

Schienenhinterlandanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung

## Sondergutachten zum Raumordnungsverfahren

## Luftschadstoffuntersuchung

## Abschnitt 5

---

LAIRM CONSULT GmbH

Arbeitsstand August 2012

# Inhaltsverzeichnis

## Schienehinterlandanbindung der Festen Fehmarnbeltquerung

---

Vorhabenträgerin:



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

Regionale Zuständigkeit:

DB Netz AG  
Regionalbereich Nord  
Produktionsdurchführung I.NP-N-D-KIE  
Hamburger Chaussee 10  
24114 Kiel

Für die Vorhabenträgerin :



DB ProjektBau GmbH  
Caroline-Michaelis-Straße 5 – 11  
10115 Berlin

Regionale Zuständigkeit:

DB ProjektBau GmbH  
Regionalbereich Nord  
Regionales Projektmanagement I.BV-N-P(V)  
Museumstr. 39  
22765 Hamburg

Erstellt durch:

**LAIRM CONSULT GmbH**



LAIRM CONSULT GmbH  
Hauptstraße 45  
22941 Hammoor

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Aufgabenstellung und Methodik</b>	<b>5</b>
<b>2 Örtliche Gegebenheiten</b>	<b>6</b>
<b>3 Luftschadstoffquellen</b>	<b>7</b>
3.1 Verbrennungsmotoren	7
3.2 Weitere Emissionsquellen	8
<b>4 Beurteilungsgrundlagen</b>	<b>9</b>
4.1 Immissionsgrenzwerte	9
4.2 Umweltverträglichkeitsprüfung	12
<b>5 Emissionen</b>	<b>13</b>
5.1 Schienenverkehr	13
5.1.1 Belastungen	13
5.1.2 Emissionsfaktoren	13
5.2 Straßenverkehr	14
5.2.1 Belastungen	14
5.2.2 Emissionen	14
5.3 Bauphase	16
5.3.1 Allgemeines	16
5.3.2 Belastungen	16
5.3.3 Bodenbewegungen	17
5.3.4 Staubaufwirbelung durch Baustellenverkehr	17
5.3.5 Emissionsmodell	18
5.4 Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet	18
5.4.1 Betrieb	18
5.4.2 Bauphase	22
<b>6 Immissionen</b>	<b>23</b>
6.1 Allgemeines	23
6.2 Berechnungsverfahren	23
6.3 NO-NO <sub>2</sub> -Konversion	24
6.3.1 Allgemeines	24
6.3.2 Berechnung der NO-NO <sub>2</sub> -Umwandlung	24
6.4 Hintergrundbelastung	25
6.5 Gesamtbelastungen (Betrieb)	26
6.5.1 Allgemeines	26
6.5.2 Stickoxid-Belastungen (NO <sub>x</sub> , Jahresmittelwert J00)	27
6.5.3 Stickstoffdioxid-Belastungen (NO <sub>2</sub> , Jahresmittelwert J00)	27
6.5.4 Feinstaub(PM <sub>10</sub> )-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	28
6.5.5 Feinstaub(PM <sub>10</sub> )-Belastungen (Überschreitungstage)	28
6.5.6 Feinstaub(PM <sub>2,5</sub> )-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	28
6.5.7 Benzol-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	29
6.6 Gesamtbelastungen (Bauphase)	29

## Inhaltsverzeichnis

6.6.1 Allgemeines	29
6.6.2 Feinstaub(PM <sub>10</sub> )-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	29
6.6.3 Feinstaub(PM <sub>10</sub> )-Belastungen (Überschreitungstage)	29
6.6.4 Feinstaub(PM <sub>2,5</sub> )-Belastungen (Jahresmittelwert J00)	29
6.7 Qualität der Prognose	30
<b>7 Zusammenfassung und Beurteilung</b>	<b>31</b>
<b>8 Quellen</b>	<b>33</b>
<b>9 Anlagen</b>	<b>37</b>

# 1 Aufgabenstellung und Methodik

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.

Das Land Schleswig Holstein hat im Mai 2010 die Festlegung getroffen, ein Raumordnungsverfahren für die Schienenhinterlandanbindung einzuleiten. Ziel des Verfahrens ist eine Prüfung der mit dem Projekt verbundenen raumbedeutsamen Auswirkungen. Im Festlegungsprotokoll zur Antragskonferenz<sup>1</sup> wurden der Untersuchungsraum sowie der Untersuchungsrahmen des Raumordnungsverfahrens definiert, u.a. die Einbeziehung der Trassenvarianten 1A, E, A und X.

Im Rahmen der vorliegenden schalltechnischen Untersuchung zum Raumordnungsverfahren werden die zu erwartenden Belastungen aus Schienenverkehrslärm für die geplante Trassenvariante ermittelt und beurteilt. Alternative Varianten sind für diesen Abschnitt nicht geplant. Dabei werden die in der schalltechnischen Untersuchung vorgesehenen Höhenlagen der Trasse (Damm-, Trog- oder Gleichlage) sowie die vorgeschlagenen Lärmschutzwände berücksichtigt.

Die Luftschadstoffimmissionen werden mit Hilfe einer rechnerischen Immissionsprognose ermittelt. Zur Beurteilung der Hauptvarianten erfolgt neben dem Vergleich der Varianten untereinander auch ein Vergleich mit dem Planfall 0 (derzeitige Trasse ohne Ausbau). Alle Untersuchungsfälle beziehen sich auf den Prognosehorizont 2025. Für den Planfall 0 wird davon ausgegangen, dass die Feste Fehmarnbeltquerung realisiert ist und die maximale Kapazität der nicht ausgebauten Strecke erreicht ist.

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<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) sowie Benzol einbezogen.

Zur Bewertung der Gesamtbelastung werden ergänzend auch die Luftschadstoffemissionen von der BAB A1 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 Festen Fehmarnbeltquerung befindet sich etwa im Bereich der geplanten Anschlussstelle Puttgarden der ausgebauten BAB A1/B207 nördlich Bannedorf. Die nördlich gelegenen Bereiche sind im Untersuchungsgebiet zum Planfeststellungsverfahren der Festen Fehmarnbeltquerung enthalten, so dass die Auswirkungen dort beurteilt werden.

<sup>1</sup> <http://www.schleswig-holstein.de/cae/servlet/contentblob/973784/publicationFile/festlegungsprotokoll.pdf>

## 2 Örtliche Gegebenheiten

Der Abschnitt 5 umfasst die Teilstrecke zwischen Fehmarnsund bis zum Anschlusspunkt zur Festen Fehmarnbeltquerung (Bau-km 171,4 bis etwa Bau-km 183,7). Für die Ausbauplanung liegt lediglich eine einzige Plantrasse vor.

Für den Abschnitt 5 werden folgende Trassen einbezogen:

- 1A.13: vorhandene Strecke über die Fehmarn-Sund-Brücke (kein Ausbau)
- 1A.13: Ausbaustrecke auf Fehmarn

Innerhalb des Abschnitts 5 befinden sich folgende Städte und (Teil-)Gemeinden, die von möglichen Einwirkungen durch Luftschadstoffemissionen vom Schienenverkehr betroffen sind:

- Stadt Fehmarn
- Avendorf
- Bannesdorf
- Burg
- Landkirchen

Die genauen Örtlichkeiten und die Lage der Trassen sind den Lageplänen der Anlage 1 zu entnehmen. Dort sind auch die berücksichtigten Lärmschutzwände dargestellt.

## 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<sub>x</sub>: Summe aus Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>),
- Kohlenwasserstoffe (HC, darunter Benzol (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>), Toluol (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>) und Xylole (C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>)),
- 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 (NO<sub>2</sub>) zusammen. Moderne Dieselmotoren mit Katalysatortechnik können teilweise auch höhere NO<sub>2</sub>-Direktmissionsanteile aufweisen, wenn auch die gesamten NO<sub>x</sub>-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 (O<sub>3</sub>). 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 NO<sub>2</sub> durch Photolyse wieder in NO und O<sub>3</sub> 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<sub>2,5</sub> (Partikeldurchmesser kleiner als 2,5 µm), der im Feinstaub PM<sub>10</sub> (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 Luftqualitätsrahmenrichtlinie [6] der Europäischen Union und deren Tochtrichtlinien [7]-[9] wurden durch die 22. BImSchV [2] umgesetzt. Mittlerweile wurden die obigen EU-Richtlinien durch die neue Gesamt-Richtlinie 2008/50/EG [10] ersetzt, die bisherigen Grenzwerte wurden weitgehend übernommen. Die Umsetzung in nationales Recht erfolgte in 2010 mit der Neuaufstellung der 39. BImSchV [3], die 22. BImSchV [2] wurde damit aufgehoben.

Die erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft [4]) 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 (vgl. Geltungsbereich gemäß TA Luft, Nummer 1).

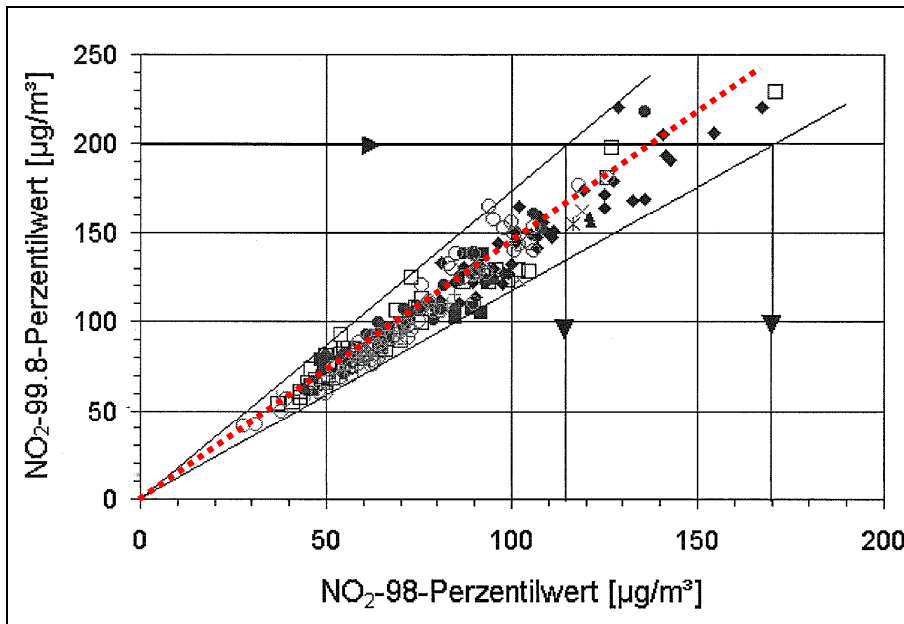
Mit der Umsetzung der EU-Grenzwerte in deutsches Recht erfolgte auch eine grundlegende Überarbeitung der TA Luft. Dabei wurden die aktuellen Grenzwerte der EU-Richtlinien übernommen. Die aktuelle Fassung der TA Luft ist am 1. Oktober 2002 in Kraft getreten.

In der Tabelle 1 sind die aktuellen Grenz-, Leit-, und Vorsorgewerte zum Schutz des Menschen aufgeführt. (Anmerkung: Der 98-Perzentil dient zur Bewertung der Kurzzeitbelastung und stellt den Konzentrationswert dar, der in 98 % der Jahresstunden eingehalten wird.)

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

Luftschadstoff		Immissionswerte		
		Wert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Quelle	Charakter
NO <sub>x</sub>	Jahresmittel	30	39. BImSchV	Schutz der Vegetation abseits von Ballungszentren
		30	TA Luft	
NO <sub>2</sub>	Jahresmittel	40	39. BImSchV	Grenzwert
		40	TA Luft	Immissionswert
	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
		5	LAI	Vorsorgewert
Feinstaub (PM <sub>10</sub> )	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 <sub>2,5</sub> )	Jahresmittel	25	39. BImSchV	Zielwert (seit 2010)
		25		Grenzwert (ab 2015)

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen 98-Perzentil und 99,8-Perzentil der NO<sub>2</sub>-Belastungen, basierend auf der Auswertung von Naturmessdaten, nach Lohmeyer [21] (gilt nicht bei einzelnen Punktquellen (Schornstein))



Bezüglich der Stickstoffdioxid-Immissionen wurde für den Jahresmittelwert in der Neufassung der 39. BImSchV und der TA Luft ein Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> festgesetzt.

Zur Beurteilung der kurzzeitig auftretenden Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen sind in der EU-Richtlinie 85/203/EWG [5] Grenz- und Leitwerte für den 98-Perzentil eingeführt worden. Zusätzlich werden Leitwerte angegeben, die den Schutz der menschlichen Gesundheit verbessern und zum langfristigen Schutz der Umwelt beitragen sollen. Für den 98-Perzentil beträgt der Leitwert 135 µg/m<sup>3</sup>. Die Umsetzung des Grenzwertes in nationales Recht erfolgte in der 22. BImSchV und der 39. BImSchV. Gemäß 22. BImSchV galt der Grenzwert von 200 µg/m<sup>3</sup> für den 98-Perzentil noch bis Ende 2009.

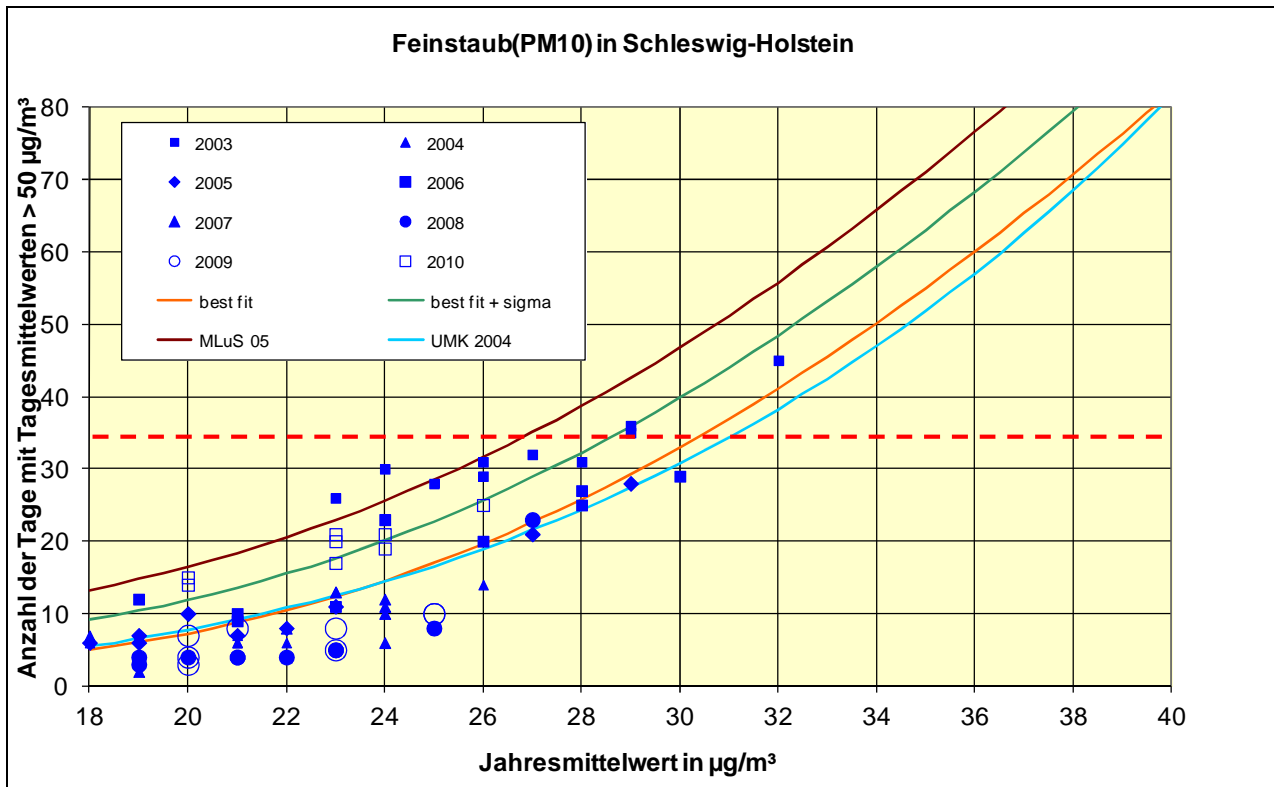
Seit 2010 werden gemäß 39. BImSchV die Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen mit einem Kurzzeitbelastungswert von 200 µg/m<sup>3</sup> beurteilt, der als Stundenmittel 18 Mal pro Jahr überschritten werden darf. Dieser Immissionswert wurde auch in die Neufassung der TA Luft übernommen. Die rechnerische Bestimmung ist gleichbedeutend mit der Bestimmung eines 99,8-Perzentilwertes. Die Anzahl der Grenzwert-Überschreitungen kann messtechnisch leicht ermittelt werden, eine rechnerische Prognose ist jedoch nur durch aufwändige Zeitreihenberechnungen möglich. Alternativ kann der 99,8-Perzentilwert anhand von Naturmessdaten aus der Größe des 98-Perzentils geschätzt werden (s. Abbildung 1).

Für den Schutz der Vegetation ist auch eine Bewertung der gesamten Stickoxide (NO<sub>x</sub>) vorgesehen. Gemäß 39. BImSchV beträgt der Grenzwert für den Jahresmittelwert der NO<sub>x</sub>-Konzentrationen 30 µg/m<sup>3</sup>. Dieser Wert wurde auch in die TA Luft übernommen. Der Grenzwert zum Schutz der Vegetation ist gemäß 39. BImSchV nur an Messstellen einzuhalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind.

