

Anlage 23

Stand: 13.12.2017

Planfeststellungsunterlage vom 01.10.2013

Feste Fehmarnbeltquerung
Planfeststellung

Luftschadstoff-
untersuchung

S. 1-87
Nachrichtlich

Deckblatt, überarbeitete Fassung, 13.12.2017

Feste Fehmarnbeltquerung Planfeststellung

Anlage 23: Luftschadstoffuntersuchung Deckblatt, überarbeitete Fassung, 13.12.2017

Aufgestellt:

Femern
Sund ≅ Bælt

Landesbetrieb
Straßenbau und Verkehr
Schleswig-Holstein
Niederlassung Lübeck



Kopenhagen, 13.12.2017
Femern A/S

Lübeck, 13.12.2017
LBV-SH Niederlassung Lübeck

gez. Claus Dynesen

gez. Torsten Conradt

Erstellt durch:



LAIRM CONSULT GmbH
Haferkamp 6
22941 Bargteheide



Von der Europäischen Union kofinanziert
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)

Seite 2/87

Inhaltsverzeichnis

1. ANLASS UND AUFGABENSTELLUNG	11
2. ÖRTLICHE SITUATION	12
3. UNTERSUCHUNGSRAHMEN	14
3.1. Beschreibung des Planfalls	14
3.2. Untersuchungsgebiet	14
3.3. Emissionsquellen	14
4. LUFTSCHADSTOFFQUELLEN	15
4.1. Verbrennungsmotoren	15
4.2. Weitere Emissionsquellen	17
5. BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN	17
5.1. Immissionsgrenzwerte	17
5.2. Bewertung von Luftschadstoffimmissionen	20
6. EMISSIONEN	21
6.1. Schienenverkehr	21
6.1.1. Belastungen	21
6.1.2. Emissionsfaktoren	21
6.2. Straßenverkehr	22
6.2.1. Verkehrsbelastungen	22
6.2.2. Emissionsfaktoren	23
6.3. Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet	26
7. IMMISSIONEN	31
7.1. Allgemeines	31
7.2. Berechnungsverfahren	32

7.2.1. Rechenmodell	32
7.2.2. Rechengebiet und Kenngrößen	32
7.3. Tunnelmodell GRAL	34
7.4. NO-NO ₂ -Konversion.....	36
7.4.1. Allgemeines.....	36
7.4.2. Umwandlung gemäß Romberg.....	37
7.4.3. Vereinfachtes chemisches Modell.....	37
7.5. Hintergrundbelastung	39
7.6. Gesamtbelastungen	40
7.6.1. Allgemeines.....	40
7.6.2. Stickoxid-Belastungen (NO _x , Jahresmittelwert J00).....	40
7.6.3. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Jahresmittelwert J00).....	41
7.6.4. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO ₂ , Stundenmittelwert S18)	42
7.6.5. Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (PM ₁₀ , Jahresmittelwert J00)	44
7.6.6. Feinstaub(PM ₁₀)-Belastungen (PM ₁₀ , Überschreitungstage).....	46
7.6.7. Feinstaub(PM _{2,5})-Belastungen (PM _{2,5} , Jahresmittelwert J00).....	47
7.6.8. Benzol-Belastungen (Bzl, Jahresmittelwert J00)	49
7.7. Qualität der Prognose	50
8. STICKSTOFFDEPOSITION	51
8.1. Allgemeines	51
8.2. Berechnungsverfahren	52
8.3. Stickstoffdepositionen in den FFH-Gebieten.....	53
9. ZUSAMMENFASSUNG UND BEURTEILUNG	54
10. QUELLEN.....	57

Anlagenverzeichnis

A 1	ÜBERSICHTSPLÄNE	64
A 1.1	Übersicht Gesamtrechengebiet, Maßstab 1:60.000.....	64
A 1.2	Ausschnitt aus dem Gesamtrechengebiet, Maßstab 1:20.000.....	65
A 2	EMISSIONEN DES SCHIENENVERKEHRS	66
A 2.1	Verkehrsbelastungen	66
A 2.2	Emissionsfaktoren.....	66
A 2.3	Emissionsfaktoren und Emissionen	67
A 3	EMISSIONEN DES STRAßENVERKEHRS	68
A 3.1	Allgemeines	68
A 3.2	Verkehrsbelastungen	69
A 3.3	Zusammenstellung der Verkehrssituationen.....	70
A 3.4	Basis-Emissionsfaktoren	71
A 3.4.1	Kfz-Abgase (Handbuch Emissionsfaktoren [10]), Bezugsjahr 2025.....	71
A 3.4.2	Feinstaub(PM ₁₀)-Emissionen durch die Staubaufwirbelung auf Straßen (Modell Lohmeyer 2011 [19]).....	72
A 3.4.3	Feinstaub(PM _{2,5})-Emissionen durch die Staubaufwirbelung auf Straßen (Modell Lohmeyer 2011 [19]).....	73
A 3.5	Zusammenstellung der Ganglinien	74
A 3.5.1	Jahresganglinien	74
A 3.5.2	Wochenganglinien	74
A 3.5.3	Tagesgang Montag.....	75
A 3.5.4	Tagesgang Dienstag bis Donnerstag.....	75
A 3.5.5	Tagesgang Freitag	76
A 3.5.6	Tagesgang Samstag	76
A 3.5.7	Tagesgang Sonntag	77

A 3.6 Emissionsfaktoren und Emissionen	78
A 4 AUSBREITUNGSKLASSENSTATISTIK DES DEUTSCHEN WETTERDIENSTES (FEHMARN 2004).....	80
A 4.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel.....	80
A 4.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen.....	80
A 5 ZUSAMMENSTELLUNG VORHANDENER MESSDATEN	81
A 6 RASTERKARTEN LUFTSCHADSTOFFE, MAßSTAB 1:20.000.....	82
A 6.1 Stickoxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	82
A 6.2 Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen.....	83
A 6.2.1 NO₂-Jahresmittelwert J00.....	83
A 6.2.2 NO₂-Stundenmittelwert S18.....	83
A 6.3 Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	84
A 6.4 Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00).....	85
A 6.5 Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	86
A 7 RASTERKARTE STICKSTOFFDEPOSITION, MAßSTAB 1:20.000.....	87

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2:	Zusammenhang zwischen Jahresmittelwerten und Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen an Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein [53]	20
Abbildung 3:	Stickstoffoxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]	28
Abbildung 4:	Feinstaub(PM_{10})-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]	28
Abbildung 5:	Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]	29
Abbildung 6:	Benzol-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]	29
Abbildung 7:	NH_3 -Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]	30
Abbildung 8:	Kohlendioxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]	30
Abbildung 9:	NO_x -Zusatzbelastung mit Rechenmodell AUSTAL2000	35
Abbildung 10:	NO_x -Zusatzbelastung mit Rechenmodell GRAL TM3.5	35
Abbildung 11:	Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	41
Abbildung 12:	Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S18)	43
Abbildung 13:	Feinstaub(PM_{10})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	45
Abbildung 14:	Feinstaub(PM_{10})-Gesamtbelastungen (Anzahl der Tagesmittelwerte $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$)	47
Abbildung 15:	Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	48
Abbildung 16:	Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Beurteilungsrelevante Immissionswerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] zum Schutz des Menschen (wenn nicht anders angegeben)	18
Tabelle 2: Bewertung von Immissionskonzentrationen	21
Tabelle 3: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr).....	27
Tabelle 4: Zusammenstellung der Hintergrundbelastungen (zur Definition der Kenngrößen siehe Abschnitt 7.2.2)	39
Tabelle 5: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	42
Tabelle 6: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S18)	44
Tabelle 7: Feinstaub(PM_{10})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	45
Tabelle 8: Feinstaub (PM_{10})-Gesamtemissionen (Anzahl der Tagesmittelwerte $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).....	46
Tabelle 9: Feinstaub($\text{PM}_{2,5}$)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	48
Tabelle 10: Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)	49
Tabelle 11: Depositionsgeschwindigkeiten v_d [cm/s] für verschiedene Stickstoffverbindungen	53

Abkürzungsverzeichnis

Abk	Abkürzung
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BGBI	Bundesgesetzblatt
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EPA	Environmental Protection Agency
FBQ	Feste Fehmarnbeltquerung
FFH	Flora-Fauna-Habitat
FL	Fahrleistung
FTC	Fehmarnbelt Traffic Consortium
HBEFA	Handbuch Emissionsfaktoren
HC	Kohlenwasserstoffe
IO	Immissionsort
kg/(ha a)	Kilogramm je Hektar und Jahr
LAI	Länderausschuss für Immissionsschutz
LNF	Leichte Nutzfahrzeuge (zwischen 2,8 t und 3,5 t)
MD	Dorfgebiet
MI	Mischgebiet
NH ₃	Ammoniak

NO	Stickstoffmonoxid
NO _x	Stickstoffoxide (Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid), angegeben als NO ₂
NO ₂	Stickstoffdioxid
O ₃	Ozon
PM _{2,5}	Particulate Matter – Feinstaub Größenklasse 10 Mikrometer
PM ₁₀	Particulate Matter – Feinstaub Größenklasse 2,5 Mikrometer
Pb	Blei
SNF	Schwere Nutzfahrzeuge (größer 3,5 t)
SO	Sondergebiet
SO ₂	Schwefeldioxid
t/a	Tonnen im Jahr
TA Luft	Technische Anleitung Luft
v	Geschwindigkeit
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	Flüchtige Kohlenwasserstoffverbindungen
WA	Allgemeines Wohngebiet
WR	Reines Wohngebiet
µg/m ³	Mikrogramm je Kubikmeter

1. Anlass und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Staatsvertrages vom 3. September 2008 zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem Königreich Dänemark wurden die Errichtung und der Betrieb einer Festen Fehmarnbeltquerung zwischen Puttgarden (Fehmarn, Deutschland) und Rødbyhavn (Lolland, Dänemark) beschlossen. Am 17. Juli 2009 wurde der Staatsvertrag im deutschen Recht durch den Deutschen Bundestag per Ratifizierungsgesetz verankert [55].

Der Staatsvertrag umfasst die Errichtung und den Betrieb einer nutzerfinanzierten festen Querung über den Fehmarnbelt sowie den Ausbau der jeweiligen Hinterlandanbindungen der Festen Fehmarnbeltquerung auf der deutschen und der dänischen Seite. Die Querung wird aus einer zweigleisigen und elektrifizierten Eisenbahnstrecke bestehen sowie aus einer vierstreifigen Straße im Zuge der E 47. Eine ausführliche Beschreibung des Vorhabens ist im Erläuterungsbericht (Anlage 1 der Planfeststellungsunterlage) enthalten.

Das Untersuchungsgebiet auf deutscher Landseite (Insel Fehmarn) bezieht sich dabei auf den Bereich nördlich der geplanten Anschlussstelle Puttgarden, wobei die Anschlussstelle im Untersuchungsgebiet enthalten ist.

Der Ausbau der Hinterlandanbindungen erfolgt in eigenen Planfeststellungsverfahren, so dass die jeweiligen Auswirkungen dort beurteilt werden.

Im Rahmen der Vorplanung wurden vier Hauptvarianten (Absenktunnel, Schrägkabelbrücke, Hängebrücke, Bohrtunnel) untersucht. Als Ergebnis des Hauptvariantenvergleiches wurde nach Abwägung aller Belange die Variante „Absenktunnel“ als Vorzugslösung für die Umsetzung der Festen Fehmarnbeltquerung ermittelt.

Der Schutz der schutzbedürftigen Nachbarschaft vor vom Vorhaben ausgehenden Luftschadstoffimmissionen ist sicherzustellen. Im Rahmen der vorliegenden Luftschadstoffuntersuchung für die Insel Fehmarn werden die Auswirkungen durch den Bau der Festen Fehmarnbeltquerung auf die Umwelt dargestellt und beurteilt.

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 Stickoxide, Stickstoffdioxid, Feinstaub (Größenklassen PM₁₀ und PM_{2,5}) sowie Benzol einbezogen.

Derzeit ist nicht abzusehen, ob nach Inbetriebnahme der Festen Fehmarnbeltquerung der heutige Fährverkehr weiterbetrieben oder eingestellt werden wird. In diesem Gutachten wird davon ausgegangen, dass nach Fertigstellung der Festen Fehmarnbeltquerung die gesamten künftigen Verkehre zwischen Puttgarden und Rødby ausschließlich durch den Tunnel abgewickelt werden.

Für die neu Hafenanbindung und die anschließende K49 wird demgegenüber zur sicheren Seite die Verkehrsbelastung mit verbleibendem Fährbetrieb angenommen. Für den Fährverkehr ist davon auszugehen, dass der Umfang der Nutzung der Fähren deutlich abnehmen wird, so dass die Belastungen aus Schiffsabgasen durch den Fährbetrieb insbesondere im Bereich der schutzbedürftigen Nutzungen nicht relevant sind. Dies wurde in Voruntersuchungen für die Schiffe mit bisherigem Dieselantrieb geprüft. Mittlerweile sind durch die teilweise bereits erfolgte bzw. weiter geplante Umstellung der Fähren auf Hybridantrieb deutlich geringere Abgasemissionen zu erwarten. Die Emissionen der Fähren wurden in der vorliegenden Untersuchung daher nicht berücksichtigt.

Zum Schutz der Vegetation werden zusätzlich Stickstoffeinträge im Bereich der angrenzenden FFH-Gebiete ermittelt.

Die vorliegende Überarbeitung der Luftschadstoffuntersuchung berücksichtigt die Fortschreibung der Verkehrsprognose auf den Prognosehorizont 2030.

Zur Ermittlung der Abgasemissionen liegt aktuell eine neue Fassung des Handbuchs Emissionsfaktoren (Version 3.3, April 2017) vor, so dass diese berücksichtigt wird.

Für die Berechnung und Beurteilung der Stickstoffdeposition in FFH-Gebieten liegen mittlerweile neue umfangreiche Forschungsberichte und Leitfäden vor, in der eine gegenüber dem bisherigen Vorgehen geringfügig andere Methodik vorgeschlagen wird. Dies betrifft insbesondere die zu verwendenden Depositionsgeschwindigkeiten. Darüber hinaus wurde als Bagatellschwelle ein Abschneidekriterium für die Beurteilung eingeführt. Dementsprechend wird die aktuelle Methodik zur Berechnung und Beurteilung der Stickstoffeinträge berücksichtigt.

2. Örtliche Situation

Der Bau der Festen Fehmarnbeltquerung ist zwischen der Insel Fehmarn und der Insel Lolland östlich des vorhandenen Fährhafens geplant.

Die Tunnelöffnung für den Absenktunnel ist (jeweils für die Schienen- und Straßenachse) auf der Insel Fehmarn in einem Abstand von ca. 110 m von der Küstenlinie vorgesehen.

Für die vorhandene schützenswerte Bebauung im Bereich des Vorhabens werden die Festsetzungen zur baulichen Nutzung aus rechtskräftigen Bebauungsplänen [63] zugrunde gelegt. Für die vorhandene Bebauung, für die keine rechtskräftigen Bebauungspläne vorliegen, erfolgt die Einstufung der baulichen Nutzung hilfsweise in Anlehnung an den Flächennutzungsplan [63] der Stadt Fehmarn sowie anhand der tatsächlichen Nutzung.

Dementsprechend ergibt sich für die untersuchten Gebäude bzw. schützenswerten Flächen folgende Einstufung der baulichen Nutzung:

- Campingplatz Puttgarden (Immissionsort IO-1): Der Campingplatz Puttgarden liegt nördlich des Ortsteils Puttgarden westlich des Strandwegs an der Ostsee. Im Bebauungsplan Nr. 53 der Stadt Fehmarn ist der Campingplatz als „Sondergebiet, das der Erholung dient: Campingplatzgebiet (SO Camp)“ ausgewiesen.
- Ortslage Puttgarden (Immissionsorte IO-2 bis IO-4, IO-6): Der Bereich im nördlichen Teil des Ortsteils Puttgarden an den Straßen Strandweg und Kampenweg anliegend (Immissionsort IO-2) ist gemäß dem Bebauungsplan Nr. 3 der Gemeinde Bannesdorf als Mischgebiet (MI) ausgewiesen. Südlich des Geltungsbereiches des Bebauungsplanes Nr. 3 schließt sich östlich des Strandwegs ein Gebiet mit Wohngebietsnutzung an. Für dieses Gebiet (Immissionsorte IO-3 bis IO-4) existiert kein rechtskräftiger Bebauungsplan. Aufgrund der bestehenden Wohngebietsbebauung wird eine Schutzbedürftigkeit vergleichbar der eines allgemeinen Wohngebietes (WA) zugrunde gelegt. Im Südosten des Ortsteils Puttgarden östlich der Dorfstraße und nördlich dem Marienleuchter Weg (Immissionsort IO-6) ist gemäß dem Flächennutzungsplan der Gemeinde Bannesdorf von einem Dorfgebiet (MD) auszugehen.
- Bebauung östlich von Puttgarden (Immissionsort IO-5 und IO-7): Für die Bebauung im Außenbereich (§ 35 BauGB), Hotel „Dania“ an der Fährhafenstraße (Immissionsort IO-5) sowie für das Einzelgehöft am Marienleuchter Weg (IO-7) wird im Folgenden ein Schutzanspruch vergleichbar dem eines Mischgebietes (MI) zugrunde gelegt.
- Bebauung in Todendorf und Presen (Immissionsorte IO-8 und IO-9): Ein rechtskräftiger Bebauungsplan liegt für diese Orte nicht vor. Gemäß dem Flächennutzungsplan der Gemeinde Bannesdorf wird für die bebauten Bereiche in Todendorf und Presen eine einem Dorfgebiet (MD) vergleichbare Schutzbedürftigkeit angesetzt.
- Bebauung im Ortsteil Marienleuchte (Immissionsorte IO-10 bis IO-14): Das Gebiet im südlichen Marienleuchte südlich der Straße Zum Steilufer (Immissionsorte IO-10 bis IO-11) ist im Bebauungsplan Nr. 2 der Gemeinde Bannesdorf „Marienleuchte“ als reines Wohngebiet (WR) ausgewiesen. Nördlich der Straße Zum Steilufer schließt der Bebauungsplan Nr. 6 der Gemeinde Bannesdorf an. Im Plangeltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 6 der Gemeinde Bannesdorf ist östlich der Straße Rethen ein Sondergebiet (SO) für Ferienwohnungen und Ferienhäuser festgesetzt. Das Gebiet westlich der Straße Rethen im Plangeltungsbereich des Bebauungsplans Nr. 6 (Immissionsorte IO-12 bis IO-13) ist als allgemeines Wohngebiet (WA) ausgewiesen. Für den nördlichen Bereich des Ortsteils Marienleuchte (Immissionsort IO-14) ist im Bebauungsplan Nr. 75 der Stadt Fehmarn eine Ausweisung als Mischgebiet (MI) festgesetzt.
- Bebauung in Bannesdorf (Immissionsorte IO-15 bis IO-16): Der Bereich im westlichen Bannesdorf südlich der Bürgermeister-Scheffler-Straße (Immissionsort IO-16) ist im Bebauungsplan Nr. 5 der Gemeinde Bannesdorf als reines Wohngebiet (WR) ausgewiesen. Für die Bebauung im Außenbereich an der Bürgermeister-Scheffler-Straße (Immissionsort IO-

15) wird im Folgenden ein Schutzanspruch vergleichbar dem eines Mischgebietes (MI) zugrunde gelegt.

