

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

Luftschadstoffuntersuchung

Planfeststellungsabschnitt 6 (Fehmarn inkl. Brückenbereich)

LAIRM CONSULT GmbH

Arbeitsgemeinschaft FBQ

Ersterstellung: 12. Dezember 2017
Überarbeitung: 25. Oktober 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



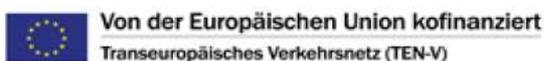
LAIRM CONSULT GmbH
Haferkamp 6
22941 Bargteheide

Im Auftrag von:
Arbeitsgemeinschaft FBQ



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

Ersterstellung 2017-12-12
Überarbeitung 2019-10-25
Version 1.0



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 Brecheranlage	13
5.3.5 Schüttgutlagerung	13
5.3.6 Staubaufwirbelung durch Baustellenverkehr	14
5.3.7 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 J00)	23
6.5.3 Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Jahresmittelwert J00)	23
6.5.4 Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Stundenmittelwert S18)	24
6.5.5 Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	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 J00)	25
6.6 Gesamtbelastungen (Bauphase)	25
6.6.1 Allgemeines	25
6.6.2 Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	25
6.6.3 Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (Überschreitungstage)	25
6.6.4 Feinstaub(PM _{2,5})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	26
6.7 Qualität der Prognose	26
7 Zusammenfassung und Beurteilung	27
8 Quellen	29
9 Anlagen	33

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
AG	Aktiengesellschaft
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BGBI.	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
d	Tag
DB	Deutsche Bahn
DTV	durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (Kfz/24h)
EPA	Environmental Protection Agency (Umweltbehörde USA)
FBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
FL	Fahrleistung
GG	Gegengleis
h	Stunde
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren
HC	Kohlenwasserstoffe
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
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
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge (größer 3,5 t)
SO ₂	Schwefeldioxid
SV	Schwerverkehrsanteil (Kfz > 3,5 t)
t	Tonnen
t/a	Tonnen pro Jahr
TA Luft	Technische Anleitung Luft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
VOC	flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen
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 6 (PFA 6) umfasst neben dem zweigleisigen Ausbau auf Fehmarn auch den Bereich der aktuell bestehenden Fehmarnsundbrücke einschließlich der eingleisigen Anschlussstücke auf Fehmarn und auf dem Festland.

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

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

Für die Bauphase erfolgen überschlägige Ermittlungen im Hinblick auf die Feinstaubimmissionen, da diese die relevanten Beeinträchtigungen der Luftqualität im Zusammenhang mit Baustellen darstellen.

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 PM_{10} 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.

Der Bereich Puttgarden befindet sich außerhalb des Geltungsbereichs des vorliegenden Verfahrens, so dass in der vorliegenden Untersuchung nur die Emissionsachsen der Bestandsstrecke berücksichtigt wurden, um Abschneideeffekte bei der Ausbreitungsberechnung zu vermeiden. Der Anschlusspunkt der Planung zur Schienenhinterlandanbindung zum Planfeststellungsverfahren der Feste Fehmarnbeltquerung befindet sich etwa im Bereich der geplanten Anschlussstelle Puttgarden der ausgebauten BAB A1/B207 nördlich Bannesdorf. Die nördlich gelegenen Bereiche sind im Untersuchungsgebiet zum Planfeststellungsverfahren der Feste Fehmarnbeltquerung enthalten, so dass die Auswirkungen dort beurteilt worden sind.

2 Örtliche Gegebenheiten

Der vorliegende Planfeststellungsabschnitt 6 umfasst neben dem zweigleisigen Ausbau auf Fehmarn auch den Bereich der Fehmarnsundbrücke einschließlich der eingleisigen Anschlussstrecke auf Fehmarn und auf dem Festland.

Innerhalb des PFA 6 befinden sich folgende Gemeinden, die von möglichen Einwirkungen durch Luftschadstoffe betroffen sind:

- Stadt Fehmarn;
- Gemeinde Großenbrode (Ortschaft Großenbroderfähre).

In dem hier betrachteten PFA 6 sind folgende Gleistrassen vorhanden bzw. geplant (von Nord nach Süd):

- Strecke 1100, Gleis 1 (Richtungsgleis, Richtung Puttgarden), Beginn PFA 6 (Anschluss an Planungsabschnitt zum Bau der Festen Fehmarnbeltquerung) bei Bau-km 184,160 bis Anschluss an eingleisige Bestandsstrecke nördlich Fehmarnsundbrücke etwa bei Bau-km 174,995;
- Strecke 1100, Gleis 2 (Gegengleis, Richtung Lübeck), Beginn PFA 6 (Anschluss an Planungsabschnitt zum Bau der Festen Fehmarnbeltquerung) bei Bau-km 184,160 bis Anschluss an eingleisige Bestandsstrecke nördlich Fehmarnsundbrücke etwa bei Bau-km 174,995;
- Strecke 1100, Gleis 1 (eingleisig), Bestandsgleise mit Fehmarnsundbrücke bei Bau-km 174,995 bis Anschluss PFA 5.2 (Ende PFA 6);
- Strecken 1103 (Südkurve) und 1104 (Nordkurve), Anbindungen des Bahnhofs Burg.

Zusammen bilden die drei Strecken 1100, 1103 und 1104 das Gleisdreieck Fehmarn Burg.

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

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 Xylol (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 bzw. zum Schutz der Vegetation (nur NO_x)

Luftschadstoff		Immissionswerte		
		Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Quelle	Charakter
NO _x	Jahresmittel	30	39. BImSchV	Schutz der Vegetation abseits von Ballungszentren
	Jahresmittel	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 [48] 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 [46]) 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 [47]. 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.

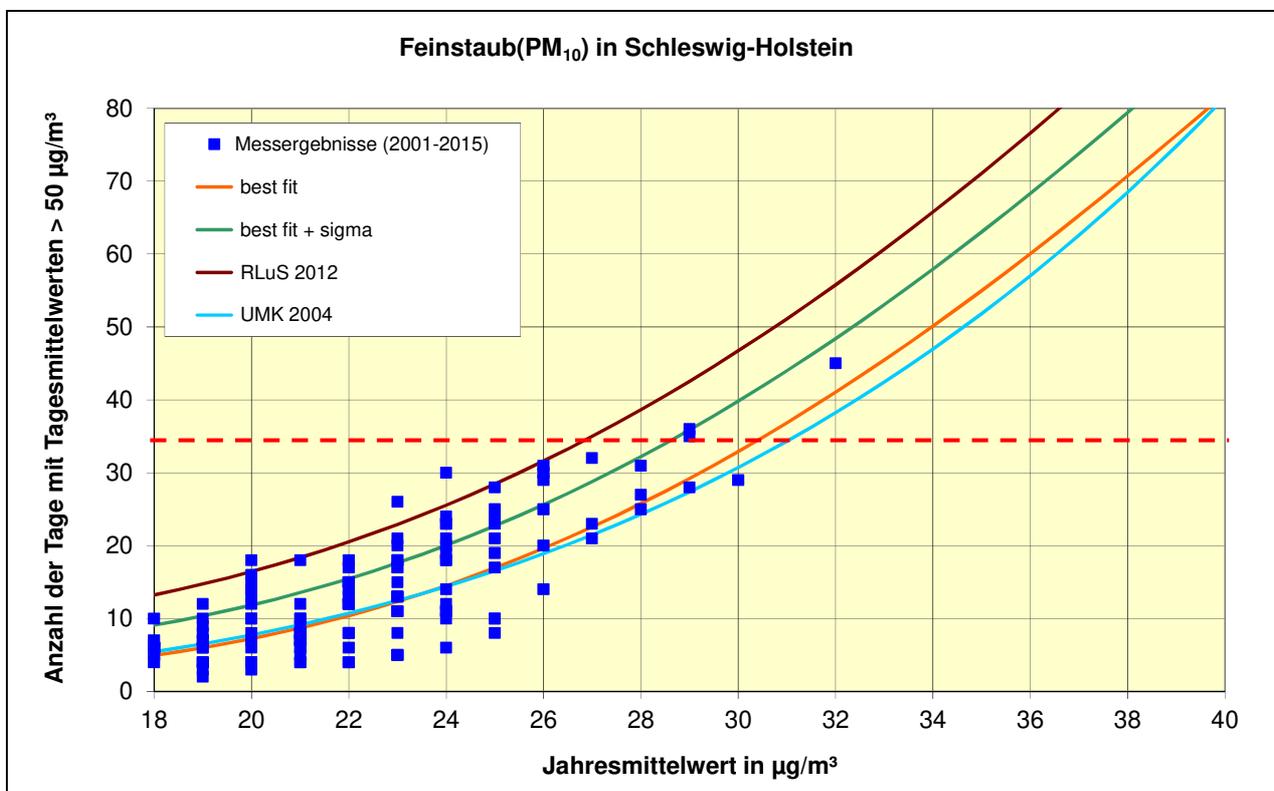


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Jahresmittelwerten und Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ der Feinstaub(PM10)-Belastungen an Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein

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 Fehmarnbelt Querung 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.

Für das maßgebliche Straßenverkehrsnetz auf Fehmarn wurden die aktualisierten Verkehrsbelastungen der Ermittlungen zum Planänderungsverfahren [59]-[60] zur Festen Fehmarnbeltquerung zugrunde gelegt (Prognosehorizont 2030).

Darüber hinaus wurden die LKW-Anteile für die südlichen Abschnitte der B207 dem aktuellen Planungsstand entsprechend gemäß Angaben des Landesbetriebs Straßenbau und Verkehr des Landes Schleswig-Holstein angepasst (Stand 2016, Prognosehorizont 2025).

Für weitere vorhandene Straßenabschnitte wurden die Angaben aus der Verkehrsprognose [55] von WVK (Wasser- und Verkehrskontor, Prognose-Planfall mit Fester Fehmarnbeltquerung) herangezogen. Für den Abschnitt auf Fehmarn wurden zur sicheren Seite die Belastungen des Planfalls 1 verwendet (Planfall mit vollständiger Ortsumfahrung Burg), der für einige Abschnitte der B207 höhere Belastungen als Planfall 2 aufweist.

Für die Ortsumgehung Burg wurden Verkehrsbelastungen aus der zugehörigen Verkehrsuntersuchung berücksichtigt (1. Bauabschnitt [62]-[63]). Für den derzeit noch nicht konkret geplanten Anschluss zwischen der L209 und der K43 wurden die Verkehrsbelastungen entsprechend abgeschätzt.

Alle Straßenverkehrsbelastungen des Prognosehorizonts 2025 wurden auf den Prognosehorizont 2030 mit dem Faktor 1,037 gemäß [59]-[60] hochgerechnet.

Darüber hinaus liegen aktuelle Zählraten der DB AG vor [61], die im Rahmen des vorliegenden Planfeststellungsverfahrens erhoben wurden. Für die die Bahntrasse kreuzenden Straßenabschnitte wurden entsprechende Bemessungsverkehrsstärken ermittelt. Prognosebelastungen für alle maßgebenden Straßenabschnitte liegen jedoch nicht vor. Diese Zahlen wurden daher nur zur Plausibilitätsprüfung der Belastungsansätze verwendet.

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 Klimaanlagen 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 Zählraten 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 Feinstaub PM_{10} 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 PM_{10} 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 Staubbilddung der entsprechenden Straßenabschnitte benötigt. In den USA stehen zwar umfangreiche Messungen der Staubbilddungen 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 PM_{10} -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 µm;
- Klasse 2 (PM_{2,5-10}): Partikel zwischen 2,5 µm und 10 µm;
- Klasse 3 (PM₁₀₋₅₀): Partikel zwischen 10 µm und 50 µm;
- Klasse 4 (PM_{>50}): Partikel größer als 50 µm.