Für Benzol ist in der 39. BImSchV ein Grenzwert bzw. in der TA Luft ein Immissionswert von jeweils 5 µg/m<sup>3</sup> festgesetzt.

In Bezug auf Schwebstaubbelastungen haben neuere Untersuchungen ergeben, dass bereits bei Schwebstaubkonzentrationen wie sie üblicherweise in der Außenluft auftreten, gesundheitliche Schädigungen festgestellt werden können. Dabei sind Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm und kleiner als relevant anzusehen (Bezeichnungen PM<sub>10</sub> – Particulate Matter 10 µm – und PM<sub>2,5</sub> – Particulate Matter 2,5 µm).

Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Jahresmittelwerten und Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen an Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein



Diesen Erkenntnissen tragen auch die Beschlüsse auf europäischer Ebene zur weitergehenden Begrenzung von Feinstaubimmissionen Rechnung. Im Rahmen der EU-Richtlinie 1999/30/EG [7] wurde für den Jahresmittelwert der  $\text{PM}_{10}$ -Feinstaubimmissionen ab 2005 (Stufe 1) ein Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgelegt. Der 24-Stunden-Mittelwert der  $\text{PM}_{10}$ -Immissionen darf zusätzlich einen Grenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pro Jahr nicht öfter als 35 Mal (Stufe 1) überschreiten. Die Grenzwerte der Stufe 1 wurden in der neuen Richtlinie 2008/50/EG und in der 39. BImSchV übernommen, die Stufe 2 der EU-Richtlinie wurde nicht umgesetzt.

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

In Abbildung 2 sind ergänzend 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 2010 an den Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein ermittelt wurden. Es zeigt sich, dass die zulässige Zahl von 35 Tagen im Jahr erst bei Jahresmittelwerten von etwa  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und mehr erreicht wurde.

Zur Ermittlung der Überschreitungshäufigkeiten der Tagesmittelwerte aus den Jahresmittelwerten der  $\text{PM}_{10}$ -Gesamtbelastungen stehen verschiedenen Ansätze zur Verfügung:

- „best fit“: Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST 2005 [49]) wurde aus zahlreichen Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit  $\text{PM}_{10}$ -Tagesmittelwerten größer als  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und dem  $\text{PM}_{10}$ -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.
- MLuS, geänderte Fassung 2005: Im Bericht „ $\text{PM}_{10}$ -Emissionen an Außerortsstraßen“ von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST 2005) wird die Anwendung eines Sicherheitszuschlages von

zwei Standardabweichungen (jahresmittelwertabhängig) für die Umrechnung von PM<sub>10</sub>-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 [50]. 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 die Einführung eines Grenzwertes für Feinstäube mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm und kleiner (PM<sub>2,5</sub>) beschlossen. Für den Jahresmittelwert der PM<sub>2,5</sub>-Feinstaubbelastungen ist dementsprechend ab 2015 in der 39. BImSchV ein Grenzwert von 25 µg/m<sup>3</sup> vorgesehen.

Für Dieselruß sind keine eigenen Grenzwerte in Kraft. Der gesundheitsrelevante Feinstaubanteil ist jedoch im Feinstaub (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) 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 straßen- und schienenverkehrsbedingten 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.

## 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) [13]). 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 Prognoseverkehrsdaten wurden vom Vorhabenträger vorgegeben und sind auf den Bundesverkehrswegeplan 2025 bezogen [58]. Sie sind in der Anlage 2 für den Planfall 0 (d.h. nach Errichtung der Festen Fehmarnbeltquerung ohne Ausbau der Strecke Lübeck-Puttgarden) und den Prognose-Planfall (d.h. nach Errichtung der Festen Fehmarnbeltquerung mit zweigleisigem Ausbau der Strecke Lübeck-Puttgarden) für die entsprechenden Gleisabschnitte aufgeführt.

Als Planfall 0 wird die Situation mit prognostischem Verkehr für 2025 auf den jetzt vorhandenen Gleisanlagen, also ohne den zweigleisigen Ausbau mit der heutigen zulässigen Streckengeschwindigkeit, verstanden. Der Prognose-Planfall bezieht sich ebenfalls auf die Verkehrsprognose 2025, aber mit zweigleisigem Ausbau und in diesem Fall auch mit höheren zulässigen Streckengeschwindigkeiten.

Für die Strecke Lübeck-Puttgarden ist im Planfall 0 von Zügen mit Dieseltraktion, in den Planfällen von Elektrotraktion auszugehen. Mit Ausnahme der ICE-Züge werden für den Personenverkehr Triebwagen angenommen.

#### 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 aktuellen Veröffentlichungen entnommen [28]. 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  $PM_{10}$  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 [29] 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 [30] und den dort ebenfalls enthaltenen Verteilungen auf die Zugarten abgeleitet. Die Verteilung auf die Größenklassen der Feinstaubpartikel erfolgte gemäß aktueller Fachliteratur [27]/[31].

Die Verkehrsbelastungen des Schienenverkehrs für den Prognosehorizont 2025 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) unterschieden.

Zur Hochrechnung der Verkehrsbelastungen auf der BAB A1 zwischen Lübeck und Fehmarn wurden folgende Unterlagen verwendet, die vom Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr (LBV) Schleswig-Holstein zur Verfügung gestellt wurden:

1. Für den Abschnitt östlich Heiligenhafen und den Ausbau auf Fehmarn liegt eine detaillierte Verkehrsprognose für das Jahr 2025 vor (Wasser- und Verkehrskontor (WVK, 2010) [55], Prognose-Nullfall ohne bzw. Planfall mit Fester Fehmarnbeltquerung). Aus diesem Gutachten lassen sich die Zuwächse durch die Feste Fehmarnbeltquerung ableiten. 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 B 207 höhere Belastungen als Planfall 2 aufweist.
2. Für den bereits planfestgestellten Abschnitt zwischen etwa Oldenburg i.H. und Heiligenhafen liegen Prognosezahlen für 2015 vor, jedoch ohne Berücksichtigung der Festen Fehmarnbeltquerung [56]. Hier wurden die Verkehrszahlen auf den Prognosehorizont 2025 hochgerechnet und die Zuwächse durch die Feste Fehmarnbeltquerung im Prognose-Planfall addiert.
3. Für den Abschnitt zwischen Lübeck und der Anschlussstelle Ratekau sind Prognosedaten für 2026 vorhanden [56], wobei die Feste Fehmarnbeltquerung nur indirekt enthalten ist (hinreichende Sicherheitszuschläge in den Verkehrsbelastungen).
4. Für die weiteren Straßenabschnitte der BAB A1 liegen nur Zählraten für 2010 vor [56]. Hier wurden die Verkehrszahlen auf den Prognosehorizont 2025 hochgerechnet und die Zuwächse durch die Feste Fehmarnbeltquerung im Prognose-Planfall addiert.

Für die Hochrechnung wurde eine allgemeine Verkehrszunahme um etwa 0,5 Prozentpunkte pro Jahr bei gleichbleibendem LKW-Anteil (für Abschnitte unter 2. und 4.) von 2010 bzw. 2015 auf 2025 zugrunde gelegt. Ein Vergleich der Zählraten von 2005 und 2010 hat hierzu keine systematische Zunahme erkennen lassen, so dass dies eine Schätzung darstellt.

Für die Korrektur aufgrund der Zuwächse nach Fertigstellung der Festen Fehmarnbeltquerung wurden die aus dem o.g. Verkehrsgutachten von WVK (2010) abgeleiteten Zuwächse zugrunde gelegt. Dies entspricht der vereinfachten Annahme, dass es sich bei diesen Verkehren überwiegend um überregionale Verkehre handelt, die über den gesamten Streckenabschnitt der BAB A1 zwischen Lübeck und Fehmarn verlaufen.

Für den Abschnitt unter 3. sind im Prognose-Planfall keine Korrekturen erforderlich.

In der vorliegenden Untersuchung wurde davon ausgegangen, dass die LKW-Anteile dem Schwerverkehr entsprechen (Kfz über 3,5 t). Der Anteil der leichten Nutzfahrzeuge (zwischen 2,8 t und 3,5 t) wurde dem Ansatz für Autobahnen gemäß MOBILEV [15] zu 2,5 % am PKW-Anteil angenommen.

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 3.1, Januar 2010 [14]).

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

- Fahrzeugkategorien und -zusammensetzungen;
- Verkehrssituation (Gebiet (städtisch/ländlich), Straßentypen, Geschwindigkeiten, Verkehrszustand, Steigung/Gefälle);



- Umgebungstemperatur, Längsneigung, Laufleistung, Anteil Klimaanlage etc.;
- Bezugsjahr.

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

Hinsichtlich der Eingangsdaten für die Verkehrsbelastungen wird die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) benötigt. Für die Jahres-, Wochen- und Tagesgänge wurden exemplarische Verteilungen zugrunde gelegt (vgl. Anlage 3.6).

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 [18] 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 Staubbeladung der entsprechenden Straßenabschnitte benötigt. In den USA stehen zwar umfangreiche Messungen der Staubbeladungen 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 Staubbemissionen überschätzt.

Daher wurde vom Ingenieurbüro Lohmeyer (2004) auf Grundlage aktueller Messergebnisse ein Modell auf Basis von Emissionsfaktoren für die Staubaufwirbelung auf Straßen vorgeschlagen [24]. 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 der Neufassung des „Handbuchs Emissions-

faktoren“ (Version HBEFA3.1) wurde eine Anpassung der nicht motorbedingten Emissionen erforderlich, da die Methodik geändert worden ist. Im Folgenden wird der aktualisierte Ansatz von Lohmeyer (2011) [25] 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 [25] 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  $2,5 \mu\text{m}$ ;
- Klasse 2 ( $PM_{2,5-10}$ ): Partikel zwischen  $2,5 \mu\text{m}$  und  $10 \mu\text{m}$ ;
- Klasse 3 ( $PM_{10-50}$ ): Partikel zwischen  $10 \mu\text{m}$  und  $50 \mu\text{m}$ ;
- Klasse 4 ( $PM_{>50}$ ): Partikel größer als  $50 \mu\text{m}$ .

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

Im Folgenden werden, soweit verfügbar, die Korngrößenverteilungen aus den entsprechenden Regelwerken herangezogen [17]-[20]. Sofern keine Angaben und/oder andere Klassengrenzen vorliegen, werden geeignete Annahmen getroffen.

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

### 5.3.2 Belastungen

Die vorliegenden Ermittlungen zu den Luftschadstoffemissionen während der Bauphase beschränken sich auf den Lastfall der Erdarbeiten mit Bodenbewegungen, da dies den maßgebenden Lastfall darstellt. Für weitere Bauphasen ist mit vergleichbaren bzw. geringeren Staubemissionen zu rechnen.

Für die jeweiligen Ausbau- und Neubauabschnitte wurden vom Vorhabenträger die zu bewegenden Bodenmassen bilanziert. Dabei wurde zwischen Mutterbodenabtrag und -auftrag sowie Erdabtrag und -auftrag unterschieden. Für die Bauphase des Erdbaus wird von etwa zwei Jahren ausgegangen. Eine Zusammenstellung der entsprechenden Mengen für die hier betrachteten Trassenabschnitte im Abschnitt 5 zeigt die Anlage 4.1.

Für die Zufahrten zur Baustelle sollen Baustraßen parallel zu Schienentrasse hergestellt werden, die überwiegend als unbefestigte Straßen ausgeführt werden. In städtischen Bereichen ist dagegen teilweise auch eine befestigte Oberfläche geplant. Die Baustraßen werden nach Fertigstellung der Schienentrasse als Zugewegen für Rettungseinsätze erhalten.

Im Folgenden wird zur sicheren Seite davon ausgegangen, dass die abzutragenden Böden von einem Radlader oder Bagger aufgenommen werden und mit LKW abtransportiert werden. Für die Auffüllung wird ebenfalls angenommen, dass diese mit LKW angefahren werden, abgekippt und mit Radladern oder Baggern aufgenommen und verteilt werden.



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 alle LKW des jeweiligen Teilabschnittes den gesamten Fahrweg der Baustraße des entsprechenden Teilabschnittes zu 50 % befahren. Zur sicheren Seite wird für alle Bauabschnitte von unbefestigten Straßenoberflächen ausgegangen. Sofern in städtischen Bereichen eine befestigte Oberfläche vorliegt, sind deutlich geringere Staubemissionen zu erwarten.

### 5.3.3 Bodenbewegungen

Die Berechnung der Staubemissionen für den Umschlag von Böden erfolgt gemäß der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 [18]. Beim Umschlag von Schüttgütern wird nach dem Staubentwicklungsgrad unterschieden. Im vorliegenden Fall von Muttererde und anderen Erden, Sande etc. 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 m<sup>3</sup> aufgenommen und auf einen LKW verladen werden. Dabei wird eine mittlere Ladung von etwa 20 m<sup>3</sup> pro LKW angenommen, dem entspricht bei einer mittleren Dichte von 1,5 t/m<sup>3</sup> eine Gesamtmasse von etwa 30 t je LKW.

Für den Bodenauftrag wird zunächst ein LKW-Abkippvorgang zugrunde gelegt (Anlieferung von 20 m<sup>3</sup> bzw. 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 3790, Blatt 3 sind in der Anlage 4.3.1 zusammengestellt. Die Verteilung auf die Größenklassen kann der Anlage 4.3.2 entnommen werden.

In der Anlage 4.3.3 sind die Emissionen für die entsprechenden Umschlagvorgänge für je eine LKW-Abfuhr oder LKW-Anlieferung zusammengestellt (Bezugsgröße für den Umschlag von 20 m<sup>3</sup> bzw. 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 m<sup>3</sup> bzw. 1 t Boden bezogen wird (vgl. Anlage 4.3.4).

### 5.3.4 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 [18] 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.

Es wird davon ausgegangen, dass je betrachtetem Trassenabschnitt alle LKW parallel zur Baustrecke fahren.

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.

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.

### 5.3.5 Emissionsmodell

Die Berechnung der Luftschadstoffausbreitung erfolgt wie für den Betrieb der Schienenstrecken durch den Ansatz von Linienquellen entlang der geplanten Gleise. 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. Eine Zusammenstellung zeigt die Anlage 4.4. In der Anlage 4.5 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 (Abschnitt 5) wurden die Gesamtemissionen bilanziert. Dabei wurden die einzelnen Quellbereiche zum Vergleich detailliert angegeben. Die Bilanzierung umfasst alle maßgeblichen Quellen innerhalb des Abschnittes 5. Dazu zählen die Emissionen der Schienenwege und der Straßenabschnitte.

Die sich ergebenden jährlichen Gesamtemissionen für den Planfall 0 und den Planfall sind in der Tabelle 3 aufgeführt. Grafische Darstellungen zeigen die Abbildungen 3 bis 7.

Zusammenfassend ist Folgendes festzustellen:

- Im Planfall 0 ergeben sich für nahezu alle Luftschadstoffe vergleichbare Anteile aus dem Schienen- und Straßenverkehr. Lediglich die Kohlendioxidemissionen werden maßgeblich durch den Straßenverkehr bestimmt.
- Im Planfall ergeben sich für die Schadstoffkomponenten NO<sub>x</sub>, Benzol und Kohlendioxid Abnahmen, da die Abgasemissionen der elektrifizierten Ausbaustrecke entfallen.

Für die Stickstoffoxide NO<sub>x</sub> ist mit Abnahmen der Emissionen aus dem Schienenverkehr um 100 % zu rechnen, die Gesamtemissionen nehmen um etwa 80 % ab.

Die Benzolemissionen aus dem Schienenverkehr nehmen um 100 % ab, die gesamten Benzolemissionen um etwa 85 %.

Für Kohlendioxid beragen die Abnahmen aus dem Schienenverkehr 100 %. Da der Straßenverkehr die Kohlendioxidemissionen maßgebend bestimmt, ergeben sich für die Gesamtemissionen im Abschnitt 5 nur Abnahmen um etwa 15 %.

Die Feinstaubemissionen aus dem Schienenverkehr der Größenklasse PM<sub>10</sub> nehmen dagegen zu, da Abrieb und Aufwirbelung gegenüber den Abgasemissionen bestimmend sind. Höhere Zugzahlen führen daher zu Zunahmen der Emissionen um etwa 63 %. Die Gesamtemissionen erhöhen sich um etwa 40 %.

Für die Feinstaubemissionen der Größenklasse PM<sub>2,5</sub> überwiegt demgegenüber der Anteil der Abgasemissionen, so dass gegenüber dem Planfall 0 Abnahmen der Emissionen aus dem Schienenverkehr um etwa 31 % zu erwarten sind. Die Gesamtemissionen verringern sich um etwa 21 %.