Die genauen örtlichen Gegebenheiten sind den Lageplänen der Anlage A 1 zu entnehmen.

Die möglicherweise durch zusätzliche Stickstoffeinträge belasteten FFH-Gebiete befinden sich westlich der Ortslage Puttgarden. Diese umfassen das FFH-Gebiet „Küstenstreifen West- und Nordfehmar“ (FFH DE 1532-391) und das angrenzende FFH-Gebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ (FFH DE 1631-392, (siehe Anlage A 1).

3. Untersuchungsrahmen

3.1. Beschreibung des Planfalls

Im Rahmen dieser Untersuchung zum Absenktunnel der Festen Fehmarnbeltquerung wurden die Belastungen des Schienen- und Straßenverkehrs nach Umsetzung der geplanten Festen Fehmarnbeltquerung berücksichtigt (Prognosehorizont 2030).

3.2. Untersuchungsgebiet

Die Berechnung der Luftschadstoffimmissionen erfolgte flächendeckend für das Untersuchungsgebiet auf der Insel Fehmarn. Das Gebiet hat eine Ausdehnung von Ost nach West von ca. 8 km und von Nord nach Süd von ca. 9 km. Das Gesamtuntersuchungsgebiet wurde in vier ineinander geschachtelte Rechengebiete unterschiedlicher Größe um den Fährhafen Puttgarden aufgeteilt.

Eine grafische Darstellung des gesamten Untersuchungsgebietes findet sich in dem Lageplan der Anlage A 1.1.

Ergänzend wurden die Immissionen an einigen maßgeblichen Einzelpunkten betrachtet. Die Bezeichnung der Immissionsorte kann der Anlage A 1.2 entnommen werden.

Die zwei angrenzenden FFH-Gebiete FFH DE 1532-391 und FFH DE 1631-392 wurden mit in die Rechnetze des gesamten Untersuchungsgebietes aufgenommen, vgl. Anlage A 1.1.

3.3. Emissionsquellen

In der vorliegenden Untersuchung werden alle Emissionsquellen im Untersuchungsgebiet einbezogen, die für die Beurteilung der Gesamtbelastungen an den maßgeblichen Immissionsorten relevant sein können. Dies umfasst den Schienenverkehr sowie die maßgebenden Straßenabschnitte.

Derzeit ist nicht abzusehen, ob nach Inbetriebnahme der Festen Fehmarnbeltquerung der heutige Fährverkehr weiterbetrieben oder eingestellt werden wird. In diesem Gutachten wird davon ausgegangen, dass nach Fertigstellung der Festen Fehmarnbeltquerung die gesamten künftigen Verkehre zwischen Puttgarden und Rødby ausschließlich durch den Tunnel abgewickelt werden. Relevante Emissionen durch den Schiffsverkehr sind in den beurteilungsrelevanten Einwirkbereichen somit nicht zu erwarten.

Vorbelastungen durch andere Quellen, wie z.B. Gewerbe- und Industrie, Kleinf Feuerungsanlagen („Hausbrand“) und das untergeordnete Straßenverkehrsnetz sind von geringer Bedeutung und sind implizit in den bei der Berechnung berücksichtigten Hintergrundbelastungen enthalten.

4. Luftschadstoffquellen

4.1. 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 bezeichnet als NO_x : Summe aus Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO_2), angegeben als NO_2 ,
- Kohlenmonoxid (CO),
- Schwefeldioxid (SO_2),
- Kohlenwasserstoffe (HC , darunter Benzol (C_6H_6), Toluol (C_7H_8) und Xylol (C_8H_{10})),
- Partikel (PM , darunter Dieselruß und Feinstaub)
- Ammoniak (NH_3) 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_2) zusammen. Moderne Dieselmotoren mit Katalysatortechnik können teilweise auch höhere NO_2 -Direktemissionen aufweisen. Auf dem Ausbreitungsweg in der Atmosphäre wird das Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert, wobei eine Vielzahl von chemischen Reaktionen möglich ist (s. hierzu z.B. [1]). Der wichtigste Umwandlungsprozess von NO in der Atmosphäre ist die Oxidation durch Ozon (O_3). Die Re-

aktion 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_2 durch Photolyse wieder in NO und O_3 umwandeln.

Für das Kohlenmonoxid liegen aufgrund zahlreicher Wirkungsuntersuchungen Immissionswerte als Grenz- und Vorsorgewerte vor [4]. Sie liegen jedoch im Vergleich zu üblichen 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 üblicherweise eine Beurteilung anhand des in den Kohlenwasserstoffen enthaltenen Benzols.

Die Schadstoffkomponenten Blei und Schwefeldioxid verlieren mit zunehmendem Einsatz bleifreier 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 $\text{PM}_{2,5}$ (Partikeldurchmesser kleiner als $2,5 \mu\text{m}$), der im Feinstaub PM_{10} (Partikeldurchmesser kleiner als $10 \mu\text{m}$) enthalten ist [20].

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.

Weiterhin ist auch Ammoniak im Abgas enthalten. Dies ist lediglich für die Ermittlung der Stickstoffdeposition relevant.

Ein weiterer Bestandteil des Abgases ist das Kohlendioxid, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger als Endprodukt entsteht. Da es bereits natürlich 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.

4.2. Weitere Emissionsquellen

Durch die Aufwirbelung von Staub durch Schienenverkehr, insbesondere durch Güterzüge sowie das Fahren von Fahrzeugen auf Straßen ist eine weitere maßgebliche Quelle für Feinstaubemissionen gegeben. Beim Straßenverkehr 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 PM₁₀-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.

5. Beurteilungsgrundlagen

5.1. Immissionsgrenzwerte

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

Die Umsetzung der Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG [6] der Europäischen Union in nationales Recht wurde mit der Neuaufstellung der 39. BImSchV [4] vorgenommen.

Die erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft –TA Luft [5]) dient zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen und der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen. Diese Vorschrift ist im Rahmen von Genehmigungsverfahren von Anlagen sowie bei nachträglichen Anordnungen zu beachten. Für verkehrsbedingte Immissionen ist sie nicht anzuwenden, da diese nicht im Geltungsbereich der TA Luft [5] enthalten sind.

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	Bezugszeitraum	Immissionswerte		
		Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Quelle	Charakter
NO _x	Jahresmittel	30	39. BImSchV	Schutz der Vegetation abseits von Ballungszentren
		30	TA Luft	
NO ₂	Jahresmittel	40	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2010)
		40	TA Luft	Immissionswert
	1 Stunde	200	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2010), max. 18 Überschreitungen im Jahr
		200	TA Luft	Immissionswert, max. 18 Überschreitungen im Jahr
Benzol	Jahresmittel	5	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2010)
		5	TA Luft	Immissionswert
Feinstaub (PM ₁₀)	Jahresmittel	40	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2005)
		40	TA Luft	Immissionswert
	24 Stunden	50	39. BImSchV	Grenzwert (seit 2005), max. 35 Überschreitungen im Jahr
		50	TA Luft	Immissionswert, max. 35 Überschreitungen im Jahr
Feinstaub (PM _{2,5})	Jahresmittel	25	39. BImSchV	Zielwert (seit 2010)
		25		Grenzwert (ab 2015)

Bezüglich der Stickstoffdioxid-Immissionen wurde für den Jahresmittelwert in der Neufassung der 39. BImSchV und der TA Luft ein Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgesetzt. Die Beurteilung der kurzzeitig auftretenden Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen erfolgte bis 2010 anhand des 98-Perzentil-Wertes. Seit 2010 werden gemäß 39. BImSchV die Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen mit einem Kurzzeitbelastungswert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beurteilt, der als Stundenmittel 18-mal pro Jahr überschritten werden darf. Dieser Immissionswert wurde auch in die Neufassung der TA Luft übernommen. [Die Berechnung der Überschreitungshäufigkeit des NO₂-Stundenmittelwertes kann anhand einer Berechnungsfunktion gemäß RLUS 2012 \[73\] bestimmt werden.](#) Hierzu wurden vom Ingenieurbüro Lohmeyer landesweite Messdaten der Jahre 2000 bis 2009 ausgewertet. Demnach ist eine Überschreitung der pro 18 erlaubten NO₂-Stundenmittelwerte erst ab einem NO₂-Jahresmittelwert von $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingetreten.

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

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

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

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

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

In Abbildung 2 sind die Jahresmittelwerte gegenüber der Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt, wie sie in den Jahren 2001 bis 2009 an verschiedenen Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein [53] ermittelt wurden. Es zeigt sich, dass die zulässige Zahl von 35 Tagen im Jahr erst bei Jahresmittelwerten von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und mehr überschritten wurde.

Für den Jahresmittelwert der $\text{PM}_{2,5}$ -Feinstaubbelastungen ist ab 2015 in der 39. BImSchV ein Grenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vorgesehen.

Für Dieselruß sind keine eigenen Grenzwerte in Kraft. Der gesundheitsrelevante Feinstaubanteil ist jedoch im Feinstaub (PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$) enthalten, so dass frühere Vorsorgewerte des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) zurückgezogen wurden.

Weitere Luftschadstoffkomponenten wie z.B. Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid und Blei sind für eine Bewertung von verkehrsbedingten Immissionen im Freien nicht bzw. nicht mehr relevant.

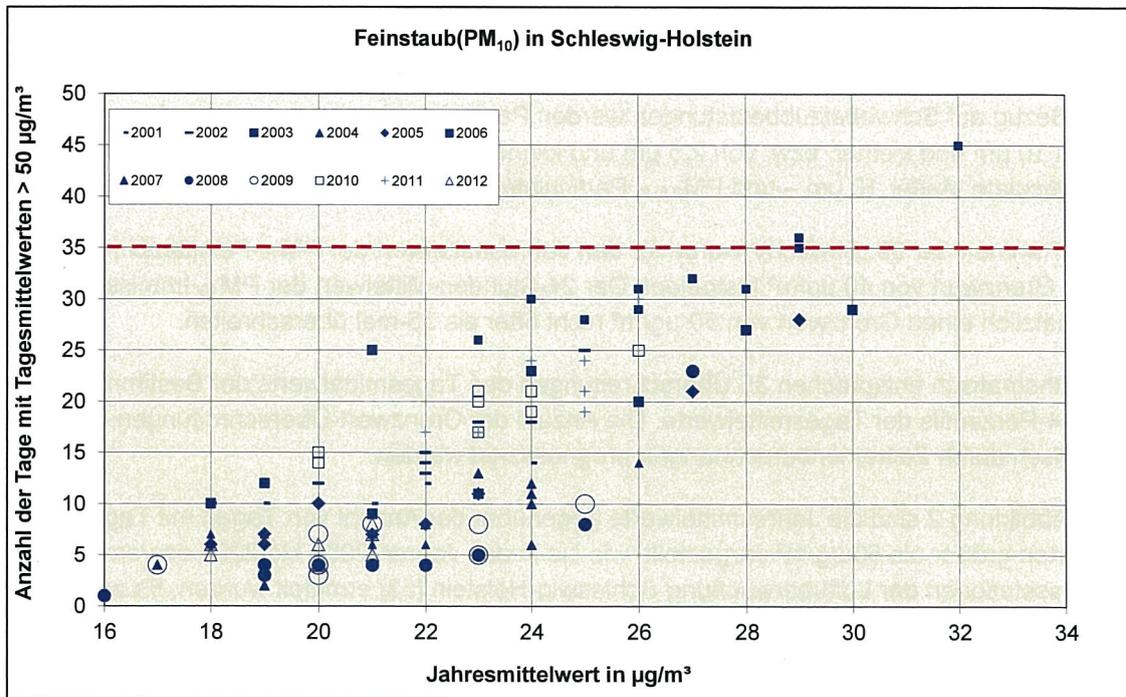


Tabelle 2: Bewertung von Immissionskonzentrationen

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

6. Emissionen

6.1. Schienenverkehr

6.1.1. Belastungen

Die Zugzahlen für die Feste Fehmarnbeltquerung wurden im Rahmen von Verkehrsprognosen [59]-[61] ermittelt und mit der Betriebsprognose der Deutschen Bahn AG für den Prognosehorizont 2025 abgestimmt. [Die Verkehrsprognose wurde aktuell auf den Prognosehorizont 2030 \[61a\] fortgeschrieben, der im Folgenden berücksichtigt wird.](#)

Derzeit findet auf der Strecke kein Güterverkehr mehr statt. Der Transit von und nach Dänemark mit den Fähren beschränkt sich auf ICE-Züge oder vergleichbare dänische Fernzüge.

Mit dem Bau der Festen Fehmarnbeltquerung ist dagegen eine Wiederaufnahme von Güterverkehr vorgesehen, so dass 73 Güterfernzüge pro Tag prognostiziert werden. Für den Personenfernverkehr ist pro Tag mit etwa 21 ICE-Zügen zu rechnen, darüber hinaus sind weitere 2 Nachtzüge (D-Zug) und 15 Nahverkehrszüge zu erwarten.

6.1.2. Emissionsfaktoren

Es wird davon ausgegangen, dass der gesamte Schienenverkehr in Zukunft vollständig elektrifiziert sein wird. Da dementsprechend keine Dieselloks eingesetzt werden, sind keine Emissionen durch Abgase vorhanden. Somit werden keine Berechnungen für die Abgasemissionen der Schadstoffe NO_x, Benzol und Partikel durchgeführt.

Dagegen 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 [22] 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 der Gesamtstaubemissionen aus der Fachliteratur und den entsprechenden Verteilungen auf die Zugarten abgeleitet [22]/[23]. Die Verteilung auf die Größenklassen erfolgte gemäß aktueller Fachliteratur [20]/[24].

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

Die sich ergebenden mittleren Emissionen pro Tag und die jährlichen Gesamtemissionen sind in der Anlage A 2.3 zusammengestellt.

6.2. Straßenverkehr

6.2.1. Verkehrsbelastungen

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. Für die Transitverkehre von und nach Dänemark werden ergänzend auch die Busse als eigene Kategorie berücksichtigt.

Für die Feste Fehmarnbeltquerung liegen Prognosezahlen aus einem Verkehrsgutachten (FTC, 2003 [59]) vor, in dem allerdings die Fertigstellung der Festen Fehmarnbeltquerung für das Jahr 2015 vorgesehen war. In 2012 wurden diese Prognosebelastungen für ein derzeit vorgesehenes Fertigstellungsjahr 2021 fortgeschrieben [59]-[61]. Hierbei wurde der Planfall „Base Case B“ für den Prognosehorizont 2025 zugrunde gelegt. Die Verkehrsprognose wurde aktuell auf den Prognosehorizont 2030 [61a] fortgeschrieben, der im Folgenden berücksichtigt wird. Die Zahlen beschränken sich jedoch auf den Transitverkehr von und nach Dänemark. Dementsprechend ist mit der Festen Fehmarnbeltquerung mit einem DTV von etwa 12.158 Kfz/24h zu rechnen, die sich in etwa 10.321 Pkw, 100 Busse und 1.737 Lkw aufteilen.

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens für den Ausbau der straßenseitigen Hinterlandanbindung B 207 auf Fehmarn wurde eine detaillierte Verkehrsuntersuchung erstellt (Wasser- und Verkehrskontor (WVK), 2010 [57]), in der Verkehrsbelastungen für den Prognosehorizont 2025 für das gesamte maßgebende Straßennetz vorliegen. Für den Prognosehorizont 2030 erfolgte eine Hochrechnung anhand der Zunahmen der Fehmarnbeltverkehre. Die LKW-Anteile beziehen sich dabei auf den Schwerverkehr (LKW > 3,5 t), so dass diese Fahrzeuge als schwere Nutzfahrzeuge berücksichtigt wurden. Zur Abschätzung der leichten Nutzfahrzeuge (zwischen 2,8 t und 3,5 t) erfolgte eine Auswertung der Ergebnisse der allgemeinen Straßenverkehrszählung 2005 für die B 207, die L 209 und die K 49, wobei der Anteil der Lieferwagen

zugrunde gelegt wurde. Für die Straßenabschnitte, für die keine Zählergebnisse vorliegen, wurden vergleichbare Anteile in Ansatz gebracht.

