%	0	0	5.000	1.400	
	Summe	emi3	31.500	31.500	86	1.467	419	86	1.833	524	0	5.000	1.400	17	0,00	0%	2.902	290	11.202	2.633	
Bauplatz 2 Qualser Weg	Böden		40.500	40.500	111	1.894	541	111	2.366	676	0	0	0	22	0,25	100%	3.755	376	8.015	1.593	
	Halde		0	0	0	0	0	0	0	0	2.500	6.250	1.750	0	0,00	0%	0	0	6.250	1.750	
	Summe	emi4	40.500	40.500	111	1.894	541	111	2.366	676	0	6.250	1.750	22	0,00	0%	3.755	376	14.265	3.343	
Bauplatz 3 Neuschwelbek	Böden		18.000	18.000	49	836	239	49	1.044	298	0	0	0	10	0,25	100%	1.707	171	3.587	708	
	Halde		0	0	0	0	0	0	0	0	1.200	3.000	840	0	0,00	0%	0	0	3.000	840	
	Summe	emi5	18.000	18.000	49	836	239	49	1.044	298	0	3.000	840	10	0,00	0%	1.707	171	6.587	1.548	
Baustraßen	Böden/Schotter	emi2	95.000	131.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	6,00	100%	253.993	25.399	253.993	25.399	
Summe	Böden/Schotter																		303.458	37.111	

Anlage 4.7 Emissionsfaktoren und Gesamtemissionen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	Quell- bez.	Anteil	Emissionsfaktor		Emissionen/Jahr	
						PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]	PM10 [t/a]	PM2,5 [t/a]
1	pmq1	Baufeld, Strecke 1100	6,30	emi1	100%	2.762	664	6,36	1,53
2	pmq2	Baustraße	6,47	emi2	100%	39.239	3.924	92,71	9,27
3	pmq3	Bodenlager Bauplatz 1	0,85	emi3	100%	13.179	3.098	4,09	0,96
4	pmq4	Bodenlager Bauplatz 2	0,98	emi4	100%	14.556	3.411	5,21	1,22
5	pmq5	Bodenlager Bauplatz 3	0,73	emi5	100%	9.023	2.121	2,40	0,57
6		Gesamtsumme						110,76	13,55