Tabelle 3: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr)

Schadstoff / Quelle	Planfall 0	Planfall		
	Abschnitt 5	Abschnitt 5		
	Emission [t/a]	Emission [t/a]	Veränderung vs. Planfall 0 [t/a]	
<b>Stickoxide (NOx)</b>				
<b>Gesamt</b>	<b>67,15</b>	<b>13,43</b>	<b>-53,71</b>	<b>-80,0%</b>
Schiene	53,71	0,00	-53,71	-100,0%
Straße (A1)	13,43	13,43	0,00	0,0%
<b>Benzol</b>				
<b>Gesamt</b>	<b>0,206</b>	<b>0,031</b>	<b>-0,176</b>	<b>-85,1%</b>
Schiene	0,176	0,000	-0,176	-100,0%
Straße (A1)	0,031	0,031	0,000	0,0%
<b>Feinstaub PM<sub>10</sub></b>				
<b>Gesamt</b>	<b>11,330</b>	<b>15,911</b>	<b>4,580</b>	<b>40,4%</b>
Schiene	7,287	11,867	4,580	62,9%
Straße (A1)	4,043	4,043	0,000	0,0%
<b>Feinstaub PM<sub>2,5</sub></b>				
<b>Gesamt</b>	<b>4,520</b>	<b>3,566</b>	<b>-0,954</b>	<b>-21,1%</b>
Schiene	3,086	2,132	-0,954	-30,9%
Straße (A1)	1,434	1,434	0,000	0,0%
<b>Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)</b>				
<b>Gesamt</b>	<b>20.214</b>	<b>17.145</b>	<b>-3.068</b>	<b>-15,2%</b>
Schiene	3.068	0	-3.068	-100,0%
Straße (A1)	17.145	17.145	0	0,0%

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

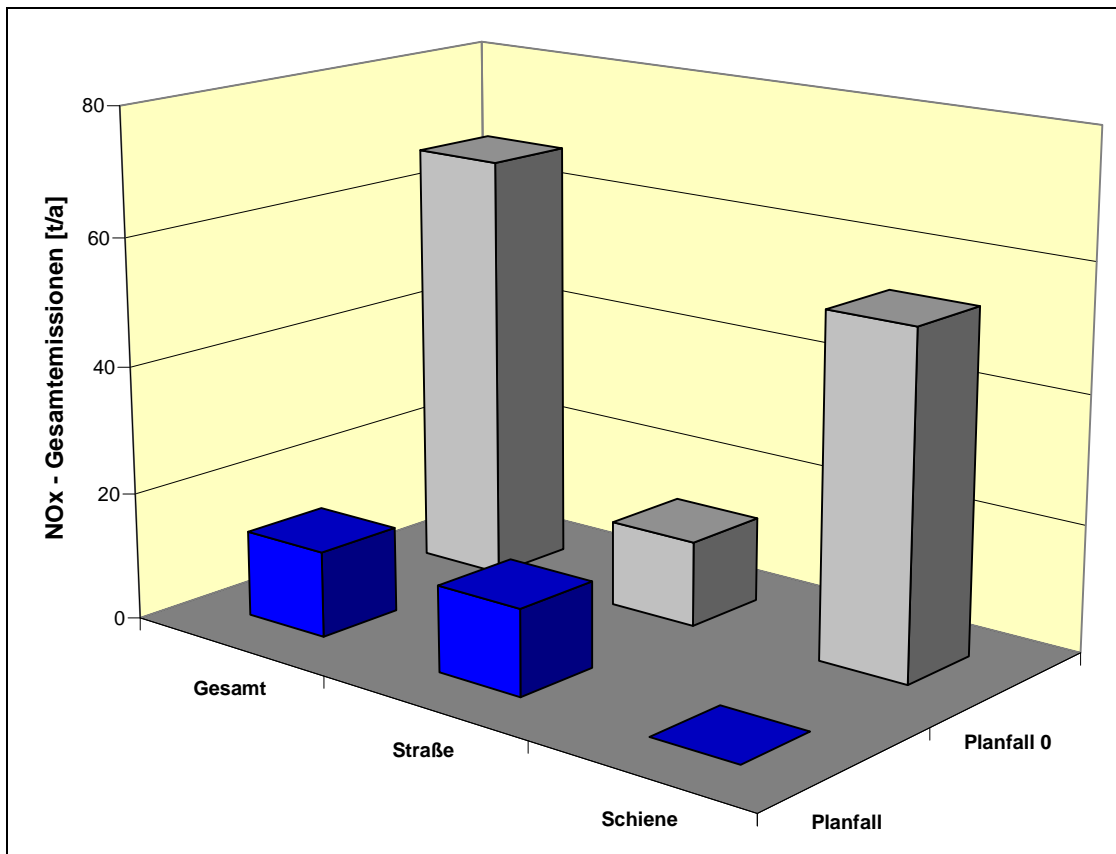


Abbildung 4: Benzol-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

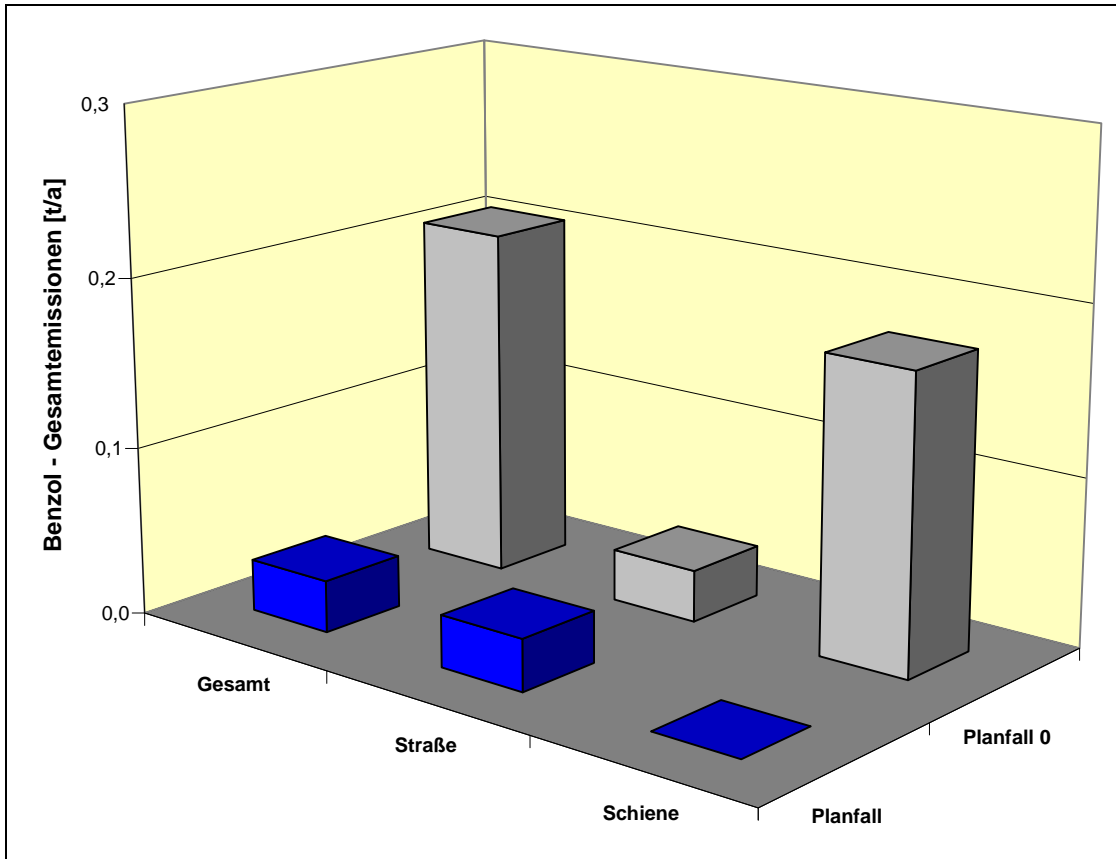


Abbildung 5: Kohlendioxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

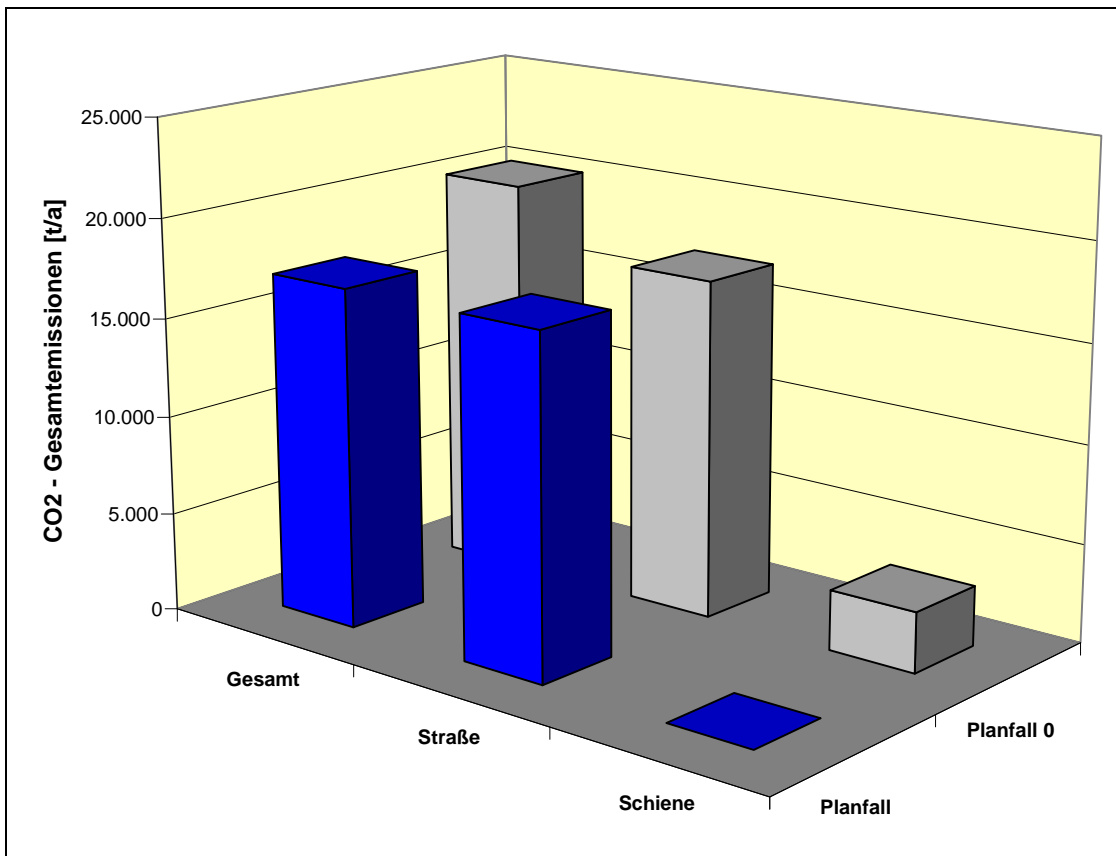


Abbildung 6: Feinstaub(PM<sub>10</sub>)-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

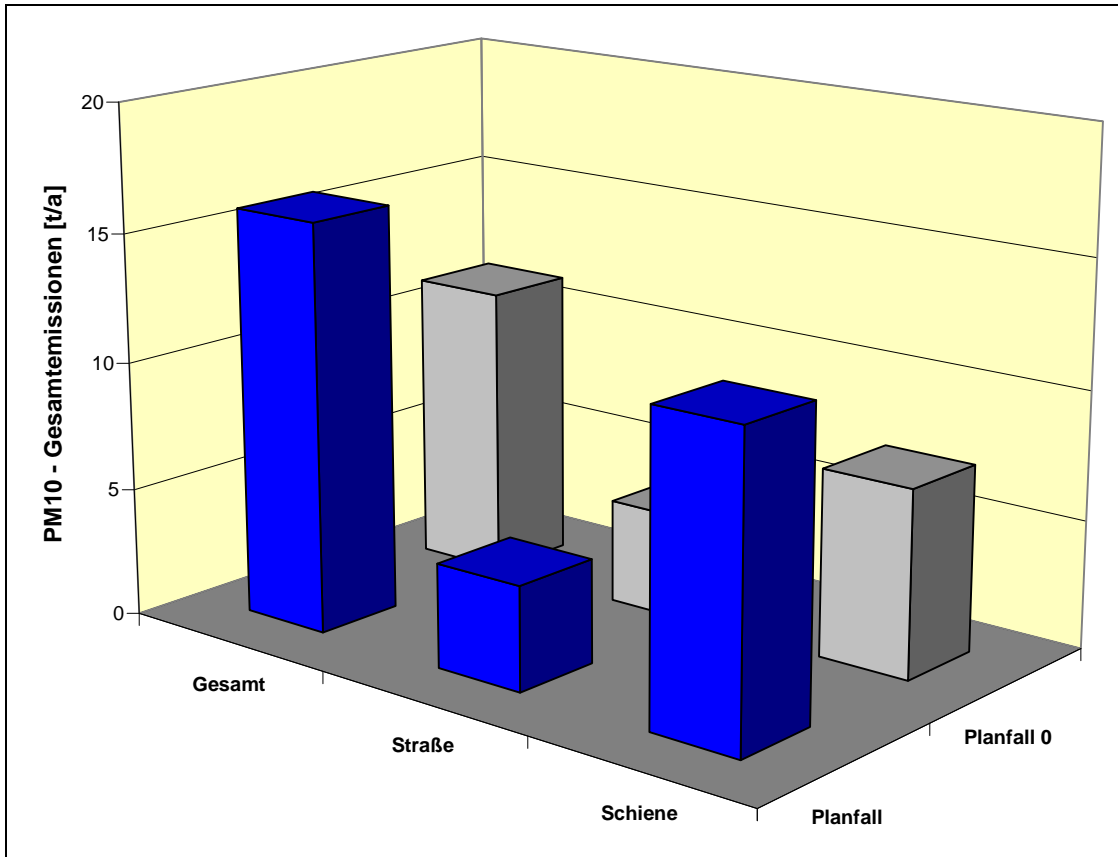
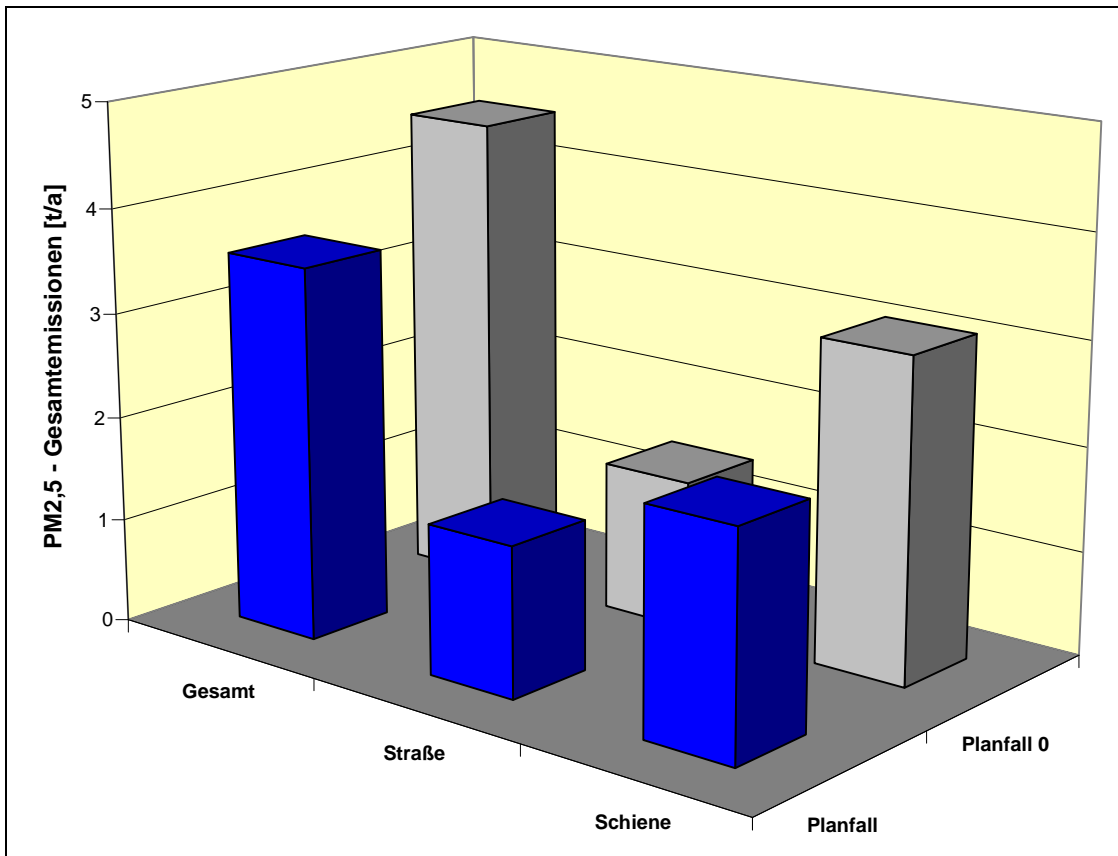


Abbildung 7: Feinstaub(PM<sub>2,5</sub>)-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]



### 5.4.2 Bauphase

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

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Feinstaubemissionen maßgeblich durch die Staubaufwirbelung aufgrund der LKW-Fahrten bestimmt werden, die Umschlagstätigkeiten sind demgegenüber nur von untergeordneter Bedeutung.

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

Schadstoff / Quelle	Bauphase (Erdbauarbeiten)
	Abschnitt 5
	Emission [t/a]
<b>Feinstaub PM<sub>10</sub></b> Gesamt	57,6
<b>Feinstaub PM<sub>2,5</sub></b> Gesamt	6,2

## 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 des „Merkblattes über Luftverunreinigungen an Straßen“ erfolgen, „Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, Ausgabe 2002 (MLuS-02)“ [32], das vom Bundesminister für Verkehr (BMV) zur Anwendung empfohlen wurde [33]. 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 Rechenzeitaufwand 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 [34]) zur Verfügung, die insbesondere für verkehrsbedingte Immissionen geeignet sind. Für Abschätzungen bei dichter Randbebauung können einfache Straßenschluchtmodelle (z.B. STREET [35]) herangezogen werden. Genauere Berechnungen bei komplexer Bebauung (Innenstadtbereich, Straßenschluchten) unter Berücksichtigung der detaillierten Strömungsverhältnisse sollten mit komplexeren Modellen (z.B. MISKAM [36]) erfolgen.