In der vorliegenden Untersuchung wurden für die Transitverkehre (nördlich der Anschlussstelle Puttgarden) die Belastungen der [fortgeschriebenen](#) FTC-Prognose [61] zugrunde gelegt. Für das angrenzende Straßennetz wurde die Verkehrsuntersuchung von WVK zur Straßen-Hinterlandanbindung B 207 [57] verwendet. Dabei wurden zur sicheren Seite die Belastungen des Planfalls 1 verwendet (Planfall mit vollständiger Ortsumfahrung Burg), die für einige Abschnitte der B 207 höhere Belastungen als im Planfall 2 aufweist. Für den Prognose-Nullfall werden in der WVK-Studie jedoch nur 7.400 Kfz/24h für den Transitverkehr angegeben. Dies ist u.a. durch das damals vorgesehene Fertigstellungsjahr der Festen Fehmarnbeltquerung bedingt. Daher wurden in der vorliegenden Untersuchung im Prognose-Nullfall für die B 207 die zusätzlichen Transitverkehre hinzugerechnet. [In der vorliegenden Untersuchung wurden die auf 2025 bezogenen Verkehrsbelastungen auf den Prognosehorizont 2030 anhand der Zunahmen der Fehmarnbeltverkehre hochgerechnet.](#)

[Für die K 49 und die Hafenanbindung liegen Verkehrsbelastungen für den Prognosehorizont 2030 aus einer ergänzenden Verkehrsuntersuchung \(Anlage 26.2\) auf Grundlage aktueller Zählungen vor. Im Folgenden wird hier zur sicheren Seite der Planfall 2030 „Fährbetrieb parallel zur FBQ“ berücksichtigt. So ist von durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken von etwa 8.070 Kfz/24h für die K 49 und etwa 3.960 Kfz/24h für die Hafenanbindung auszugehen.](#)

Eine Zusammenstellung der Verkehrsbelastungen ist der Anlage A 3.2 zu entnehmen.

6.2.2. Emissionsfaktoren

6.2.2.1. Kfz-Abgase

Zur Ermittlung der Emissionsfaktoren der Kfz-Abgase wird die aktuelle Fassung des „Handbuchs Emissionsfaktoren“ [76] herangezogen (HBEFA, [Version 3.3, April 2017](#)).

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 Temperaturlinien 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, Motorkonzept 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.

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 gehen wir dementsprechend davon aus, dass die Partikelemissionen aus den Abgasen zu 100 % aus $PM_{2,5}$ bestehen (in PM_{10} enthalten).

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

Hinsichtlich der Eingangsdaten für die Verkehrsbelastungen wird die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) benötigt. Für die Jahres-, Wochen- und Tagesgänge wurden Verteilungen gemäß Zählungen der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) für die B 207 zugrunde gelegt (vgl. Anlage A 3.5). Im vorliegenden Fall liegt ein ausgeprägter Jahresgang mit hohen Belastungen im Sommer und in den Ferienzeiten vor. Dies wurde vereinfachend für das gesamte Straßennetz angenommen, da durchaus zu erwarten ist, dass auch auf dem untergeordneten Straßennetz Ferienverkehre auftreten. Erfahrungsgemäß ist zu erwarten, dass die maßgebenden Jahresmittelwerte nur geringfügig durch den Jahresgang beeinflusst werden. Mit der Berücksichtigung der hohen Ansätze für die Ferienzeiten für das gesamte Straßennetz werden für die Spitzentage und Spitzenstunden entsprechend hohe Belastungen prognostiziert, so dass die Ergebnisse im Sinne der Betroffenen hinsichtlich der Spitzenbelastungen auf der sicheren Seite liegen.

Relevante zusätzliche Emissionen bei Starts und Stopps der Fahrzeuge und beim ruhenden Verkehr während möglicher Wartezeiten, die in den maßgeblichen Einwirkbereichen zu relevanten Zusatzbelastungen führen, sind nicht zu erwarten. Die Mautstation ist darüber hinaus auf der dänischen Seite geplant.

Bezüglich der Emissionen am Tunnelportal wird davon ausgegangen, dass je 50 % der Gesamtemissionen aus dem Tunnel an beiden Enden der Festen Fehmarnbeltquerung freigesetzt werden, da keine zusätzliche Tunnelbelüftung vorgesehen ist.

Die Basisemissionsfaktoren aus dem „Handbuch Emissionsfaktoren“ finden sich in der Anlage A 3.4. Die relevanten Verkehrssituationen für die Ermittlung der Emissionen sind in der Anlage A 3.3 aufgeführt. Die Emissionen des berücksichtigten Straßennetzes sind in der Anlage A 3.6 aufgeführt. Die Emissionen sind als mittlere Emissionsfaktoren je Kfz und Kilometer für den entsprechenden Straßenabschnitt angegeben.

6.2.2.2. Staubaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr

Eine weitere Staubquelle neben den Partikelemissionen des Abgases 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 [13] steht für unbefestigte Straßen ein entsprechender Berechnungsansatz zur Verfügung. Für befestigte Straßen wird gemäß VDI 3790, Blatt 3 auf einen Berechnungsansatz der U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 5. Auflage) verwiesen, der allerdings erfahrungsgemäß die tatsächlich gemessenen Belastungen an deutschen Straßen erheblich überschätzt.

Hierzu wird neben Angaben zum mittleren Fahrzeuggewicht auch die Staubbelastung der entsprechenden Straßenabschnitte benötigt. In den USA stehen zwar umfangreiche Messungen der Staubbelastungen von Straßen zur Verfügung, die allerdings kaum auf deutsche Verhältnisse zu übertragen sind. Für Deutschland sind bisher nur Messergebnisse an wenigen Standorten bekannt [17], 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 EPA-Formel vorgenommen und entsprechende Hinweise zur Anwendung gegeben [16]. Aktuelle Immissionsmessungen zeigen allerdings, dass auch der Ansatz von Lohmeyer die Staubemissionen überschätzt.

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

Diese Emissionsfaktoren wurden für die Verkehrssituationen gemäß Handbuch Emissionsfaktoren, Version 2.1 (HBEFA 2.1) abgeleitet. Durch die Veröffentlichung der [Fassung](#) des Handbuchs Emissionsfaktoren (Version HBEFA 3.1) wurde eine Anpassung der nicht motorbedingten Emissionen erforderlich [19], da die Methodik geändert worden ist. Im Folgenden wird dieser aktualisierte Ansatz verwendet, da die anderen Ansätze im Vergleich mit Naturmessdaten überwiegend zu unrealistischen Ergebnissen führen. [Für das aktuelle Handbuch Emissionsfaktoren \(HBEFA 3.3\) liegt derzeit keine Anpassung der Emissionsfaktoren für Staubaufwirbelung vor.](#)

Für den Anteil der $PM_{2,5}$ -Fraktion an der Staubaufwirbelung stehen verschiedene Modellsätze zur Verfügung, die im Rahmen einer umfangreichen Literaturrecherche [20] zusammengestellt wurden. In der aktuellen Studie vom Ingenieurbüro Lohmeyer [19] erfolgte neben der Anpassung der PM_{10} -Emissionsfaktoren auch eine Zusammenstellung der $PM_{2,5}$ -Emissionsfaktoren, welche im Folgenden zugrunde gelegt werden.

Die Emissionsfaktoren für die Staubaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr sind in den Anlagen A 3.4.2 und A 3.4.3 zusammengestellt.

6.3. Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet

Zur Abschätzung der Größe der Luftschadstoffemissionen durch Quellen innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden die Gesamtemissionen bilanziert. Dabei wurden die einzelnen Quellbereiche zum Vergleich detailliert angegeben. Die Bilanzierung der Schadstoffe NO_x , CO_2 , NH_3 sowie Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) umfasst alle maßgeblichen Quellen innerhalb des Rechengebietes. Dazu zählen die Emissionen der Schienenwege als auch die Emissionen des Straßenverkehrs.

Die sich ergebenden jährlichen Gesamtemissionen durch den Bau des Absenktunnels der Festen Fehmarnbeltquerung sind in der Tabelle 3 aufgeführt. Grafische Darstellungen zeigen die Abbildungen 3 bis 8.

Durch den geplanten Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung ist der Schienenverkehr als Hauptquelle der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ - Gesamtemissionen zu nennen. Dies ist im Wesentlichen auf den Güterzugverkehr zurückzuführen, welcher durch Staubaufwirbelung bzw. Abrieb mehr Partikel emittiert als Personenzüge. Aufgrund der Elektrifizierung des Schienenverkehrs gehen hiervon keine Emissionen der Schadstoffe CO_2 , NH_3 , NO_x und Benzol aus. Diese Schadstoffkomponenten werden ausschließlich durch den Straßenverkehr hervorgerufen.

Tabelle 3: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr)

Schadstoff / Quellgruppe	Absenktunnel
	Emissionen [t/a]
Stickoxide (NOx)	
Straßennetz	22,07
Schiffsverkehr	—
Schienenverkehr	—
Summe	22,07
Schwefeldioxid (SO₂)	
Straßennetz	—
Schiffsverkehr	—
Schienenverkehr	—
Summe	0,00
Benzol	
Straßennetz	0,06
Schiffsverkehr	—
Schienenverkehr	—
Summe	0,06
Feinstaub PM₁₀	
Straßennetz	5,55
Schiffsverkehr	—
Schienenverkehr	13,44
Summe	18,98
Feinstaub PM_{2,5}	
Straßennetz	2,16
Schiffsverkehr	—
Schienenverkehr	2,41
Summe	4,57
Kohlendioxid (CO₂)	
Straßennetz	24.050
Schiffsverkehr	—
Schienenverkehr	—
Summe	24.050
NH₃	
Straßennetz	2,66
Schiffsverkehr	—
Schienenverkehr	—
Summe	2,66

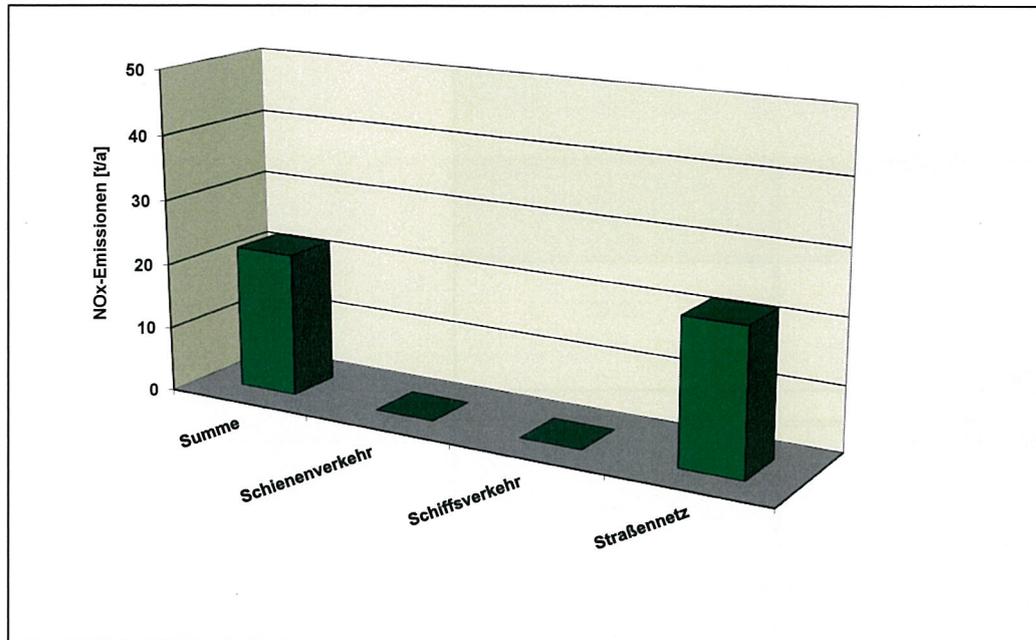


Abbildung 3: Stickstoffoxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

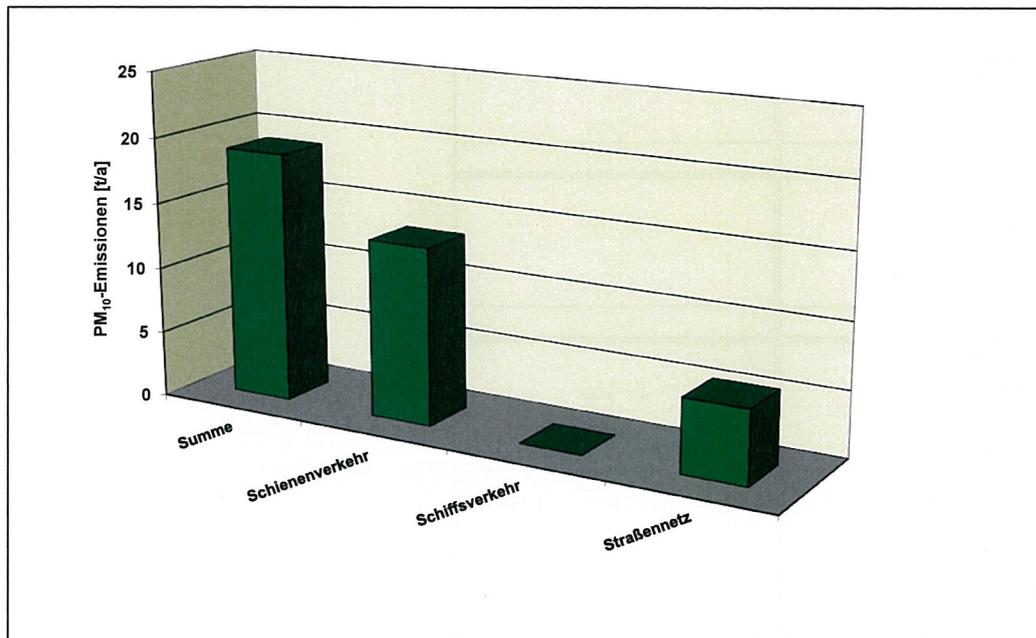


Abbildung 4: Feinstaub(PM₁₀)-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

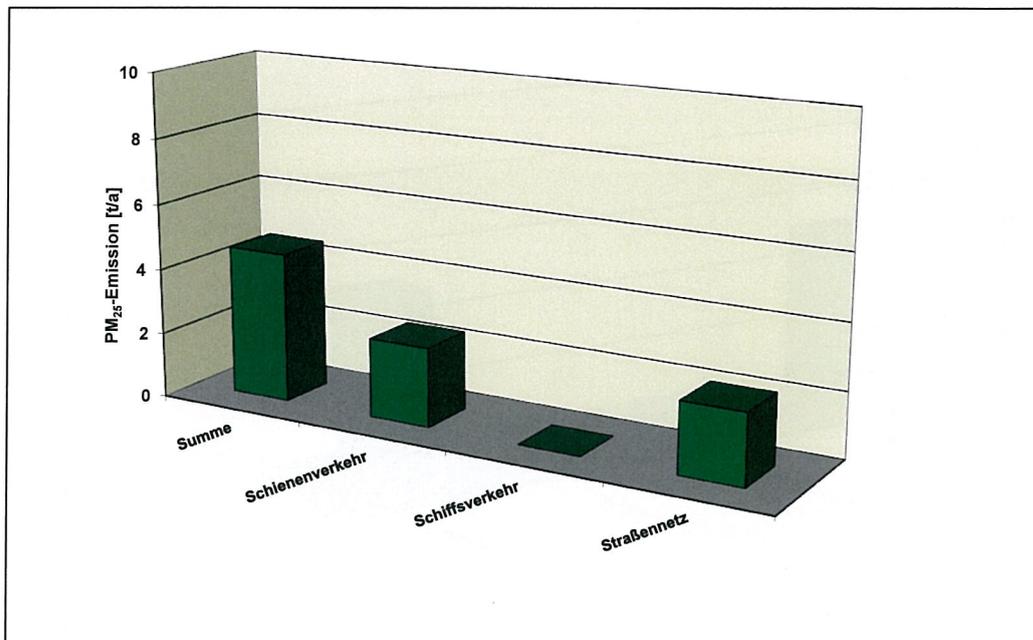


Abbildung 5: Feinstaub(PM_{2.5})-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