Feinstaub (Schwebstaub) wird durch die beiden oberen Klassen repräsentiert, wobei Feinstaub der Bezeichnung PM₁₀ 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 PM₁₀ (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 Gleisschotters, 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 bewegenden Bodenmassen bilanziert. Die Mengen des abzutragenden Gleisschotters 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 im Gleisdreieck Fehmarn Burg und auf einer Baustelleneinrichtungsfläche (Bauplatz) im Bereich östlich Hochfelder Mühle, nordwestlich Blieschendorf geplant.

Im nördlichen Bereich des Gleisdreiecks Fehmarn Burg ist die Aufbereitung des Gleisschotters zum Wiedereinbau vorgesehen. Hierzu ist das Material mit einer Brecheranlage zu bearbeiten.

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.

Auch der rückgebaute Gleisschotter wird zum Gleisdreieck verbracht, dort gelagert und mit der Brecheranlage bearbeitet, bevor er wieder eingebaut wird. Für den zusätzlichen 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 5 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 Brecheranlage

Für den Betrieb von Brecheranlagen stehen Daten der amerikanischen Umweltbehörde EPA zur Verfügung [14]. Die Staubemissionen sind von der Größe des zerkleinerten Endproduktes abhängig. Im Folgenden wird für den Einsatz der Brecheranlage eine feine Zerkleinerung in Ansatz gebracht (Produktgröße etwa 2,5 bis 0,5 cm).

Eine Zusammenstellung der Emissionsfaktoren zeigt die Anlage 4.2.

5.3.5 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 im Bereich Gleisdreieck etwa 3.000 m² und für die weitere Lagerfläche etwa 700 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 auf Fehmarn in etwa 75 % der Jahresstunden. Eine Zusammenstellung der Eingangsdaten zeigt Anlage 4.4.

5.3.6 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 Staubbeladung 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 Staubbeladung des Baustellenbereiches beitragen und implizit in der Staubaufwirbelung berücksichtigt werden. Die Ansätze sind in der Anlage 4.3 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.

5.3.7 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 und der Betrieb der Brecheranlage werden ebenfalls durch Linienquellen auf den jeweiligen Flächen approximiert. Eine Zusammenstellung der Quellemissionen zeigt die Anlage 4.7. In der Anlage 4.8 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 und den Prognose-Planfall 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 ergeben 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 37 % ab.

Die Benzolemissionen aus dem Schienenverkehr nehmen um 100 % ab, die gesamten Benzolemissionen um etwa 33 %.

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 120 % 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 40 % zu erwarten sind.

Tabelle 3: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr)

Schadstoff / Quelle	Planfall 0	Prognose-Planfall		
	Emission [t/a]	Emission [t/a]	Veränderung vs. Planfall 0 [t/a]	
Stickoxide (NO_x)				
Gesamt	42,08	26,76	-15,32	-36,4%
Schiene	15,32	0,00	-15,32	-100,0%
Straßennetz	26,76	26,76	0,00	0,0%
Benzol				
Gesamt	0,100	0,067	-0,033	-32,8%
Schiene	0,033	0,000	-0,033	-100,0%
Straßennetz	0,067	0,067	0,000	0,0%
Feinstaub PM₁₀				
Gesamt	8,526	17,793	9,267	108,7%
Schiene	1,494	10,762	9,267	620,2%
Straßennetz	7,031	7,031	0,000	0,0%
Feinstaub PM_{2,5}				
Gesamt	3,504	4,775	1,271	36,3%
Schiene	0,661	1,932	1,271	192,3%
Straßennetz	2,843	2,843	0,000	0,0%
Kohlendioxid (CO₂)				
Gesamt	29.710	28.849	-861	-2,9%
Schiene	861	0	-861	-100,0%
Straßennetz	28.849	28.849	0	0,0%