Die aktuelle Fassung der TA Luft beinhaltet zur Berechnung der Schadstoffausbreitung für genehmigungsbedürftige Anlagen das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [38], 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 [34] für großräumige detaillierte Berechnungen ein Gaußsches Linienquellenmodell zur Verfügung, dessen Eignung insbesondere für verkehrsbedingte Immissionen durch den Vergleich mit Naturmessdaten validiert wurde. Mit dem Modell PROKAS kann die Quellschleife berücksichtigt werden, so dass auch Dammlagen sowie Brücken untersucht werden können. Weiterhin kann der Einfluss von Lärmschutzbauwerken einbezogen werden.

Im vorliegenden Fall ist eine Berücksichtigung des großräumigen Schienennetzes und der BAB A1 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 vorliegenden anderen Messdaten abgeleitet (vgl. Abbildungen 1 und 2 in Abschnitt 4).

Die Einflüsse von Straßenlagen und Lärmschutzanlagen werden im Modell PROKAS durch additive Terme  $\sigma_{z0}$  für den vertikalen Ausbreitungsparameter  $\sigma_z$  umgesetzt. Die Ableitung der entsprechenden Parameter kann der Anlage 5 entnommen werden. Die im vorliegenden Fall berücksichtigten Lärmschutzanlagen sind den Lageplänen der Anlage 1 zu entnehmen. Für die vorhandenen Lärmschutzwände an der Schienenstrecke Lübeck-Travemünde sowie an der BAB A1 wurden die vorliegenden Höhen zugrunde gelegt. Für die im Rahmen der schalltechnischen Untersuchung entlang der Hauptvarianten der Ausbaustrecke vorgeschlagenen Lärmschutzwände wird der schalltechnischen Untersuchung entsprechend von 6 m Höhe ausgegangen.

Bei der Ausbreitungsrechnung werden die standortspezifischen meteorologischen Daten benötigt. Hierzu wurde eine aktuelle mehrjährige Ausbreitungsklassenstatistik einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Station verwendet („AKS“, Standort Westermakelsdorf, Zeitraum 2002-2011, s. Anlage 6), die von der meteomedia GmbH zur Verfügung gestellt wurde [52].

---

## 6.3 NO-NO<sub>2</sub>-Konversion

### 6.3.1 Allgemeines

Die bei der Verbrennung in Benzin- und Dieselmotoren entstehenden Stickstoffoxide NO<sub>x</sub> bestehen zu mehr als 90 % aus Stickstoffmonoxid (NO) und weniger als 10 % aus Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>). Üblicherweise wurde für Kfz-bedingte Emissionen bisher von einem Anteil von 5 % NO<sub>2</sub> an den NO<sub>x</sub>-Emissionen ausgegangen. Die Umwandlung des NO in NO<sub>2</sub> erfolgt erst auf dem Ausbreitungsweg in Anwesenheit von Luft, im Wesentlichen durch eine Reaktion mit dem bodennahen Ozon (O<sub>3</sub>). Durch Photolyse ist auch der umgekehrte Prozess möglich, so dass sich mit der Zeit ein Gleichgewicht zwischen NO und NO<sub>2</sub> einstellen wird. Aufgrund dieser komplexen Umwandlungsschemie auf dem Ausbreitungsweg ist die Prognose der NO<sub>2</sub>-Belastungen schwierig.

Aktuelle Messungen an innerstädtischen verkehrsexponierten Standorten zeigen teilweise deutliche Zunahmen der NO<sub>2</sub>-Immissionen, was den bisher prognostizierten Abnahmen der NO<sub>x</sub>-Emissionen durch verbesserte Abgasreinigungstechniken widerspricht. Als Erklärung für diese Messwerte werden u. a. erhöhte NO<sub>2</sub>-Direktemissionen im Abgas, eine erhöhte Ozonverfügbarkeit zur Umwandlung durch höhere bodennahe Ozonkonzentrationen oder eine veränderte Ozonchemie diskutiert.

Aktuelle Messungen der Abgasemissionen von Fahrzeugen mit Dieselantrieb und Oxidationskatalysator zeigen ein deutlich anderes NO-NO<sub>2</sub>-Verhältnis im primären Abgas als das bisherige von etwa 90:10 bis 95:5. So wurde der Anteil der NO<sub>2</sub>-Emission für Diesel-PKW zwischen 22 % und 75 %, für LKW zwischen etwa 13 % und 66 % der NO<sub>x</sub>-Emission bestimmt. Mit vermehrtem Einsatz von Dieselfahrzeugen mit Oxidationskatalysatoren ist daher eine erhöhte Direktemission von NO<sub>2</sub> verbunden. In Straßenschluchten wurde der Anteil der NO<sub>2</sub>-Immissionen durch den Direktemissionsanteil auf etwa 25 bis 30 % abgeschätzt. Trotz zurückgehender NO<sub>x</sub>-Emissionen haben somit die fahrzeugspezifischen NO<sub>2</sub>-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 NO<sub>2</sub>-Emissionen zu erwarten [45].

Im aktuellen „Handbuch Emissionsfaktoren“ 3.1 sind auch Angaben zu den NO<sub>2</sub>-Emissionen im Abgas enthalten. Für das Bezugsjahr 2025 beträgt der Anteil der NO<sub>2</sub>-Direktemission am gesamten NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktor für PKW etwa 28 %, für leichte Nutzfahrzeuge bis 3,5 t (LNF) etwa 31 % und für schwere Nutzfahrzeuge (SNF) etwa 25 % (s. Anlage 3.3.1). Für o.g. Fahrzeugarten ist daher gegenüber früheren Ansätzen von einer erhöhten NO<sub>2</sub>-Direktemission auszugehen.

Für den Schienenverkehr mit Dieseltraktion sind demgegenüber keine anderen NO<sub>2</sub>-Anteile zu erwarten.

### 6.3.2 Berechnung der NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlung

Die Abschätzung der Stickstoffdioxid-Immissionen im straßennahen Bereich wurde bisher überwiegend durch einen aus Naturmessdaten abgeleiteten statistischen Zusammenhang nach Romberg [42] durchgeführt. Die NO<sub>2</sub>-Immissionen können dementsprechend aus folgenden Formeln ermittelt werden:



$$\text{Jahresmittelwert:} \quad [\text{NO}_2] = [\text{NO}_x] \cdot \left( \frac{103}{[\text{NO}_x] + 130} + 0,005 \right)$$

$$98\text{-Perzentil:} \quad [\text{NO}_2] = [\text{NO}_x] \cdot \left( \frac{111}{[\text{NO}_x] + 119} + 0,039 \right)$$

Da die obigen Konversionsformeln im Jahr 1996 ermittelt wurden, sind die neueren Entwicklungen in dem obigen Ansatz nach Romberg nicht enthalten. Zur Überprüfung wurde vom Ingenieurbüro Lohmeyer in 2005 [44] eine erneute empirische Auswertung bundesweiter und europäischer Messdaten der Jahre 2000 bis 2003 durchgeführt. Es zeigte sich, dass zwar geringe Abweichungen von der bisherigen Regressionskurve auftreten, die Anwendung der bisherigen Konversion nach Romberg jedoch weiterhin empfohlen wird.

Für hohe Konzentrationen deutlich oberhalb des Grenzwertes von 40 µg/m<sup>3</sup> erfolgte eine Anpassung der Parameter der Romberg-Formeln durch Bächlin [46]. Weiterhin wurde aktuell ein vereinfachtes chemisches Modell zur Anwendung in Straßenschluchten vorgeschlagen [47]-[48], das ebenfalls erst für hohe Konzentrationen zu guten Ergebnissen führt. Für die vorliegende Situation sind mit dem Ansatz von Bächlin als auch mit dem vereinfachten chemischen Modell jedoch erfahrungsgemäß zu hohe Gesamtbelastungen zu erwarten.

Im Folgenden wird ein vereinfachtes Modell auf Grundlage der Romberg-Konversion zur Berücksichtigung der NO<sub>2</sub>-Direktemissionen des Straßenverkehrs verwendet, das in vorhergehenden Untersuchungen im Rahmen der Luftreinhalteplanung Schleswig-Holstein entwickelt wurde (LAIRM CONSULT GmbH). Es zeigt sich, dass mit diesem Vorgehen an vielen Straßenabschnitten die gemessenen Gesamtbelastungen hinreichend genau ermittelt werden können.

Hierzu wird der NO<sub>2</sub>-Anteil an den NO<sub>x</sub>-Emissionen im Abgas gemäß „Handbuch Emissionsfaktoren“ abgeschätzt. Der über den bisherigen Anteil von 5 % hinausgehende Anteil wird als direkte NO<sub>2</sub>-Zusatzbelastung betrachtet und aus der NO<sub>x</sub>-Zusatzbelastung herausgerechnet. Für die restlichen NO<sub>x</sub>-Zusatzbelastungen erfolgt eine Konversion gemäß Romberg unter Berücksichtigung der Immissionen aus dem Schienenverkehr und der Hintergrundbelastung. Anschließend wird die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung durch Addition der NO<sub>2</sub>-Direktemissionen ermittelt.

## 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 [51]. 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 einzuschätzen sind.

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

- NO<sub>2</sub> (Jahresmittelwert): 12 µg/m<sup>3</sup>;
- NO<sub>2</sub> (98-Perzentil): 40 µg/m<sup>3</sup>;
- Feinstaub PM<sub>10</sub> (Jahresmittelwert): 18 µg/m<sup>3</sup>;
- Feinstaub PM<sub>2,5</sub> (Jahresmittelwert): 16 µg/m<sup>3</sup>;
- Benzol (Jahresmittelwert): 1,0 µg/m<sup>3</sup>.

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 entlang der Schienenwege und der BAB A1 berechnet, insbesondere um die Überlagerung der Immissionen aus dem Schienen- und Straßenverkehr zu beurteilen.

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<sub>2</sub>), Feinstaub der Größenklassen PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> sowie Benzol berechnet. Die Maxima der Gesamtbelastungen für die jeweiligen Schienen- und Straßenabschnitte sind in der Tabelle 5 dargestellt. Grafische Darstellungen in Rasterkarten finden sich für die maßgebenden Kenngrößen in der Anlage 8. Dort sind auch Differenzkarten dargestellt, die die Veränderungen der Gesamtbelastungen gegenüber dem Planfall 0 aufzeigen.

Die flächendeckende Ermittlung der Gesamtbelastungen der 1-Stunden-Werte der Stickstoffdioxid-Immissionen ist aus programmtechnischen Gründen nicht möglich, so dass eine Darstellung hier nicht erfolgen kann.

In der Tabelle 5 sind die maximalen Belastungen zusammengestellt, die im Nahbereich der betrachteten Verkehrswege ermittelt wurden. Eine detaillierte Diskussion der Ergebnisse findet sich in den folgenden Abschnitten.

Tabelle 5: Maximale Gesamtbelastungen im Untersuchungsgebiet (Abschnitt 5)

Schadstoff	Immissionsgrenzwert mit zulässiger Anzahl an Überschreitungen		Luftschadstoffimmissionen bzw. Überschreitungshäufigkeiten (Angaben in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder Häufigkeiten kursiv)	
	Wert [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	Anzahl	Planfall 0	Planfall, Abschnitt 5
<b>NO<sub>2</sub></b> Jahresmittelwert	40	—	17,6	13,5
<b>Benzol</b> Jahresmittelwert	5	—	1,00	1,00
<b>PM<sub>10</sub></b> Jahresmittelwert	40	—	19,7	20,1
	Tagesmittelwert	50	35	11,0 12,0
<b>PM<sub>2,5</sub></b> Jahresmittelwert	25	—	16,6	16,6

### 6.5.2 Stickoxid-Belastungen (NO<sub>x</sub>, Jahresmittelwert J00)

Zum Schutz der Vegetation wird nach der 39. BImSchV und der TA Luft der NO<sub>x</sub>- 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<sub>x</sub>-Immissionen zu rechnen. Flächendeckende Ergebnisse für NO<sub>x</sub> zeigen die Rasterkarten in Anlage 8.1.

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 (NO<sub>2</sub>, Jahresmittelwert J00)

Die NO<sub>2</sub>-Belastungen wurden aus den NO<sub>x</sub>-Immissionen unter Verwendung der Konversion gemäß Romberg ermittelt, wobei für den Straßenverkehr ein um 25 % erhöhter Anteil an NO<sub>2</sub>-Direktmissionen berücksichtigt wurde (vgl. Abschnitt 6.3.2).

Die maximalen Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Belastungen für den Planfall 0 und die Planvariante sind in der Tabelle 5 dargestellt. Flächendeckende Ergebnisse für NO<sub>2</sub> zeigen die Rasterkarten in Anlage 8.2.

Zusammenfassend sind folgende Ergebnisse festzuhalten:

- Im Planfall 0 ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu 17,6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  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 13,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Nahbereich der Straße. Durch die Elektrifizierung des Schienenverkehrs sind keine weiteren Zusatzbelastungen durch die Schiene zu erwarten. Der zulässige Grenzwert wird weiterhin sicher eingehalten.
- Gegenüber dem Planfall 0 sind Abnahmen im Nahbereich der vorhandenen Schienenstrecke um bis zu 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten.

- In Bezug auf den Immissionsgrenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind die Belastungen sowohl im Planfall 0 als auch in den geplanten Varianten als mittlere Konzentration (zwischen 25 % und 50 % des Grenzwertes) einzustufen. Veränderungen sind nicht zu erwarten.

#### 6.5.4 Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen finden sich in der Tabelle 5. Eine flächendeckende Darstellung findet sich in der Anlage 8.3.

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

Zusammenfassend ist folgendes festzustellen:

- Im Planfall 0 ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu  $19,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Nahbereich von Schiene und Straße, welche im zum überwiegenden Teil auf den Schienenverkehr zurückzuführen sind. 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  $20,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diese zeigen sich ebenfalls entlang Straße und Schiene und werden maßgebend durch die Schiene bestimmt. Grenzwertüberschreitungen sind weiterhin nicht zu erwarten.
- An ausgebauten Bereichen ergeben sich leichte Zunahmen von bis zu  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Abnahmen sind in beurteilungsrelevanten Bereichen 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) und im Prognose-Planfall als leicht erhöhte Konzentration (zwischen 50 % und 75 % des Grenzwertes) einzustufen.

#### 6.5.5 Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen (Überschreitungstage)

Neben dem Jahresmittelwert der Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen wurde zusätzlich die Anzahl der Tage abgeschätzt, an denen der Tagesmittelwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten wird. Die Ergebnisse der entsprechenden Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Dabei wurde die Formel „best fit + sigma“ zugrunde gelegt (vgl. Abschnitt 4).

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

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

Die Ergebnisse der Feinstaub( $\text{PM}_{2,5}$ )-Belastungen finden sich in der Tabelle 5. Eine flächendeckende Darstellung zeigt die Anlage 8.4.

Zusammenfassend sind folgende Ergebnisse festzuhalten:

- Im Planfall 0 ergeben sich Gesamtbelastungen von bis zu  $16,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , welche nur knapp oberhalb der Hintergrundbelastung liegen. Zurückzuführen sind diese Belastungen überwiegend auf den Schienenverkehr. Eine Überschreitung des Grenzwertes ist nicht zu erwarten.
- Auch im Prognose-Planfall liegen die ermittelten Gesamtbelastungen nur knapp oberhalb der Hintergrundbelastung mit bis zu maximal  $16,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diese Gesamtbelastungen zeigen sich nur im Nahbereich der Schiene.
- Es ergeben sich leichte Abnahmen unterhalb  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gegenüber dem Planfall 0. Zunahmen sind nicht zu erwarten.
- In Bezug auf den Immissionsgrenzwert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind die Belastungen sowohl im Planfall 0 als auch in den geplanten Varianten als leicht erhöhte Konzentration (zwischen 50% und 75 % des Grenzwertes) einzustufen. Veränderungen sind nicht zu erwarten.

### **6.5.7 Benzol-Belastungen (Jahresmittelwert J00)**

Weiterhin wurden die Benzol-Belastungen ermittelt. Die Ergebnisse finden sich in der Tabelle 5. Aufgrund der sehr geringen Zusatzbelastungen aufgrund des Schienenverkehrs 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  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in keinem Untersuchungsfall erreicht wird. Zusatzbelastungen liegen deutlich unterhalb  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Bezogen auf den Grenzwert von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind die Belastungen im Planfall 0 sowie in den unterschiedlichen Varianten 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 Immissionen aus der Bauphase den Gesamtbelastungen im Planfall 0 überlagert, auch wenn die Zugzahlen des Planfalls 0 während der Bauphase noch nicht erreicht werden sollten.

Für die weiteren Luftschadstoffe ist durch den Einsatz von dieselbetriebenen Baumaschinen erfahrungsgemäß nicht mit einer relevanten Zunahme der Gesamtbelastungen zu rechnen.

Grafische Darstellungen in Rasterkarten finden sich für die maßgebenden Kenngrößen in der Anlage 9.

### **6.6.2 Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen (Jahresmittelwert J00)**

Die Ergebnisse der Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen können der Schadstoffkarte der Anlage 9.1 entnommen werden.