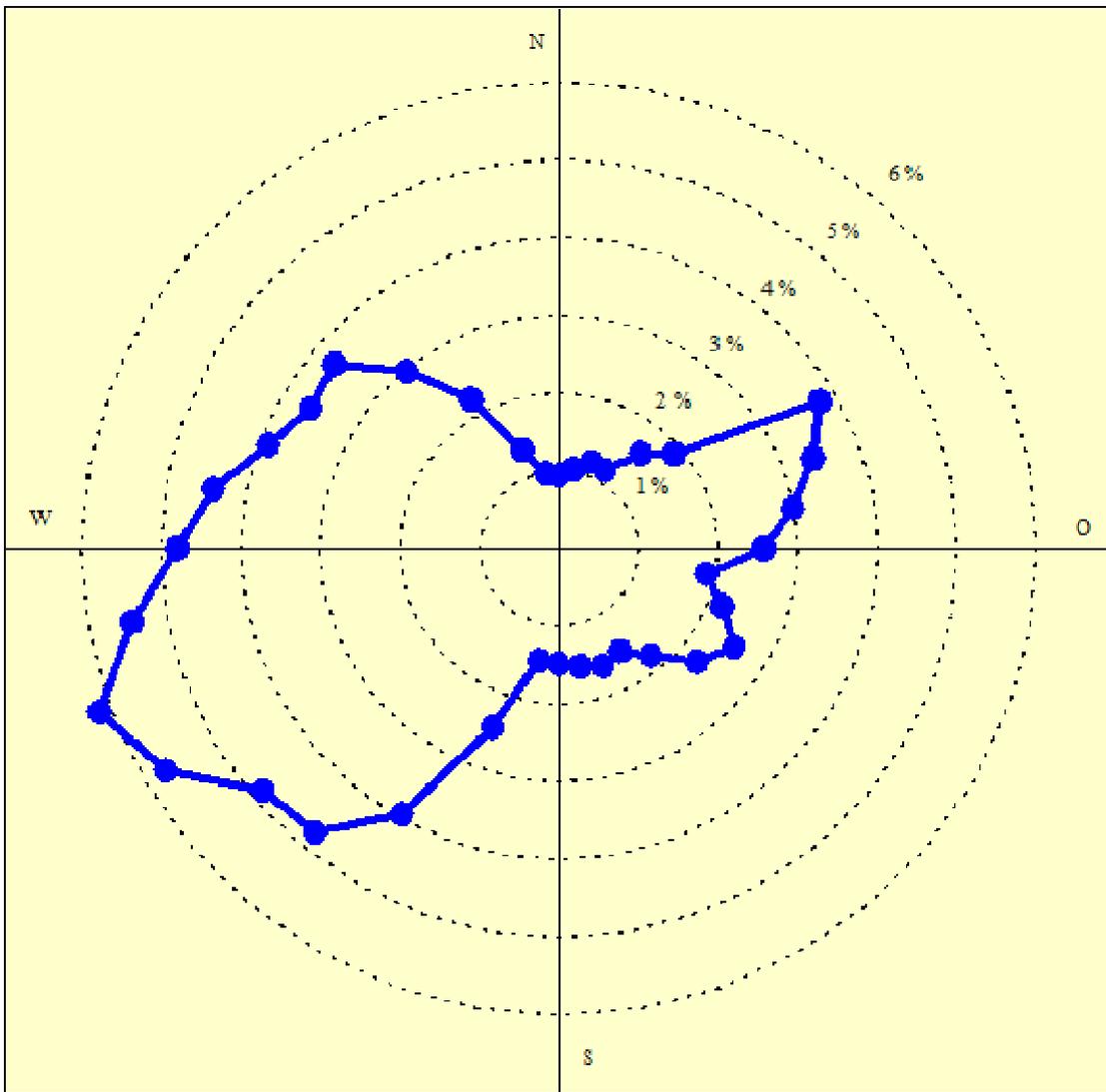
Anlage 5: Berücksichtigung von Straßenlage und Lärmschutzanlagen mit PROKAS (aus [36])

	Gleichlage	Dammlage (Dammhöhe > 2 m)	Tiefelage (Tiefe < 1,5 m)	auf Brücke
ohne Lärmschutz (LS)	 $\sigma_{\infty} = 1,5 \text{ m}$	 $\sigma_{\infty} = 2 \text{ m, unabhängig von Dammhöhe, Quellh.} = 0 \text{ m}$	 $\sigma_{\infty} = 1,5 \text{ m, unabhängig von Tiefe}$	 $\sigma_{\infty} = 1,5 \text{ m}$ Quellhöhe = Brückenhöhe
mit Lärmschutzwand (LSWand)	 σ_{∞} Höhe der LSWand	 σ_{∞} Höhe der LSWand plus 1,5 m, Quellh. = 0 m	 σ_{∞} Höhe der LSWand	 σ_{∞} Höhe der LSWand Quellhöhe = Brückenhöhe
mit Lärmschutzwall (LSWali)	 σ_{∞} halbe Höhe des LSWalls	nicht relevant	 σ_{∞} halbe Höhe des LSWalls, mindestens 1,5 m	nicht relevant
mit LSWall und aufgesetzter LSWand	 σ_{∞} Gesamthöhe der LS-Einrichtung	nicht relevant	 σ_{∞} Gesamthöhe der LS-Einrichtung	nicht relevant

Bild A8. Additive Terme σ_{∞} für den vertikalen Ausbreitungsparameter σ_z für verschiedene Straßenlagen und Lärmschutzeinrichtungen
 Die Werte sind unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit anzusetzen und unabhängig davon, ob die LS-Einrichtungen nur auf einer Seite der Straßen existieren oder beidseitig, und auch unabhängig vom Abstand der Lärmschutzeinrichtungen zur Fahrbahn.