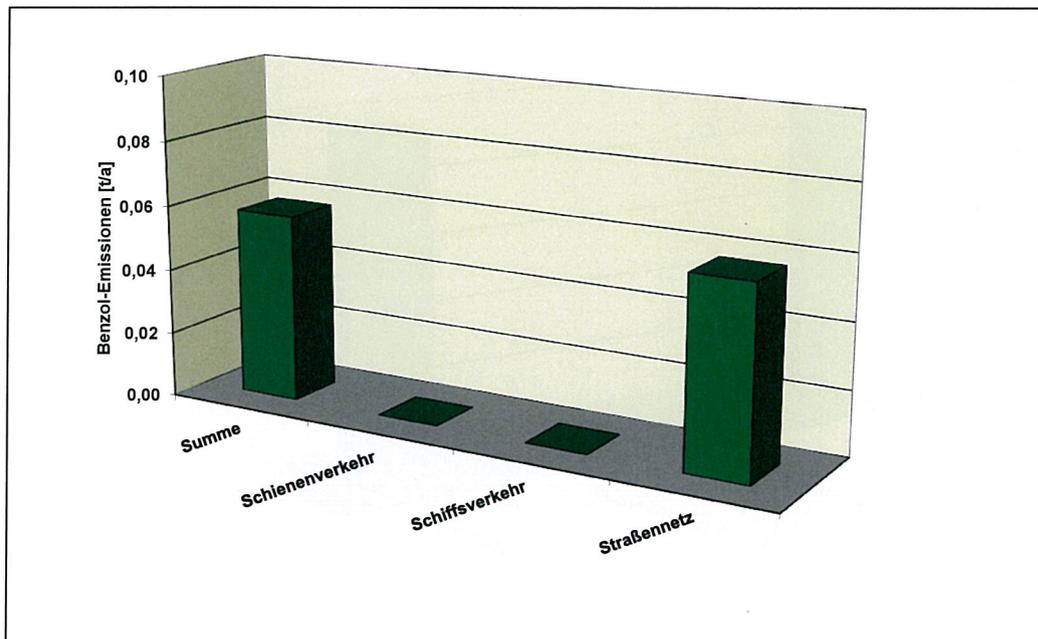


Abbildung 6: Benzol-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

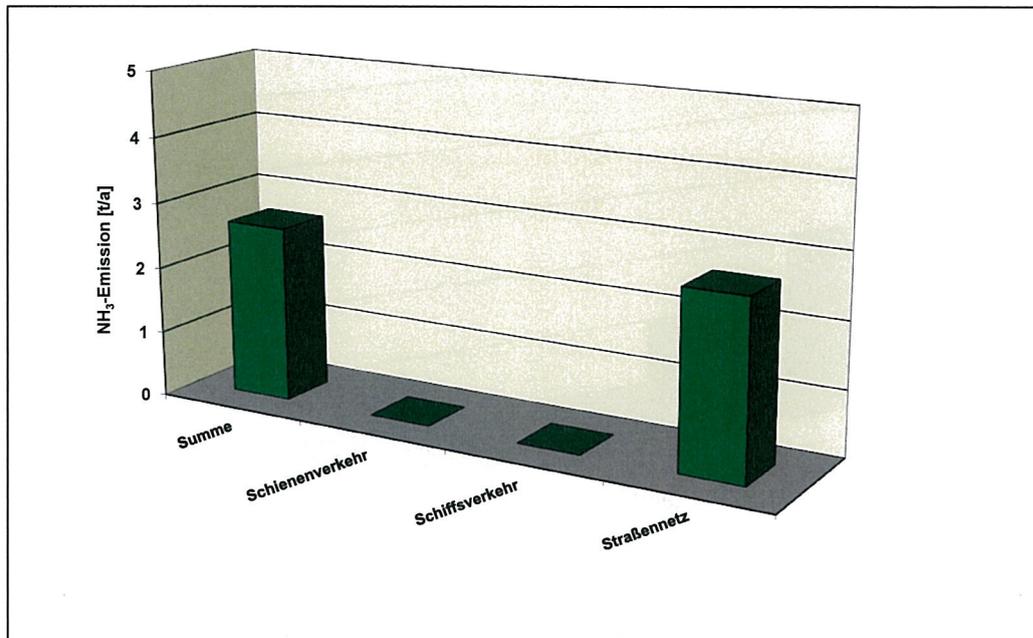


Abbildung 7: NH₃-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

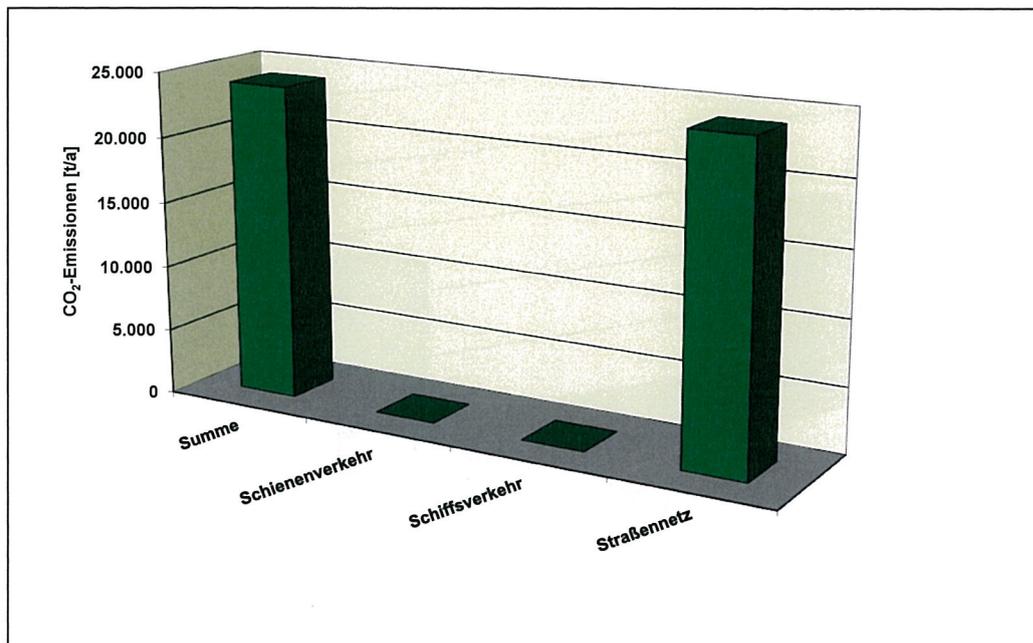


Abbildung 8: Kohlendioxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

7. Immissionen

7.1. Allgemeines

Luftschadstoffemissionen werden durch turbulente Transportvorgänge in der Atmosphäre in Immissionen umgewandelt.

Eine Abschätzung der straßenverkehrsbedingten Immissionen im straßennahen Bereich kann anhand der Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung (RLuS 2012) erfolgen [73], das vom Bundesministerium für Verkehr zur Anwendung empfohlen wurde [74]. Für den Schienenverkehr gibt es ein vergleichbares Verfahren nicht.

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. das MLuS-02 als Schätzverfahren, für großräumige detaillierte Berechnungen Gaußsche Linienquellenmodelle (z.B. PROKAS [32]) zur Verfügung, die insbesondere für verkehrsbedingte Immissionen geeignet sind. Für Abschätzungen bei dichter Randbebauung können einfache Straßenschluchtmodelle herangezogen werden. Genauere Berechnungen bei komplexer Bebauung (Innenstadtbereich, Straßenschluchten) unter Berücksichtigung der detaillierten Strömungsverhältnisse sollten mit komplexeren Modellen (z.B. MISKAM [33]) erfolgen.

Die TA Luft [5] beinhaltet zur Berechnung der Schadstoffausbreitung für genehmigungsbedürftige Anlagen das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [35], 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.

7.2. Berechnungsverfahren

7.2.1. Rechenmodell

Die Berechnung der Luftschadstoffausbreitung erfolgte im vorliegenden Fall mit dem Modell AUSTAL2000, das mit der Neufassung der TA Luft eingeführt wurde. Das Modell erfüllt die Anforderungen der TA Luft sowie der VDI 3783, Blatt 13 [42] und ist gemäß VDI 3945, Teil 3 [44] verifiziert. Als diagnostisches Modell gemäß VDI 3783, Blatt 10 [41] ist es grundsätzlich auch für die Detailmodellierung bei kraftfahrzeugbedingten Immissionsberechnungen gemäß VDI 3783, Blatt 14 [43] geeignet. Die Berechnungen wurden als Zeitreihenberechnung unter Berücksichtigung einer Jahres-Emissionsganglinie für jede Einzelquelle mit einer Auflösung von 1 Stunde durchgeführt. Die Modellierung erfolgte durch Punkt- und Linienquellen.

Bei der Ausbreitungsrechnung wurden die standortspezifischen meteorologischen Daten berücksichtigt. Diese wurden als stundenfeine Jahresganglinien vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellt („AKTerm“, s. Anlage A 4). Es wurde die Station Westermakelsdorf auf Fehmarn gewählt. Das repräsentative Jahr zwischen 2000 und 2009 ist durch das Jahr 2004 gegeben. Dies wurde vom Deutschen Wetterdienst ermittelt [54].

Die Qualität bzw. die Standardabweichung der Simulationsergebnisse mit AUSTAL2000 hängt von der Anzahl der bei der Simulation berücksichtigten Teilchen ab. Die Anzahl der Teilchen kann durch Wahl des Berechnungsparameters „Qualitätsstufe“ beeinflusst werden. Eine Erhöhung wird allerdings durch eine teilweise erheblich längere Rechenzeit erkaufte. Im vorliegenden Fall wurde die Qualitätsstufe QS = 0 gewählt, die zu ausreichend niedrigen Standardabweichungen führt. Die Genauigkeitsanforderungen der TA Luft hinsichtlich der statistischen Unsicherheiten werden in den beurteilungsrelevanten Bereichen eingehalten.

7.2.2. Rechengebiet und Kenngrößen

Da Zeitreihenberechnungen mit AUSTAL2000 sehr zeitaufwändig sind, insbesondere bei Berücksichtigung von Bebauung und Geländetopografie, muss bei der Festlegung des Rechengebietes ein Kompromiss zwischen Auflösung und Rechenzeit gefunden werden. Aufgrund seiner Größe wurde das Untersuchungsgebiet im vorliegenden Fall in vier ineinander geschachtelte Rechengebiete unterschiedlicher Größe und Maschenweite geteilt. Die Maschenweite im kleinsten Rechengebiet rund um den Hafenbereich Puttgarden und der geplanten Fehmarnbeltquerung besitzt eine Ausdehnung von 2 x 2 km mit einer Maschenweite von 10 m. Das größte Rechengebiet mit einer Ausdehnung von etwa 8 x 9 km mit einer Maschenweite von 80 m umfasst die Insel Fehmarn von Puttgarden bis Burg auf Fehmarn. Die dazwischen liegenden Rechengebiete besitzen jeweils eine Maschenweite von 20 bzw. 40 m mit Ausdehnungen von 4 x 4 km und 7,5 x 8 km. Zum Schutz der Vegetation schließen die äußeren Rechnetzeile Teile der FFH-Gebiete „Küstenstreifen West- und Nordfehmar“ (FFH DE 1532-391) und das angrenzende FFH-Gebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ (FFH DE 1631-392) mit ein.

Die Rechengebiete sind in der Gesamtübersicht der Anlage A 1.1 dargestellt.

Vertikal wurde das Standardgitter gemäß AUSTAL2000 angepasst. Die für die Auswertung maßgebende Höhe liegt in der untersten Gitterzelle mit einer mittleren Höhe von 1,5 m.

Die Modellierung des Schienenverkehrs und des Straßenverkehrs erfolgte jeweils durch Linienquellen mit einer Quellhöhe von 0,5 m über dem Gelände. Die Emissionen am Tunnelportal wurden durch jeweils eine Volumenquelle (100 x 15 x 5 m) entsprechend den Maßen des Tunnelportals modelliert.

Im Untersuchungsgebiet wurde der Einfluss der geplanten Geländetopografie insbesondere die Troglage des Tunnelportals berücksichtigt. Die Windfelder wurden mit dem in AUSTAL2000 enthaltenen Modell TALdia berechnet. Die Steilheit im unmittelbaren Bereich des Tunnelportals liegt zwar teilweise außerhalb des Anwendungsbereiches des Modells TALdia. Dies ist jedoch nur in einem sehr kleinen Bereich des gesamten Rechengebietes der Fall, in dem sich keine maßgeblichen Einwirkbereiche befinden. Aufgrund der großen Entfernungen der Immissionsorte von 300 m und mehr ist dieses Vorgehen methodisch vertretbar, zumal tendenziell aufgrund der geringeren rechnerischen Turbulenzen höhere Immissionen an den Immissionsorten zu erwarten sind.

Für das gesamte Untersuchungsgebiet ist der Einfluss von Bebauung vernachlässigbar. Straßenschluchten oder besonders dichte und hohe Bebauung entlang der maßgebenden Quellen, die die Luftströmungen relevant behindern könnten, sind nicht vorhanden. Die untersuchten Immissionsorte befinden sich in großer Entfernung, in einem Abstand von 300 m und mehr, zu den relevanten Straßenabschnitten. Die Kriterien gemäß Nr. 10 Anhang 3 der TA Luft für die detaillierte Berücksichtigung der Bebauung sind ebenfalls nicht erfüllt. Hinsichtlich der Berücksichtigung nicht detailliert aufgelöster Bebauung sowie des Bewuchses wurde eine Rauigkeitslänge z_0 von 0,2 m in Ansatz gebracht, welche in der TA Luft für Landwirtschaft und natürliche Bodenbedeckung empfohlen wird.

Die Berechnung der Immissionen erfolgte flächendeckend innerhalb der gewählten Rechengebiete. Mit AUSTAL2000 werden als Ergebnisse bestimmte Kenngrößen flächendeckend ausgegeben, für die in der TA Luft und der 39. BImSchV Grenzwerte festgelegt sind. Ergänzend werden die maximalen Stunden- und Tagesmittelwerte dargestellt. Die Ausgabe von Zeitreihen der Immissionen und die Berücksichtigung einer Zeitreihe für die Hintergrundbelastung sind nur an ausgewählten Monitorpunkten möglich. Daher wurden im vorliegenden Fall zusätzliche Monitorpunkte als repräsentative Immissionsorte ausgewählt.

Die im Folgenden betrachteten Kenngrößen sind wie folgt definiert:

- J00: Jahresmittelwert (keine Überschreitung im Jahr);
- TMW: Tagesmittelwert (24 Stunden);
- SMW: Stundenmittelwert;

- T35: Tagesmittelwert, der an 35 Tagen im Jahr überschritten wird (entspricht 90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte, nur für PM₁₀);
- T00: maximaler Tagesmittelwert;
- S18: Stundenmittelwert, der an 18 Stunden im Jahr überschritten wird (entspricht 99,8-Perzentil der Stundenmittelwerte, nur für NO₂);
- S00: maximaler Stundenmittelwert;
- 98-Perzentil: Stundenmittelwert, der an 2 % der Jahresstunden überschritten wird.

7.3. Tunnelmodell GRAL

Die Berechnung der Luftströmungen an Tunnelportalen ist nur mit wenigen Modellen möglich. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die aus dem Tunnelmund ausströmende Luft einen horizontalen Impuls, d.h. eine entsprechende Austrittsgeschwindigkeit aufweist. Dieser Effekt ist insbesondere im Nahbereich von Tunnelportalen relevant. Eine derartige Modellierung ist mit dem Modell AUSTAL2000 nicht möglich. Zur Berechnung der Ausbreitung nicht-reaktiver Schadstoffe an Tunnelportalen steht u. a. das Tunnelmodul des Ausbreitungsmodells GRAL TM3.5 [36] (Graz Lagrange'sches Modell) zur Verfügung. Punkt- oder Linienquellen können nicht modelliert werden. Das Modell berücksichtigt dagegen Temperaturunterschiede zwischen Tunnelluft und Außenluft, die Austrittsgeschwindigkeit und den Einfluss der Windrichtung am Tunnelaustritt. Dieses Tunnelmodell wurde für Temperaturunterschiede zwischen Tunnel- und Außenluft von - 1 K bis + 6 K getestet. Größere negative Temperaturdifferenzen könnten zu einer Überschätzung der Konzentrationen führen. Weiterhin ist das Modell für Austrittsgeschwindigkeiten der Tunnelluft von 0,5 m/s bis 6 m/s geeignet. Die Fahrspuren des Tunnels können dabei in eine Richtung, aber auch in entgegengesetzte Richtungen verlaufen.

Um den Einfluss der besonderen Bedingungen an den Tunnelportalen zu prüfen, wurden Teilstreichungen am Tunnelportal des Absenktunnels auf der Insel Fehmarn sowohl mit dem Modell AUSTAL2000 als auch dem Modell GRAL durchgeführt. Als Beispiel dienen dabei jeweils die NO_x-Emissionen, die im Tunnelinneren entstehen.

Bei der Anwendung des Tunnelmodells GRAL wurde ein Temperaturunterschied von 0 K zwischen Tunnelluft und Außenluft angesetzt. Zur Ermittlung der Austrittsgeschwindigkeiten an der Tunnelöffnung wurden die Tagesgänge des Straßenverkehrs und die Jahres-meteorologie berücksichtigt.

In der Abbildung 9 ist das Ergebnis der Ausbreitungsrechnung mit dem Rechenprogramm AUSTAL2000 dargestellt. Demgegenüber ist in der Abbildung 10 die mit dem Tunnelmodell GRAL TM3.5 berechnete Zusatzbelastung abgebildet.

Es zeigt sich, dass mit dem Modell AUSTAL2000 die Immissionen im Umfeld des Tunnelportals an Land höher ausfallen. Das Tunnelmodell GRAL zeigt dagegen eine Abschattung am Tunnel sowie eine entlang des Tunnels gerichtete Ausbreitung, die im vorliegenden Fall jedoch auf unbewohnte Bereiche weist. (Anmerkung: Die nadelartige Struktur in West-Ost-Richtung ist auf einen modellbedingten Artefakt zurückzuführen und physikalisch nicht sinnvoll). Insgesamt sind für die maßgebenden Einwirkbereiche, die sich weit vom Tunnelportal entfernt befinden, keine relevanten Unterschiede zu erwarten. Das Modell AUSTAL2000 führt hier eher zu Ergebnissen auf der sicheren Seite. Im Folgenden wird daher ausschließlich das Modell AUSTAL2000 verwendet.

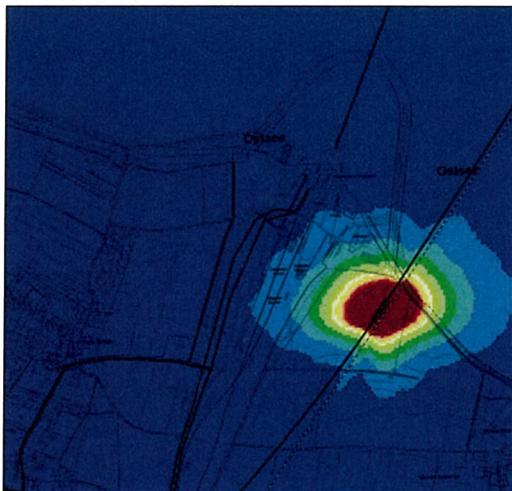


Abbildung 9: NO_x-Zusatzbelastung mit Rechenmodell AUSTAL2000

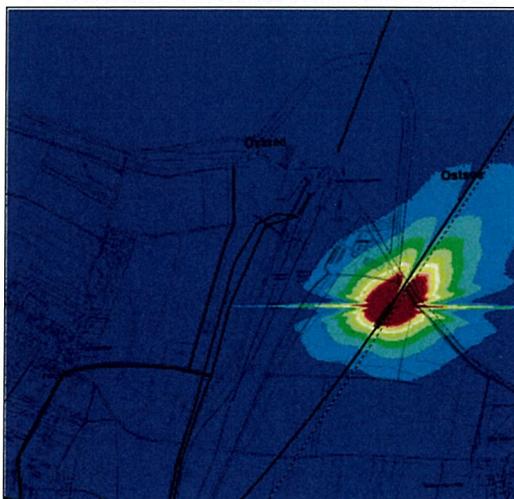


Abbildung 10: NO_x-Zusatzbelastung mit Rechenmodell GRAL TM3.5

7.4. NO-NO₂-Konversion

7.4.1. Allgemeines

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

Aktuelle Messungen an innerstädtischen verkehrsexponierten Standorten zeigen teilweise deutliche Zunahmen der NO₂-Immissionen, was den bisher prognostizierten Abnahmen der NO_x-Emissionen durch verbesserte Abgasreinigungstechniken widerspricht. Als Erklärung für diese Messwerte werden u. a. erhöhte NO₂-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-NO₂-Verhältnis im primären Abgas als das bisherige von etwa 90:10 bis 95:5. So wurde der Anteil der NO₂-Emission für Diesel-PKW zwischen 22 % und 75 %, für LKW zwischen etwa 13 % und 66 % der NO_x-Emission bestimmt [48]. Mit vermehrtem Einsatz von Dieselfahrzeugen mit Oxidationskatalysatoren ist daher eine erhöhte Direktemission von NO₂ verbunden. Trotz zurückgehender NO_x-Emissionen haben somit die fahrzeugspezifischen NO₂-Emissionen der Diesel-PKW zwischen Euro 1 und Euro 4 stetig zugenommen, erst mit Einführung der Grenzwertstufen Euro 5 und Euro 6 sind Abnahmen der NO₂-Emissionen zu erwarten [50].