Es zeigt sich, dass die  $\text{PM}_{10}$ -Gesamtbelastungen den Grenzwert im gesamten Untersuchungsgebiet deutlich unterschreiten.

### **6.6.3 Feinstaub( $\text{PM}_{10}$ )-Belastungen (Überschreitungstage)**

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

Aufgrund der geringen  $\text{PM}_{10}$ -Gesamtbelastungen entlang der Baustrecke von unter  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird die zulässige Anzahl 35 Überschreitungstagen im gesamten Untersuchungsgebiet sicher eingehalten.

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

Die Ergebnisse der Feinstaub( $\text{PM}_{2,5}$ )-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 genügt den Anforderungen gemäß der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1 [39]. Die statistischen Unsicherheiten bei der Ausbreitungsberechnung mit PROKAS wurden für die Jahresmittelwerte zu maximal  $\pm 20\%$  ermittelt [40]. 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 Schienenhinterlandanbindung zur Festen Fehmarnbeltquerung im Bereich der geplanten Trassenvarianten prognostiziert und die Veränderungen gegenüber dem Planfall 0 ermittelt. Dabei wurde neben dem Schienenverkehr auch die Autobahn A 1 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 (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) und Benzol betrachtet.

Die Berechnung erfolgte mit dem Gaußschen Linienquellenmodell PROKAS, das für die Betrachtung von großräumigen Verkehrsnetzen geeignet ist. Dabei wurden die vorhandenen und die im Rahmen der schalltechnischen Untersuchungen vorgeschlagenen Lärmschutzwände an den Ausbaustrecken der Schienenwege berücksichtigt. Die großräumigen Hintergrundbelastungen wurden auf Grundlage aktueller Messwerte der Luftüberwachung Schleswig-Holstein abgeschätzt.

*Emissionsseitig* ergeben sich im Planfall 0 für nahezu alle Luftschadstoffe vergleichbare Anteile aus dem Schienen- und Straßenverkehr. Lediglich die Kohlendioxidemissionen werden maßgeblich durch den Straßenverkehr bestimmt. Im Planfall sind für die Schadstoffkomponenten NO<sub>x</sub>, Benzol und Kohlendioxid Abnahmen zu erwarten, da die Abgasemissionen der elektrifizierten Ausbaustrecke entfallen. Für die Stickstoffoxide NO<sub>x</sub> ist mit Abnahmen der Emissionen aus dem Schienenverkehr um 100 % zu rechnen, die Gesamtemissionen nehmen um etwa 80 % ab. Die Benzolemissionen aus dem Schienenverkehr nehmen um 100 % ab, die gesamten Benzolemissionen um etwa 85 %. Für Kohlendioxid beragen die Abnahmen aus dem Schienenverkehr 100 %. Da der Straßenverkehr die Kohlendioxidemissionen maßgebend bestimmt, ergeben sich für die Gesamtemissionen im Abschnitt 5 nur Abnahmen um etwa 15 %. Die Feinstaubemissionen aus dem Schienenverkehr der Größenklasse PM<sub>10</sub> nehmen dagegen zu, da Abrieb und Aufwirbelung gegenüber den Abgasemissionen bestimmend sind. Höhere Zugzahlen führen daher zu Zunahmen der Emissionen um etwa 63 %. Die Gesamtemissionen erhöhen sich um etwa 40 %. Für die Feinstaubemissionen der Größenklasse PM<sub>2,5</sub> überwiegt demgegenüber der Anteil der Abgasemissionen, so dass gegenüber dem Planfall 0 Abnahmen der Emissionen aus dem Schienenverkehr um etwa 31 % zu erwarten sind. Die Gesamtemissionen verringern sich um etwa 21 %.

*Immissionsseitig* ergeben sich an den maßgeblichen beurteilungsrelevanten Bereichen für die NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung überwiegend Abnahmen von bis zu 6 µg/m<sup>3</sup>, aufgrund der Elektrifizierung des Schienenverkehrs. Zunahmen gegenüber dem Planfall 0 sind nicht zu erwarten. Für die PM<sub>10</sub>-Gesamtbelastungen zeigen sich teilweise leichte Abnahmen von unter 1 µg/m<sup>3</sup> in Bereichen mit derzeit vorhandener Schienenstrecke. In Bereichen mit ausgebauter Schienentrasse sind Zunahmen bis zu 1 µg/m<sup>3</sup> zu erwarten. Für die Schadstoffkomponente PM<sub>2,5</sub> zeigen sich leichte Abnahmen von unter 1 µg/m<sup>3</sup> in Gebieten mit derzeit vorhandenem Schienenweg. Zunahmen im ausgebauten Zustand der Bahnstrecke sind nicht zu erwarten. 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. Darüber hinaus werden auch die ab 2015 geltenden Grenzwerte eingehalten.

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.

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  $PM_{10}$ -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 Staubeentwicklung 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 aktuellen bzw. ab 2015 geltenden Grenzwerte sind Maßnahmen zum Immissionsschutz nicht erforderlich.

Hammoor, 29. August 2012

(Dipl.-Phys. Dr. Bernd Burandt)  
LAIRM CONSULT GmbH

(Dipl.-Ing. (FH) Annett Ignatowitz)  
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 26. September 2002 (BGBl. I Nr. 71 vom 04.10.2002 S. 3830), zuletzt geändert am 1. März 2011 durch Artikel 3 des Gesetzes zur Änderung des Energiesteuer- und des Stromsteuergesetzes (BGBl. I Nr. 8 vom 08.03.2012 S. 282);
- [2] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV), vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), in der Fassung vom 4. Juni 2007 (BGBl. I Nr. 25 vom 12.06.2007 S. 1006), mittlerweile aufgehoben;
- [3] Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV), vom 2. August 2010 (BGBl. I Nr. 40 vom 05.08.2010 S. 1065);
- [4] 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);
- [5] Richtlinie 85/203/EWG: Richtlinie des Rates vom 7. März 1985 über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 87/1;
- [6] Richtlinie 96/62/EG des Rates über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität vom 27. September 1996 (ABl. EG vom 21.11.1996 Nr. L 296 S. 55) („Rahmenrichtlinie Luftqualität“);
- [7] Richtlinie 1999/30/EG des Rates über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1999/30/EG) vom 22. April 1999 (ABl. EG vom 29.06.1999 Nr. L 163 S. 41) („1. Tochterrichtlinie“);
- [8] Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft vom 112. November 2000 (ABl. EG vom 13.12.2000 Nr. L 313 S. 12) zuletzt geändert am 20. April 2001 durch Berichtigung der Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 112. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (ABl. EG vom 20.04.2001 Nr. L 111 S. 31) („2. Tochterrichtlinie“);
- [9] Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft vom 15. Dezember 2004 (ABl. EU vom 26.01.2005 Nr. L 23 S. 3) („4. Tochterrichtlinie“);
- [10] 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);
- [11] Kalmbach, S., Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 5. Auflage, 2004;
- [12] Hansmann, K., TA Luft, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Kommentar, Verlag C. H. Beck, München, 2. Auflage, 2004;
- [13] Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992, Landesamt für Umweltschutz, Karlsruhe;

### *Emissionsermittlung*

- [14] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1, Umweltbundesamt (UBA) Berlin, BUWAL Bern, UBA Wien, erstellt durch INFRAS AG Bern, 30. Januar 2010;
- [15] 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;

- [16] 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;
- [17] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Mai 1999;
- [18] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Januar 2010;
- [19] 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);
- [20] 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);
- [21] Lohmeyer aktuell, Ausgabe Nr. 3, Mai 2000, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe;
- [22] Validierung von PM<sub>10</sub>-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Juni 2001;
- [23] Quantifizierung der PM<sub>10</sub>-Emissionen durch Staubaufwirbelung und Abrieb von Straßen auf Basis vorhandener Messdaten, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Februar 2003;
- [24] Düring, I und Lohmeyer, A.: Modellierung nicht motorbedingter PM<sub>10</sub>-Emissionen von Straßen, Kommission zur Reinhaltung der Luft, Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe, 10./11. November 2004, VDI, Düsseldorf;
- [25] 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;
- [26] Bretschneider, D. und Düring, I.: Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM<sub>2,5</sub> in Sachsen, Sachstandsbericht vom 30.10.2009, unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg;
- [27] Düring, I., Nitzsche, E., Moldenhauer, A., Stockhause, M. und Lohmeyer, A.: Berechnung der Kfzbedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen, Ingenieurbüro Lohmeyer unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg, November 2004, Karlsruhe;
- [28] Möglichkeiten zur Minderung von Diesellok-Emissionen, Landesamt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Referat 33, Karlsruhe, Oktober 2002;
- [29] PM<sub>10</sub>-Emissionen des Verkehrs, Statusbericht Teil Schienenverkehr, BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2002;
- [30] Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz, Aktualisierung für das 2000, Bundesamt für Raumentwicklung;
- [31] 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;

### *Immissionsberechnung*

- [32] Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, MLuS-02, Ausgabe 2002, geänderte Fassung 2005, PC-Berechnungsverfahren, Version 6.0e vom 26.04.2005, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;
- [33] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 6/2005, vom 12. April 2005;

- [34] PROKAS, Ausbreitungsmodell für verkehrsbedingte Immissionen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Version 6.6.1.2;
- [35] STREET, Screening Modell, TÜV Energie und Umwelt GmbH, Filderstadt, 1996;
- [36] MISKAM, Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell, Dr. J. Eichhorn, Arbeitsgruppe Stadtklima, Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz;
- [37] Programmsystem inkl. der Module PROKAS/PROKAS \_B, MISKAM und WINMISK, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;
- [38] AUSTAL2000, Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz, UFOPLAN Forschungskennzahl 200 43 256, Ingenieurbüro Janicke, Dunning, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin;
- [39] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung, Dezember 2001;
- [40] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 8: Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen, Entwurf, März 1998, aus formalen Gründen ersatzlos zurückgezogen;
- [41] 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;
- [42] Romberg, E., Böisinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R. und Röth, E.: NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 56, 215/218, 1996;
- [43] Screening aktueller Kfz-Abgasmessungen in Hinblick auf den Anteil von NO<sub>2</sub> an den NO<sub>x</sub>-Emissionen, ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg, Heidelberg, Dezember 2004;
- [44] Lohmeyer aktuell, NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodell, Überprüfung anhand neuerer Messwerte, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Ausgabe Nr. 14, Dezember 2005;
- [45] Gögen, R. und Lamprecht, U., „Hohe Stickstoffdioxidbelastungen – Können die NO<sub>2</sub>-Luftqualitätsgrenzwerte im Jahr 2010 eingehalten werden?“, Immissionsschutz, Heft 1, 2008;
- [46] 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;
- [47] Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A. und Wurzler, S.: „Update of the Romberg-Approach and Simplified NO/NO<sub>2</sub> Conversion Model under Consideration of Direct NO<sub>2</sub>-Emissions, 13th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Paris, 2010;
- [48] Düring, I., Bächlin, W., Dünnebeil, F., Ellner, H., Friedrich, U., Schäfer, L. und Schönefeld, T.: „Tendenzen der NO<sub>2</sub>-Belastung im Land Brandenburg von 1997 bis 2020“, Immissionsschutz, Heft 3, 2010;
- [49] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), I. Düring, R. Böisinger, A. Lohmeyer: PM<sub>10</sub>-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus Messungen an der BAB A1 Hamburg und Ausbreitungsberechnungen, Verkehrstechnik Heft V 125, 2005;
- [50] Partikelemissionen des Straßenverkehrs, Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“, UMK (2004);
- [51] Immissions-Überwachung der Luft in Schleswig-Holstein, Staatliches Umweltamt Itzehoe, Messberichte und aktuelle Messergebnisse im Internet verfügbar (<http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/>);
- [52] Ausbreitungsklassenstatistik für die Station 100550 (Westermakelsdorf (Fehmarn)), Zeitraum 2002 bis 2011, meteomedia GmbH, geliefert von ArguSoft GmbH & Co. KG, Brühl, 25. Mai 2012;

*Sonstige projektbezogene Quellen und Unterlagen*

- [53] 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);
- [54] Kartengrundlage: Digitale Flurkarten (DTK25, Maßstab 1:25.000 und DTK5, Maßstab 1:5.000), Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein;
- [55] Verkehrsgutachten für den vierstreifigen Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen Ost und Puttgarden, Hinterlandanbindung Fehmarnbeltquerung, Wasser- und Verkehrs-Kontor GmbH, 22. Oktober 2010;
- [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, Bundesanstalt für Straßenwesen;
- [58] Zugzahlen für Planfall 0 und Planfall 1, Bezugsjahr 2025, DB Netze, 30. November 2011;

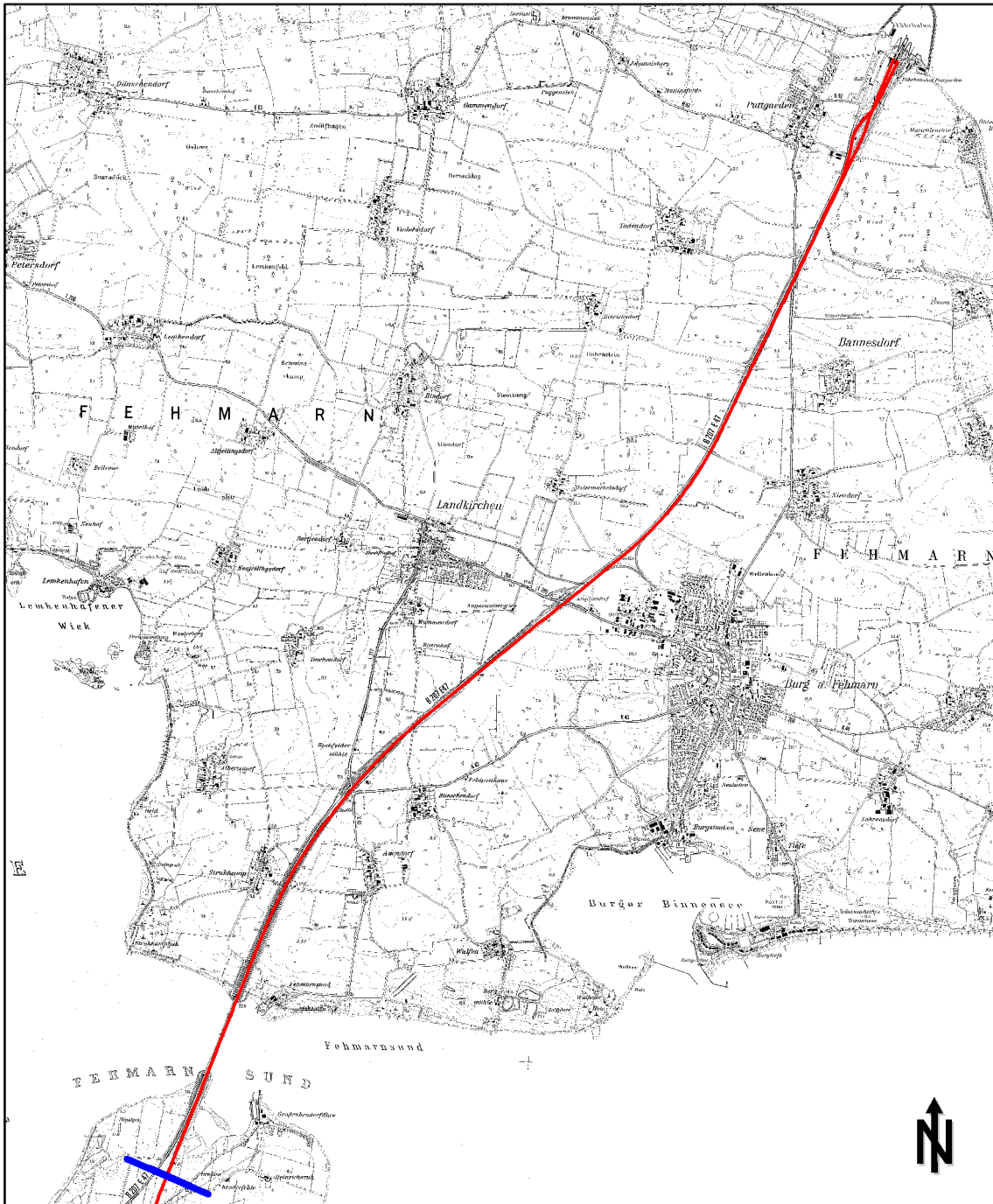
## 9 Anlagen

Anlage 1:	Übersichtslagepläne, Maßstab 1: 75.000
Anlage 1.1:	Planfall 0
Anlage 1.2:	Planfall
Anlage 1.3:	BAB A1, Abschnitt 5
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 <sub>10</sub>
Anlage 3.3.3:	Staubaufwirbelung Feinstaub PM <sub>2,5</sub>
Anlage 3.4:	Emissionsfaktoren je Kfz
Anlage 3.5:	Gesamtemissionen pro Jahr
Anlage 3.6:	Ganglinien
Anlage 3.6.1:	Tagesgänge Werktag (Mo-Fr)
Anlage 3.6.2:	Tagesgänge Samstag
Anlage 3.6.3:	Tagesgänge Sonntag
Anlage 3.6.4:	Wochengang
Anlage 4:	Staubemissionen während der Bauphase
Anlage 4.1:	Zusammenstellung der Bodenbewegungen
Anlage 4.2:	Basis-Emissionsfaktoren für den LKW-Verkehr auf unbefestigten Straßen