Anlage 6: Ausbreitungsklassenstatistik, Standort Dahmeshöved (2007-2011)

Anlage 6.1: Windrichtungsverteilung im Jahresmittel



Anlage 6.2: Verteilung der Ausbreitungsklassen

Windgeschwindigkeit [m/s]	Ausbreitungsklasse					
	I sehr stabil	II stabil	III/1 indifferent leicht stabil	III/2 indifferent leicht labil	IV labil	V sehr labil
0-1	0,48 %	0,61 %	0,05 %	0,04 %	0,12 %	0,01 %
1,5	0,78 %	0,88 %	0,28 %	0,31 %	0,28 %	0,08 %
2	1,37 %	1,54 %	0,48 %	0,56 %	0,48 %	0,25 %
3	0,00 %	4,88 %	9,37 %	3,43 %	2,20 %	1,28 %
4-5	0,00 %	0,00 %	16,59 %	3,05 %	1,03 %	0,50 %
6	0,00 %	0,00 %	16,02 %	2,08 %	0,41 %	0,20 %
7-8	0,00 %	0,00 %	11,35 %	1,41 %	0,31 %	0,10 %
9	0,00 %	0,00 %	7,10 %	0,93 %	0,19 %	0,05 %
>10	0,00 %	0,00 %	7,94 %	0,86 %	0,12 %	0,03 %
Summe	2,63 %	7,91 %	69,16 %	12,67 %	5,14 %	2,49 %

Anlage 7: Zusammenstellung vorhandener Messdaten

Standort	Zeitraum	NO ₂				Benzol	PM ₁₀		PM _{2,5}
		Jahresmittelwert [µg/m ³]	98-Perzentil [µg/m ³]	max. SMW [µg/m ³]	Stunden > 200 µg/m ³	Jahresmittelwert [µg/m ³]	Jahresmittelwert [µg/m ³]	Tage > 50 µg/m ³	Jahresmittelwert [µg/m ³]
Standorte in Schleswig-Holstein									
Bornhöved (unbelasteter Standort)	2001	14	39	72	—	—	18	10	—
	2002	14	44	82	0	—	20	12	—
	2003	14	44	72	0	—	23	26	—
	2004	12	37	58	0	—	18	7	—
	2005	12	—	—	0	—	19	7	—
	2006	13	—	—	0	—	19	12	—
	2007	11	39	—	0	—	17	4	—
	2008	12	38	—	0	—	16	1	—
	2009	12	43	—	0	—	—	—	16
	2010	13	—	—	0	0,7	20	13	16
	2011	13	—	—	0	0,5	20	18	16
	2012	12	—	—	0	0,4	17	5	11
	2013	11	—	—	0	0,4	16	3	12
	2014	10	—	—	0	0,5	19	8	12
	2015	9	—	—	0	0,4	15	7	10
	2016	10	—	—	0	0,4	14	2	9
Lübeck St. Jürgen (städt. Hintergrund)	seit 6/2001	19	47	61	—	1,1	21	6	—
	2002	18	48	76	—	1,1	25	25	—
	2003	16	45	80	0	1,0	28	21	—
	2004	13	35	53	0	0,8	21	7	—
	2005	16	—	—	0	1,0	19	6	—
	2006	19	—	—	0	0,8	20	10	—
	2007	19	50	—	0	—	23	13	—
	2008	18	50	—	0	—	22	4	—
	2009	17	52	—	0	—	23	5	—
	2010	15	—	—	0	—	20	15	14
	2011	14	—	—	0	—	22	17	15
	2012	15	—	—	0	—	18	6	12
	2013	14	—	—	0	—	18	3	12
	2014	13	—	—	0	—	19	6	14
	2015	13	—	—	0	—	17	9	11
2016	14	—	—	0	—	15	2	10	
Orientierende Messungen in Ostholstein									
Bad Schwartau, Kirchenstraße (städt. HG)	05/1999-04/2000	21	—	—	—	1,9	—	—	—
Travemünde, Kurpark (städt. HG)	2004	17	—	—	—	—	—	—	—
	2005	18	—	—	—	—	—	—	—
	2006	19	—	—	—	—	—	—	—
Haffkrug, Bahnhofstraße (Verkehr)	05/2004-04/2005	21	—	—	—	0,9	—	—	—
Scharbeutz, Seestraße (Verkehr)	05/2004-04/2005	21	—	—	—	1,1	—	—	—
Neustadt, Kreienredder (städt. HG)	11/2001-11/2002	19	—	—	—	1,3	—	—	—
Malente, Bahnhofstraße (Verkehr)	05/2004- 04/2005	27	—	—	—	1,7	—	—	—
Oldenburg, Kremisdorfer Weg (städt. HG)	11/2001- 11/2002	18	—	—	—	1,3	—	—	—
Eutin, Kremisdorfer Weg (städt. HG)	06/2000-05/2001	15	—	—	—	1,9	—	—	—
Eutin, Wilh.-Wisser-Schule (städt. HG)	2007	19	—	—	—	1,8	—	—	—
Burg auf Fehmarn, Bahnhofstr.	05/2004-04/2005	26	—	—	—	1,3	—	—	—
Ansatz für Hintergrundbelastung (PFA 4):		15	—	—	—	1,0	20	—	13