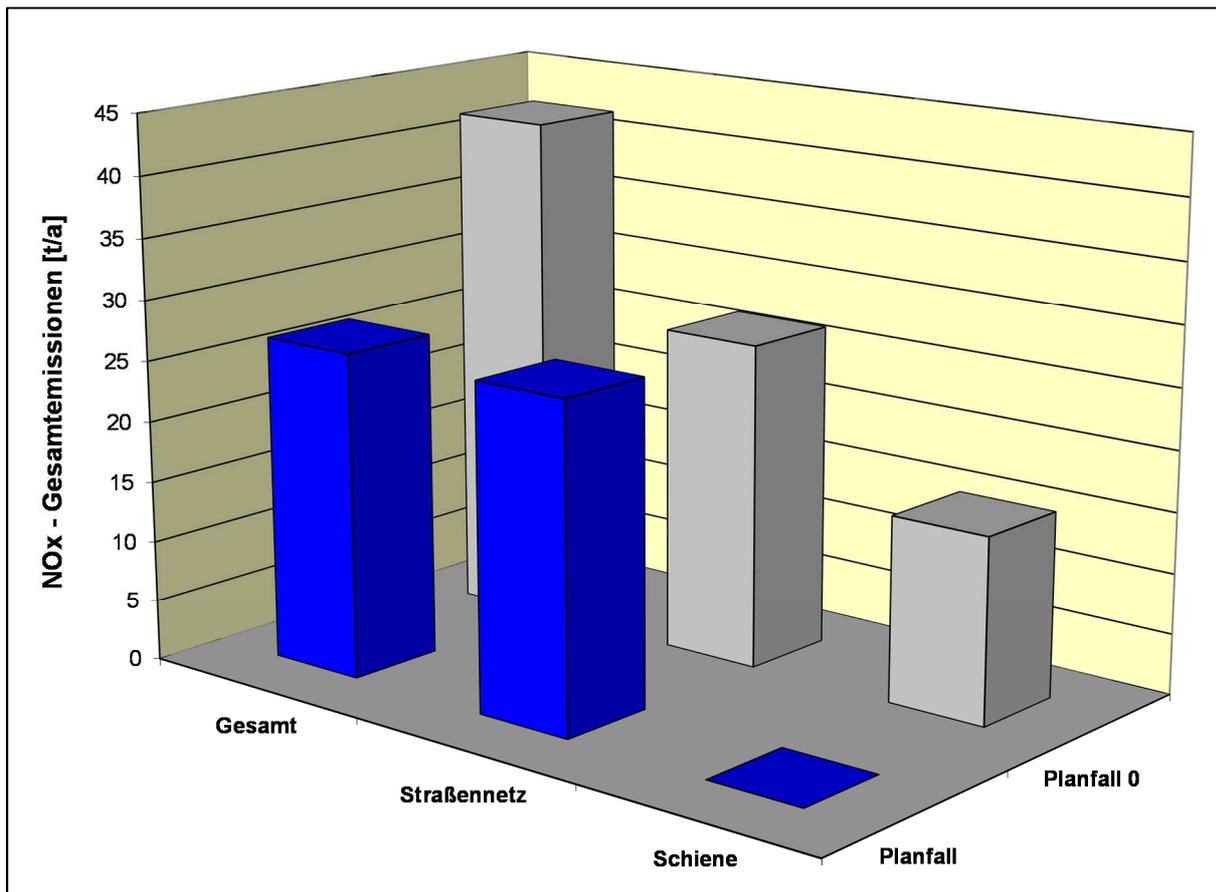


Abbildung 3: Stickstoffoxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

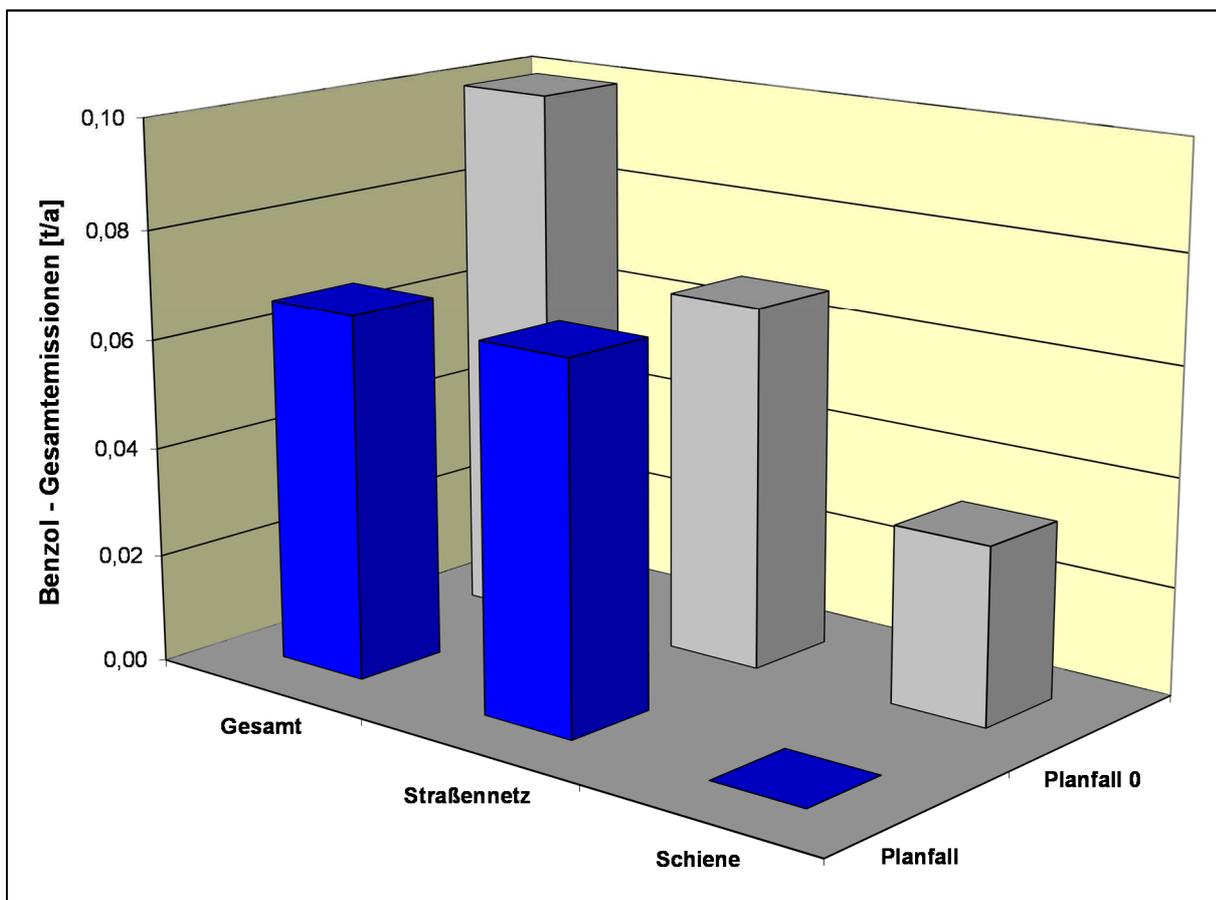


Abbildung 4: Benzol-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

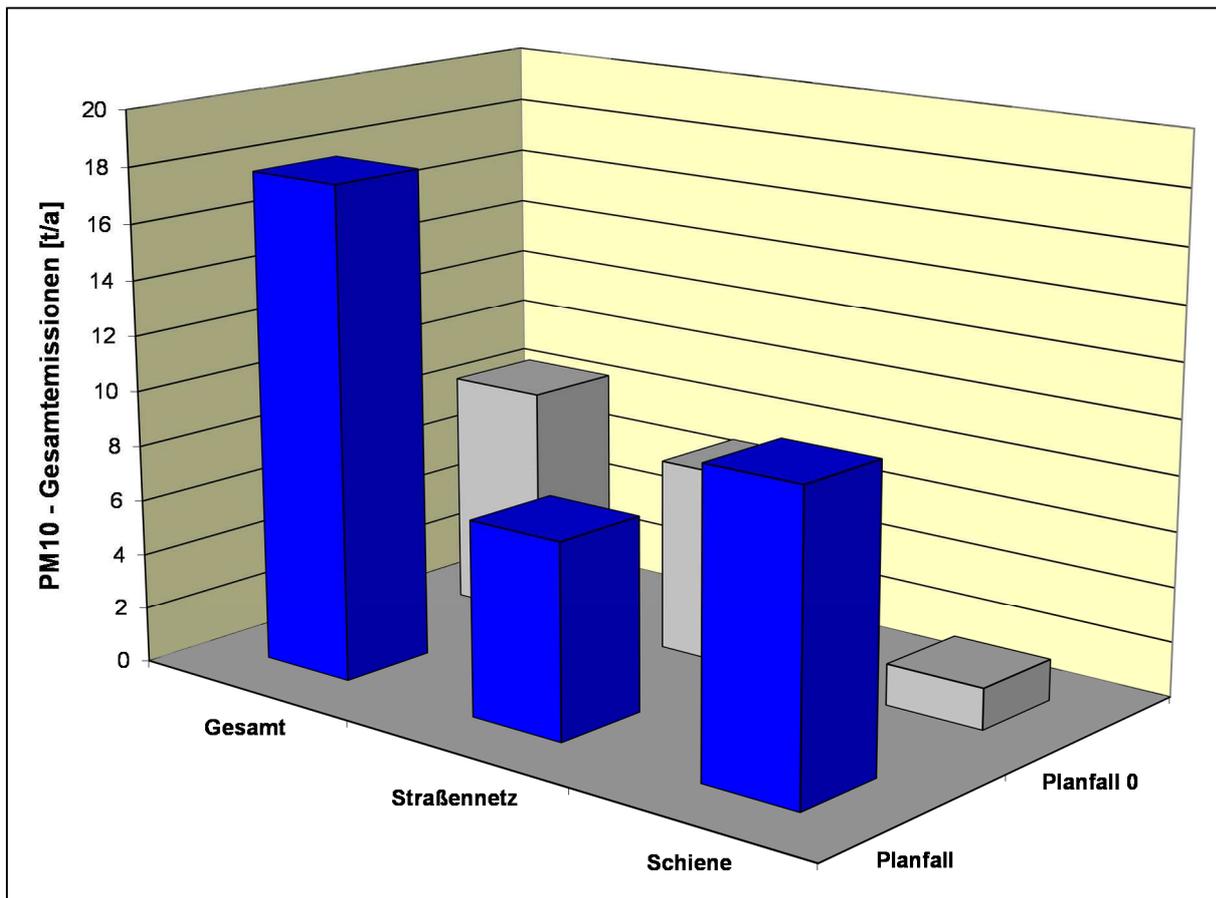


Abbildung 5: Feinstaub(PM10)-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

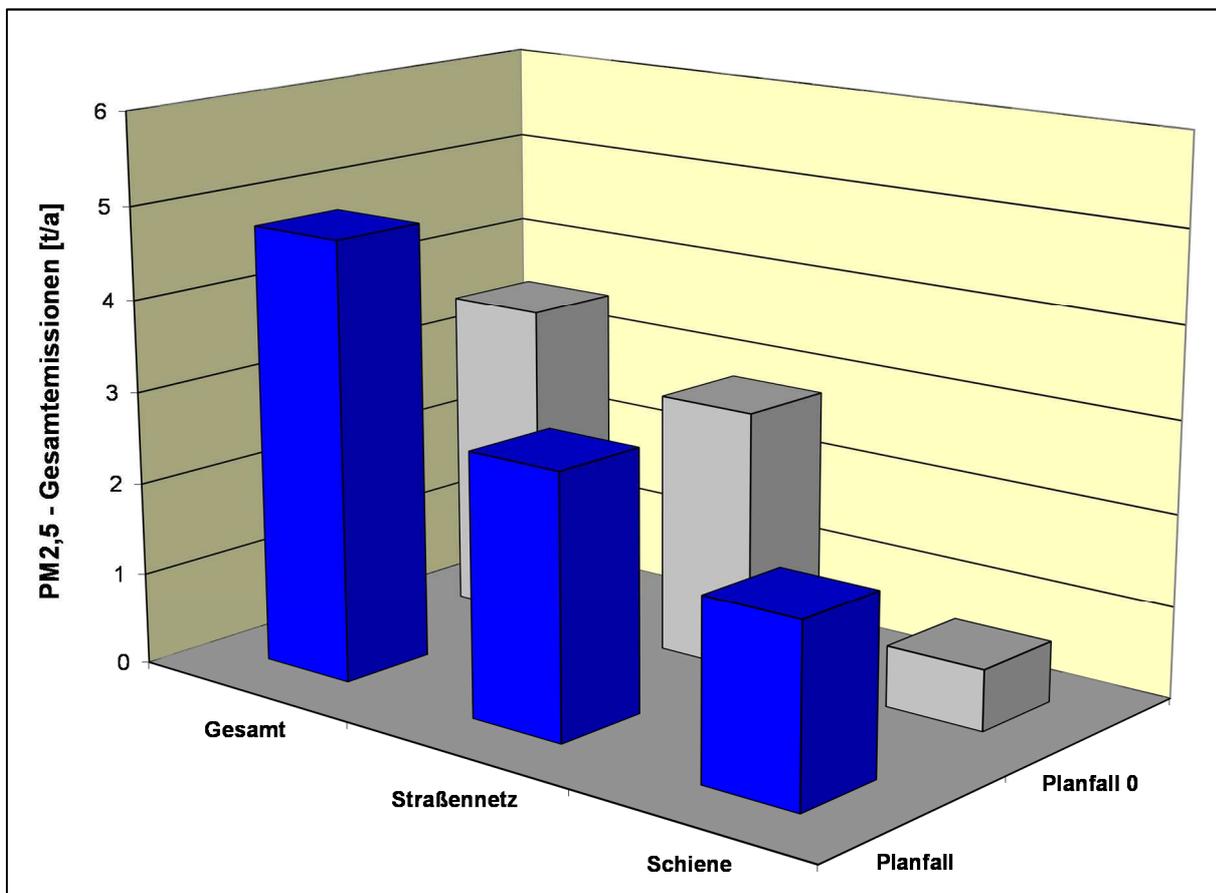


Abbildung 6: Feinstaub(PM2,5)-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

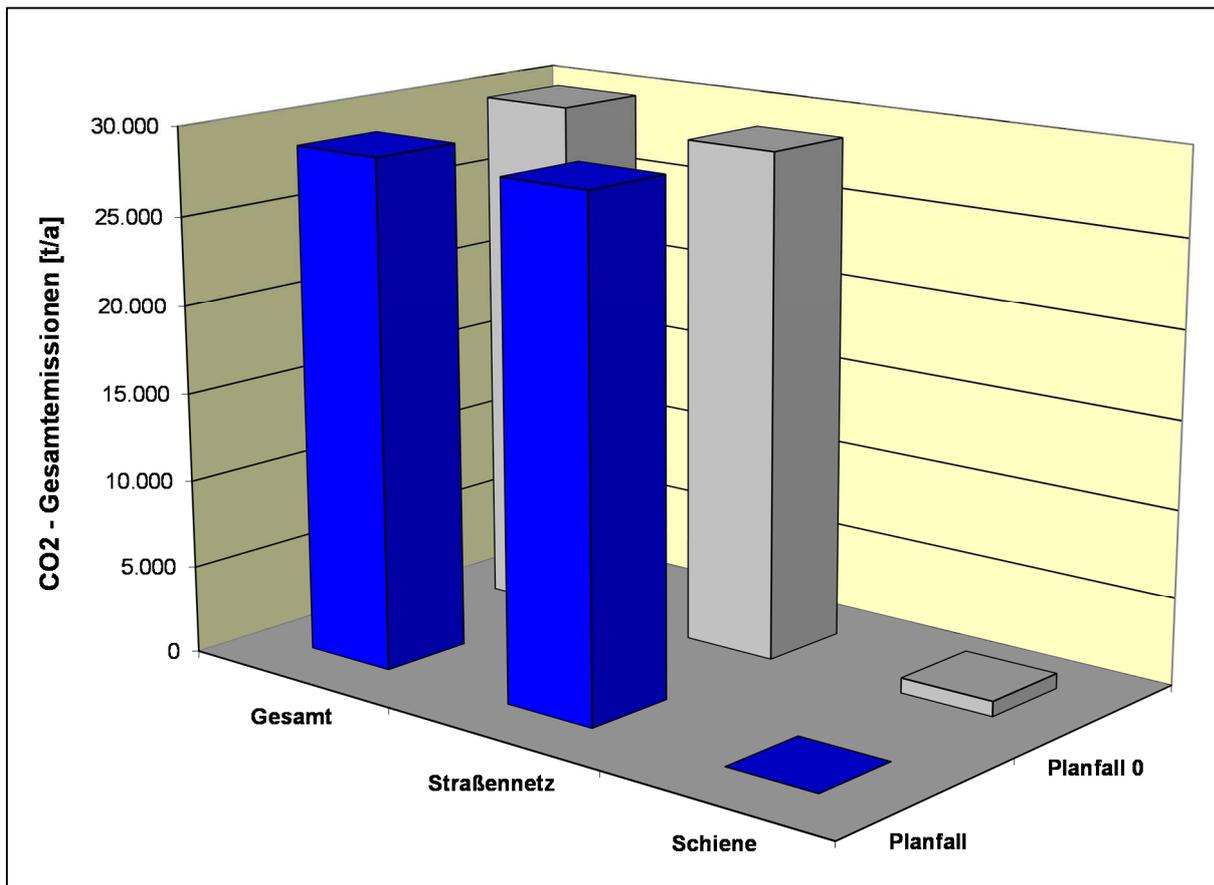


Abbildung 7: Kohlendioxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

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	169,6
Baufeld	10,4
Bauplätze	28,3
Baustraßen	130,8
Feinstaub PM_{2,5}	
Gesamt	22,0
Baufeld	2,5
Bauplätze	6,4
Baustraßen	13,1

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 [29]) zur Verfügung, die insbesondere für verkehrsbedingte Immissionen geeignet sind. Für Abschätzungen bei dichter Randbebauung können einfache Straßenschluchtmodelle (z.B. STREET [30]) herangezogen werden. Genauere Berechnungen bei komplexer Bebauung (Innenstadtbereich, Straßenschluchten) unter Berücksichtigung der detaillierten Strömungsverhältnisse sollten mit komplexeren Modellen (z.B. MISKAM [31]) erfolgen.

Die aktuelle Fassung der TA Luft beinhaltet zur Berechnung der Schadstoffausbreitung für genehmigungsbedürftige Anlagen das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [33], 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 [29] 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 Quellhöhe 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 sieht das Schallschutzkonzept lediglich eine einzige Lärmschutzwand mit einer Höhe von 2,0 m östlich Struckkamp vor. Zur sicheren Seite wird diese Wand im Folgenden nicht berücksichtigt, da der Einfluss auf die Luftschadstoffberechnungen ohnehin gering ist.