- Anlage 4.3: Schüttgutumschlag
- Anlage 4.3.1: Basis-Emissionsfaktoren für den Umschlag von Schüttgütern  
Anlage 4.3.2: Emissionsfaktoren und Korngrößenverteilung für den Bodenumschlag  
Anlage 4.3.3: Emissionen je LKW-An- und Abfuhr (Bezugsgröße 20 m<sup>3</sup> bzw. 30 t)  
Anlage 4.3.4: Normierte Emissionsfaktoren (Bezugsgröße 1 m<sup>3</sup> bzw. 1,5 t)
- Anlage 4.4 : Ermittlung der längenbezogenen Emissionsfaktoren
- Anlage 4.5: Emissionsfaktoren und Gesamtemissionen
- Anlage 5: Berücksichtigung von Straßenlage und Lärmschutzanlagen mit PROKAS (aus [40])
- 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: Stickstoffoxid(NO<sub>x</sub>)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
- Anlage 8.1.1: Planfall 0, Gesamtbelastungen  
Anlage 8.1.2: Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen  
Anlage 8.1.3: Differenzkarte, Veränderung der Gesamtbelastungen gegenüber Planfall 0
- Anlage 8.2: Stickstoffdioxid(NO<sub>2</sub>)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
- Anlage 8.2.1: Planfall 0, Gesamtbelastungen  
Anlage 8.2.2: Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen  
Anlage 8.2.3: Differenzkarte, Veränderung der Gesamtbelastungen gegenüber Planfall 0
- Anlage 8.3: Feinstaub(PM<sub>10</sub>)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
- Anlage 8.3.1: Planfall 0, Gesamtbelastungen  
Anlage 8.3.2: Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen  
Anlage 8.3.3: Differenzkarte, Veränderung der Gesamtbelastungen gegenüber Planfall 0
- Anlage 8.4: Feinstaub(PM<sub>2,5</sub>)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)
- Anlage 8.4.1: Planfall 0, Gesamtbelastungen  
Anlage 8.4.2: Prognose-Planfall, Gesamtbelastungen  
Anlage 8.4.3: Differenzkarte, Veränderung der Gesamtbelastungen gegenüber Planfall 0
- Anlage 9: Luftschadstoffrasterkarten (Bauphase), Maßstab 1:25.000
- Anlage 9.1: Feinstaub(PM<sub>10</sub>)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)  
Anlage 9.2: Feinstaub(PM<sub>2,5</sub>)-Gesamtbelastungen (Jahresmittel)

Anlage 1: Übersichtslagepläne

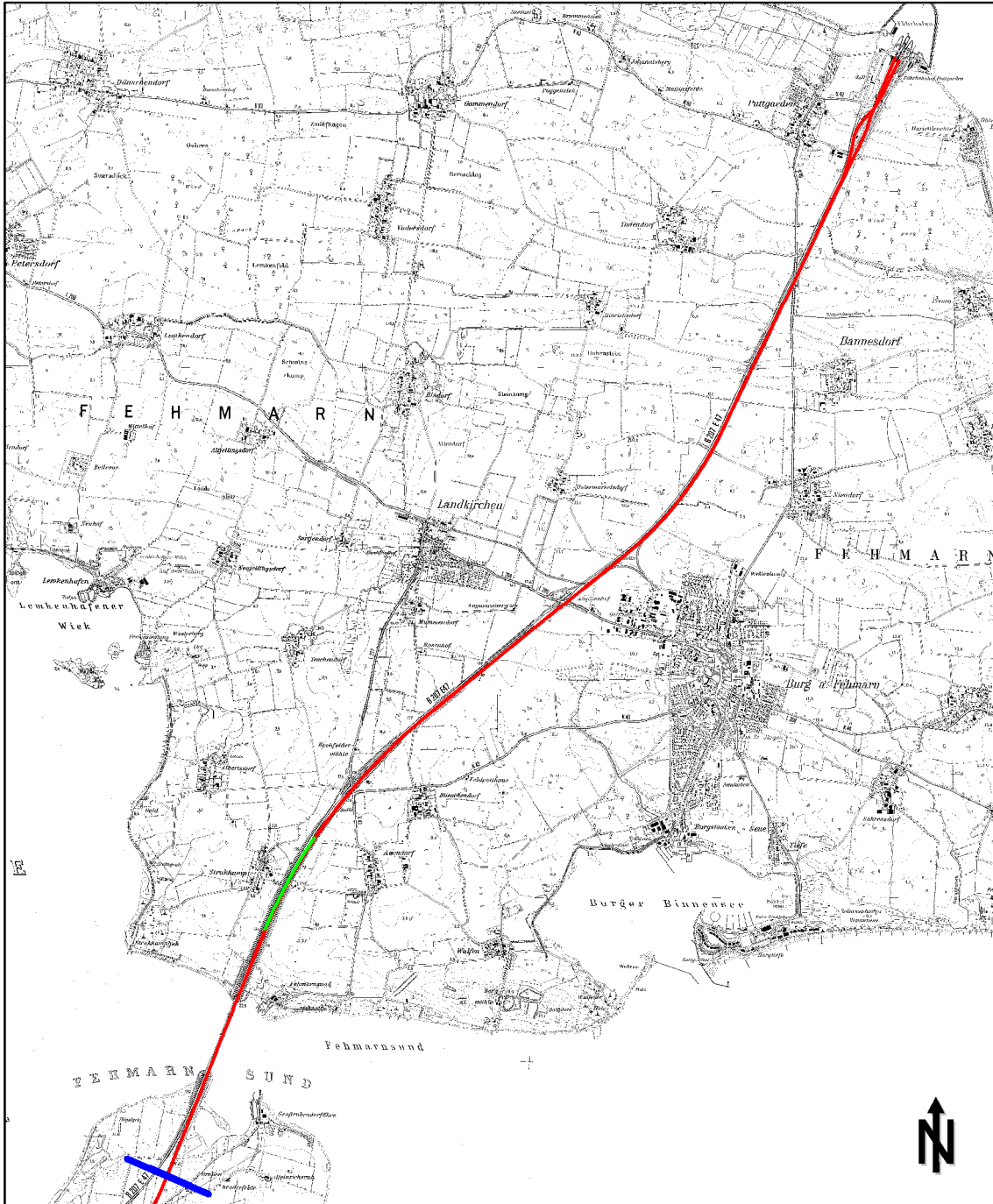
Anlage 1.1: Planfall 0



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

Maßstab 1:75.000

Anlage 1.2: Prognose-Planfall, Abschnitt 5

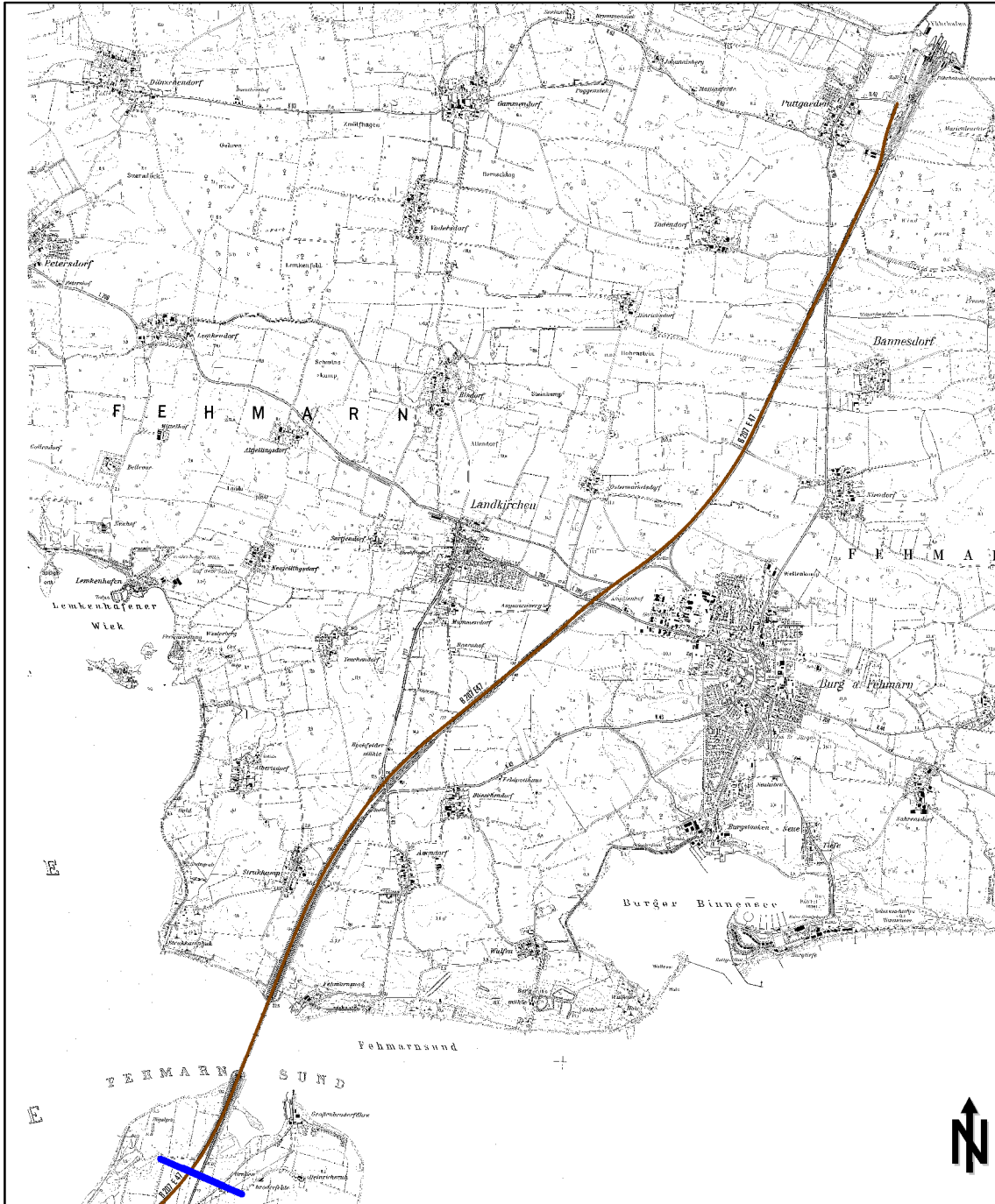


Schienenstrecken: rote Linien  
Abschnittsende: blaue Linien  
Lärmschutzwände: grüne Linien

Maßstab 1:75.000



Anlage 1.3: BAB A1, Abschnitt 5



Straßenabschnitte: braune Linien  
Abschnittsende: blaue Linien  
Lärmschutzwände: grüne 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	8
Ze	Kürzel	Streckenabschnitt	Zugzahlen 2025					
			Dieseltraktion				Elektrotraktion	
			Personenzüge			Güterzüge	Perso-nenzüge	Güter-züge
			Triebwagen		Strecken-lokom.			
			Anteil	Anzahl				
<i>Planfall 0</i>								
1	nsch10	zw. Lübeck und Abzweig 1113	88 %	154	22	34	0	20
2	nsch20	zw. Abzweig 1113 und Abzweig 1110	84 %	114	22	34	0	0
3	nsch30	zw. Abzweig 1110 und Neustadt	100 %	40	22	30	0	0
4	nsch40	zw. Neustadt und Puttgarden	100 %	18	22	30	0	0
5	nsch41			9	11	15	0	0
6	nsch42			9	11	15	0	0
7	nsch50	Abzweig 1110 (Eutin)	100 %	74	0	4	0	0
8	nsch60	Abzweig 1113 (Travemünde)	100 %	40	0	0	0	20
9	nsch61			20	0	0	0	10
10	nsch62			20	0	0	0	10
11	nsch80	Abzweig neu (Neustadt)	100 %	40	0	0	0	0

Anlage 2.1.2: Prognose-Planfall

Sp	1	2	3	4	5	6	7	8
Ze	Kürzel	Streckenabschnitt	Zugzahlen 2025					
			Dieseltraktion				Elektrotraktion	
			Personenzüge			Güterzüge	Perso-nenzüge	Güter-züge
			Triebwagen		Strecken-lokom.			
			Anteil	Anzahl				
<i>Prognose-Planfall</i>								
1	psch10	zw. Lübeck und Abzweig 1113	100 %	114	0	4	62	98
2	psch11			57	0	2	31	49
3	psch12			57	0	2	31	49
4	psch20	zw. Abzweig 1113 und Abzweig 1110	100 %	74	0	4	62	78
5	psch21			37	0	2	31	39
6	psch22			37	0	2	31	39
7	psch30	zw. Abzweig 1110 und Abzweig Neustadt	100 %	0	0	0	62	78
8	psch31			0	0	0	31	39
9	psch32			0	0	0	31	39
10	psch40	zw. Abzweig Neustadt und Puttgarden	100 %	0	0	0	40	78
11	psch41			0	0	0	20	39
12	psch42			0	0	0	20	39
13	psch50	Abzweig 1110 (Eutin)	100 %	74	0	4	0	0
14	psch60	Abzweig 1113 (Travemünde), Grundbelastung	100 %	40	0	0	0	20
15	psch61			20	0	0	0	10
16	psch62			20	0	0	0	10
17	psch70	Abzweig 1113 (Travemünde), westlich Abzweig HVgl. 2.3/2.4	100 %	40	0	0	62	98
18	psch71			20	0	0	31	49
19	psch72			20	0	0	31	49
20	psch80	Abzweig neu (Neustadt)	100 %	0	0	0	40	0

Anlage 2.2: Basis-Emissionsfaktoren

Anlage 2.2.1: Abgas (Dieseltraktion)

Schienenverkehr	Emissionsfaktor [g/kg Kraftstoff]				
	CO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	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 <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	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%
<b>Ansatz</b>	10,9	<b>4,0</b>	37%	<b>0,7</b>	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%
<b>Ansatz</b>	68,7	<b>25,0</b>	36%	<b>4,5</b>	7%	18%

Anlage 2.3: Emissionsfaktoren je Zug

Anlage 2.3.1: Planfall 0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	DTV [Kfz/24h]	Mittlerer Emissionsfaktor je Zug				
					CO2 [g/km]	NOx [g/km]	Benzol [g/km]	PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]
<b>Abschnitt 5</b>									
1	n_7	zw. Anfang Abschnitt 5 und Puttgarden	13,16	70	7.794	136,4	0,4	18,5	7,8
2	n_71	Puttgarden, Gleis 1	2,25	35	7.794	136,4	0,4	18,5	7,8
3	n_72	Puttgarden, Gleis 2	2,24	35	7.794	136,4	0,4	18,5	7,8

Anlage 2.3.2: Prognose-Planfall (Hauptvarianten)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	DTV [Kfz/24h]	Mittlerer Emissionsfaktor je Zug				
					CO2 [g/km]	NOx [g/km]	Benzol [g/km]	PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]
<b>Abschnitt 5</b>									
1	p5_30	Fehmarn-Sund-Querung	2,40	118	0	0,0	0,0	17,9	3,2
2	p5_31	Fehmarn, Gleis 1	13,02	59	0	0,0	0,0	17,9	3,2
3	p5_32	Fehmarn, Gleis 2	13,00	59	0	0,0	0,0	17,9	3,2

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]
<b>Abschnitt 5</b>									
1	n_7	zw. Anfang Abschnitt 5 und Puttgarden	13,16	70	2.621	45,89	0,150	6,225	2,636
2	n_71	Puttgarden, Gleis 1	2,25	35	224	3,93	0,013	0,533	0,226
3	n_72	Puttgarden, Gleis 2	2,24	35	223	3,90	0,013	0,529	0,224
4		Summe Abschnitt 5			3.068	53,71	0,176	7,287	3,086

Anlage 2.4.2: Prognose-Planfall (Hauptvarianten)

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]
<b>Abschnitt 5</b>									
1	p5_30	Fehmarn-Sund-Querung	2,40	118	0	0,00	0,000	1,845	0,331
2	p5_31	Fehmarn, Gleis 1	13,02	59	0	0,00	0,000	5,015	0,901
3	p5_32	Fehmarn, Gleis 2	13,00	59	0	0,00	0,000	5,008	0,900
4		Gesamtsumme Abschnitt 5			0	0,00	0,000	11,867	2,132