Im Handbuch Emissionsfaktoren 3.1 [10] sind jetzt auch Angaben zu den NO₂-Emissionen im Abgas enthalten. Für das Bezugsjahr 2020 beträgt der Anteil der NO₂-Direktemission am gesamten NO_x-Emissionsfaktor für PKW etwa 29 %, für LNF etwa 31 % bis 32 %, für SNF etwa 13 % bis 17 % und für Busse etwa 9-10 % (s. Anlage A 3.4.1). Für o.g. Fahrzeugarten ist daher gegenüber früheren Ansätzen von einer erhöhten NO₂-Direktemission auszugehen.

Zur Ermittlung der Stickstoffdioxid-Immissionen stehen verschiedene Ansätze wie z.B. die Umwandlung gemäß Romberg, die Verwendung eines vereinfachten Chemiemodells oder die Umwandlung nach der VDI 3782, Blatt 1 [37] zur Verfügung. Diese wurde aus Messungen an Abgasfahnen an Kraftwerken abgeleitet. Dementsprechend ist sie im Rahmen der TA Luft für die Anwendung auf Industrieanlagen, d.h. hohen Quellen relevant. Das vorliegende Verfahren fällt jedoch nicht in den Anwendungsbereich der TA Luft. Erfahrungsgemäß führt die Anwendung der Konversion gemäß VDI 3782, Blatt 1 bei verkehrsbedingten Immissionen nicht zu realistischen Ergebnissen, die mit Messwerten im straßennahen Bereich verträglich ist, so dass sich die im Folgenden beschriebenen Konversionsmodelle auf die Umwandlung gemäß Romberg und die Anwendung des vereinfachten Chemiemodells beschränken.

7.4.2. Umwandlung gemäß Romberg

Die Abschätzung der Stickstoffdioxid-Immissionen im straßennahen Bereich wurde bisher überwiegend durch einen aus Naturmessdaten abgeleiteten statistischen Zusammenhang nach Romberg et al. [46] durchgeführt. Die NO₂-Immissionen können gemäß Romberg et al. aus folgenden Formeln ermittelt werden:

$$\text{Jahresmittelwert:} \quad [NO_2] = [NO_x] \cdot \left(\frac{103}{[NO_x] + 130} + 0,005 \right)$$

$$\text{98-Perzentil:} \quad [NO_2] = [NO_x] \cdot \left(\frac{111}{[NO_x] + 119} + 0,039 \right)$$

Es werden zunächst die NO_x-Immissionen aller Teilquellen aufsummiert und die entsprechenden Kenngrößen berechnet (Jahresmittelwerte und 98-Perzentile). Die Ermittlung der NO₂-Belastungen erfolgt anschließend gemäß Romberg et al.

Da die obigen Konversionsformeln im Jahr 1996 ermittelt wurden, sind die neueren Entwicklungen in dem obigen Ansatz nach Romberg et al. nicht enthalten.

Ende 2007 wurde von Bächlin et al. [50] eine Anpassung der Romberg-Formel durch eine Anpassung der in den obigen Formeln enthaltenen Parameter vorgenommen:

$$\text{Jahresmittelwert:} \quad [NO_2] = [NO_x] \cdot \left(\frac{29}{[NO_x] + 35} + 0,217 \right)$$

$$\text{98-Perzentil:} \quad [NO_2] = [NO_x] \cdot \left(\frac{40}{[NO_x] + 20} + 0,170 \right)$$

Die an hoch belasteten Straßen gemessenen Immissionen lassen sich mit dem angepassten Modell besser erklären. Im vorliegenden Fall niedriger Konzentrationen ist mit der angepassten Formel gemäß Bächlin jedoch mit einer Überschätzung der Belastungen zu rechnen.

7.4.3. Vereinfachtes chemisches Modell

Mittlerweile liegen Veröffentlichungen zu einem vereinfachten chemischen Umwandlungsmodell zur NO-NO₂-Konversion vor [51]/[52], das für die Anwendung geeignet erscheint und zu plausiblen Ergebnissen führt. Als wesentliche Parameter sind die Hintergrundbelastungen für NO_x, NO₂ und Ozon sowie der Anteil p an NO₂-Direktmissionen im Abgas zu verwenden. Dabei werden die Hintergrundbelastungen für NO_x und NO₂ unabhängig voneinander verwendet, da im NO_x auch der Anteil an NO enthalten ist. Darüber hinaus kann zwischen Freifeld und Straßenschlucht unterschieden werden (Wahl der Zeitkonstante τ).

Die NO₂-Konzentration im Jahresmittel kann für das photochemische Gleichgewicht der NO-NO₂-O₃-Reaktionschemie aus folgender Formel berechnet werden:

$$[NO_2] = 0,5 \cdot \left(B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot ([NO_x][NO_2]_O + [NO_2]_n / k\tau)} \right)$$

mit

$$[NO_2]_n = [NO_2]_V + [NO_2]_B,$$

$$[NO_2]_O = [NO_2]_n + [O_3]_B,$$

$$B = [NO_x] + [NO_2]_O + \frac{1}{k} \left(J + \frac{1}{\tau} \right)$$

und

$$[NO_2]_V = p([NO_x] - [NO_x]_B)$$

Dabei bezeichnet [NO_x] die NO_x-Gesamtbelastung an der Verkehrsmessstation. [NO_x]_B, [NO₂]_B und [O₃]_B sind die Konzentrationen im städtischen Hintergrund und p = NO₂/NO_x der Anteil der Direktmissionen im Abgas. Die Größen J und k wurden anhand von Literaturwerten sowie τ nach Anpassung an Messdaten einheitlich wie folgt festgelegt [51]:

$$J = 0,0045 \text{ s}^{-1},$$

$$k = 0,00039 \text{ (ppb s)}^{-1}$$

und

$$\tau = 100 \text{ s (Straßenschlucht) bzw. } 40 \text{ s (Freifeld)}.$$

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

Zusätzlich ist der NO₂-Direktmissionsanteil p als Parameter zu verwenden. Dieser kann anhand des neuen Handbuchs Emissionsfaktoren [10], das auch Daten für NO₂ enthält, abgeschätzt werden. Im konkreten Fall kann dieser Parameter aufgrund der lokal vorhandenen Zusammensetzung der Fahrzeugflotte durchaus anders ausfallen. Somit verbleibt auch bei Verwendung des vereinfachten chemischen Modells mit dem NO₂-Direktmissionsanteil ein Parameter, der für die Kalibrierung bzw. Anpassung an Messdaten herangezogen werden kann.

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

7.5. 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 zur Luftqualität Schleswig-Holstein herangezogen. Zur Ableitung der Hintergrundbelastungen sind die nicht verkehrsexponierten bzw. die flächenbezogenen Standorte geeignet. Eine Zusammenstellung aktueller Messwerte zeigt die Anlage A 5.

Für die Zeitreihenberechnungen wurden vom Landesamt für Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein stundenfeine Jahregänge der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen und der Stickstoffoxid-Belastungen zur Verfügung gestellt [56]. Dabei wurde das Jahr 2004 als repräsentativ zugrunde gelegt [54].

Das Untersuchungsgebiet hat in weiten Teilen ländlichen Charakter. 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 und Benzol – 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.

Die statistischen Kennwerte der Messergebnisse der Hintergrundbelastungen sind in der Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Zusammenstellung der Hintergrundbelastungen (zur Definition der Kenngrößen siehe Abschnitt 7.2.2)

Kenngröße	Luftschadstoff						
	NO _x	NO ₂	NO	Ozon	Benzol	PM ₁₀	PM ₂₅
J00	16,3	12,1	3,0	59,0	1,0	18,0	16,0
T35	—	—	—	—	—	32,3	—
Tage > 50 µg/m ³	—	—	—	—	—	7,0	—
S18	—	52,6	—	—	—	—	—
98P	55,0	37,0	—	—	—	—	—

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird zur sicheren Seite von folgenden Hintergrundbelastungen (2004) ausgegangen:

- Stickstoffoxide, Feinstaub: Messwerte der Station Bornhöved;
- Ozon, Benzol: Messwerte Fehmarn.

In der vorliegenden Untersuchung wird von dem konservativen Ansatz ausgegangen, dass die Hintergrundbelastung im Wesentlichen konstant bleibt. Tatsächlich ist jedoch aufgrund emissio-

onsmindernder Maßnahmen zur flächendeckenden Einhaltung der Grenzwerte der 39. BImSchV in den kommenden Jahren eine Abnahme der großräumigen Hintergrundbelastungen zu erwarten. Diese Abnahme ist jedoch schwer quantifizierbar, so dass diese im Folgenden zur sicheren Seite nicht eingerechnet wird.

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

7.6. Gesamtbelastungen

7.6.1. Allgemeines

Zur Bewertung der Luftschadstoffsituation wurden die Immissionen durch die Feste Fehmarnbeltquerung berechnet. Dabei wurden die Luftschadstoffemissionen des Schienenverkehrs sowie des Straßenverkehrs berücksichtigt.

Insgesamt wurde an 16 Immissionsorten der stundenfeine Jahresgang der Luftschadstoffimmissionen für die Luftschadstoffkomponenten Stickstoffoxide (NO_x), Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) sowie Benzol berechnet. Die Lage der Immissionsorte kann dem Lageplan in der Anlage A 1.2 entnommen werden. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abschnitten für jede Schadstoffkomponente getrennt zusammengefasst.

In den Anlagen A6.1 bis A6.5 sind ergänzend flächendeckende Karten für den Absenktunnel dargestellt. Die Darstellung umfasst die Jahresmittelwerte der maßgebenden Kenngrößen Stickstoffdioxid, Stickstoffoxide, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) und Benzol. Aus Gründen der Darstellung wurde jeweils eine Skaleneinteilung mit variierenden Klassenbreiten entsprechend der beurteilungsrelevanten Gesamtbelastungen gewählt.

Eine flächendeckende Berechnung der Gesamtbelastungen der Tages- und Stundenmittelwerte ist mit dem Programm AUSTAL2000 nicht möglich, so dass eine Darstellung hier nicht erfolgen kann. Diese Beurteilung erfolgt dagegen an den betrachteten repräsentativen Einzelpunkten.

7.6.2. Stickoxid-Belastungen (NO_x, Jahresmittelwert J00)

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

Flächendeckende Ergebnisse für NO_x zeigt die Rasterkarte in Anlage A 6.1.

Der Immissionsgrenzwert von 30 µg/m³ wird in den beurteilungsrelevanten Bereichen sicher eingehalten bzw. deutlich unterschritten.

7.6.3. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO₂, Jahresmittelwert J00)

Die NO₂-Belastungen wurden aus den NO_x-Immissionen unter Verwendung des vereinfachten chemischen Modells (siehe Abschnitt 7.4.3) ermittelt. Dabei wurde aufgrund der räumlichen Situation von Freifeldbedingungen (Zeitkonstante $\tau = 40$ s) und einem NO₂-Direktemissionsanteil von 25 % ausgegangen, Straßenschluchten liegen nicht vor.

Die Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Belastungen für den Absenktunnel sind in der Tabelle 5 und der Abbildung 11 dargestellt.

Flächendeckende Ergebnisse für NO₂ zeigt die Rasterkarte in Anlage A 6.2.

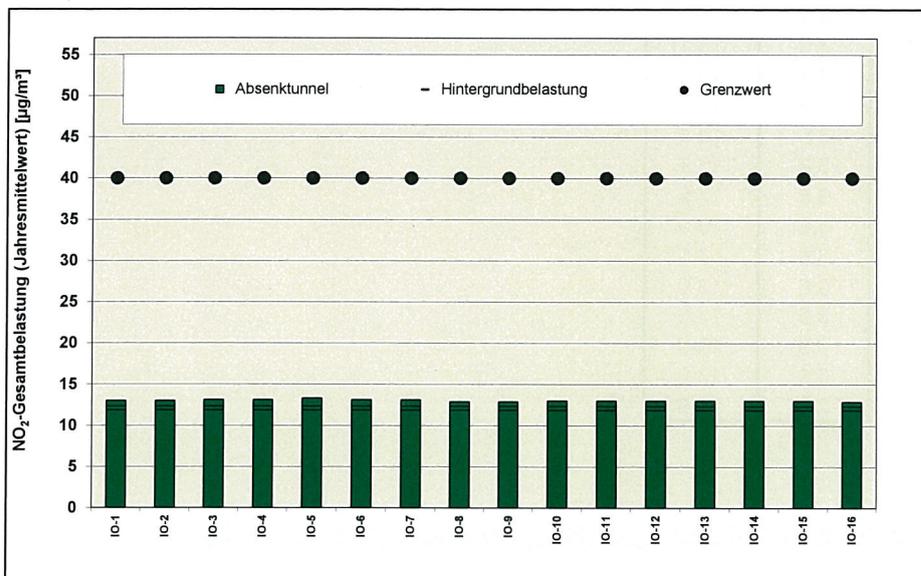


Abbildung 11: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

An allen beurteilungsrelevanten Immissionsorten wird der zulässige Grenzwert deutlich unterschritten. Die höchsten NO₂-Gesamtbelastungen betragen bis 13,3 µg/m³. In Bezug auf den Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ sind die Belastungen durch die Feste Fehmarnbeltquerung an allen maßgebenden Immissionsorten als mittlere Konzentration (zwischen 25 % und 50 % des Grenzwertes) einzustufen.

Tabelle 5: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Immissionsort	NO ₂ -Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]		
	Hintergrundbelastung	Absenktunnel	
		Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1	12,1	3,9	13,0
IO-2	12,1	3,9	13,0
IO-3	12,1	3,9	13,1
IO-4	12,1	3,9	13,1
IO-5	12,1	4,1	13,3
IO-6	12,1	3,9	13,1
IO-7	12,1	3,9	13,1
IO-8	12,1	3,8	12,9
IO-9	12,1	3,8	12,9
IO-10	12,1	3,8	13,0
IO-11	12,1	3,8	13,0
IO-12	12,1	3,8	13,0
IO-13	12,1	3,9	13,0
IO-14	12,1	3,9	13,0
IO-15	12,1	3,9	13,0
IO-16	12,1	3,8	12,9

7.6.4. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO₂, Stundenmittelwert S18)

In den aktuellen Fassungen der TA Luft und der 39. BImSchV wurde für Stickstoffdioxid zusätzlich ein Kurzzeitbelastungswert von 200 µg/m³ festgelegt, der als Stundenmittel bis zu 18-mal im Jahr überschritten werden darf (im Folgenden als Kenngröße S18 bezeichnet). Aus den NO₂-Jahresmittelwerten wurde unter Berücksichtigung der aus Messdaten abgeleiteten Berechnungsfunktion gemäß RLU_S 2012 die Anzahl der Überschreitungen des NO₂-Stundenmittelwertes bestimmt.

Die NO₂-Stundenmittelwerte S18 für den Prognose-Planfall sind in der Tabelle 6 und Abbildung 12 aufgeführt.

An allen beurteilungsrelevanten Bereichen wird die zulässige Anzahl von 18 Überschreitungen des NO₂-Stundenmittelwertes von 200 µg/m³ sicher eingehalten. Im Bereich des Tunnelportals wird der NO₂-Stundenmittelwert lediglich unmittelbar im Fahrbahnbereich mehr als 18-mal überschritten. Dort sind jedoch keine dauerhaften Arbeitsplätze vorgesehen, so dass keine schutzbedürftigen Nutzungen betroffen sind.

Hinsichtlich der Anzahl der Überschreitungen des NO₂-Stundenmittelwertes von 200 µg/m³ sind die Immissionen an den untersuchten Einzelpunkten als sehr niedrige Konzentration (bis 10 % des Grenzwertes) zu bewerten.