Bei der Ausbreitungsrechnung werden die standortspezifischen meteorologischen Daten benötigt. Hierzu wurde eine aktuelle mehrjährige Ausbreitungsklassenstatistik einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Station verwendet („AKS“, Standort Westermarkelsdorf, Zeitraum 2002-2011, s. Anlage 6), die von der meteomedia GmbH zur Verfügung gestellt wurde [50].

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 [42].

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 [39] durchgeführt. Eine Anpassung der obigen Formeln an sehr hohe Immissionen erfolgte durch Bächlin [43].
- **Vereinfachtes chemisches Modell:** Mittlerweile liegen Veröffentlichungen zu einem vereinfachten chemischen Umwandlungsmodell zur NO-NO₂-Konversion vor [44]/[45], 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).

Hierzu 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 [49]. 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 [48]. Eine Zusammenstellung aktueller Messwerte findet sich in der Anlage 7.

Das Untersuchungsgebiet hat in weiten Teilen ländlichen Charakter, so dass dort ein ländlicher Hintergrund zu erwarten ist. Daher wurde die Hintergrundbelastung einheitlich und zur sicheren Seite für das gesamte Untersuchungsgebiet als ländlich geprägt angenommen. Die für die Belastungen im ländlichen Raum repräsentative Messstation befindet sich in Bornhöved im Landesinneren. Für Fehmarn liegen – außer für Ozon – keine Hintergrundmesswerte vor. Aufgrund der Küstenlage Fehmarns und der dort verbundenen höheren Windgeschwindigkeiten als im Landesinneren ist davon auszugehen, dass auf Fehmarn die Hintergrundbelastungen eher niedriger als an der Messstation Bornhöved einzuschätzen sind.

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

- NO₂ (Jahresmittelwert): 12 µg/m³;
- NO_x (Jahresmittelwert): 12,5 µg/m³;
- Feinstaub PM₁₀ (Jahresmittelwert): 18 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 Burg, sind demgegenüber höhere Belastungen nicht auszuschließen. Da dort durch das Planvorhaben jedoch keine messbaren 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	
	Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anzahl			Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Differenz
NO_x						
Jahresmittelwert	30	—	12,5	17,4	15,0	-2,4
NO₂						
Jahresmittelwert	40	—	12,0	14,5	13,3	-1,2
Stundenmittelwert S18	200	18	1	1	1	0
Benzol						
Jahresmittelwert	5	—	1,000	1,015	1,009	-0,006
PM₁₀						
Jahresmittelwert	40	—	18,0	19,1	20,3	1,2
Tagesmittelwert	50	35	9	11	12	1
PM_{2,5}						
Jahresmittelwert	25	—	13,0	13,5	13,6	0,1

6.5.2 Stickoxid-Belastungen (NO_x, Jahresmittelwert J00)

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 J00)

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 den Prognose-Planfall 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 14,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Nahbereich von Schiene und Straße, wobei diese im Wesentlichen durch den Schienenverkehr bedingt sind. Eine Überschreitung des Grenzwertes ist nicht zu erwarten.

- Im Prognose-Planfall ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu $13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 (NO₂, Stundenmittelwert S18)

Die NO₂-Belastungen der Stundenmittelwerte wurden aus dem NO₂-Jahresmittelwert unter Verwendung der Formel gemäß RLuS 2012 [27] ermittelt.

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

6.5.5 Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen finden sich in der Tabelle 5. Eine flächendeckende Darstellung findet sich in der Anlage 8.2.

Die PM₁₀-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 $19,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu $20,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 noch knapp als mittlere Konzentration (zwischen 25 % und 50 % des Grenzwertes), im Prognose-Planfall knapp als leicht erhöhte Konzentration (zwischen 50% und 75 % des Grenzwertes) einzustufen.

6.5.6 Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (Überschreitungstage)

Neben dem Jahresmittelwert der Feinstaub(PM₁₀)-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(PM₁₀)-Belastungen sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Dabei wurde die Formel „bestfit + Sigma“ [46] zugrunde gelegt.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die zulässige Anzahl von 35 Tagen mit Grenzwertüberschreitungen sowohl im Planfall 0 mit 11 Überschreitungstagen als auch für den Prognose-Planfall mit bis 12 Überschreitungstagen nicht erreicht wird.

6.5.7 Feinstaub(PM_{2,5})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Feinstaub(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 liegen die ermittelten Gesamtbelastungen nur knapp oberhalb der Hintergrundbelastung mit bis zu maximal $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Zunahmen 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 J00)

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 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(PM_{10})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen können der Schadstoffkarte der Anlage 9.1 entnommen werden.

Es zeigt sich, dass die PM_{10} -Gesamtbelastungen den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich unterschreiten.

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

Im Hinblick auf die mögliche Anzahl von Tagen, an denen der Tagesmittelwert der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wird, ist Folgendes festzustellen:

Bereits in unmittelbarer Nähe zum Rand der jeweiligen Baufelder und Baustraßen liegen die PM_{10} -Gesamtbelastungen des Jahresmittelwertes unterhalb von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Somit ist damit zu rechnen, dass die zulässige Anzahl 35 Überschreitungstagen in allen schutzbedürftigen Bereichen im gesamten Untersuchungsgebiet sicher eingehalten wird (vgl. Abbildung 1).

6.6.4 Feinstaub($PM_{2,5}$)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

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 $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 erfüllt die Anforderungen der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1 [34]. Die statistischen Unsicherheiten bei der Ausbreitungsberechnung mit PROKAS wurden für die Jahresmittelwerte zu maximal $\pm 20 \%$ ermittelt [35]. 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 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 37 %, für die gesamten Benzolemissionen um etwa 33 % 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 120 %. 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 40 % 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 0,1 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.

Da es im Bereich der Fehmarnsundbrücke unter Umständen zu einer Staubildung kommen kann, wurde ergänzend geprüft, inwiefern sich die Berücksichtigung eines Stauanteils auf diesem Straßenabschnitt auf die Schadstoffbelastungen auswirken würde. Hierzu wurden die ermittelten Emissionen der Straße mit den entsprechenden Emissionen mit zusätzlichem Stauanteil verglichen. Es zeigt sich, dass bei einem Stauanteil von 10 % je nach Schadstoffkomponente um im Mittel etwa 20 % höhere Emissionen zu erwarten sind. Da jedoch die prognostizierten Gesamtbelastungen maßgebend durch die großräumigen Hintergrundbelastungen bestimmt sind, würden auch etwa 20 % höhere Zusatzbelastungen nicht zu einer Überschreitung der Grenzwerte führen. Auch bei 100 % Stauanteil und damit um einen Faktor 2 erhöhten Emissionen, würden die prognostizierten Gesamtbelastungen weiterhin zu einer sicheren Einhaltung der Grenzwerte führen. Mittlerweile wurden ergänzende Planungen zu einer neuen Fehmarnsundquerung begonnen, so dass die obige Situation nach Bau der neuen Fehmarnsundquerung nicht mehr eintreten wird.

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 aufgrund des großen Abstandes zu der nächstgelegenen Bebauung keine beurteilungsrelevanten Zunahmen zu erwarten sind. 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.

Sofern während der Arbeiten besonders trockenes Wetter herrscht und eine sichtbare Staubentwicklung zu beobachten ist, wird jedoch empfohlen, die Staubemissionen durch Befeuchten zu begrenzen (Stand der Technik).

Insgesamt ist der Betrieb der Baustelle im Hinblick auf die Luftschadstoffimmissionen 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. Aufgrund der Einhaltung der Immissionsgrenzwerte der 39. BImSchV sind Maßnahmen zum Immissionsschutz nicht erforderlich.

Bargteheide, 25. Oktober 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] PROKAS, Ausbreitungsmodell für verkehrsbedingte Immissionen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Version 6.6.1.2;
- [30] STREET, Screening Modell, TÜV Energie und Umwelt GmbH, Filderstadt, 1996;
- [31] MISKAM, Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell, Dr. J. Eichhorn, Arbeitsgruppe Stadtklima, Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz;
- [32] Programmsystem inkl. der Module PROKAS/PROKAS _B, MISKAM und WINMISK, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;
- [33] AUSTAL2000, Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz, UFOPLAN Forschungskennzahl 200 43 256, Ingenieurbüro Janicke, Dunum, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin;
- [34] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung, Dezember 2001;

- [35] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 8: Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen, Entwurf, März 1998, aus formalen Gründen ersatzlos zurückgezogen;
- [36] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Anlagenbezogener Immissionsschutz, Januar 2010;
- [37] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 14: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Krafftfahrzeugbedingte Immissionen, August 2013;
- [38] Flassak, T., Bächlin, W., Böisinger, 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;
- [39] Romberg, E., Böisinger, 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;
- [40] 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;
- [41] Lohmeyer aktuell, NO-NO₂-Umwandlungsmodell, Überprüfung anhand neuerer Messwerte, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Ausgabe Nr. 14, Dezember 2005;
- [42] Gögen, R. und Lamprecht, U., „Hohe Stickstoffdioxidbelastungen – Können die NO₂-Luftqualitätsgrenzwerte im Jahr 2010 eingehalten werden?“, Immissionsschutz, Heft 1, 2008;
- [43] 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;
- [44] 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;
- [45] 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;
- [46] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), I. Düring, R. Böisinger, 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;
- [47] Partikelemissionen des Straßenverkehrs, Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“, UMK (2004);
- [48] 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;
- [49] 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;
- [50] Ausbreitungsklassenstatistik für die Station 100550 (Westermarkelsdorf (Fehmarn)), Zeitraum 2002 bis 2011, meteomedia GmbH, geliefert von ArguSoft GmbH & Co. KG, Brühl, 25. Mai 2012;

Sonstige projektbezogene Quellen und Unterlagen

- [51] 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);
- [52] Kartengrundlage: Digitale Flurkarten (DTK25, Maßstab 1:25.000 und DTK5, Maßstab 1.5.000), Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein;
- [53] Digitales Geländemodell DGM1 (Gitterweite 1 m), DGM5 (Gitterweite 5 m) und dreidimensionale Gebäudedaten (LOD1), Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein;
- [54] Zugzahlen für Planfall 0 und Planfall 1, Bezugsjahr 2030, DB Netze, 27. Oktober 2017;;
- [55] Verkehrsgutachten für den vierstreifigen Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen Ost und Puttgarden, Hinterlandanbindung Fehmarnbeltquerung, Wasser- und Verkehrs-Kontor GmbH, 22. Oktober 2010, aktualisiert 14.12.2012;
- [56] Zusammenstellung der Ergebnisse der allgemeinen Straßenverkehrszählung 2010 sowie verfügbarer Verkehrsprognosen zum Ausbau der B207 und die BAB A1, Landesbetrieb für Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein (LBV-SH), E-Mail von Herrn Hansen vom 27. Oktober 2011;
- [57] Ergebnisse der allgemeinen Straßenverkehrszählung 2005-2015, Bundesanstalt für Straßenwesen;
- [58] Schalltechnische Untersuchung für den Vierstreifigen Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen und Puttgarden, Deckblatt, vollständig überarbeitete Fassung 02/2013, Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein, Niederlassung Lübeck;
- [59] Feste Fehmarnbeltquerung, Planfeststellung, Schalltechnische Untersuchung, Deckblatt, vollständig überarbeitete Fassung, 03.06.2016, LAIRM CONSULT GmbH;
- [60] Feste Fehmarnbeltquerung, Planfeststellung, Luftschadstoffuntersuchung, Deckblatt, vollständig überarbeitete Fassung, 03.06.2016, LAIRM CONSULT GmbH;
- [61] Verkehrsuntersuchung ABS/NBS Hamburg-Lübeck-Puttgarden (Schienenanbindung FBQ), PTV Transport Consult GmbH, im Auftrag von DB Engineering & Consulting GmbH, Region Nord, Stand Mai 2017;
- [62] Burg auf Fehmarn, Verkehrstechnische Untersuchung, Merkel Ingenieur Consult, Bad Doberan, November 2016;
- [63] Stadt Fehmarn, Herstellung einer Verbindungsstraße von der K43 bis Burgstaaken, Feststellungsentwurf, Lagepläne, TSM Ingenieurbüro für Tiefbau und Vermessung GbR, Kiel, Stand 9. Juni 2017;
- [64] Informationen gemäß Ortstermin mit Fotodokumentation, LAIRM CONSULT GmbH, Oktober 2016.