Anlage 3: Emissionen des Straßenverkehrs

Anlage 3.1: Verkehrsbelastungen

Sp	1	2	3	4	5	6	7
Ze	Kürzel	Straßenabschnitt	Verkehrsbelastungen 2025				
			DTV	p	PKW	LNF	SNF
			Kfz/ 24h	%	Kfz/ 24h	Kfz/ 24h	Kfz/ 24h
<b>A1</b>							
1	str100a	AS Lübeck-Zentrum bis AS Bad Schwartau, Ri Süden	45.500	17,8	36.475	935	8.090
2	str100b	AS Lübeck-Zentrum bis AS Bad Schwartau, Ri Norden	45.500	17,8	36.475	935	8.090
3	str110a	AS Bad Schwartau bis AD Bad Schwartau (S), Ri Süden	52.500	13,8	44.144	1.132	7.224
4	str110b	AS Bad Schwartau bis AD Bad Schwartau (S), Ri Norden	52.500	13,8	44.144	1.132	7.224
5	str120a	AD Bad Schwartau (S) bis AS Sereetz, Ri Süden	22.500	11,0	19.524	501	2.475
6	str120b	AD Bad Schwartau (S) bis AS Sereetz, Ri Norden	22.500	11,0	19.524	501	2.475
7	str130a	AS Sereetz bis AS Ratekau, Ri Süden	26.000	11,0	22.561	579	2.860
8	str130b	AS Sereetz bis AS Ratekau, Ri Norden	26.000	11,0	22.561	579	2.860
9	str140a	AS Ratekau bis AS Pansdorf, Ri Süden	19.989	9,6	17.616	452	1.921
10	str140b	AS Ratekau bis AS Pansdorf, Ri Norden	19.989	9,6	17.616	452	1.921
11	str150a	AS Pansdorf bis AS Scharbeutz, Ri Süden	18.750	9,8	16.491	423	1.836
12	str150b	AS Pansdorf bis AS Scharbeutz, Ri Norden	18.750	9,8	16.491	423	1.836
13	str160a	AS Scharbeutz bis AS Eutin, Ri Süden	20.238	9,8	17.794	456	1.988
14	str160b	AS Scharbeutz bis AS Eutin, Ri Norden	20.238	9,8	17.794	456	1.988
15	str170a	AS Eutin bis AS Neustadt i.H. Mitte, Ri Süden	15.073	10,4	13.165	338	1.570
16	str170b	AS Eutin bis AS Neustadt i.H. Mitte, Ri Norden	15.073	10,4	13.165	338	1.570
17	str180a	AS Neustadt i.H. Mitte bis AS Neustadt i.H. Pelzerhaken, Ri Süden	14.915	11,7	12.836	329	1.750
18	str180b	AS Neustadt i.H. Mitte bis AS Neustadt i.H. Pelzerhaken, Ri Norden	14.915	11,7	12.836	329	1.750
19	str190a	AS Neustadt i.H. Pelzerhaken bis AS Lensahn, Ri Süden	10.902	13,0	9.248	237	1.417
20	str190b	AS Neustadt i.H. Pelzerhaken bis AS Lensahn, Ri Norden	10.902	13,0	9.248	237	1.417
21	str200a	AS Lensahn bis AS Oldenburg i.H. Süd, Ri Süden	10.556	13,1	8.948	229	1.379
22	str200b	AS Lensahn bis AS Oldenburg i.H. Süd, Ri Norden	10.556	13,1	8.948	229	1.379
23	str210a	AS Oldenburg i.H. Süd bis AS Oldenburg i.H. Mitte, Ri Süden	11.331	12,1	9.715	249	1.367
24	str210b	AS Oldenburg i.H. Süd bis AS Oldenburg i.H. Mitte, Ri Norden	11.331	12,1	9.715	249	1.367
25	str220a	AS Oldenburg i.H. Mitte bis AS Oldenburg i.H. Nord, Ri Süden	11.691	13,2	9.888	254	1.549
26	str220b	AS Oldenburg i.H. Mitte bis AS Oldenburg i.H. Nord, Ri Norden	11.691	13,2	9.888	254	1.549
27	str230a	AS Oldenburg i.H. Nord bis L60, Ri Süden	10.772	12,1	9.228	237	1.307
28	str230b	AS Oldenburg i.H. Nord bis L60, Ri Norden	10.772	12,1	9.228	237	1.307
29	str240a	L60 bis AS Gremersdorf (K47), Ri Süden	13.217	12,0	11.340	291	1.586
30	str240b	L60 bis AS Gremersdorf (K47), Ri Norden	13.217	12,0	11.340	291	1.586
31	str250a	AS Gremersdorf bis AS Heiligenhafen Mitte, Ri Süden	13.217	12,0	11.340	291	1.586
32	str250b	AS Gremersdorf bis AS Heiligenhafen Mitte, Ri Norden	13.217	12,0	11.340	291	1.586
33	str255a	Restabschnitt A1 nördl. AS Heiligenhafen Mitte, Ri Süden	11.117	12,4	9.498	244	1.375
34	str255b	Restabschnitt A1 nördl. AS Heiligenhafen Mitte, Ri Norden	11.117	12,4	9.498	244	1.375
35	str577a	AS Heiligenhafen Mitte bis B501, Ri Westen	11.117	12,4	9.498	244	1.375
36	str577b	AS Heiligenhafen Mitte bis B501, Ri Osten	11.117	12,4	9.498	244	1.375
37	str580a	B501 bis K42, Ri Süden	10.325	11,6	8.902	228	1.195
38	str580b	B501 bis K42, Ri Norden	10.325	11,6	8.902	228	1.195
39	str590a	K42 bis L217, Ri Süden	10.180	11,7	8.765	225	1.190
40	str590b	K42 bis L217, Ri Norden	10.180	11,7	8.765	225	1.190
41	str600a	L217 bis L209, Ri Süden	8.970	13,2	7.590	195	1.185
42	str600b	L217 bis L209, Ri Norden	8.970	13,2	7.590	195	1.185
43	str610a	L209 bis Puttgarden, Ri Süden	6.590	15,3	5.442	140	1.008
44	str610b	L209 bis Puttgarden, Ri Norden	6.590	15,3	5.442	140	1.008

Anlage 3.2: Verkehrssituationen

Sp	1	2	3	4	5	6	7
Ze	Kürzel	Gebiet	Straßentyp	Ge- schw. [km/h]	Verkehrszustand	Steigung	Verkehrssituation
<b>A1</b>							
1	str100a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
2	str100b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
3	str110a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
4	str110b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
5	str120a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
6	str120b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
7	str130a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
8	str130b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
9	str140a	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
10	str140b	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
11	str150a	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
12	str150b	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
13	str160a	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
14	str160b	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
15	str170a	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
16	str170b	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
17	str180a	Land/Autobahn	Autobahn	120	flüssig	0%	Land/AB/120/fluessig_0%
18	str180b	Land/Autobahn	Autobahn	120	flüssig	0%	Land/AB/120/fluessig_0%
19	str190a	Land/Autobahn	Autobahn	120	flüssig	0%	Land/AB/120/fluessig_0%
20	str190b	Land/Autobahn	Autobahn	120	flüssig	0%	Land/AB/120/fluessig_0%
21	str200a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
22	str200b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
23	str210a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
24	str210b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
25	str220a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
26	str220b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
27	str230a	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
28	str230b	Land/Autobahn	Autobahn	>130	flüssig	0%	Land/AB/>130/fluessig_0%
29	str240a	Land/Autobahn	Autobahn	80	flüssig	0%	Land/AB/80/fluessig_0%
30	str240b	Land/Autobahn	Autobahn	80	flüssig	0%	Land/AB/80/fluessig_0%
31	str250a	Land/Autobahn	Autobahn	80	flüssig	0%	Land/AB/80/fluessig_0%
32	str250b	Land/Autobahn	Autobahn	80	flüssig	0%	Land/AB/80/fluessig_0%
33	str255a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
34	str255b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
35	str577a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
36	str577b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
37	str580a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
38	str580b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
39	str590a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
40	str590b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
41	str600a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
42	str600b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
43	str610a	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%
44	str610b	Land/Autobahn	Autobahn	100	flüssig	0%	Land/AB/100/fluessig_0%

Anlage 3.3: Basis-Emissionsfaktoren

Anlage 3.3.1: Kfz-Abgase

Verkehrssituation	PKW					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO2	NOx	NO2	PM	Bzl
Land/AB/80/fluessig_0%	82,8	118,6	0,097	0,027	0,0012	0,0003
Land/AB/100/fluessig_0%	102,0	120,4	0,126	0,035	0,0013	0,0003
Land/AB/110/fluessig_0%	112,0	134,5	0,145	0,040	0,0016	0,0004
Land/AB/120/fluessig_0%	122,0	147,8	0,161	0,044	0,0021	0,0005
Land/AB/>130/fluessig_0%	142,6	176,2	0,261	0,072	0,0038	0,0013

Verkehrssituation	LNF					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO2	NOx	NO2	PM	Bzl
Land/AB/80/fluessig_0%	82,8	123,7	0,326	0,102	0,0072	0,0002
Land/AB/100/fluessig_0%	102,0	138,5	0,453	0,141	0,0087	0,0002
Land/AB/110/fluessig_0%	112,0	153,4	0,573	0,178	0,0095	0,0002
Land/AB/120/fluessig_0%	122,0	165,7	0,700	0,218	0,0103	0,0003
Land/AB/>130/fluessig_0%	141,9	194,4	0,905	0,283	0,0123	0,0005

Verkehrssituation	SNF					
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]				
		CO2	NOx	NO2	PM	Bzl
Land/AB/80/fluessig_0%	81,3	629,8	0,260	0,064	0,0036	0,0003
Land/AB/100/fluessig_0%	86,3	648,2	0,253	0,063	0,0034	0,0003
Land/AB/110/fluessig_0%	86,3	648,2	0,253	0,063	0,0034	0,0003
Land/AB/120/fluessig_0%	86,3	648,2	0,253	0,063	0,0034	0,0003
Land/AB/>130/fluessig_0%	86,3	647,8	0,253	0,063	0,0034	0,0003

Anlage 3.3.2: Staubaufwirbelung Feinstaub PM<sub>10</sub>

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/AB/120/fluessig_0%	122,0	0,030	0,030	0,130
Land/AB/>130/fluessig_0%	142,6	0,030	0,030	0,130

Anlage 3.3.3: Staubaufwirbelung Feinstaub PM<sub>2,5</sub>

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/AB/120/fluessig_0%	142,6	0,009	0,011	0,048
Land/AB/>130/fluessig_0%	142,6	0,009	0,011	0,048

Anlage 3.4: Emissionsfaktoren je Kfz

Straßenabschnitte innerhalb Abschnitt 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt	Verkehrssituation	Länge [m]	DTV [Kfz/24h]	Emissionsfaktor					
				CO2 [g/km]	Benzol [g/km]	NOx [g/km]	PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]	
1	str590a	Land/AB/100/fluessig_0%	4.940	10.180	182,467	0,00034	0,14781	0,04340	0,01531
2	str590b	Land/AB/100/fluessig_0%	4.950	10.180	182,467	0,00034	0,14781	0,04340	0,01531
3	str600a	Land/AB/100/fluessig_0%	3.140	8.970	190,490	0,00034	0,14963	0,04495	0,01594
4	str600b	Land/AB/100/fluessig_0%	3.140	8.970	190,490	0,00034	0,14963	0,04495	0,01594
5	str610a	Land/AB/100/fluessig_0%	6.730	6.590	201,488	0,00034	0,15213	0,04708	0,01679
6	str610b	Land/AB/100/fluessig_0%	6.730	6.590	201,488	0,00034	0,15213	0,04708	0,01679

Anlage 3.5: Gesamtemissionen pro Jahr

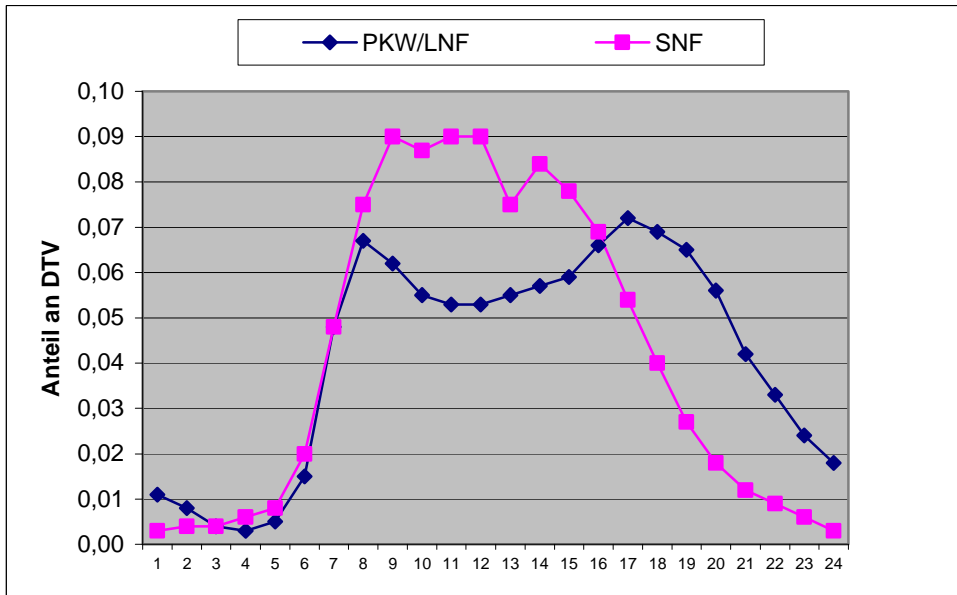
Straßenabschnitte innerhalb Abschnitt 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt	Verkehrssituation	Länge [m]	DTV [Kfz/24h]	Emissionen/Jahr					
				CO2 [t/a]	Benzol [t/a]	NOx [t/a]	PM10 [t/a]	PM2,5 [t/a]	
1	str590a	Land/AB/100/fluessig_0%	4.940	10.180	3.349	0,006	2,71	0,797	0,281
2	str590b	Land/AB/100/fluessig_0%	4.950	10.180	3.356	0,006	2,72	0,798	0,282
3	str600a	Land/AB/100/fluessig_0%	3.140	8.970	1.958	0,004	1,54	0,462	0,164
4	str600b	Land/AB/100/fluessig_0%	3.140	8.970	1.958	0,004	1,54	0,462	0,164
5	str610a	Land/AB/100/fluessig_0%	6.730	6.590	3.262	0,006	2,46	0,762	0,272
6	str610b	Land/AB/100/fluessig_0%	6.730	6.590	3.262	0,006	2,46	0,762	0,272
<b>Summe</b>					<b>17.145</b>	<b>0,031</b>	<b>13,43</b>	<b>4,043</b>	<b>1,434</b>

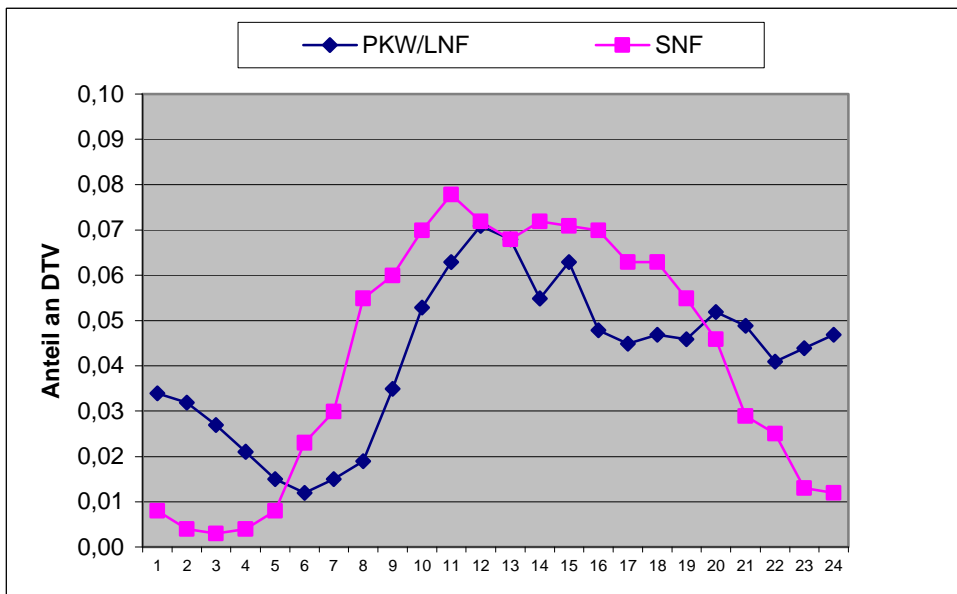


Anlage 3.6: Ganglinien

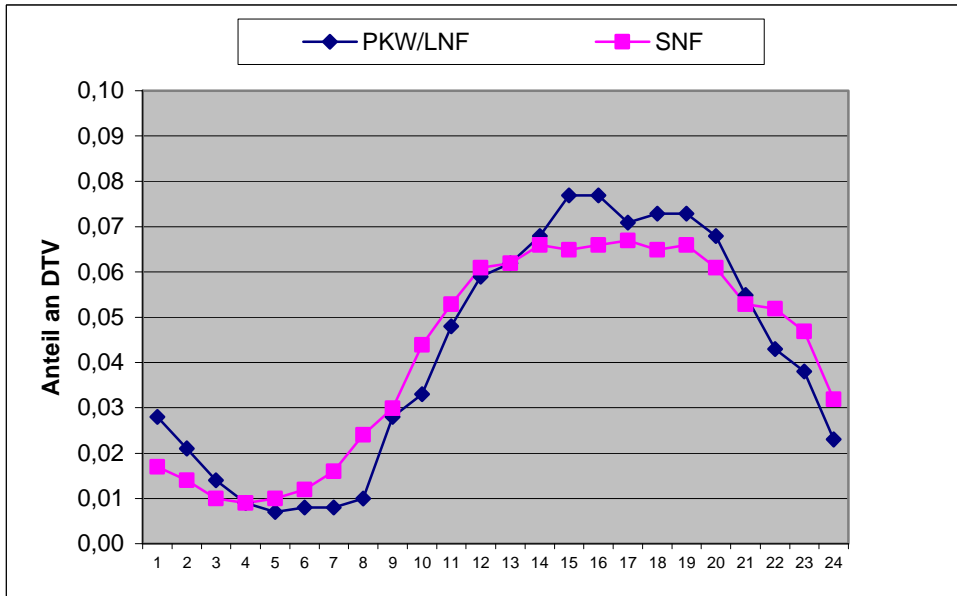
Anlage 3.6.1: Tagesgänge Werktag (Mo-Fr)