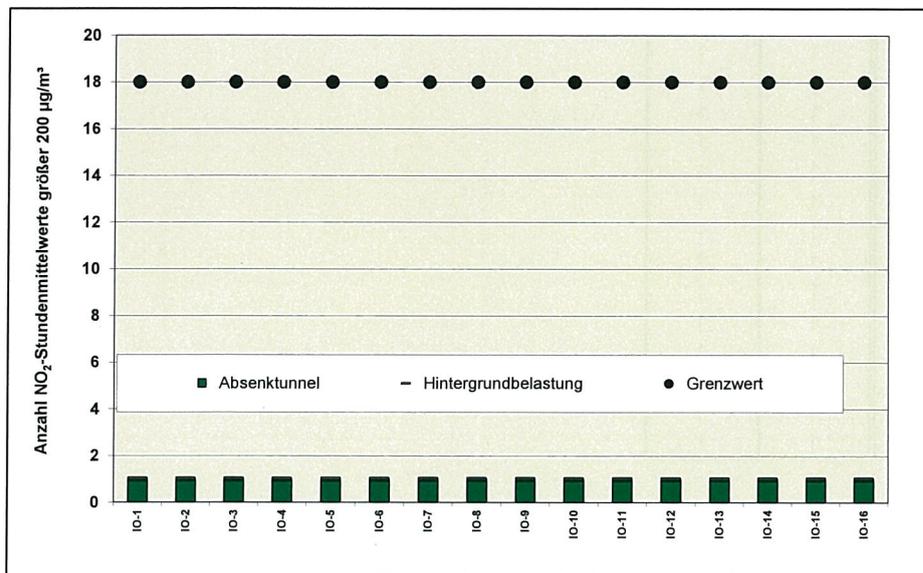


Abbildung 12: Stickstoffdioxid-Gesamtelastungen (Stundenmittelwert S18)

Tabelle 6: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S18)

Immissionsort	NO ₂ -Immissionen (Anzahl Stundenmittelwerte größer 200 µg/m ³)		
	Hintergrundbelastung	Absenktunnel	
		Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1	1	1	1
IO-2	1	1	1
IO-3	1	1	1
IO-4	1	1	1
IO-5	1	1	1
IO-6	1	1	1
IO-7	1	1	1
IO-8	1	1	1
IO-9	1	1	1
IO-10	1	1	1
IO-11	1	1	1
IO-12	1	1	1
IO-13	1	1	1
IO-14	1	1	1
IO-15	1	1	1
IO-16	1	1	1

7.6.5. Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (PM₁₀, Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen finden sich für die untersuchten Einzelpunkte in der Tabelle 7 sowie der Abbildung 13.

Eine flächendeckende Darstellung findet sich in der Anlage A 6.3.

Die PM₁₀-Belastungen werden maßgebend durch die großräumige Hintergrundbelastung bestimmt. Die Staubaufwirbelung durch den Schienenverkehr und den Kfz-Verkehr auf den Straßen sind demgegenüber nur von untergeordneter Bedeutung und im Wesentlichen nur im Nahbereich dieser Quellen maßgebend.

Es zeigt sich, dass die PM₁₀-Gesamtbelastungen den Grenzwert an der schützenswerten Bebauung deutlich unterschreiten. Die höchsten PM₁₀-Gesamtbelastungen betragen bis zu 18,4 µg/m³.

Hinsichtlich des Grenzwertes von 40 µg/m³ sind die Belastungen durch die Feste Fehmarnbeltquerung im Prognose-Planfall an allen maßgebenden Immissionsorten als mittlere Konzentration (zwischen 25 % und 50 % des Grenzwertes) einzustufen.

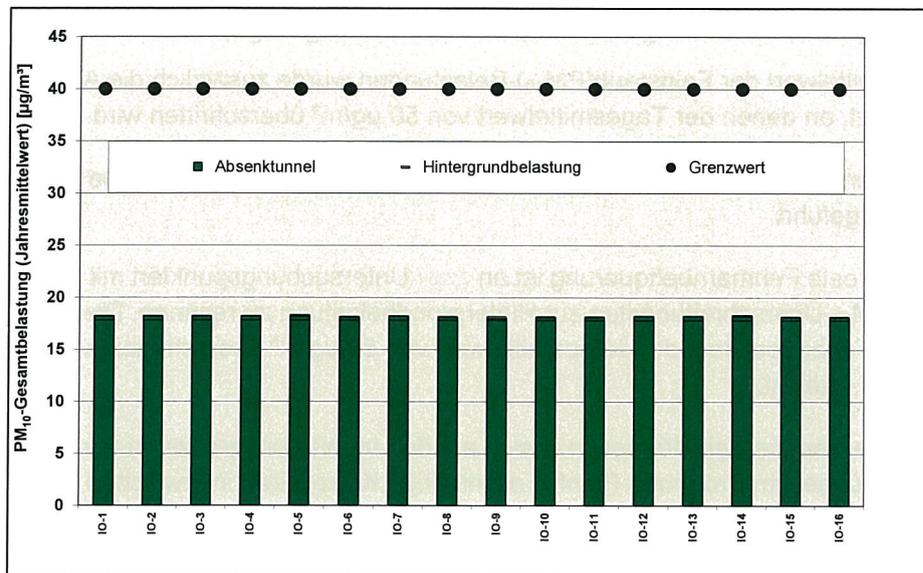


Abbildung 13: Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Tabelle 7: Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Immissionsort	Feinstaub (PM ₁₀)-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m³]		
	Hintergrundbelastung	Absenktunnel	
		Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1	18,0	0,2	18,2
IO-2	18,0	0,2	18,2
IO-3	18,0	0,2	18,2
IO-4	18,0	0,2	18,2
IO-5	18,0	0,3	18,4
IO-6	18,0	0,1	18,1
IO-7	18,0	0,2	18,2
IO-8	18,0	0,1	18,1
IO-9	18,0	0,0	18,0
IO-10	18,0	0,1	18,1
IO-11	18,0	0,1	18,1
IO-12	18,0	0,2	18,2
IO-13	18,0	0,2	18,2
IO-14	18,0	0,3	18,3
IO-15	18,0	0,1	18,1
IO-16	18,0	0,1	18,1

7.6.6. Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen (PM₁₀, Überschreitungstage)

Neben dem Jahresmittelwert der Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen wurde zusätzlich die Anzahl der Tage abgeschätzt, an denen der Tagesmittelwert von 50 µg/m³ überschritten wird.

Die Ergebnisse der entsprechenden Feinstaub(PM₁₀)-Belastungen sind in der Tabelle 8 und der Abbildung 14 aufgeführt.

Durch die geplante Feste Fehmarnbeltquerung ist an **zwei** Untersuchungspunkten mit je einem zusätzlichen PM₁₀-Überschreitungstag zur Hintergrundbelastung zu rechnen. Die zulässige Anzahl von 35 Tagen, bei dem der Jahresmittelwert von 50 µg/m³ überschritten werden darf, wird somit nicht erreicht.

Für diese Kenngröße sind die Belastungen in Bezug auf den Immissionsgrenzwert von 35 zulässigen Überschreitungen im Prognose-Planfall als niedrige Konzentration (zwischen 10 % und 25 % des Grenzwertes) zu bewerten.

Tabelle 8: Feinstaub (PM₁₀)-Gesamtemissionen (Anzahl der Tagesmittelwerte > 50 µg/m³)

Immissionsort	Feinstaub (PM ₁₀)-Immissionen, Anzahl Tagesmittelwerte größer 50 µg/m ³		
	Hintergrundbelastung	Absenktunnel	
		Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1	7,0	0	7
IO-2	7,0	0	8
IO-3	7,0	0	7
IO-4	7,0	0	7
IO-5	7,0	0	7
IO-6	7,0	0	7
IO-7	7,0	0	7
IO-8	7,0	0	7
IO-9	7,0	0	7
IO-10	7,0	0	7
IO-11	7,0	0	7
IO-12	7,0	0	7
IO-13	7,0	0	7
IO-14	7,0	0	8
IO-15	7,0	0	7
IO-16	7,0	0	7

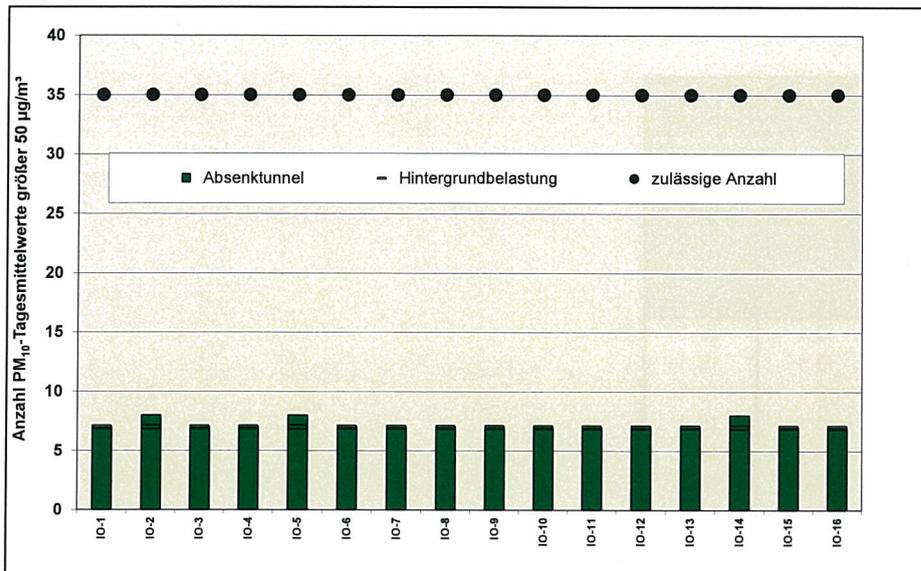


Abbildung 14: Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Anzahl der Tagesmittelwerte > 50 µg/m³)

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

Desweiteren wurden zusätzlich zu den PM₁₀-Gesamtbelastungen die PM_{2,5}-Jahresmittelwerte betrachtet.

Die entsprechenden Ergebnisse der Feinstaub(PM_{2,5})-Belastungen finden sich für die untersuchten Einzelpunkte in der Tabelle 9 sowie der Abbildung 15.

Eine flächendeckende Darstellung findet sich in der Anlage A 6.4

In allen beurteilungsrelevanten Bereichen wird der zulässige Grenzwert von 25 µg/m³ sicher eingehalten.

Bezüglich des Grenzwertes von 25 µg/m³ sind die Gesamtbelastungen im Prognose-Planfall als leicht erhöhte Konzentration (zwischen 50 % und 75 % des Grenzwertes) zu bewerten.

Tabelle 9: Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtelastungen (Jahresmittelwert J00)

Immissionsort	Feinstaub (PM _{2,5})-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m ³]		
	Hintergrundbelastung	Absenktunnel	
		Zusatzbel.	Gesamtelast.
IO-1	16,0	0,1	16,1
IO-2	16,0	0,1	16,1
IO-3	16,0	0,1	16,1
IO-4	16,0	0,1	16,1
IO-5	16,0	0,1	16,1
IO-6	16,0	0,0	16,0
IO-7	16,0	0,1	16,1
IO-8	16,0	0,0	16,0
IO-9	16,0	0,0	16,0
IO-10	16,0	0,0	16,0
IO-11	16,0	0,0	16,0
IO-12	16,0	0,0	16,0
IO-13	16,0	0,1	16,1
IO-14	16,0	0,0	16,0
IO-15	16,0	0,1	16,1
IO-16	16,0	0,1	16,1

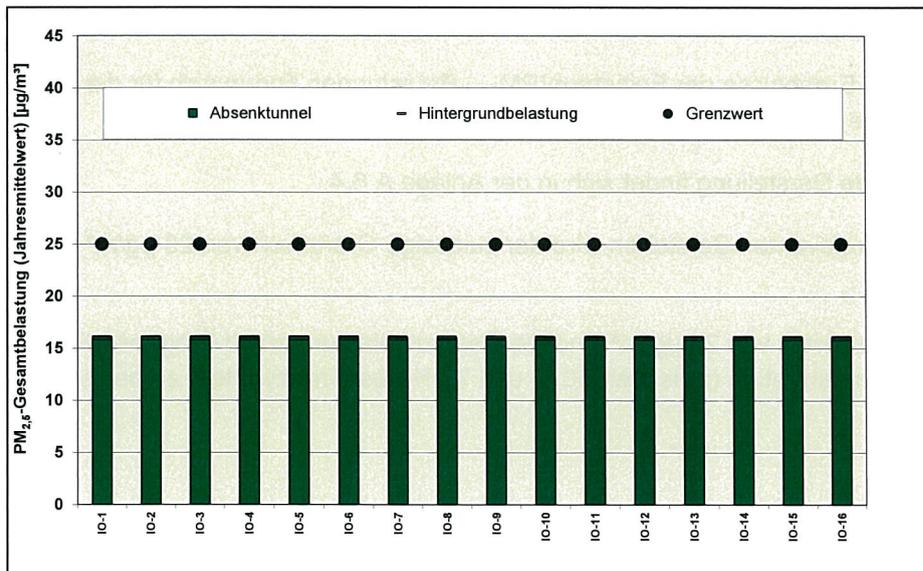


Abbildung 15: Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtelastungen (Jahresmittelwert J00)

7.6.8. Benzol-Belastungen (Bzl, Jahresmittelwert J00)

Weiterhin wurden die Benzol-Belastungen für den Prognose-Planfall der Festen Fehrmarnbeltquerung ermittelt.

Die Ergebnisse finden sich für die untersuchten Einzelpunkte in der Tabelle 10 sowie der Abbildung 16.

Eine flächendeckende Darstellung ist der Anlage A 6.5 zu entnehmen.

Der Benzol-Grenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird für den Untersuchungsfall nicht erreicht. Die durch den Betrieb des Absenktunnels entstehenden Benzol-Immissionen sind so gering, dass sie im Rahmen von Rundungsgenauigkeiten der Hintergrundbelastung entsprechen.

Bezogen auf den Grenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind die ermittelten Benzol-Gesamtbelastungen des Prognose-Planfalls als niedrige Konzentration (zwischen 10 % und 25 % des Grenzwertes) einzustufen.

Tabelle 10: Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Immissionsort	Benzol-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
	Hintergrundbelastung	Absenktunnel	
		Zusatzbel.	Gesamtbel.
IO-1	1,0	0,0	1,0
IO-2	1,0	0,0	1,0
IO-3	1,0	0,0	1,0
IO-4	1,0	0,0	1,0
IO-5	1,0	0,0	1,0
IO-6	1,0	0,0	1,0
IO-7	1,0	0,0	1,0
IO-8	1,0	0,0	1,0
IO-9	1,0	0,0	1,0
IO-10	1,0	0,0	1,0
IO-11	1,0	0,0	1,0
IO-12	1,0	0,0	1,0
IO-13	1,0	0,0	1,0
IO-14	1,0	0,0	1,0
IO-15	1,0	0,0	1,0
IO-16	1,0	0,0	1,0

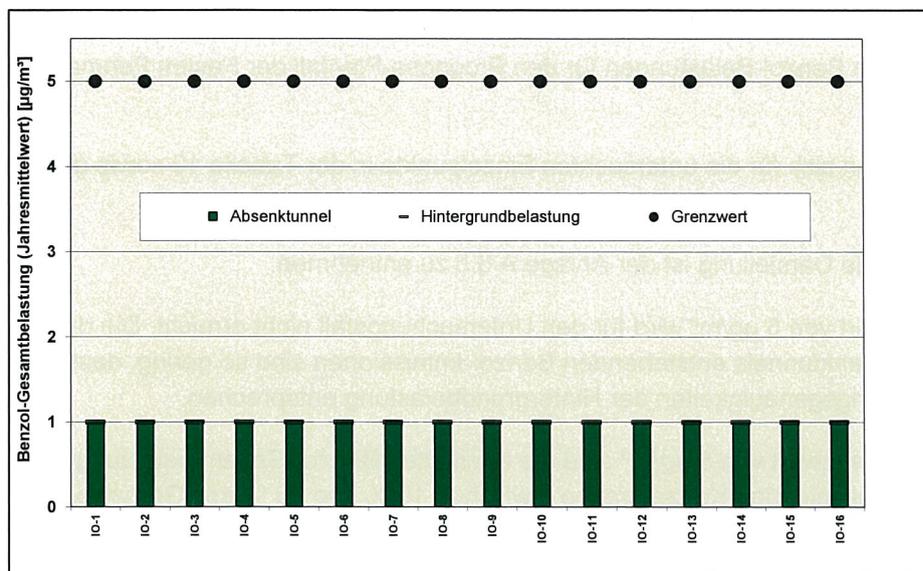


Abbildung 16: Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

7.7. 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 gut wiedergegeben werden. Dies zeigt sich durch einen Vergleich von Ergebnissen aus vorhergehenden Immissionsprognosen [65]-[68] im Rahmen anderer Projekte mit tatsächlichen Messwerten der Luftüberwachung Schleswig-Holstein an Belastungsschwerpunkten des Straßenverkehrs.

Die statistischen Unsicherheiten bei der Ausbreitungsberechnung mit AUSTAL2000 liegen im Bereich der beurteilungsrelevanten Einwirkbereiche unterhalb der erforderlichen Mindestgenauigkeit gemäß TA Luft von 3 % (Jahresmittelwert) bzw. 30 % (Tagesmittelwert). Die Qualitätsziele der 39. BImSchV werden sicher eingehalten.

8. Stickstoffdeposition

8.1. Allgemeines

Unter Deposition wird die Ablagerung eines Spurenstoffes an einer Grenzfläche der Atmosphäre, z.B. Erdboden, Gebäudeoberfläche verstanden. Man unterscheidet zwischen trockener Deposition durch Anhaften, zufällige Berührung oder Sedimentation (Absinken von Aerosolen infolge der Schwerkraft) und nasser Deposition infolge von Niederschlag [25]/[39].

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

Trockene atmosphärische Deposition ist die Ablagerung oder Absorption von festen Partikeln, kleinen flüssigen Partikeln (Nebel- und Wolkentröpfchen) und Gasen aus der Luft heraus an Grenzflächen wie z.B. dem Erdboden, Pflanzen und bebauten Flächen. Die physikalischen Prozesse, die bei der trockenen Deposition eine Rolle spielen, sind der Transport der Schadstoffe zur Oberfläche und die Aufnahme in diese. Der Transport wird von den Turbulenzeigenschaften der oberflächennahen Luftschicht bestimmt, die Aufnahme hängt, insbesondere bei pflanzlichem Bewuchs, von einer ganzen Reihe von Parametern ab, wie der Pflanzenart, der Oberflächenfeuchte, der Jahres- und Tageszeit und den Konzentrationen bereits absorbierten Spurenstoffe. Der Vorgang des Austrags und der Ablage von Stoffen durch kleine flüssige Partikel (Tröpfchen) wird auch gesondert als feuchte atmosphärische Deposition bezeichnet.

Nasse atmosphärische Deposition ist der Austrag von gelösten und ungelösten (an Partikeln haftenden) Substanzen durch wässrige Niederschläge wie Regen, Schnee und Hagel. Neben der Niederschlagsmenge hängt der Bodeneintrag vom Transport der Spurenstoffe zur Oberfläche und von den Lösungsseigenschaften ab.