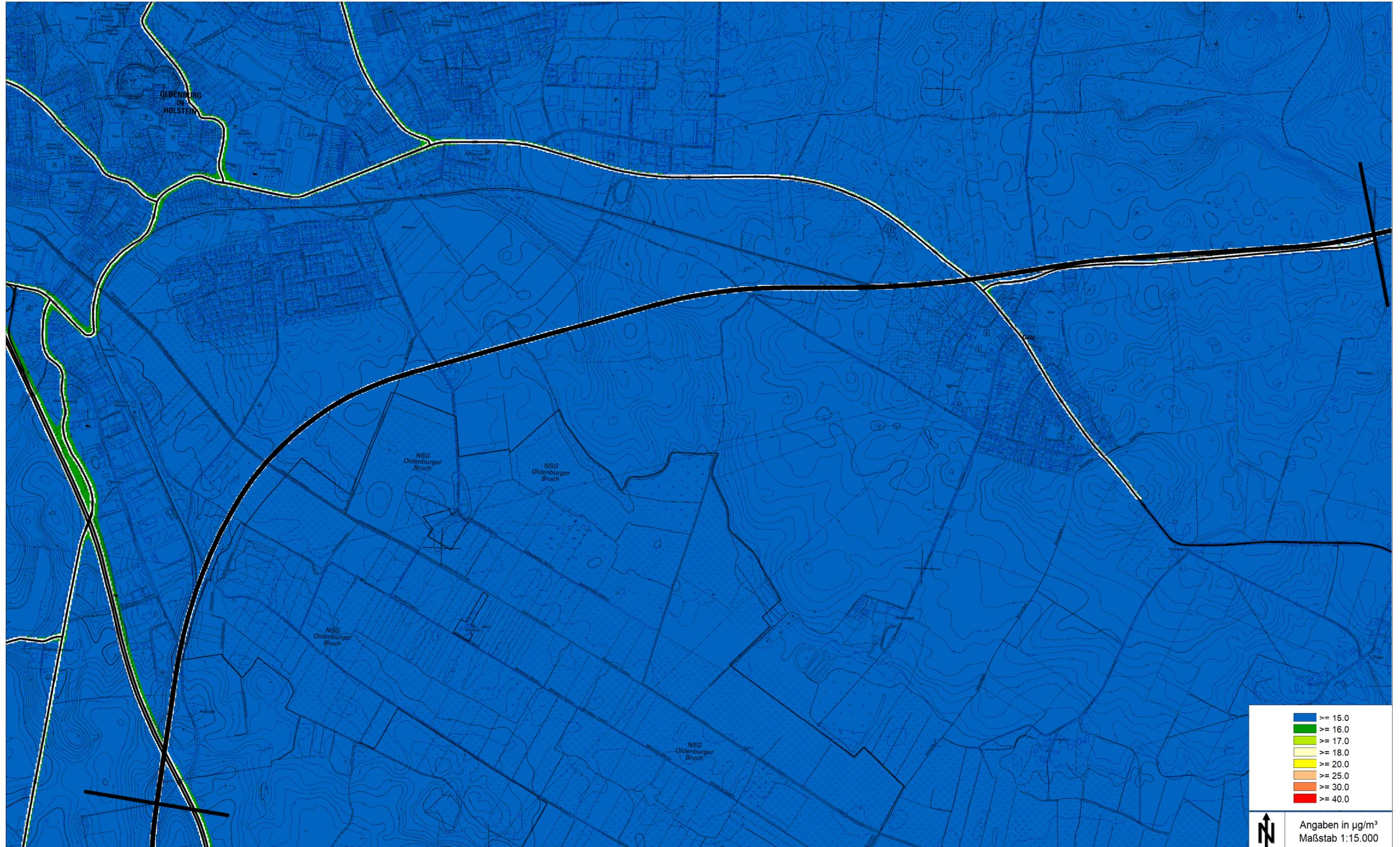
Anlage 8 Luftschadstoffrasterkarten (Betrieb), Maßstab 1:15.000