9 Anlagen

Anlage 1	Übersichtslagepläne, Maßstab 1:75.000
Anlage 1.1	Planfall 0
Anlage 1.2	Prognose-Planfall
Anlage 1.3	Maßgebendes Straßennetz
Anlage 1.4	Emissionsquellen Bauphase
Anlage 2	Emissionen des Schienenverkehrs
Anlage 2.1	Verkehrsbelastungen
Anlage 2.1.1	Planfall 0
Anlage 2.1.2	Prognose-Planfall
Anlage 2.2	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 2.4	Gesamtemissionen pro Jahr
Anlage 2.4.1	Planfall 0
Anlage 2.4.2	Prognose-Planfall
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	Betrieb Brecheranlage
Anlage 4.3	Basis-Emissionsfaktoren für den LKW-Verkehr auf unbefestigten Straßen
Anlage 4.4	Basis-Emissionsfaktoren für die Abwehung von Halden
Anlage 4.5	Emissionen je LKW Bezugsgröße 30 t bzw. Brecher 200 t
Anlage 4.6	Normierte Emissionsfaktoren (Bezugsgröße 1 m ³ bzw. 1,5 t (Böden) bzw. 1,9 t (Gleisschotter)
Anlage 4.7	Ermittlung der längenbezogenen Emissionsfaktoren
Anlage 4.8	Emissionsfaktoren und Gesamtemissionen
Anlage 5	Berücksichtigung von Straßenlage und Lärmschutzanlagen mit PROKAS (aus [35])
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 1:25.000
Anlage 8.1	Stickstoffdioxid(NO ₂)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
Anlage 8.1.1	Planfall 0, Gesamtbelastungen
Anlage 8.1.2	Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen
Anlage 8.2	Feinstaub(PM ₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
Anlage 8.2.1	Planfall 0, Gesamtbelastungen
Anlage 8.2.2	Prognose-Planfall, 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 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: blaue Linien
Lärmschutzwände: grüne Linien

Maßstab 1:75.000

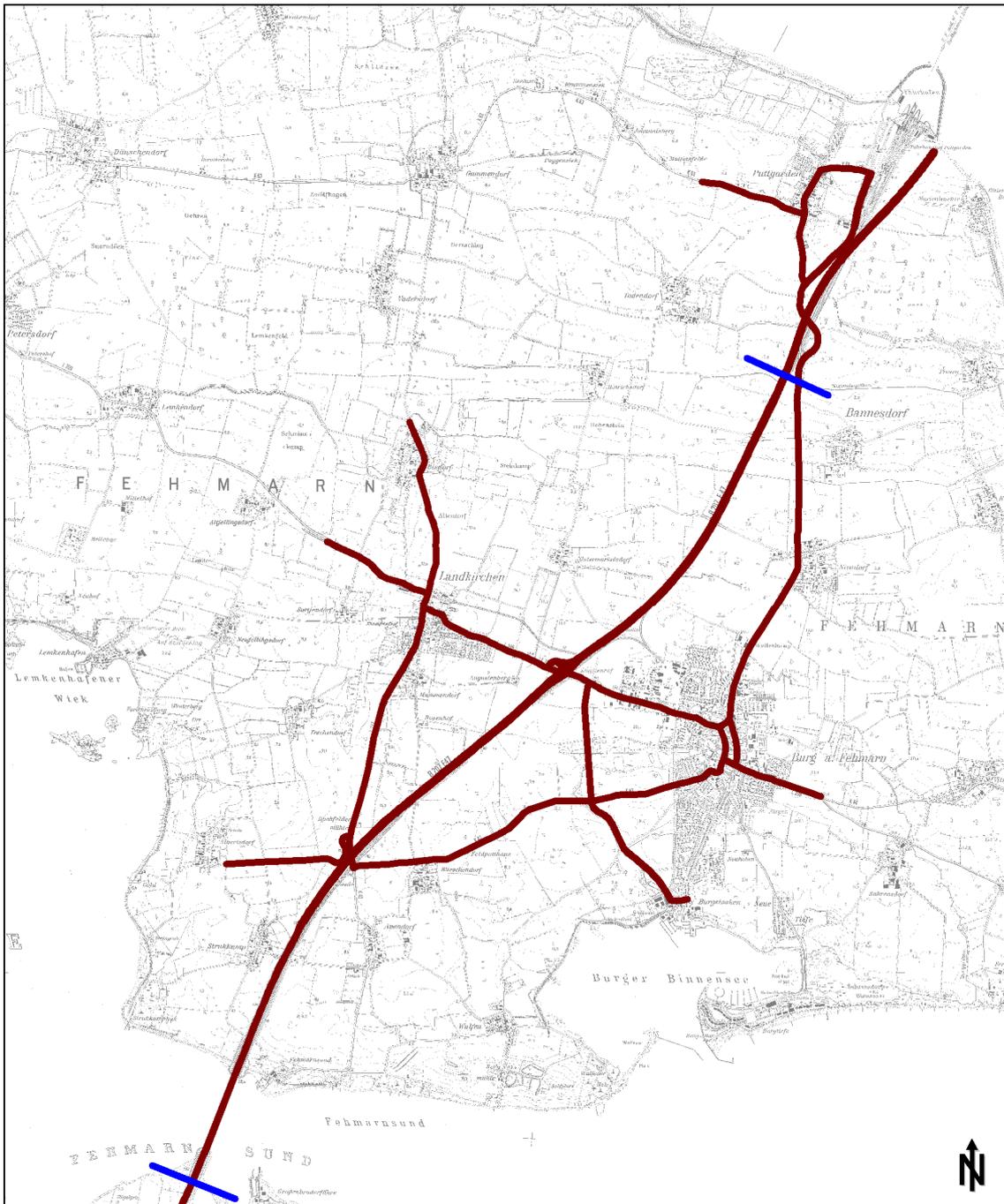
Anlage 1.2 Prognose-Planfall



Schienenstrecken: rote Linien
Abschnittsende: blaue Linien
Lärmschutzwände: grüne Linien

Maßstab 1:75.000

Anlage 1.3 Maßgebendes Straßenverkehrsnetz



Straßenabschnitte: braune Linien
Abschnittsende: blaue Linien
Lärmschutzwände: grüne Linien

Maßstab 1:75.000

Anlage 1.4 Emissionsquellen Bauphase



Baufelder und Baustraßen: orange Linien
Abschnittsende: blaue Linien

Maßstab 1:75.000

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		Güterzüge	Perso-nenzüge	Güter-züge
			Trieb-wagen	Strecken-lokom.			
<i>Planfall 0</i>							
1	nsch01	1100, FBQ, Richtungsgleis	17	4	0	0	0
2	nsch02	1100, FBQ, Gegengleis	17	4	0	0	0
3	nsch03	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarn, eingleisig	34	8	0	0	0
4	nsch04	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarnsund-Brücke	34	8	0	0	0
5	nsch05	1100, PFA6, Strecke Bestand, Festland, eingleisig	34	8	0	0	0
6	nsch06	1104, Ausfädelung Burg Nord	20	0	0	0	0
7	nsch07	1103, Ausfädelung Burg Süd	20	4	0	0	0
8	nsch08	1103, Anschluss Burg, eingleisig	40	4	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		Güterzüge	Perso-nenzüge	Güter-züge
			Trieb-wagen	Strecken-lokom.			
<i>Prognose-Planfall</i>							
1	psch01	1100, FBQ/PFA6, Richtungsgleis nördl. 1103/1104	0	0	0	22	35
2	psch02	1100, FBQ/PFA6, Gegengleis nördl. 1103/1104	0	0	0	22	35
3	psch03	1100, PFA6, Richtungsgleis südl. 1103/1104	0	0	0	24	35
4	psch04	1100, PFA6, Gegengleis südl. 1103/1104	0	0	0	24	35
5	psch05	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarn, eingleisig	0	0	0	48	70
6	psch06	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarnsund-Brücke	0	0	0	48	70
7	psch07	1100, PFA6, Strecke Bestand, Festland, eingleisig	0	0	0	48	70
8	psch08	1104, Ausfädelung Burg Nord	0	0	0	20	0
9	psch09	1103, Ausfädelung Burg Süd	0	0	0	24	0
10	psch10	1103, Anschluss Burg, eingleisig	0	0	0	44	0

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	6	7	8	9
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	nsch01	1100, FBQ, Richtungsgleis	3,03	21	3.465	61,6	0,134	5,96	2,66
2	nsch02	1100, FBQ, Gegengleis	3,03	21	3.465	61,6	0,134	5,96	2,66
3	nsch03	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarn, eingleisig	10,14	42	3.465	61,6	0,134	5,96	2,66
4	nsch04	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarnsund-Brücke	0,96	42	3.465	61,6	0,134	5,96	2,66
5	nsch05	1100, PFA6, Strecke Bestand, Festland, eingleisig	0,97	42	3.465	61,6	0,134	5,96	2,66
6	nsch06	1104, Ausfädelung Burg Nord	0,73	20	2.205	39,9	0,040	4,91	1,61
7	nsch07	1103, Ausfädelung Burg Süd	0,68	24	3.308	58,9	0,122	5,83	2,53
8	nsch08	1103, Anschluss Burg, eingleisig	0,61	44	2.806	50,3	0,085	5,41	2,11

Anlage 2.3.2 Prognose-Planfall

1	2	3	4	5	6	6	7	8	9
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	psch01	1100, FBQ/PFA6, Richtungsgleis nördl. 1103/1104	6,37	57	0,0	0,0	0,000	16,89	3,03
2	psch02	1100, FBQ/PFA6, Gegengleis nördl. 1103/1104	6,36	57	0,0	0,0	0,000	16,89	3,03
3	psch03	1100, PFA6, Richtungsgleis süd. 1103/1104	5,36	59	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95
4	psch04	1100, PFA6, Gegengleis süd. 1103/1104	5,38	59	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95
5	psch05	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarn, eingleisig	1,44	118	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95
6	psch06	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarnsund-Brücke	0,96	118	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95
7	psch07	1100, PFA6, Strecke Bestand, Festland, eingleisig	0,97	118	0,0	0,0	0,000	16,46	2,95
8	psch08	1104, Ausfädelung Burg Nord	0,61	20	0,0	0,0	0,000	4,00	0,70
9	psch09	1103, Ausfädelung Burg Süd	1,11	24	0,0	0,0	0,000	4,00	0,70
10	psch10	1103, Anschluss Burg, eingleisig	0,56	44	0,0	0,0	0,000	4,00	0,70