Die Beurteilung der Deposition in empfindlichen Gebieten erfolgt auf Grundlage von nutzungsabhängigen kritischen Stoffeinträgen („critical loads“) [28]/[29]. Sofern die critical loads aufgrund der vorhandenen Vorbelastungen bereits überschritten werden, sind in der Regel zum Schutz der FFH-Gebiete keine relevanten zusätzlichen Einträge zulässig. Die Relevanzgrenze liegt in der Regel in Anlehnung an die TA Luft bei einem Zusatzeintrag von bis zu 3% des critical load-Wertes. Dies wurde auch in der aktuellen Rechtsprechung bestätigt [9].

Im Rahmen eines aktuellen Forschungsvorhabens der Bundesanstalt für Straßenwesen wurde ein Verfahren zur Bewertung straßenverkehrsbedingter Nährstoffeinträge in empfindliche Biotope erarbeitet

[72],[75].

Dementsprechend wird die Anwendung eines unteren Abschneidekriteriums von 0,3 kg/(ha a) empfohlen (Irrelevanzschwelle). Bei vorhabenbezogenen Stickstoffeinträgen unterhalb dieses Wertes wäre das Vorhaben dann grundsätzlich zulässig.

Dieser Wert stützt sich direkt auf einen Fachkonventionsvorschlag zur Erheblichkeitsbeurteilung. Die zusätzliche Menge an vorhabensbedingten Stickstoffeinträgen ist bis zu dieser Schwelle weder durch Messungen empirisch nachweisbar noch wirkungsseitig relevant und damit nach den Maßstäben der praktischen Vernunft und der Verhältnismäßigkeit irrelevant. Der Wert von 0,3 kg/(ha a) ist unabhängig von einem critical load.

8.2. Berechnungsverfahren

In der Nähe von niedrig liegenden Quellen wird der Stickstoffeintrag in der Regel durch die trockene Deposition bestimmt. Bei hohen Quellen (Schornsteinen) kann demgegenüber im Nahbereich die nasse Deposition durch Auswaschvorgänge überwiegen. Im vorliegenden Fall von niedrig liegenden Quellen kann sich somit die Ausbreitungsrechnung auf die trockene Deposition beschränken. Die Berechnung der Schadstoffdeposition erfolgt mithilfe des Programms AUSTAL2000 für die Schadstoffkomponenten Stickoxide (NO_x) und Ammoniak (NH₃). Für die Berücksichtigung der nassen Deposition ist eine Abschätzung ausreichend, denn die nasse Deposition wird maßgeblich, aufgrund der deutlich besseren Wasserlöslichkeit gegenüber NO_x, durch die NH₃-Emissionen bestimmt [39]. Da es sich bei den hier betrachteten Emissionen ausschließlich um verkehrsbedingte Quellen handelt, überwiegen jedoch die NO_x-Emissionen. Das Verhältnis von NH₃ zu NO_x beträgt für die maßgebenden Straßenabschnitte etwa 10 %. Implizit ist die nasse Deposition auch in der Hintergrundbelastung enthalten, die bei der Bewertung der Gesamtbelastung zu berücksichtigen ist.

Die trockene Deposition wird durch Depositionsgeschwindigkeiten bestimmt, die stoffspezifisch sind und von der Nutzung der Landschaft abhängen.

Hierzu stehen Ansätze in der VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5 [39] zur Verfügung. Aktuelle Werte für die Depositionsgeschwindigkeiten, differenziert nach Landnutzungsklassen gemäß dem CORINE-Kataster, wurden für das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Umweltbundesamtes ermittelt [26] und für die Anwendung empfohlen. Letztere Daten sind derzeit jedoch in der Diskussion, so dass im Folgenden die verifizierten Depositionsgeschwindigkeiten der VDI 3782, Blatt 5 zugrunde gelegt werden. Dies wird auch in einem aktuellen Forschungsbericht vorgeschlagen

[72].

Die Berechnung der Schadstoffdeposition erfolgte mithilfe des Programms AUSTAL2000 für die Schadstoffkomponenten Stickoxide (NO_x) und Ammoniak (NH₃). Bei der Ausbreitungsrechnung wurden für die Stickoxide und für Ammoniak entsprechenden Depositionsgeschwindigkeiten zugrunde gelegt (siehe Tabelle 12). Für NO und NO₂ wurden die Depositionsgeschwindigkeiten für die Mesoskala berücksichtigt, da landnutzungsabhängige Werte in der

VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5 nicht zur Verfügung stehen. Die Deposition von NH_3 wurde mit einer Depositionsgeschwindigkeit von 1,0 cm/s gemäß TA Luft berechnet, um den Schadstoffaustrag auf dem Ausbreitungsweg, wo noch kein Wald mit höherer Depositionsrate vorliegt, nicht zu überschätzen. Die Ammoniaketräge bezogen auf das Waldgebiet wurden anschließend mit dem Faktor 2 auf die Depositionsgeschwindigkeit von 2,0 cm/s umgerechnet [70].

Die vom Modell berechneten NO_x - und Ammoniakdepositionen werden aus den jeweiligen Stickstoffmassenanteilen in Stickstoffdepositionen umgerechnet.

Bei der Berechnung der Stickstoffdepositionen aus der NO_x -Belastung wird die Verteilung der NO - und NO_2 -Anteile benötigt, da die Depositionsgeschwindigkeiten unterschiedlich sind. Aktuelle Messwerte an Stationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein zeigen für die großräumige Hintergrundbelastung abseits von Hauptverkehrsstraßen einen NO_2 -Anteil von etwa 70 % bis 75 %, während der NO_2 -Anteil an straßenverkehrsexponierten Standorten mit etwa 30 % deutlich niedriger liegt.

Im Folgenden wird für die Zusatzbelastungen im Untersuchungsgebiet zur sicheren Seite von einem mittleren Umwandlungsgrad von 70 %, d.h. einem NO_2 -Anteil von 70 % ausgegangen. Die NO_2/NO -Verteilung von 70:30 wird für die Ableitung einer mittleren Depositionsgeschwindigkeit für die NO_x -Belastungen zugrunde gelegt.

Tabelle 11: Depositionsgeschwindigkeiten v_d [cm/s] für verschiedene Stickstoffverbindungen

Schadstoffkomponente	Depositionsgeschwindigkeit v_d [cm/s]	
	Wald	Mesoskala
Stickstoffmonoxid (NO)	—	0,05
Stickstoffdioxid (NO_2)	—	0,30
Stickoxide (NO_x), Anteil NO_2 an NO_x etwa 70%	—	0,23
Ammoniak (NH_3)	2,0	1,2

8.3. Stickstoffdepositionen in den FFH-Gebieten

Zur Bewertung der Stickstoffdepositionen wurden die Zusatzbelastungen durch die geplante Feste Fehmarnbeltquerung für den Absenktunnel berechnet.

Die trockene Stickstoffdeposition wurde als Jahresfracht in g/(ha a) flächendeckend berechnet. Für den Vegetationstyp mit der höchsten Depositionsgeschwindigkeit sind die höchsten Stickstoffeinträge in die FFH-Gebiete auf Fehmarn zu erwarten. Im vorliegenden Fall sind für den Vegetationstyp „Laubwälder“ die höchsten Stickstoff-Zusatzeinträge in den FFH-Gebieten zu erwarten. Dieser Vegetationstyp ist zwar nur zu einem sehr geringen Anteil im FFH-Gebiet

enthalten, entspricht jedoch dem „worst case“. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Berechnungen der Stickstoffdepositionen für weitere Vegetationstypen, die häufiger auftreten (z. B. Wasserflächen), zu geringeren Ergebnissen führen.

Da der Vegetationstyp „Laubwälder“ dem „worst case“ entspricht, wurde zur Beurteilung der Zusatzbelastungen lediglich eine Rasterkarte für diese Nutzungsart erstellt, welche sich in der Anlage A 7 befindet. Die FFH-Gebiete „Küstenstreifen West- und Nordfehmarn“ (FFH DE 1532-391) und das angrenzende FFH-Gebiet „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ (FFH DE 1631-392) sind in der Rasterkarte schraffiert dargestellt.

Wie aus der Rasterkarte ersichtlich, ergeben sich in den FFH-Gebieten Stickstoff-Zusatzbelastungen unterhalb 0,050 kg/(ha a) durch die Feste Fehmarnbeltquerung. Die Zusatzeinträge liegen innerhalb des Abschneidekriteriums von 0,3 kg/(ha a), somit sind die Stickstoffeinträge durch die Feste Fehmarnbeltquerung irrelevant.

Unter Berücksichtigung des critical load Wertes für Laubwälder von 15-20 kg/(ha a) [28]-[29] liegen diese Werte weit unter 1 % und somit unterhalb des Relevanzkriteriums von 3 % (0,45-0,6 kg/(ha a)). Ist der critical load Wert kleiner anzunehmen (z. B. 5-10 kg/(ha a) für die Landnutzung „Wasserflächen“), liegt diese Zusatzbelastung ebenso unterhalb 1% und dementsprechend unterhalb der Relevanzgrenze.

Die Berücksichtigung der nassen Deposition erfolgte anhand der Ergebnisse der trockenen Deposition. Da der Vegetationstyp Laubwälder wie oben aufgeführt dem „worst case“ entspricht und die Irrelevanzgrenze von 3 % für diesen Vegetationstyp (critical load-Wert 15-20 kg/(ha a) bei 450 g/(ha a) liegt, müsste die nasse Deposition etwa das 9-fache der trockenen Deposition betragen, um in den Bereich der Irrelevanzgrenze zu gelangen. Entsprechend müsste beim Ökosystem Wasser (critical load von 5-10 kg/(ha a)), welches eine Irrelevanzgrenze von 150 g/(ha a) aufweist, die nasse Deposition mindestens das 3-fache der trockenen Deposition betragen, damit die zusätzlichen Einträge die Irrelevanzgrenze überschreiten. Aufgrund des geringen NH₃-Anteils an der Gesamtstickstoffemission und der Tatsache, dass bei niedrigliegenden Quellen wie dem Kfz-Verkehr die trockene Deposition maßgebend ist, ist unter Berücksichtigung der o. g. Ausführungen nicht zu erwarten, dass durch die nasse Deposition unzulässige Stickstoffeinträge in das FFH-Gebiet durch das geplante Vorhaben auftreten werden.

9. Zusammenfassung und Beurteilung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Luftschadstoffimmissionen durch den Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung im Bereich der umliegenden schützenswerten Nutzungen prognostiziert. Dabei wurden alle maßgeblichen Emissionsquellen einbezogen (Schienenverkehr, Straßenverkehr). Derzeit ist nicht abzusehen, ob nach Inbetriebnahme der Festen Fehmarnbeltquerung der heutige Fährverkehr weiterbetrieben oder eingestellt werden wird. In

diesem Gutachten wird davon ausgegangen, dass nach Fertigstellung der Festen Fehmarnbeltquerung die gesamten künftigen Verkehre zwischen Puttgarden und Rødby ausschließlich durch den Tunnel abgewickelt werden.

Für die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen wurden die aktuellen Grenz- und Immissionswerte herangezogen, insbesondere die Werte der aktuellen Fassungen der 39. BImSchV und der TA Luft. Es wurden die für den Schienen- und Straßenverkehr maßgeblichen Leitkomponenten Stickoxid, Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) und Benzol betrachtet.

Die Berechnung erfolgte auf Grundlage von stundenfeinen Jahresganglinien der Emissionen mit dem TA Luft-Modell AUSTAL2000. Mit diesem Vorgehen sind auch Aussagen zu den beurteilungsrelevanten Kurzzeit-Kenngrößen möglich (Tages-, Stundenmittelwerte und Überschreitungshäufigkeiten). Hinsichtlich der meteorologischen Daten und der großräumigen Hintergrundbelastungen wurde ein repräsentatives Jahr (2004) zugrunde gelegt. Die großräumigen Hintergrundbelastungen wurden auf Grundlage aktueller Messwerte der Luftüberwachung Schleswig-Holstein eingeschätzt.

Werden die *Gesamtemissionen* betrachtet, ist der Schienenverkehr als Hauptquelle der PM₁₀- und PM_{2,5}-Gesamtemissionen zu nennen. Aufgrund der Elektrifizierung des Schienenverkehrs gehen hiervon keine Emissionen der Schadstoffe CO₂, NH₃, NO_x und Benzol aus. Diese Schadstoffkomponenten werden ausschließlich durch den Straßenverkehr hervorgerufen.

Immissionsseitig ist an den maßgeblichen Immissionsorten festzustellen, dass für alle untersuchten Schadstoffkomponenten die derzeit bzw. ab 2015 geltenden Grenz- und Immissionswerte zum Schutz des Menschen überall sicher eingehalten werden.

Die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen und der Auswirkungen durch das geplante Vorhaben kann 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 Prognose-Planfall je nach Schadstoffkomponente als sehr niedrige bis leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen.

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. Dies wird voraussichtlich auch zu einer Reduktion der Stickstoffdioxid-Hintergrundbelastungen führen, so dass die tatsächlichen Gesamtbelastungen geringer ausfallen werden als hier dargestellt.

Bezogen auf die Schutz- und Erhaltungsziele der FFH-Gebiete „Küstenstreifen West- und Nordfehmarn“ (FFH DE 1532-391) und „Meeresgebiet der östlichen Kieler Bucht“ (FFH DE

1631-392) zeigen die Ergebnisse der Berechnungen der Stickstoffdeposition keine unzulässigen zusätzlichen Einträge durch den Betrieb des geplanten Vorhabens. Die Zusatzeinträge liegen innerhalb des Abschneidekriteriums von 0,3 kg/(ha a), somit sind die Stickstoffeinträge durch die Feste Fehmarnbeltquerung irrelevant. Alle Zunahmen hinsichtlich der vegetationsabhängigen „critical loads“ liegen deutlich unterhalb des Relevanzkriteriums von 3 %.

Aus lufthygienischer Sicht ist der Betrieb der Festen Fehmarnbeltquerung den obigen Ergebnissen entsprechend mit dem Schutz der angrenzenden Nutzungen verträglich. Aufgrund der Einhaltung der aktuellen bzw. ab 2015 geltenden Grenzwerte sind Maßnahmen zum Immissionsschutz nicht erforderlich.

Bargteheide, den 13. Oktober 2017

(Dipl.-Ing.(FH) Annett Ignatowitz)

(Dipl.-Phys. Dr. Bernd Burandt)

10. Quellen

Basis der vorliegenden Untersuchung sind folgende Daten, Informationen und Normschriften:

Allgemeines

- [1] Baumbach, G.: Luftreinhaltung, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1990;
- [2] Gesundheitsgefahren durch Feinstaubemissionen, Reiner Remus, UB Media-Fachdatenbank Immissionsschutz, 1999;

Rechtsgrundlagen und Richtlinien

- [3] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz – BImSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274), das durch Artikel 1 des Gesetzes vom 2. Juli 2013 (BGBl. I S. 1943) geändert worden ist;
- [4] 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);
- [5] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBI. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511);
- [6] 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);
- [7] Kalmbach, S.: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 5. Auflage, 2004;
- [8] Hansmann, K.: TA Luft, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Kommentar, Verlag C. H. Beck, München, 2. Auflage, 2004;
- [9] Bundesverwaltungsgericht, Urteil vom 14.04.2010, Az.: 9 A 5.08;

Emissionsermittlung

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

- [11] 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;
- [12] H. Steven: 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;
- [13] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern, Januar 2010;
- [14] Compilation of air pollutant emission factors, Vol. 1: Stationary point and area sources, 5th edition, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning & Standards (1995, kontinuierlich aktuelle Fortschreibungen);
- [15] Lohmeyer aktuell, Ausgabe Nr. 3, Mai 2000, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe;
- [16] Validierung von PM₁₀-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Juni 2001;
- [17] Quantifizierung der PM₁₀-Emissionen durch Staubaufwirbelung und Abrieb von Straßen auf Basis vorhandener Messdaten, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Februar 2003;
- [18] I. Düring, A. Lohmeyer (Ingenieurbüro Lohmeyer): Modellierung nicht motorbedingter PM₁₀-Emissionen von Straßen, Kommission zur Reinhaltung der Luft, Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe, 10./11. November 2004, VDI, Düsseldorf;
- [19] I. Düring, A. Lohmeyer, W. Schmidt (Ingenieurbüro Lohmeyer): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs, im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH, Juni 2011, Karlsruhe;
- [20] D. Bretschneider, I. Düring (Ingenieurbüro Lohmeyer): Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM_{2,5} in Sachsen, Sachstandsbericht vom 30.10.2009, unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg;
- [21] I. Düring, E. Nitzsche, A. Moldenhauer, M. Stockhause, A. Lohmeyer (Ingenieurbüro Lohmeyer): Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen, Ingenieurbüro Lohmeyer unter Mitarbeit der TU Dresden, Institut Verkehrsökologie und IFEU Heidelberg, November 2004, Karlsruhe;

- [22] PM₁₀-Emissionen des Verkehrs, Statusbericht Teil Schienenverkehr, BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern 2002;
- [23] Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz, Aktualisierung für das 2000, Bundesamt für Raumentwicklung;
- [24] 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;
- [25] Bachhiesl, M., Narodoslowsky und M., Sturm, P.-J., Berechnung des Depositionsflusses als Grundlage für ökotoxikologische Beurteilungen, UVP-report 1+2/2002;
- [26] Gauger (2007): F+E Vorhaben "Nationale Umsetzung UNECE-Luftreinhaltekonvention (Wirkungen)-Teil 2: Wirkungen und Risikoabschätzungen Critical Loads, Biodiversität, Dynamische Modellierung, Critical Levels Überschreitungen, Materialkorrosion" (Fkz. 204 63 252) im Auftrag des BMU, Stand März 2008;
- [27] Kartendienst Deutschlandweite Hintergrundbelastung Stickstoffdeposition, Umweltbundesamt, Stand 2007, (<http://gis.uba.de/website/depo1/index.htm>), abgerufen am 26.01.2012;
- [28] Manual on Methodologies and Criteria for Mapping critical levels/loads and Geographical areas where they are exceeded, UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Umweltbundesamt, Berlin, 1996;
- [29] Bobbink & Hettelingh (Hrsg.), Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships, 2011;