Anlage 8.1 Stickstoffdioxid(NO₂)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)

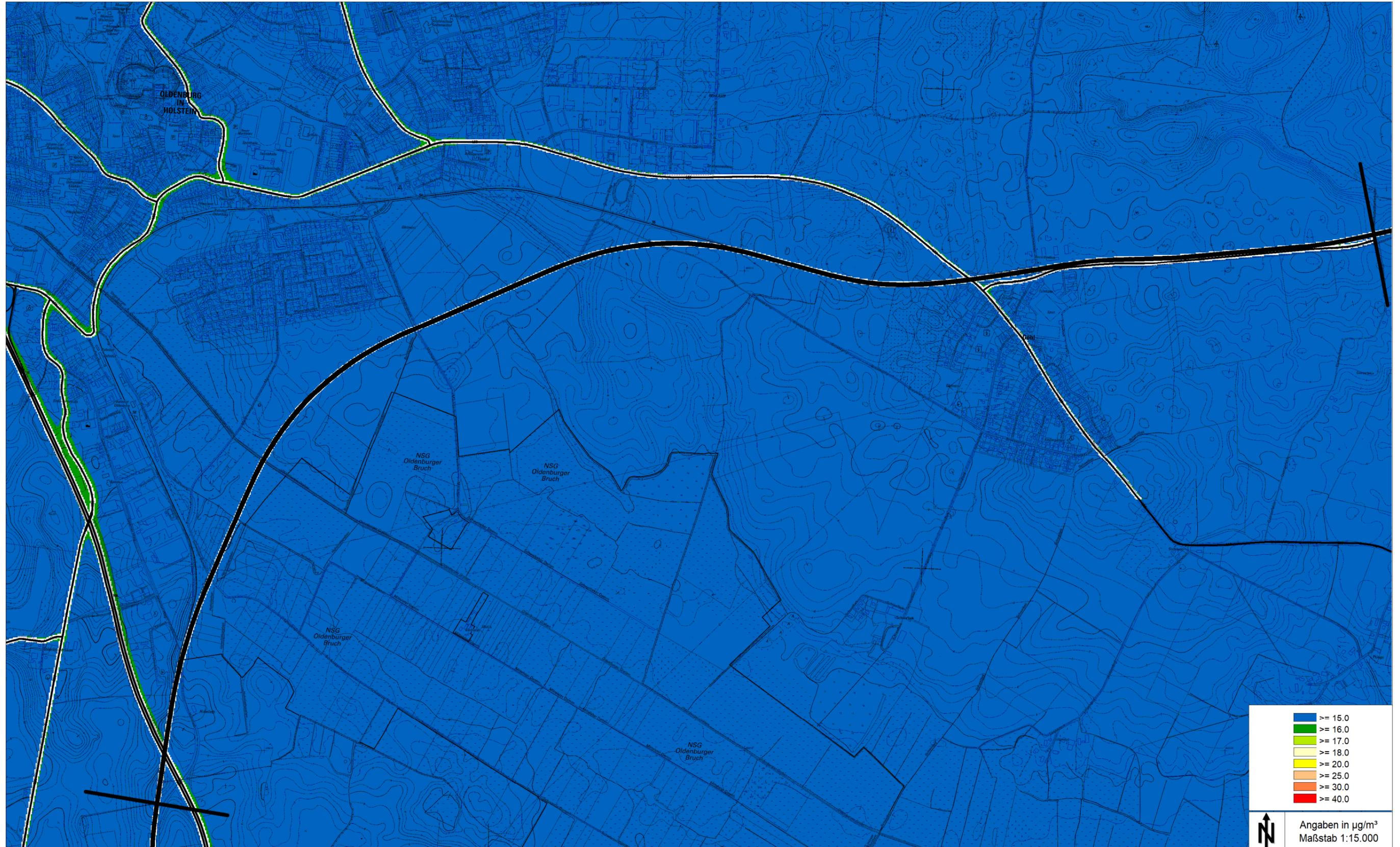
Anlage 8.1.1 Planfall 0, Gesamtbelastungen