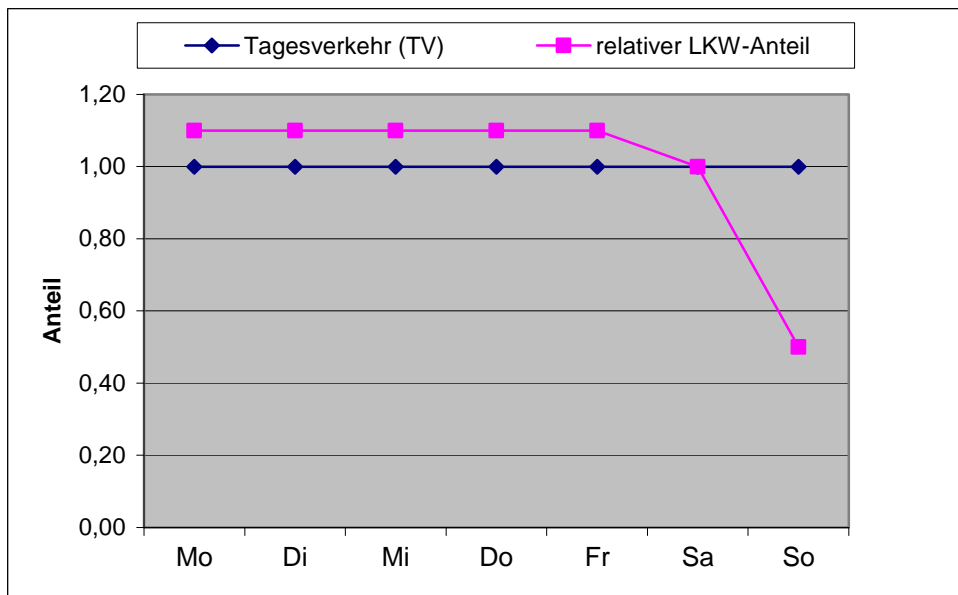
Anlage 3.6.2: Tagesgänge Samstag



Anlage 3.6.3: Tagesgänge Sonntag



Anlage 3.6.4: Wochengang



Anlage 4: Staubemissionen während der Bauphase

Anlage 4.1: Zusammenstellung der Bodenbewegungen

<b>Abschnitt</b>	<b>Länge</b> [km]	<b>Erdauftrag</b> [m <sup>3</sup> ]	<b>Erdabtrag</b> [m <sup>3</sup> ]	<b>Mutterboden- auftrag</b> [m <sup>3</sup> ]	<b>Mutterboden- abtrag</b> [m <sup>3</sup> ]
<b>Abschnitt 5</b>					
1A.13	13,01	99.000	84.200	14.700	52.800

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

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

Anlage 4.3: Schüttgutumschlag

Anlage 4.3.1: Basis-Emissionsfaktoren für den Umschlag von Schüttgütern

Vorgang	Fall	Umfeld	Gerät	Kürzel	M [t/Abwurf]	M [t/h]	ρ <sub>s</sub> [t/m <sup>3</sup> ]	Staubentwicklung	a	k <sub>U</sub>	H <sub>frei</sub> [m]	H <sub>Rohr</sub> [m]	k <sub>reib</sub>	k <sub>H</sub>	k <sub>Gerät</sub>	q <sub>norm</sub> [g/t <sub>Gut</sub> ]	q <sub>Auf</sub> [g/t <sub>Gut</sub> ]	q <sub>Ab</sub> [g/t <sub>Gut</sub> ]
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

Anlage 4.3.2: Emissionsfaktoren und Korngrößenverteilung für den Bodenumschlag

Vorgang	Kürzel	Emissionsfaktor		Gesamtstaub	PM <sub>&gt;50</sub>	PM <sub>10-50</sub>	PM <sub>2,5-10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
		Staubentwicklung	Kürzel	[g/t <sub>Gut</sub> ]	[g/t <sub>Gut</sub> ]	[g/t <sub>Gut</sub> ]	[g/t <sub>Gut</sub> ]	[g/t <sub>Gut</sub> ]
				100%	10%	55%	25%	10%
Abkippen LKW, Mutterboden	lk1	schwach	bl2	8,10	0,81	4,46	2,03	0,81
Abkippen LKW, Erde	lk2	schwach	bl2	8,10	0,81	4,46	2,03	0,81
Aufnahme Radlader, Mutterboden	rl11	schwach	ar2	11,50	1,15	6,33	2,88	1,15
Aufnahme Radlader, Erde	rl21	schwach	ar2	11,50	1,15	6,33	2,88	1,15
Abgabe Radlader, Mutterboden	rl12	schwach	br2	21,00	2,10	11,55	5,25	2,10
Abgabe Radlader, Erde	rl22	schwach	br2	21,00	2,10	11,55	5,25	2,10

Anlage 4.3.3: Emissionen je LKW-An- und Abfuhr (Bezugsgröße 20 m<sup>3</sup> bzw. 30 t)

Quelle		Belastungen		Emissionen					
		Anzahl	Menge	Kürzel	Gesamtstaub	PM <sub>&gt;50</sub>	PM <sub>10-50</sub>	PM <sub>2,5-10</sub>	PM <sub>2,5</sub>
			[t]		[g]	[g]	[g]	[g]	[g]
<i>Erdarbeiten: Abtrag Mutterboden</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</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>Erdarbeiten: Abtrag Erde</i>									
Aufnahme vom Boden (Radlader)		10	30	rl21	345	35	190	86	35
Abgabe auf LKW		10	30	rl22	630	63	347	158	63
Summe	ef3		30		975	98	536	244	98
<i>Erdarbeiten: Auftrag Erde</i>									
Akippen vom LKW		1	30	lk2	243	24	134	61	24
Aufnahmen von Halde (Radlader)		10	30	rl21	345	35	190	86	35
Abgabe auf Boden (Radlader)		10	30	rl22	630	63	347	158	63
Summe	ef4		30		1.218	122	670	305	122

Anlage 4.3.4: Normierte Emissionsfaktoren (Bezugsgröße 1 m<sup>3</sup> bzw. 1,5 t)

Quelle/Vorgang		Normierte Emissionsfaktoren				
		Kürzel	PM <sub>10</sub>		PM <sub>2,5</sub>	
			[g/t]	[g/m <sup>3</sup> ]	[g/t]	[g/m <sup>3</sup> ]
Abfuhr Muttererde	ef1	en1	11,4	17,1	3,3	4,9
Anlieferung Muttererde	ef2	en2	14,2	21,3	4,1	6,1
Abfuhr Erde	ef3	en3	11,4	17,1	3,3	4,9
Anlieferung Erde	ef4	en4	14,2	21,3	4,1	6,1

Anlage 4.5 : Ermittlung der längenbezogenen Emissionsfaktoren

Abschnitt	Länge [km]	Erdaufrag		Erdabtrag		Mutterbodenauftrag		Mutterbodenabtrag		Verkehr			Summe						
		Menge [m³/km/ 24h]	PM <sub>10</sub> en4 [g/km/ 24h]	PM <sub>2,5</sub> en4 [g/km/ 24h]	Menge [m³/km/ 24h]	PM <sub>10</sub> en3 [g/km/ 24h]	PM <sub>2,5</sub> en3 [g/km/ 24h]	Menge [m³/km/ 24h]	PM <sub>10</sub> en1 [g/km/ 24h]	PM <sub>2,5</sub> en1 [g/km/ 24h]	LKW-Fahrten [Kfz/24 h]	Anteil	PM <sub>10</sub> fu1 [g/km/ 24h]	PM <sub>2,5</sub> fu1 [g/km/ 24h]	PM <sub>10</sub> [g/km/ 24h]	PM <sub>2,5</sub> [g/km/ 24h]			
<b>Abschnitt 5</b>																			
1A.13	13,01	10	213	61	9	154	44	2	43	12	6	102	29	34	50%	11.607	1.161	12.119	1.307

Anlage 4.6: Emissionsfaktoren und Gesamtemissionen

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Abschnitt			Länge [km]	Trasse	Anteil [%]	Emissionsfaktor		Emissionen/Jahr	
						PM10 [g/km]	PM2,5 [g/km]	PM10 [t/a]	PM2,5 [t/a]
<b>Abschnitt 5</b>									
1	p5_31	Fehmarn, Gleis 1	13,02	1A.13	50	6.060	654	28,8	3,1
2	p5_32	Fehmarn, Gleis 2	13,00	1A.13	50	6.060	654	28,8	3,1
3		Gesamtsumme Abschnitt 5						57,6	6,2

Anlage 5: Berücksichtigung von Straßenlage und Lärmschutzanlagen mit PROKAS (aus [40])

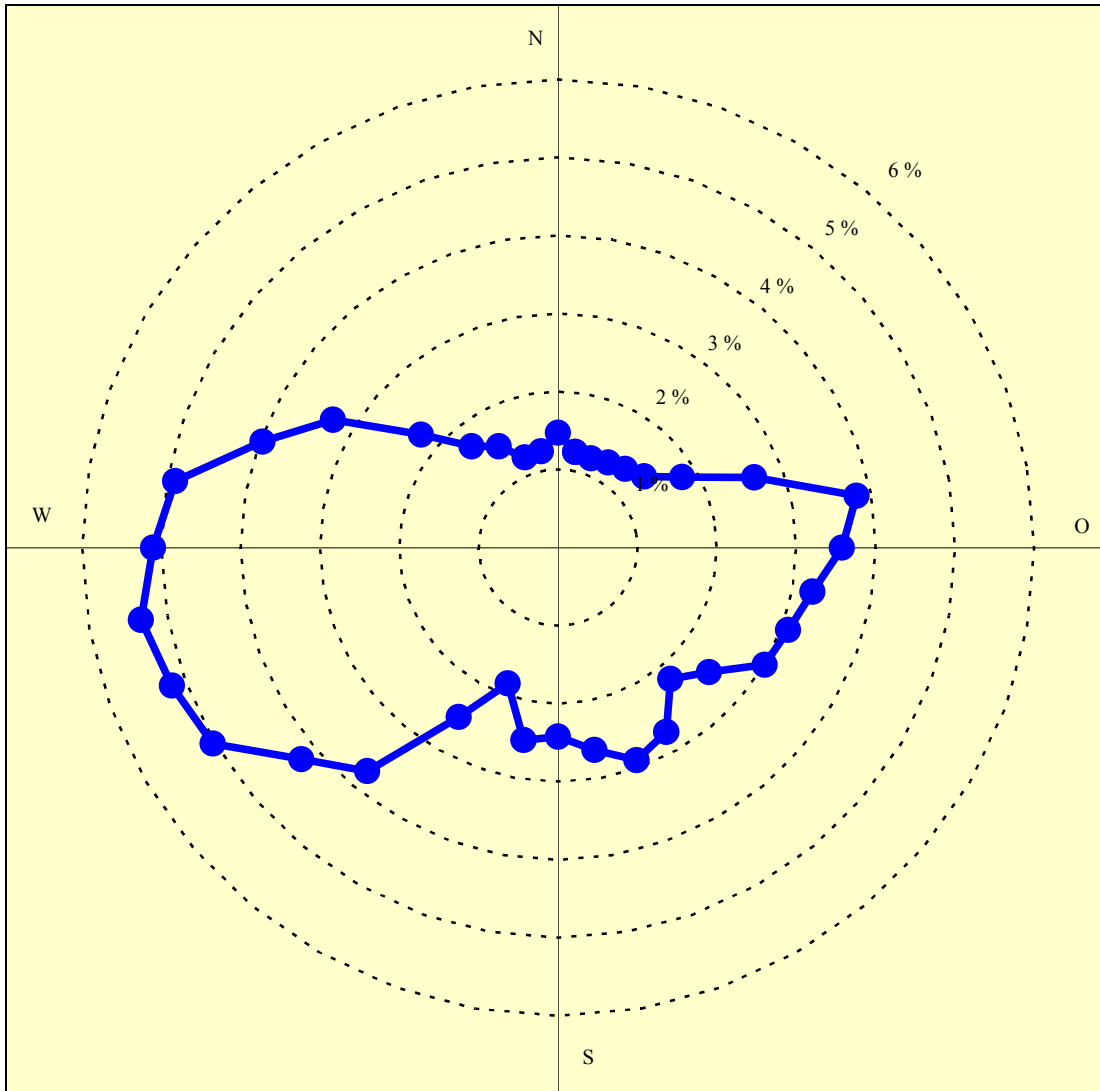
	Gleichlage	Dammelage (Dammhöhe > 2 m)	Tiefelage (Tiefe < 15 m)	auf Brücke
ohne Lärmschutz (LS)	 $\sigma_{\infty} = 1,5 \text{ m}$	 $\sigma_{\infty} = 2 \text{ m}$ , unabhängig von Dammhöhe, Quellh. = 0 m	 $\sigma_{\infty} = 1,5 \text{ m}$ , unabhängig von Tiefe	 $\sigma_{\infty} = 1,5 \text{ m}$ Quellhöhe = Brückenhöhe
mit Lärmschutzwand (LSWand)	 $\sigma_{\infty}$ Höhe der LSWand	 $\sigma_{\infty}$ Höhe der LSWand plus 1,5 m, Quellh. = 0 m	 $\sigma_{\infty}$ Höhe der LSWand	 $\sigma_{\infty}$ Höhe der LSWand Quellhöhe = Brückenhöhe
mit Lärmschutzwall (LSWall)	 $\sigma_{\infty}$ halbe Höhe des LSWalls	nicht relevant	 $\sigma_{\infty}$ halbe Höhe des LSWalls, mindestens 1,5 m	nicht relevant
mit LSWall und aufgesetzter LSWand	 $\sigma_{\infty}$ Gesamthöhe der LS-Einrichtung	nicht relevant	 $\sigma_{\infty}$ Gesamthöhe der LS-Einrichtung	nicht relevant

Bild A8. Additive Terme  $\sigma_{\infty}$  für den vertikalen Ausbreitungsparameter  $\sigma_z$  für verschiedene Straßenlagen und Lärmschutzanlagen  
 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 Westermakelsdorf (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 %
<b>Summe</b>	<b>3,21 %</b>	<b>7,88 %</b>	<b>68,82 %</b>	<b>12,17 %</b>	<b>5,36 %</b>	<b>2,56 %</b>

Anlage 7: Zusammenstellung vorhandener Messdaten

Standort	Zeitraum	NO <sub>2</sub>				Benzol	PM <sub>10</sub>		PM <sub>2,5</sub>
		Jahresmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	98-Perzentil [µg/m <sup>3</sup> ]	max. SMW [µg/m <sup>3</sup> ]	Stunden > 200 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Jahresmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Tage > 50 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]
<b>Standorte in Schleswig-Holstein</b>									
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	—	—	—	—	19	12	—
	2007	11	39	—	—	—	17	4	—
	2008	12	38	—	—	—	16	1	—
	2009	12	43	—	—	—	—	—	16
	2010	13	—	—	—	0,7	20	13	16
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	—	—	—	1,0	19	6	—
	2006	19	—	—	—	0,8	20	10	—
	2007	19	50	—	—	—	23	13	—
	2008	18	50	—	—	—	22	4	—
	2009	17	52	—	—	—	23	5	—
	2010	15	—	—	—	—	20	15	14
Fehmarn	2001	—	—	—	—	—	—	—	—
	2002	—	—	—	—	—	—	—	—
	2003	—	—	—	—	—	—	—	—
	2004	—	—	—	—	—	—	—	—
	2005	—	—	—	—	—	—	—	—
	2006	—	—	—	—	—	—	—	—
	2007	—	—	—	—	—	—	—	—
	2008	—	—	—	—	—	—	—	—
	2009	—	—	—	—	—	—	—	—
	2010	—	—	—	—	—	—	—	—
<b>Orientierende Messungen in Lübeck (städtischer Hintergrund)</b>									
Lübeck, Carl-Georg-Heise-Weg	05/1999-04/2000	21	—	—	—	1,9	—	—	—
Lübeck, Dankwartsgrube	04/1999-03/2000	31	—	—	—	3,3	—	—	—
Lübeck, Eckhorster Straße	04/1999-03/2000	21	—	—	—	2,7	—	—	—
Lübeck, Edelsteinstraße	05/1999-04/2000	22	—	—	—	2,3	—	—	—
Lübeck, Elisenstraße	04/1999-03/2000	29	—	—	—	2,3	—	—	—
Lübeck, Grüner Weg	05/1999-04/2000	23	—	—	—	2,1	—	—	—
Lübeck, Gustav-Falke-Straße	05/1999-04/2000	20	—	—	—	2,3	—	—	—
Lübeck, Hirtenstraße	05/1999-04/2000	20	—	—	—	1,8	—	—	—
Lübeck, Max-Reger-Straße	05/1999- 04/2000	31	—	—	—	2,6	—	—	—
Lübeck, Tannenkoppel	05/1999-04/2000	16	—	—	—	2,1	—	—	—
Lübeck, Thomas-Mann-Straße	05/1999-04/2000	23	—	—	—	2,4	—	—	—
Lübeck, Tünkenhagen	05/1999- 04/2000	29	—	—	—	2,7	—	—	—
Lübeck, Weiter Lohberg	05/1999-04/2000	—	—	—	—	2,3	—	—	—
<b>Orientierende Messungen in Ostholstein</b>									
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	—	—	—
Burg auf Fehmarn, Bahnhofstr.	05/2004-04/2005	26	—	—	—	1,3	—	—	—
<b>Ansatz für Hintergrundbelastung (Abschnitt 5):</b>		<b>12</b>	<b>40</b>	<b>—</b>	<b>—</b>	<b>1,0</b>	<b>18</b>	<b>7</b>	<b>16</b>