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	nsch01	1100, FBQ, Richtungsgleis	3,03	21	80,5	1,43	0,003	0,138	0,062
2	nsch02	1100, FBQ, Gegengleis	3,03	21	80,5	1,43	0,003	0,138	0,062
3	nsch03	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarn, eingleisig	10,14	42	538,6	9,58	0,021	0,927	0,414
4	nsch04	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarnsund-Brücke	0,96	42	51,0	0,91	0,002	0,088	0,039
5	nsch05	1100, PFA6, Strecke Bestand, Festland, eingleisig	0,97	42	51,6	0,92	0,002	0,089	0,040
6	nsch06	1104, Ausfädelung Burg Nord	0,73	20	11,8	0,21	0,000	0,026	0,009
7	nsch07	1103, Ausfädelung Burg Süd	0,68	24	19,7	0,35	0,001	0,035	0,015
8	nsch08	1103, Anschluss Burg, eingleisig	0,61	44	27,4	0,49	0,001	0,053	0,021
Summe					861,0	15,3	0,03	1,49	0,66

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	psch01	1100, FBQ/PFA6, Richtungsgleis nördl. 1103/1104	6,37	57	0	0,00	0,000	2,239	0,402
2	psch02	1100, FBQ/PFA6, Gegengleis nördl. 1103/1104	6,36	57	0	0,00	0,000	2,235	0,401
3	psch03	1100, PFA6, Richtungsgleis südl. 1103/1104	5,36	59	0	0,00	0,000	1,901	0,341
4	psch04	1100, PFA6, Gegengleis südl. 1103/1104	5,38	59	0	0,00	0,000	1,905	0,342
5	psch05	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarn, eingleisig	1,44	118	0	0,00	0,000	1,018	0,183
6	psch06	1100, PFA6, Strecke Bestand, Fehmarnsund-Brücke	0,96	118	0	0,00	0,000	0,681	0,122
7	psch07	1100, PFA6, Strecke Bestand, Festland, eingleisig	0,97	118	0	0,00	0,000	0,689	0,124
8	psch08	1104, Ausfädelung Burg Nord	0,61	20	0	0,00	0,000	0,018	0,003
9	psch09	1103, Ausfädelung Burg Süd	1,11	24	0	0,00	0,000	0,039	0,007
10	psch10	1103, Anschluss Burg, eingleisig	0,56	44	0	0,00	0,000	0,036	0,006
Summe					0	0,0	0,00	10,76	1,93

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
E47 / B207								
1	pstr1_01	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Norden	10.562	24,4	12,7	7.989	1.232	1.342
2	pstr1_02	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Süden	10.562	24,4	12,7	7.989	1.232	1.342
3	pstr1_03	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Norden, Fehmarnsundbrücke	10.562	24,4	12,7	7.989	1.232	1.342
4	pstr1_04	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Süden, Fehmarnsundbrücke	10.562	24,4	12,7	7.989	1.232	1.342
5	pstr1_05	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Norden	10.562	24,4	12,7	7.989	1.232	1.342
6	pstr1_06	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Süden	10.562	24,4	12,7	7.989	1.232	1.342
7	pstr1_07	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Norden	10.562	24,4	12,7	7.989	1.232	1.342
8	pstr1_08	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Süden	10.562	24,4	12,7	7.989	1.232	1.342
9	pstr1_09	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Norden	9.304	15,5	13,0	7.861	234	1.210
10	pstr1_10	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Süden	9.304	15,5	13,0	7.861	234	1.210
11	pstr1_11	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Norden	9.304	15,5	13,0	7.861	234	1.210
12	pstr1_12	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Süden	9.304	15,5	13,0	7.861	234	1.210
13	pstr1_13	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Norden	9.304	15,5	13,0	7.861	234	1.210
14	pstr1_14	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Süden	9.304	15,5	13,0	7.861	234	1.210
15	pstr1_15	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Norden	9.304	15,5	13,0	7.861	234	1.210
16	pstr1_16	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Süden	9.304	15,5	13,0	7.861	234	1.210
17	pstr1_17	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
18	pstr1_18	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
19	pstr1_19	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
20	pstr1_20	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
21	pstr1_21	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
22	pstr1_22	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
23	pstr1_23	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
24	pstr1_24	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
25	pstr1_25	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
26	pstr1_26	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
27	pstr1_27	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
28	pstr1_28	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	6.835	20,4	16,6	5.440	261	1.135
29	pstr1_29	Beltquerung , Richtung Norden	6.079	17,1	15,1	5.040	121	919
30	pstr1_30	Beltquerung , Richtung Süden	6.079	17,1	15,1	5.040	121	919
L209								
31	pstr2_01	zw. OT Altjellingsdorf und Beginn OT Landkirchen	5.957	8,0	3,9	5.482	244	231
32	pstr2_02	zw. Beginn OT Landkirchen und Am Bahnhof OT Landkirchen	5.957	8,0	3,9	5.482	244	231
33	pstr2_03	zw. Am Bahnhof OT Landkirchen und Meisterstraße OT Landkirchen	5.957	8,0	3,9	5.482	244	231
34	pstr2_04	zw. Hauptstraße und Ortsende OT Landkirchen	11.564	8,0	3,9	10.641	474	449
35	pstr2_05	zw. OT Landkirchen und B207	11.564	8,0	3,9	10.641	474	449
36	pstr2_06	im Bereich B207 West	11.564	8,0	3,9	10.641	474	449
37	pstr2_07	im Bereich B207 Ost bis Ortsumgehung	16.587	8,0	3,9	15.263	680	644
38	pstr2_08	Durchfahrt OT Burg, östlich Ortsumgehung	5.957	4,7	3,1	5.676	98	183
39	pstr2_09	Durchfahrt OT Burg, West	2.979	4,7	3,1	2.838	49	92
40	pstr2_10	Durchfahrt OT Burg, Ost	2.979	4,7	3,1	2.838	49	92
41	pstr2_11	Durchfahrt OT Burg, bis Ortsende Ost	3.037	4,7	3,1	2.894	50	93
42	pstr2_12	zw. OT Burg und Sahrendorf	3.037	4,7	3,1	2.894	50	93
L217								
43	pstr3_01	zw. OT Vadersdorf und OT Bisdorf	3.621	8,0	3,9	3.332	148	141
44	pstr3_02	OT Bisdorf	3.621	8,0	3,9	3.332	148	141
45	pstr3_03	OT Bisdorf	3.621	8,0	3,9	3.332	148	141
46	pstr3_04	zw. OT Bisdorf und OT Landkirchen	3.621	8,0	3,9	3.332	148	141
47	pstr3_05	OT Landkirchen	3.621	8,0	3,9	3.332	148	141
48	pstr3_06	OT Landkirchen	3.387	8,0	3,9	3.117	138	132
49	pstr3_07	OT Landkirchen	3.387	8,0	3,9	3.117	138	132
50	pstr3_08	zw. OT Landkirchen und B207	3.387	8,0	3,9	3.117	138	132
51	pstr3_09	zw. OT Landkirchen und B207	3.387	8,0	3,9	3.117	138	132
52	pstr3_10	Bereich B207	3.387	8,0	3,9	3.117	138	132
53	pstr3_11	Bereich B207	3.387	8,0	3,9	3.117	138	132
K43								
54	pstr4_01	zw. B207 und OT Blieschendorf	1.402	4,9	3,2	1.334	24	44
55	pstr4_02	zw. OT Blieschendorf und Ortsumgehung Burg	1.051	4,9	3,2	1.000	18	33
56	pstr4_03	zw. Ortsumgehung Burg und OT Burg	1.051	4,9	3,2	1.000	18	33
57	pstr4_04	OT Burg	1.051	4,9	3,2	1.000	18	33

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
K49								
58	pstr6_01	zw. Niendorfer Straße (L209) OT Burg und Klausdorfer Weg OT Niendorf	5.957	4,9	3,2	5.667	102	188
59	pstr6_02	zw. Niendorfer Straße (L209) OT Burg und Klausdorfer Weg OT Niendorf	5.957	4,9	3,2	5.667	102	188
60	pstr6_03	zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf	3.504	4,9	3,2	3.334	59	111
61	pstr6_04	zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf	3.504	4,9	3,2	3.334	59	111
62	pstr6_05	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Anbindung Hafen	8.069	20,0	13,0	6.455	565	1.049
63	pstr6_06	zw. Anbindung Hafen und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	6.074	4,9	3,2	5.778	104	192
64	pstr6_07	zw. Anbindung Hafen und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	6.074	4,9	3,2	5.778	104	192
65	pstr6_08	zw. Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden und Strandweg OT Puttgarden	2.453	4,9	3,2	2.334	41	78
66	pstr6_09	zw. Strandweg OT Puttgarden und B207	150	4,9	3,3	143	2	5
K63								
67	pstr7_01	zw. Dorfstraße (K49) OT Puttgarden und OT Johannesberg	1.402	4,9	3,2	1.334	23	45
68	pstr7_02	zw. Dorfstraße (K49) OT Puttgarden und OT Johannesberg	1.402	4,9	3,2	1.334	23	45
AS B207 / L209								
69	pstr8_01	Rampe Ost von B207 zur L209	4.180	4,6	4,1	3.986	22	172
70	pstr8_02	Rampe Ost von L209 zur B207	955	7,9	7,1	879	9	67
71	pstr8_03	Rampe West von B207 zur L209	1.015	6,2	5,5	952	7	56
72	pstr8_04	Rampe West von L209 zur B207	3.343	4,8	4,2	3.183	19	141
Blieschendorfer Weg								
73	pstr9_01	westlich B207	1.635	4,9	3,2	1.555	28	52
Ortsumgehung Burg								
74	pstr10_01	zw. L209 und K43	12.000	7,0	5,0	11.160	240	600
75	pstr10_02	zw. K43 und Wulfener Weg	11.650	7,0	4,9	10.831	246	573
76	pstr10_03	zw. Wulfener Weg und Syltweg	12.800	6,9	4,8	11.913	266	621
77	pstr10_04	zw. Syltweg und Menzelweg	13.050	6,9	4,8	12.146	271	633
78	pstr10_05	zw. Menzelweg und Hafenstraße	7.800	5,1	3,6	7.403	119	278
79	pstr10_06	zw. Hafenstraße und Burgstaaken	5.550	6,4	4,5	5.194	107	249
Anbindung Hafen Puttgarden								
80	pstr11_01	Anbindung neu nördlich K49	3.964	20,0	10,0	3.172	396	396
81	pstr11_02	Anbindung Hafen, Richtung Norden	1.982	20,0	10,0	1.586	198	198
82	pstr11_03	Anbindung Hafen, Richtung Süden	1.982	20,0	10,0	1.586	198	198