Anlage 8.1.2 Prognose-Planfall, Gesamtbelastngen



Anlage 8.1.3 Planfall ROV, Gesamtbelastungen

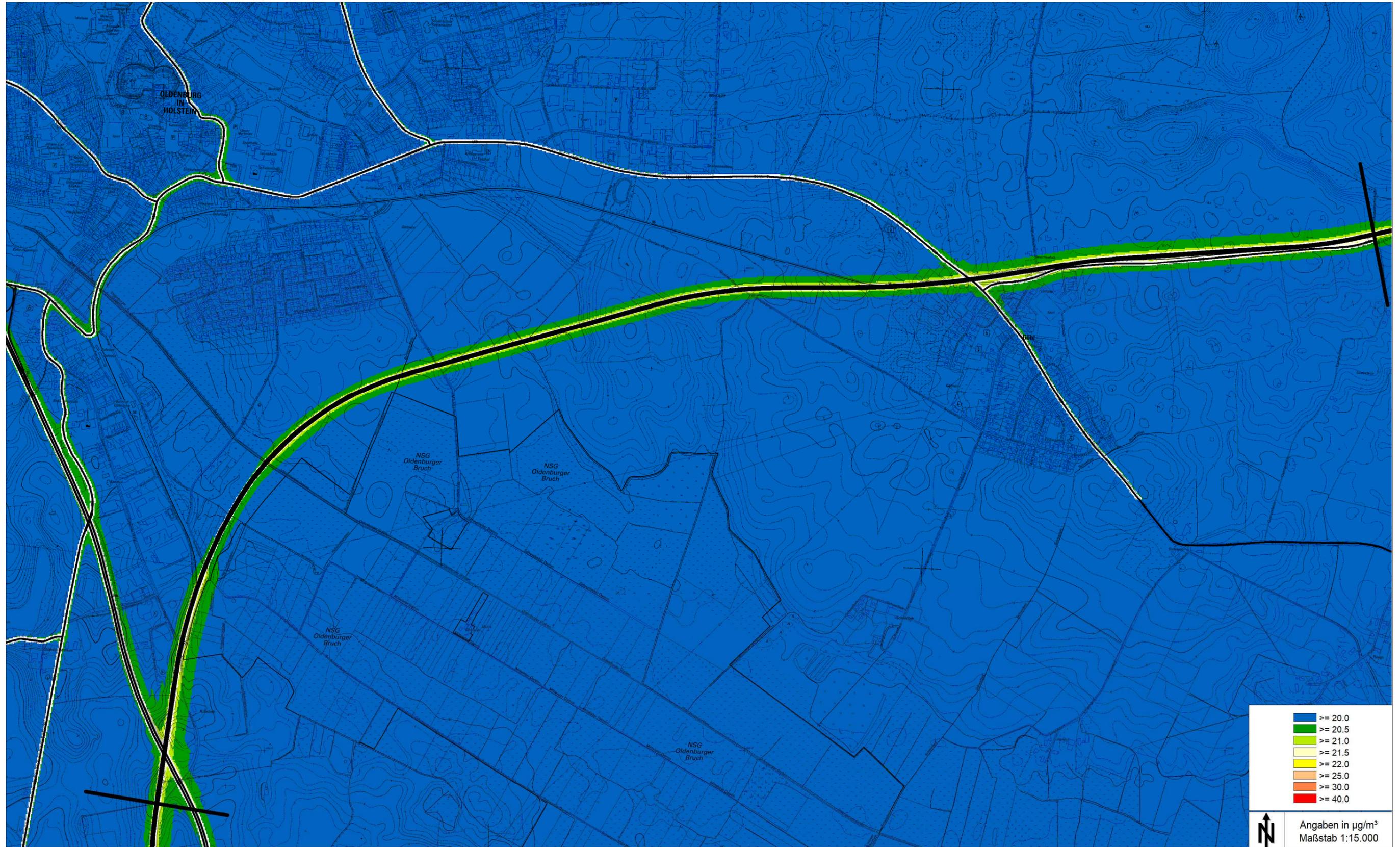


Anlage 8.2 Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)

Anlage 8.2.1 Planfall 0, Gesamtbelastungen



Anlage 8.2.2 Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen



Anlage 8.2.3 Planfall ROV, Gesamtbelastungen



Anlage 8.3 Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)

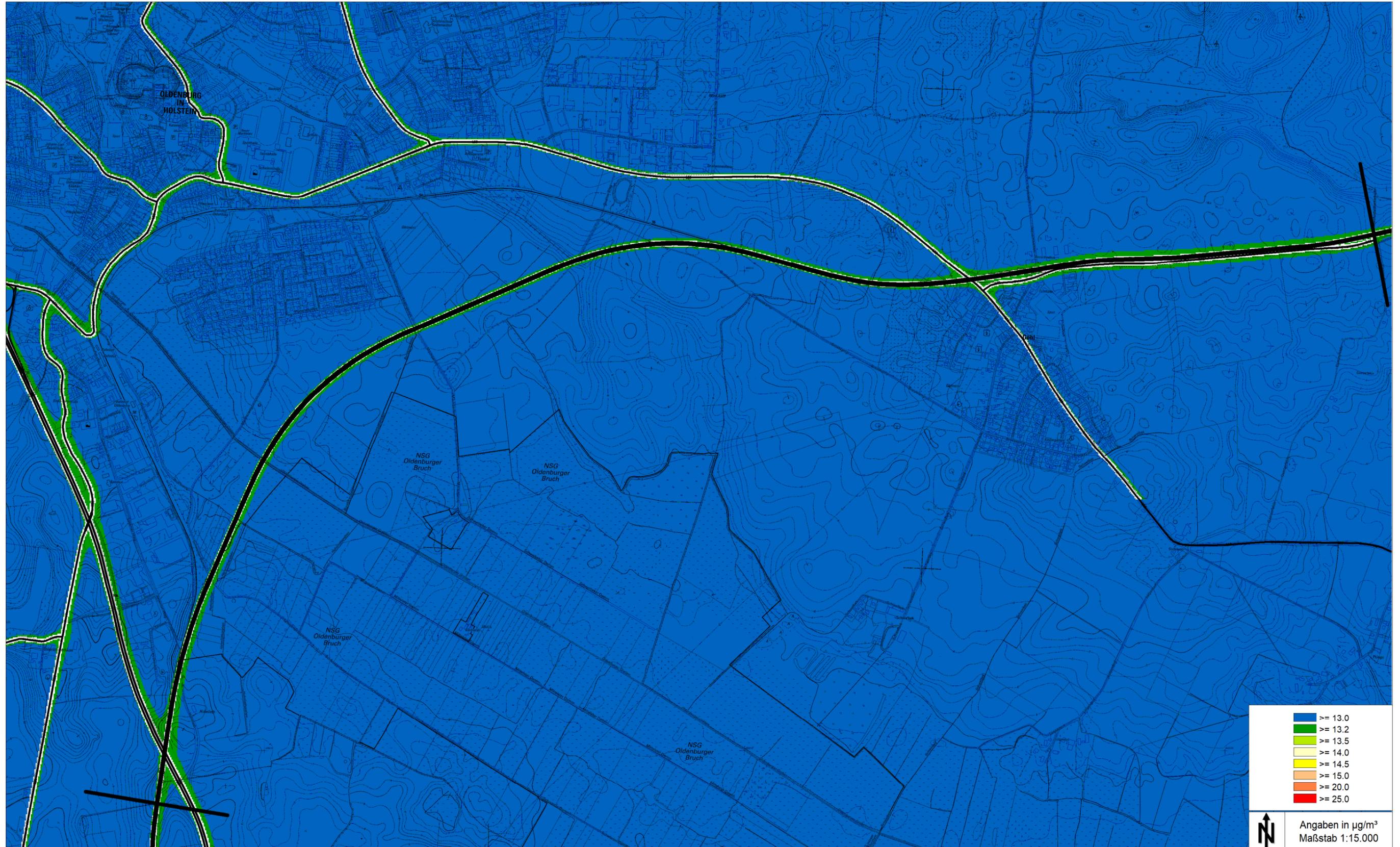
Anlage 8.3.1 Planfall 0, Gesamtbelastungen