Anlage 3.2 Verkehrssituationen

Sp	1	2	3	4	5	6	7
Ze	Kürzel	Straßenabschnitt	Straßentyp	Ge- schw. [km/h]	Verkehr- zustand	Stei- gung	Verkehrssituation (mit Steigung/Gefälle)
E47 / B207							
1	pstr1_01	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
2	pstr1_02	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
3	pstr1_03	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Norden, Fehmamsundbrücke	Fern-, Bundesstraße	80	flüssig	0,0	Land/FernStr/80/fluessig_0%
4	pstr1_04	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Süden, Fehmamsundbrücke	Fern-, Bundesstraße	80	flüssig	0,0	Land/FernStr/80/fluessig_0%
5	pstr1_05	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
6	pstr1_06	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
7	pstr1_07	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
8	pstr1_08	zw. Avendorf und Großenbrode , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
9	pstr1_09	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
10	pstr1_10	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
11	pstr1_11	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
12	pstr1_12	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
13	pstr1_13	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
14	pstr1_14	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
15	pstr1_15	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
16	pstr1_16	zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
17	pstr1_17	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
18	pstr1_18	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
19	pstr1_19	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
20	pstr1_20	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
21	pstr1_21	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
22	pstr1_22	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
23	pstr1_23	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
24	pstr1_24	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
25	pstr1_25	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
26	pstr1_26	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
27	pstr1_27	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Norden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
28	pstr1_28	zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn , Richtung Süden	Autobahn	100	flüssig	0,0	Land/AB/100/fluessig_0%
29	pstr1_29	Beltquerung , Richtung Norden	Autobahn	110	flüssig	0,0	Land/AB/110/fluessig_0%
30	pstr1_30	Beltquerung , Richtung Süden	Autobahn	110	flüssig	0,0	Land/AB/110/fluessig_0%
L209							
31	pstr2_01	zw. OT Altjellingsdorf und Beginn OT Landkirchen	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
32	pstr2_02	zw. Beginn OT Landkirchen und Am Bahnhof OT Landkirchen	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
33	pstr2_03	zw. Am Bahnhof OT Landkirchen und Meisterstraße OT Landkirchen	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
34	pstr2_04	zw. Hauptstraße und Ortsende OT Landkirchen	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
35	pstr2_05	zw. OT Landkirchen und B207	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
36	pstr2_06	im Bereich B207 West	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
37	pstr2_07	im Bereich B207 Ost bis Ortsumgehung	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
38	pstr2_08	Durchfahrt OT Burg, östlich Ortsumgehung	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
39	pstr2_09	Durchfahrt OT Burg, West	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
40	pstr2_10	Durchfahrt OT Burg, Ost	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
41	pstr2_11	Durchfahrt OT Burg, bis Ortsende Ost	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
42	pstr2_12	zw. OT Burg und Sahrendorf	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
L217							
43	pstr3_01	zw. OT Vadersdorf und OT Bisdorf	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
44	pstr3_02	OT Bisdorf	Erschließungsstraße	30	flüssig	0,0	Land/Erschliessung/30/fluessig_0%
45	pstr3_03	OT Bisdorf	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%
46	pstr3_04	zw. OT Bisdorf und OT Landkirchen	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
47	pstr3_05	OT Landkirchen	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
48	pstr3_06	OT Landkirchen	Erschließungsstraße	30	flüssig	0,0	Land/Erschliessung/30/fluessig_0%
49	pstr3_07	OT Landkirchen	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
50	pstr3_08	zw. OT Landkirchen und B207	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
51	pstr3_09	zw. OT Landkirchen und B207	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
52	pstr3_10	Bereich B207	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
53	pstr3_11	Bereich B207	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
K43							
54	pstr4_01	zw. B207 und OT Blieschendorf	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
55	pstr4_02	zw. OT Blieschendorf und Ortsumgehung Burg	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%
56	pstr4_03	zw. Ortsumgehung Burg und OT Burg	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
57	pstr4_04	OT Burg	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%
K49							
58	pstr6_01	zw. Niendorfer Straße (L209) OT Burg und Klausdorfer Weg OT Niendorf	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
59	pstr6_02	zw. Niendorfer Straße (L209) OT Burg und Klausdorfer Weg OT Niendorf	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
60	pstr6_03	zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%
61	pstr6_04	zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
62	pstr6_05	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Anbindung Hafen	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%
63	pstr6_06	zw. Anbindung Hafen und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
64	pstr6_07	zw. Anbindung Hafen und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
65	pstr6_08	zw. Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden und Strandweg OT Puttgarden	Erschließungsstraße	50	flüssig	0,0	Land/Erschliessung/50/fluessig_0%
66	pstr6_09	zw. Strandweg OT Puttgarden und B207	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS/70/fluessig_0%
K63							
67	pstr7_01	zw. Dorfstraße (K49) OT Puttgarden und OT Johannesberg	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS/50/fluessig_0%
68	pstr7_02	zw. Dorfstraße (K49) OT Puttgarden und OT Johannesberg	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
AS B207 / L209							
69	pstr8_01	Rampe Ost von B207 zur L209	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%
70	pstr8_02	Rampe Ost von L209 zur B207	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%
71	pstr8_03	Rampe West von B207 zur L209	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%
72	pstr8_04	Rampe West von L209 zur B207	Hauptverkehrsstraße	50	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%
Blieschendorfer Weg							
73	pstr9_01	westlich B207	Hauptverkehrsstraße	70	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%
Ortsumgehung Burg							
74	pstr10_01	zw. L209 und K43	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%
75	pstr10_02	zw. K43 und Wulfener Weg	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%
76	pstr10_03	zw. Wulfener Weg und Syltweg	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
77	pstr10_04	zw. Syltweg und Menzelweg	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
78	pstr10_05	zw. Menzelweg und Hafenstraße	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%
79	pstr10_06	zw. Hafenstraße und Burgstaaken	Hauptverkehrsstraße	100	flüssig	0,0	Land/HVS/100/fluessig_0%
Anbindung Hafen Puttgarden							
80	pstr11_01	Anbindung neu nördlich K49	Fern-, Bundesstraße	80	flüssig	0,0	Land/FernStr/80/fluessig_0%
81	pstr11_02	Anbindung Hafen, Richtung Norden	Fern-, Bundesstraße	80	flüssig	0,0	Land/FernStr/80/fluessig_0%
82	pstr11_03	Anbindung Hafen, Richtung Süden	Fern-, Bundesstraße	80	flüssig	0,0	Land/FernStr/80/fluessig_0%

Anlage 3.3 Basis-Emissionsfaktoren

Anlage 3.3.1 Kfz-Abgase (HBEFA 3.3), Bezugsjahr 2025

Verkehrssituation	PKW					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO ₂	NOx	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/110/fluessig_0%	112,0	128,0	0,150	0,046	0,0019	0,0005
Land/FernStr/80/fluessig_0%	80,0	107,8	0,126	0,037	0,0018	0,0004
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
Land/Erschliessung/30/fluessig_0%	33,7	138,5	0,158	0,047	0,0024	0,0005
Land/Erschliessung/50/fluessig_0%	43,9	130,0	0,168	0,050	0,0023	0,0006

Verkehrssituation	LNF					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO ₂	NOx	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/110/fluessig_0%	112,0	187,3	0,467	0,146	0,0090	0,0001
Land/FernStr/80/fluessig_0%	80,0	136,8	0,220	0,069	0,0068	0,0001
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
Land/Erschliessung/30/fluessig_0%	33,7	155,2	0,192	0,060	0,0074	0,0001
Land/Erschliessung/50/fluessig_0%	43,9	150,1	0,228	0,071	0,0071	0,0001

Verkehrssituation	SNF					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO ₂	NOx	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/110/fluessig_0%	86,3	660,6	0,247	0,061	0,0042	0,0004
Land/FernStr/80/fluessig_0%	77,0	587,0	0,288	0,058	0,0054	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
Land/Erschliessung/30/fluessig_0%	31,3	808,4	0,787	0,149	0,0092	0,0007
Land/Erschliessung/50/fluessig_0%	39,6	648,1	0,621	0,116	0,0074	0,0006

Anlage 3.3.2 Staubaufwirbelung Feinstaub PM₁₀

Verkehrssituation	Staubaufwirbelung PM10			
	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/110/fluessig_0%	112,0	0,030	0,030	0,130
Land/FernStr/80/fluessig_0%	80,0	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
Land/Erschliessung/30/fluessig_0%	33,7	0,030	0,030	0,130
Land/Erschliessung/50/fluessig_0%	43,9	0,030	0,030	0,130

Anlage 3.3.3 Staubaufwirbelung Feinstaub PM_{2,5}

Verkehrssituation	Staubaufwirbelung PM2,5			
	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/110/fluessig_0%	112,0	0,009	0,011	0,048
Land/FernStr/80/fluessig_0%	80,0	0,010	0,013	0,053
Land/HVS/50/fluessig_0%	48,9	0,013	0,018	0,066
Land/HVS/70/fluessig_0%	66,9	0,013	0,018	0,066
Land/HVS/100/fluessig_0%	94,0	0,013	0,018	0,066
Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	35,0	0,013	0,018	0,066
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
Land/Erschliessung/30/fluessig_0%	33,7	0,015	0,022	0,061
Land/Erschliessung/50/fluessig_0%	43,9	0,015	0,020	0,061

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}	$k_{\text{Gerät}}$	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
Betrieb Brecher	Abgabe	LKW, Halde	Brecher / Förder- band	cr5	—	20,0	1,90	nicht wahrnehmbar	10	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,0	186,3	—	67,0
				cr6	—	20,0	1,90	schwach	32	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,0	589,0	—	211,7
				cr7	—	20,0	1,90	mittel	100	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,0	1.862,6	—	669,6
				cr8	—	20,0	1,90	stark	316	0,9	1,0	0,0	0,0	0,42	1,0	5.890,2	—	2.117,4

Anlage 4.1.2 Emissionsfaktoren und Korngrößenverteilung für den Bodenumschlag

Vorgang	Kürzel	Emissionsfaktor		Gesamtstaub [g/t _{Gut}]	PM _{>50} [g/t _{Gut}]	PM ₁₀₋₅₀ [g/t _{Gut}]	PM _{2,5-10} [g/t _{Gut}]	PM _{2,5} [g/t _{Gut}]
		Staubentwicklung	Kürzel					
Abkippen LKW, Mutterboden/Erde	lk1	schwach	bl2	8,10	0,81	4,46	2,03	0,81
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
Abgabe Brecheranlage	ba1	schwach	cr6	211,70	21,17	116,44	52,93	21,17

Anlage 4.2 Betrieb Brecheranlage

Vorgang	Kürzel	Gesamtstaub [g/t _{Gut}]	PM _{>50} [g/t _{Gut}]	PM ₁₀₋₅₀ [g/t _{Gut}]	PM _{2,5-10} [g/t _{Gut}]	PM _{2,5} [g/t _{Gut}]
Brecheranlage (fein), Gleisschotter	bre1	2,70	0,27	1,23	0,93	0,27

Anlage 4.3 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 4.4 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, 75 % der Jahresstunden (Fehmarn)	hal075	2,60	0,80

Anlage 4.5 Emissionen für Bezugsgrößen LKW 30 t sowie Brecher 200 t

Quelle	Belastungen		Emissionen					
	Anzahl	Menge	Kürzel	Gesamtstaub	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
<i>Betrieb Brecheranlage</i>								
Aufnahmen von Halde (Radlader)	53	200	rl21	2.900	290	1.595	725	290
Beladung Brecheranlage	53	158	rl22	3.726	373	2.049	932	373
Brechvorgang	1	200	bre1	540	54	246	186	54
Abgabe auf Halde	1	200	ba1	42.340	4.234	23.287	10.585	4.234
Summe	ef5	200		49.506	4.951	27.177	12.428	4.951

Anlage 4.6 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
Betrieb Brecheranlage	ef5	en5	86,9	165,1	24,8	47,0