Anlage 8.3.2 Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen

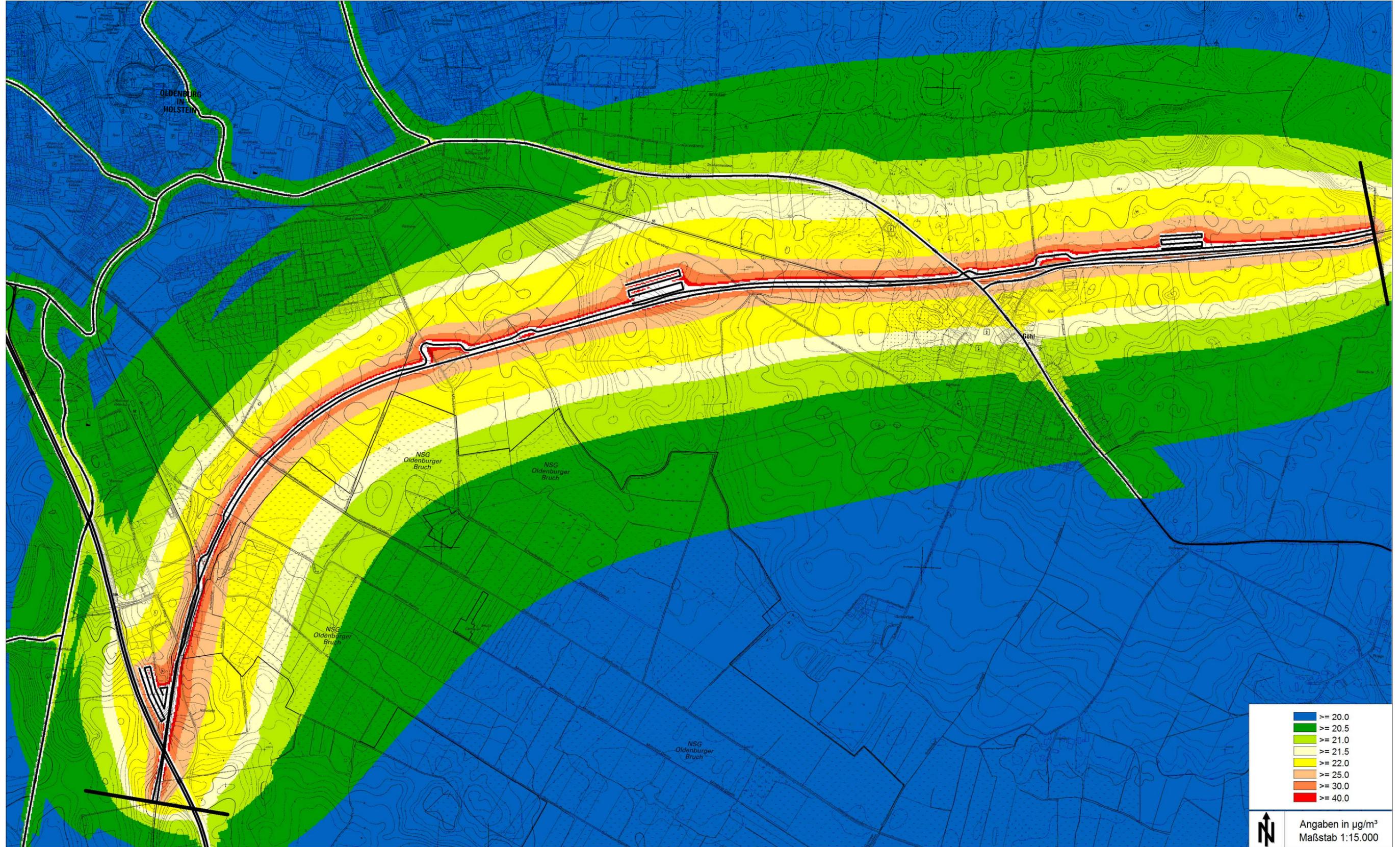


Anlage 8.3.3 Planfall ROV, Gesamtbelastungen



Anlage 9 Luftschadstoffrasterkarten (Bauphase), Maßstab 1:15.000

Anlage 9.1 Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtelastungen (Jahresmittel)



Anlage 9.2 Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)