Anlage 4.7 Ermittlung der längenbezogenen Emissionsfaktoren

Abschnitt	Material	Kürzel	Abfuhr [m³]	Anfuhr [m³]	Abfuhr			Anfuhr			Behandlung/Abwehung			Verkehr						Summe	
					Menge	PM ₁₀	PM _{2,5}	Menge	PM ₁₀	PM _{2,5}	Menge	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]	[m³/ 24h]	[g/ 24h]	[g/ 24h]	[Kfz/ 24h]	Länge [km]	Anteil	[g/ 24h]	[g/ 24h]	[g/ 24h]	[g/ 24h]	
Baufeld	Böden		253.800	55.300	695	11.858	3.388	152	3.240	926	0	0	0	85	0,10	100%	5.804	580	20.902	4.894	
	Gleisschotter		25.000	50.000	68	1.723	492	137	4.409	1.260	0	0	0	21	0,10	100%	1.434	143	7.566	1.895	
	Summe	emi1	278.800	105.300	763	13.581	3.880	289	7.649	2.186	0	0	0	106	0,10	100%	7.237	724	28.468	6.790	
Gleisdreieck	Böden		190.400	190.400	522	8.907	2.545	522	11.126	3.179	0	0	0	104	0,25	100%	17.752	1.775	37.785	7.499	
	Gleisschotter		25.000	25.000	68	1.723	492	68	2.189	625	0	0	0	14	0,25	100%	2.390	239	6.301	1.357	
	Halde		0	0	0	0	0	0	0	0	3000 m²	7.800	2.400	0	0,00	0%	0	0	7.800	2.400	
	Summe	emi2	215.400	215.400	590	10.630	3.037	590	13.315	3.804	0	7.800	2.400	118	0,25	100%	20.142	2.014	51.886	11.255	
Bauplatz	Böden		63.500	63.500	174	2.969	848	174	3.709	1.060	0	0	0	35	0,25	100%	5.974	597	12.652	2.505	
	Halde		0	0	0	0	0	0	0	0	700 m²	1.820	560	0	0,00	0%	0	0	1.820	560	
	Summe	emi3	63.500	63.500	174	2.969	848	174	3.709	1.060	0	1.820	560	35	0,00	0%	5.974	597	14.472	3.065	
Brecheranlage	Schotter	emi4	25.000	25.000	0	0	0	0	0	0	68	11.308	3.221	0	0,00	0%	0	0	11.308	3.221	
Baustraßen	Böden/Schotter	emi5	278.800	105.300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	5,00	100%	358.457	35.846	358.457	35.846	
Summe	Böden/Schotter																		464.591	60.177	

Anlage 4.8 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	8,65	emi1	90%	2.962	706	9,35	2,23
2	pmq2	Baufeld, Strecke 1103	0,60	emi1	6%	2.847	679	0,62	0,15
3	pmq3	Baufeld, Strecke 1104	0,37	emi1	4%	3.078	734	0,42	0,10
4	pmq4	Bodenlager Gleisdreieck	0,56	emi2	100%	92.654	20.098	18,94	4,11
5	pmq5	Bodenlager Bauplatz (Pos.4)	0,30	emi3	100%	48.240	10.217	5,28	1,12
6	pmq6	Brecherlage Gleisdreieck	0,10	emi4	100%	112.371	32.008	4,13	1,18
7	pmq7	Baustraße, Abschnitt 1	0,33	emi5	3%	32.290	3.229	3,93	0,39
8	pmq8	Baustraße, Abschnitt 2	1,27	emi5	14%	39.429	3.943	18,32	1,83
9	pmq9	Baustraße, Abschnitt 3	4,08	emi5	44%	38.612	3.861	57,57	5,76
10	pmq10	Baustraße, Abschnitt 4	0,36	emi5	4%	40.266	4.027	5,23	0,52
11	pmq11	Baustraße, Abschnitt 5	3,25	emi5	35%	38.614	3.861	45,79	4,58
12		Gesamtsumme						169,58	21,96

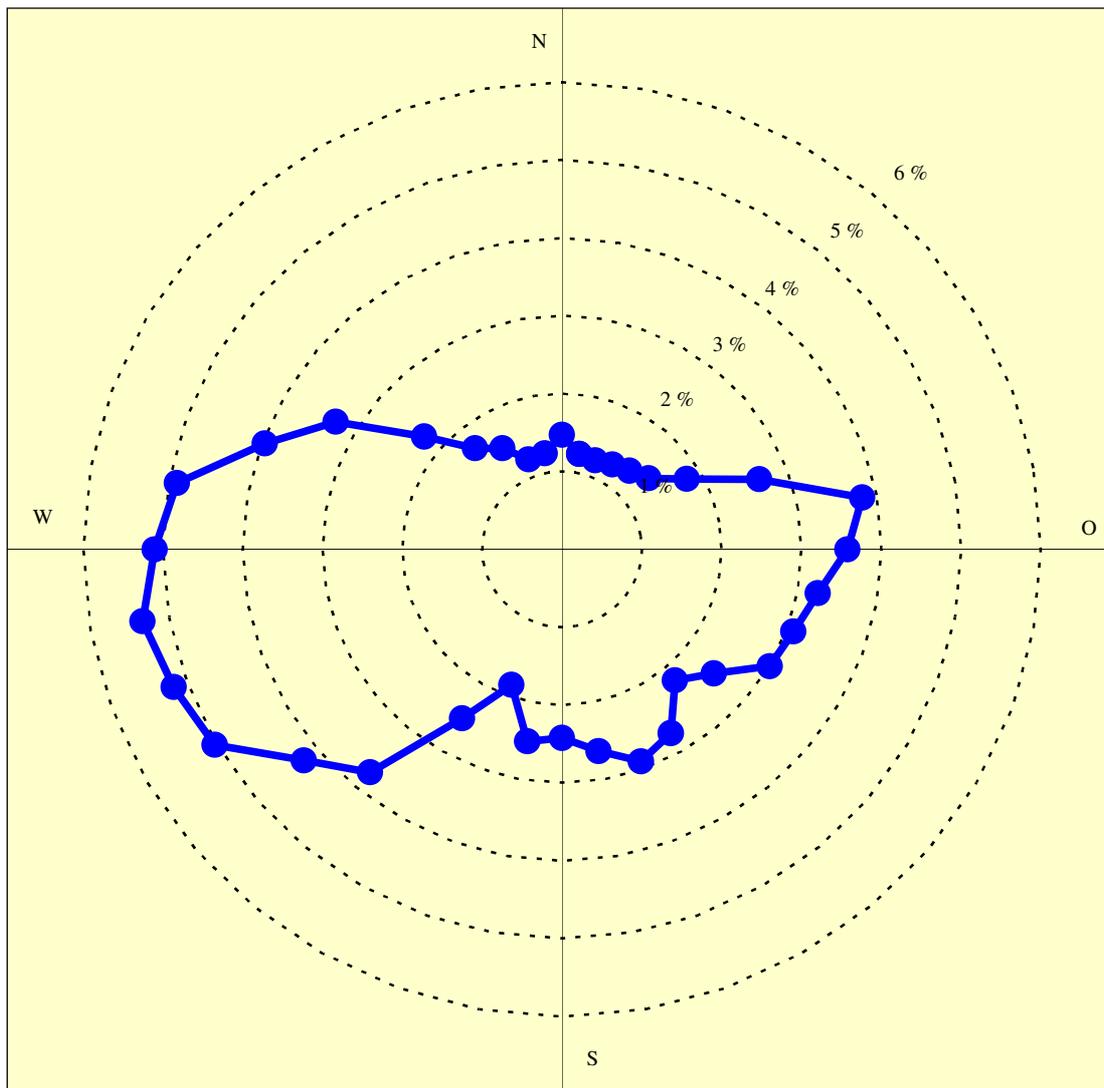
Anlage 5: Berücksichtigung von Straßenlage und Lärmschutzanlagen mit PROKAS (aus [35])

	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 (LSWall)	 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 Westermarkelsdorf (2002-2011)

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	0,76 %	0,81 %	0,09 %	0,05 %	0,25 %	0,07 %
1,5	0,72 %	0,89 %	0,19 %	0,24 %	0,27 %	0,08 %
2	1,73 %	1,89 %	0,40 %	0,46 %	0,61 %	0,30 %
3	0,00 %	4,30 %	7,51 %	3,13 %	1,84 %	1,14 %
4-5	0,00 %	0,00 %	15,84 %	2,95 %	1,16 %	0,55 %
6	0,00 %	0,00 %	14,60 %	1,92 %	0,49 %	0,19 %
7-8	0,00 %	0,00 %	11,62 %	1,47 %	0,36 %	0,14 %
9	0,00 %	0,00 %	7,53 %	0,91 %	0,21 %	0,06 %
>10	0,00 %	0,00 %	11,03 %	1,03 %	0,19 %	0,04 %
Summe	3,21 %	7,88 %	68,82 %	12,17 %	5,36 %	2,56 %

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	—	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
Lübeck St. Jürgen (stadt. 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
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 6):		12	—	—	—	1,0	18	—	13

Anlage 8 Luftschadstoffrasterkarten (Betrieb), Maßstab 1:25.000

Anlage 8.1 Stickstoffdioxid(NO₂)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)

Anlage 8.1.1 Planfall 0, Gesamtbelastungen



Anlage 8.1.2 Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen



Anlage 8.2 Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)

Anlage 8.2.1 Planfall 0, Gesamtbelastungen



Anlage 8.2.2 Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen



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

Anlage 8.3.1 Planfall 0, Gesamtbelastungen

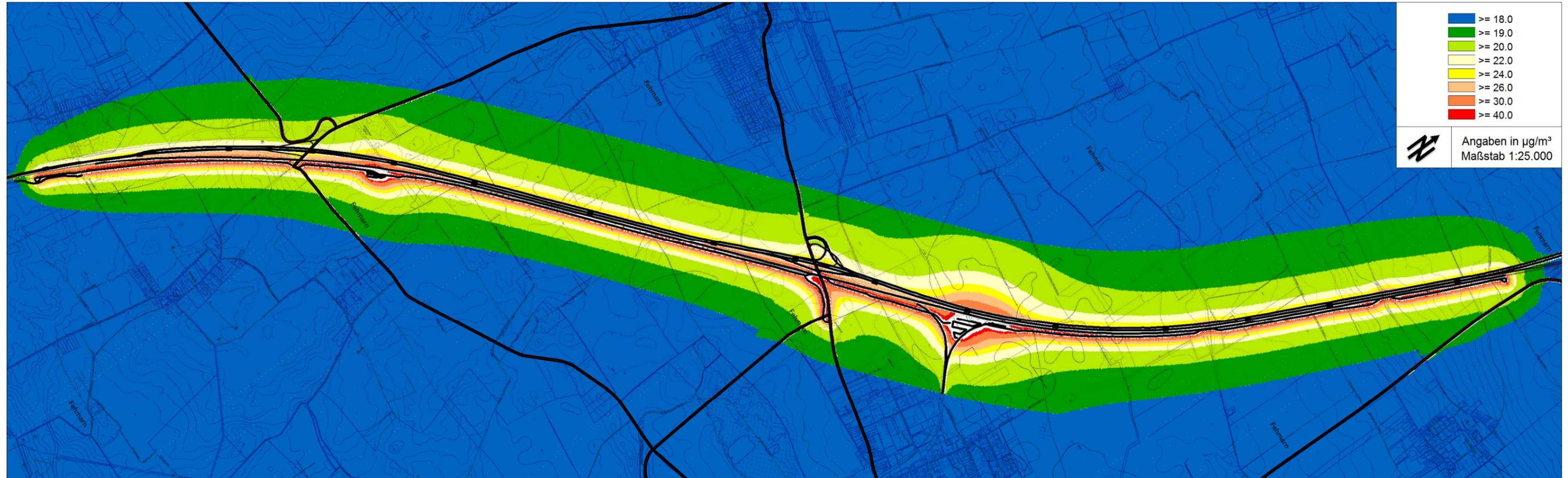


Anlage 8.3.2 Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen



Anlage 9 Luftschadstoffrasterkarten (Bauphase), Maßstab 1:25.000

Anlage 9.1 Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)



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