Immissionsberechnung

- [30] 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;
- [31] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 6/2005, vom 12. April 2005;
- [32] PROKAS, Ausbreitungsmodell für verkehrsbedingte Immissionen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Version 6.612, 2009;
- [33] MISKAM (Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell), Dr. J. Eichhorn, Arbeitsgruppe Stadtklima, Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz, Version 6.1, 2011;
- [34] Programmsystem IMMITOOL inkl. der Module PROKAS/PROKAS_B, MISKAM und WINMISK, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;

- [35] AUSTAL2000, Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz, UFOPLAN Forschungskennzahl 200 43 256, Ingenieurbüro Janicke, Dunum, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, Version 2.4.7, 2009;
- [36] GRAL 3.5TM (Graz Lagrangian model version 3.5); Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics, Graz University of Technology, Mai 2003;
- [37] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung, Dezember 2001;
- [38] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3: Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre – Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung, Juni 1985;
- [39] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter, April 2006;
- [40] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 8: Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen, Entwurf, März 1998, aus formalen Gründen ersatzlos zurückgezogen;
- [41] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 10: Umweltmeteorologie – Diagnostische mikroskalige Windfeldmodelle, Gebäude- und Hindernisumströmung, Dezember 2001;
- [42] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Anlagenbezogener Immissionsschutz, Januar 2010;
- [43] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 14: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Kraftfahrzeugbedingte Immissionen, August 2013;
- [44] VDI-Richtlinie 3945, Blatt 3: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle, Partikelmodell, September 2000;
- [45] T. Flassak, W. Bächlin, R. Böisinger, R. Blazek, G. Schädler, A. Lohmeyer: Einfluss der Eingangsparmeter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase – Sensitivitätsanalyse, Forschungsbericht Forschungszentrum Karlsruhe (FZKA), Förderkennzeichen 2 95 003 (PEF), 1996;
- [46] E. Romberg, R. Böisinger, A. Lohmeyer, R. Ruhnke, E. Röth: NO-NO₂-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 56, 215/218, 1996;
- [47] Screening aktueller Kfz-Abgasmessungen in Hinblick auf den Anteil von NO₂ an den NO_x-Emissionen, ifeu - Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg GmbH, im Auftrag des Ministerium für Umwelt und Verkehr des Landes Baden-Württemberg, Heidelberg, Dezember 2004;
- [48] Lohmeyer aktuell, NO-NO₂-Umwandlungsmodell, Überprüfung anhand neuerer Messwerte, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Ausgabe Nr. 14, Dezember 2005;

- [49] R. Gögen und U. Lamprecht, „Hohe Stickstoffdioxidbelastungen – Können die NO₂-Luftqualitätsgrenzwerte im Jahr 2010 eingehalten werden?“, Immissionsschutz, Heft 1, 2008;
- [50] 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;
- [51] I. Düring, W. Bächlin, M. Ketzel, A. Baum und S. Wurzer: „Update of the Romberg-Approach and Simplified NO/NO₂ Conversion Model under Consideration of Direct NO₂-Emissions, 13th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Paris, 2010;
- [52] I. Düring, W. Bächlin, F. Dünnebeil, H. Ellner, U. Friedrich, L. Schäfer und T. Schönefeld: „Tendenzen der NO₂-Belastung im Land Brandenburg von 1997 bis 2020“, Immissionsschutz, Heft 3, 2010;
- [53] Immissions-Überwachung der Luft in Schleswig-Holstein, Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR), Messberichte und aktuelle Messergebnisse im Internet verfügbar (<http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/>), zuletzt abgerufen am 26.01.2012;
- [54] Ausbreitungsklassenstatistik für den Standort Fehmarn, Jahr 2004, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung, Regionales Gutachterbüro Hamburg;

Projektbezogene Quellen und Unterlagen

- [55] 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);
- [56] Ergebnisse der Immissionsmessungen (NO₂, NO_x, PM₁₀); zeitaufgelöste Zeitreihen, vom Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein zur Verfügung gestellt; Itzehoe; Februar 2012;
- [57] Verkehrsgutachten für den vierstreifigen Ausbau der B 207 zwischen Heiligenhafen Ost und Puttgarden, Hinterlandanbindung Fehmarnbeltquerung, Wasser- und Verkehrs-Kontor GmbH, 22. Oktober 2010;
- [58] Feste Fehmarnbeltquerung, Verkehrsgutachten zur Anbindung des Hafens Puttgarden an die Europastraße E 47 über die Anschlussstelle Puttgarden, Wasser- und Verkehrs-Kontor GmbH, 31. Juli 2013;
- [59] Fehmarnbelt Forecast 2002, Final report, Fehmarnbelt Traffic Consortium, April 2003,

- [60] Fehmarnbelt Forecast 2002, Reference Cases, Supplement to Final report of April 2003, Fehmarnbelt Traffic Consortium, November 2003,
- [61] Fehmarnbelt Forecast 2012, Final report, Fehmarnbelt Traffic Consortium, 2012/2013;
- [61a] [Verkehrsprognose für eine Feste Fehmarnbeltquerung 2014 – Fortschreibung der FTC-Studie von 2002, Intraplan Consult GmbH, BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, 2014](#)
- [62] Unterlagen FFH-Gebiete Schleswig-Holstein, Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Informationen im Internet verfügbar (<http://www.natura2000-sh.de/>), abgerufen am 26.01.2012;
- [63] Bebauungspläne und Flächennutzungspläne der Stadt Fehmarn und Gemeinden auf Fehmarn, B-Planpool B- und F-Plan Portal, Pläne der Städte und Gemeinden Schleswig-Holstein, Informationen im Internet verfügbar (<http://www.b-planpool.de/>), zuletzt abgerufen am 17.01.2012;
- [64] Ortsbesichtigung, LAIRM CONSULT GmbH, 21. September 2009 und 18. September 2009;

Sonstige Quellen und Unterlagen

- [65] Abschätzung der Luftschadstoffbelastung durch Stickstoffdioxid in der Bahnhofstraße in Kiel im Rahmen der Aufstellung eines Luftreinhalteplans; LAIRM CONSULT GmbH, April 2008;
- [66] Abschätzung der Luftschadstoffbelastung in der Langenbrücker Straße in Ratzeburg im Rahmen der Aufstellung eines Luftreinhalteplans; LAIRM CONSULT GmbH, Juni 2007;
- [67] Luftschadstoffuntersuchung zur Luftreinhalteplanung der Stadt Itzehoe, Erstellung von Emissions-Immissions-Matrizes als Excel-Tabellenkalkulation für die Prognose der Stickstoffdioxidkonzentrationen an verschiedenen verkehrsexponierten Standorten; LAIRM CONSULT GmbH, Dezember 2010;
- [68] Luftschadstoffuntersuchung zur Luftreinhalteplanung der Stadt Kiel, Erstellung von Emissions-Immissions-Matrizes als Excel-Tabellenkalkulation für die Prognose der Stickstoffdioxidkonzentrationen an verschiedenen verkehrsexponierten Standorten; LAIRM CONSULT GmbH, Dezember 2010;

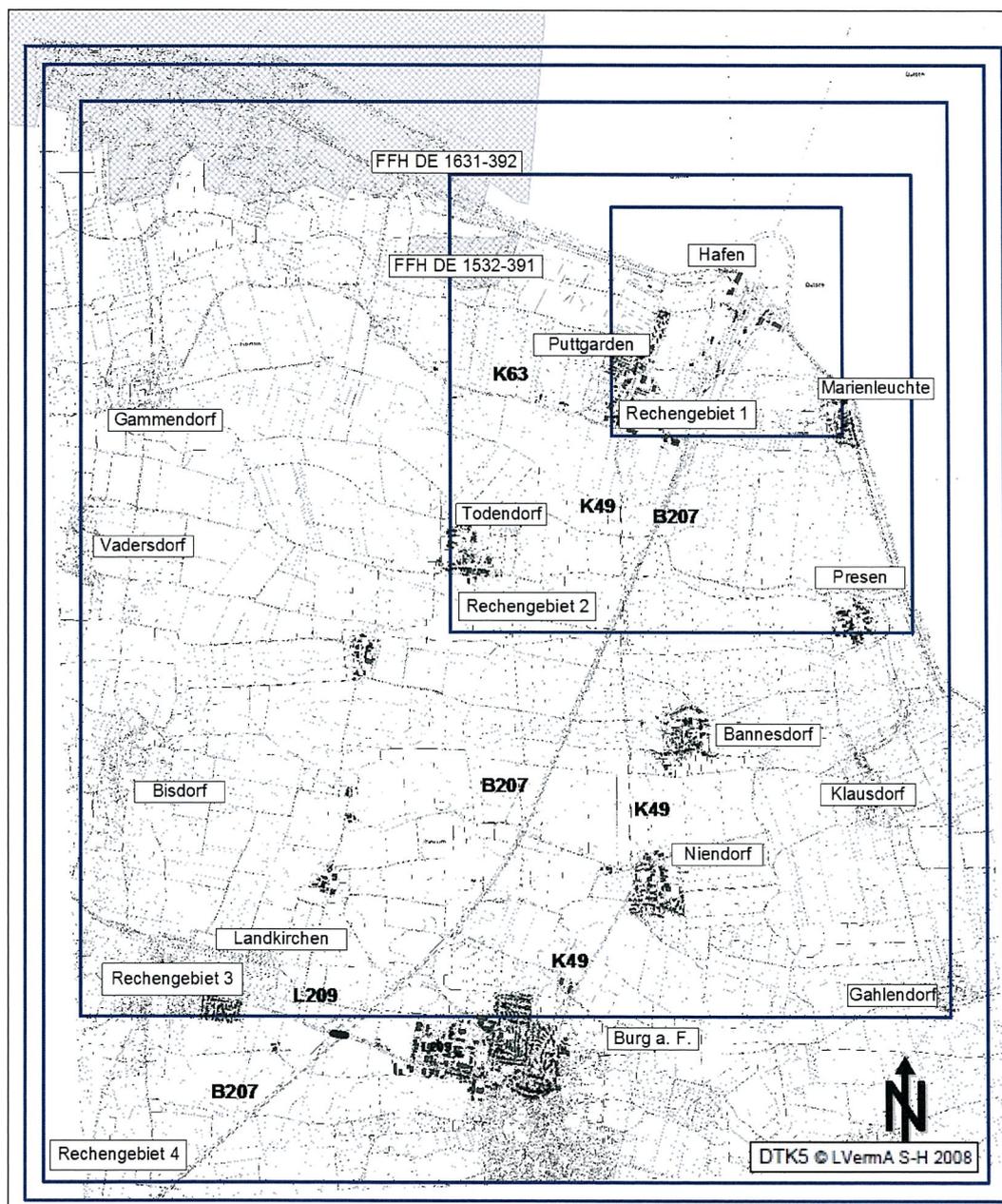
Neue Quellen

- [69] [Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.2, Umweltbundesamt \(UBA\) Berlin, BUWAL Bern, UBA Wien, erstellt durch INFRAS AG Bern, 30. Juni 2014;](#)

- [70] Ermittlung von Stickstoff- und Säureeinträgen in Wäldern mit Lagrange'schen Ausbreitungsmodellen: Vergleich unterschiedlicher Berechnungsmethoden, Immissionsschutz Nr.1 2013; LANUV NRW, 2013
- [71] Manual on Methodologies and Criteria for Mapping critical levels/loads and Geographical areas where they are exceeded, UN ECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution;
- [72] S. Balla, R. Uhl, A. Schlutow, H. Lorentz, M. Förster, C. Becker, K. Müller-Pfannenstiel, J. Lüttmann, T. Scheuschner, A. Kiebel, I. Düring und W. Herzog (2013): „Untersuchung und Bewertung von straßenverkehrsbedingten Nährstoffeinträgen in empfindliche Biotope“, Bericht zum FE-Vorhaben 84.0102/2009 der Bundesanstalt für Straßenwesen, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Band 1099, BMVBS Abteilung Straßenbau, Bonn, Carl Schünemann Verlag, Bremen, November 2013;
- [73] Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, RLuS 2012, Ausgabe 2012, PC-Berechnungsverfahren, Version 1.4, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;
- [74] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 29/2012, vom 03. Januar 2013;
- [75] Stickstoffleitfaden Straße – Hinweise zur Prüfung von Stickstoffeinträgen in der FFH-Verträglichkeitsprüfung für Straßen- HPSE, FGSV, Entwurf- Stand 11. November 2014;
- [76] Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3, Umweltbundesamt (UBA) Berlin, BUWAL Bern, UBA Wien, erstellt durch INFRAS AG Bern, 24. April 2017;

A 1 Übersichtspläne

A 1.1 Übersicht Gesamtrechengebiet, Maßstab 1:60.000



A 1.2 Ausschnitt aus dem Gesamtrechengebiet, Maßstab 1:20.000

Die Abbildungen im Maßstab 1:20.000 befinden sich in der Anlage.

A 2 Emissionen des Schienenverkehrs

A 2.1 Verkehrsbelastungen

St.	Kürzel	Straßenabschnitt	Verkehrsbelastungen 2034							
			Anzahl der Züge							
			ICE		Regionalzug		Regionalzug		Güterzug	
tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts	tags	nachts			
<i>Absenktunnel</i>										
1	nschie1	DB Strecke (vorhanden)	20	1	1	1	14	1	48	25
2	pschie0	Landbereich	20	1	1	1	14	1	48	25
3	pschie1	Landbereich	20	1	1	1	14	1	48	25
4	pschie2	Landbereich	20	1	1	1	14	1	48	25
5	pschie3	Seebereich	20	1	1	1	14	1	48	25

A 2.2 Emissionsfaktoren

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
Schienenantrieb	2,20	1,100	50%	0,110	5%	10%
Radantrieb	0,50	0,252	50%	0,025	5%	10%
Fahrleitungsantrieb	0,08	0,080	100%	0,016	20%	20%
Bremsenantrieb	4,82	1,544	32%	0,309	6%	20%
Aufwirbelung	3,26	1,043	32%	0,261	8%	25%
Summe	10,87	4,019	37%	0,721	7%	18%
Ansatz	10,9	4,0	37%	0,7	6%	18%

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

A 2.3 Emissionsfaktoren und Emissionen

Straße / Abschnitt Fahrmuster	Fahrzeug- schicht	Anzahl	Anzahl (ges.)	PM10 [g/km]	PM 2,5 [g/km]
nschie1	ICE	21	38	4,000	0,70000
	N	2		4,000	0,70000
	R	15		4,000	0,70000
	G	73		25,000	4,50000
pschie0	ICE	21	38	4,000	0,70000
	N	2		4,000	0,70000
	R	15		4,000	0,70000
	G	73		25,000	4,50000
pschie1	ICE	21	38	4,000	0,70000
	N	2		4,000	0,70000
	R	15		4,000	0,70000
	G	73		25,000	4,50000
pschie2	ICE	21	38	4,000	0,70000
	N	2		4,000	0,70000
	R	15		4,000	0,70000
	G	73		25,000	4,50000
pschie3	ICE	21	38	4,000	0,70000
	N	2		4,000	0,70000
	R	15		4,000	0,70000
	G	73		25,000	4,50000

Straße / Abschnitt Fahrmuster	Fahrzeug- schicht	Anzahl (ges.)	Länge [m]	PM10 [kg/a]	PM 2,5 [kg/a]
nschie1	ICE	21	5.319	163,1	28,5
	N	2		15,5	2,7
	R	15		116,5	20,4
	G	73		3.543,1	637,8
pschie0	ICE	21	100	3,1	0,5
	N	2		0,3	0,1
	R	15		2,2	0,4
	G	73		66,6	12,0
pschie1	ICE	21	3.732	114,4	20,0
	N	2		10,9	1,9
	R	15		81,7	14,3
	G	73		2.486,0	447,5
pschie2	ICE	21	93	2,9	0,5
	N	2		0,3	0,0
	R	15		2,0	0,4
	G	73		61,9	11,2
pschie3	ICE	21	9.475	290,5	50,8
	N	2		27,7	4,8
	R	15		207,5	36,3
	G	73		6.311,5	1.136,1

A 3 Emissionen des Straßenverkehrs

A 3.1 Allgemeines

Im Folgenden sind die Verkehrsbelastungen des untersuchten Straßennetzes zusammengestellt.

Folgende Abkürzungen werden verwendet:

- DTV: durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
- p: LKW-Anteil (Kfz > 2,8 t)
- PKW: Personenkraftwagen
- LNF: leichte Nutzfahrzeuge (zwischen 2,8t und 3,5t)
- SNF: schwere Nutzfahrzeuge (> 3,5 t)

A 3.2 Verkehrsbelastungen

Str.	Kürzel	Straßenabschnitt	Verkehrsbelastungen 2030					
			DTV		PKW		SNF	
			Kfz/24h	%	Kfz/24h	LNF/24h	Kfz/24h	Kfz/24h
Absenktunnel								
L27 - B207								
1	pstr01	E47 / B207 zw. Großenbrode und Heiligenhafen Ost	21.418	15,1	18.173	764	2.480	-
2	pstr02	E47 / B207 zw. Avendorf und Großenbrode	21.123	14,9	17.986	668	2.469	-
3	pstr03_100a	E47 / B207 zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf	9.304	25,5	6.931	1.146	1.227	-
4	pstr03_100b	E47 / B207 zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf	9.304	25,5	6.931	1.146	1.227	-
5	pstr04_100a	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	6.835	17,3	5.656	134	1.046	-
6	pstr04_100b	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	6.835	17,3	5.656	134	1.046	-
7	pstr04_080a	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	1.982	20,0	1.586	198	198	-
8	pstr04_080b	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	1.982	20,0	1.586	198	198	-
9	pstr04_060	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	1.982	20,0	1.586	198	198	-
10	pstr04_040	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	1.982	20,0	1.586	198	198	-
11	pstr05	Beltquerung	12.158	17,1	10.079	242	1.737	100
L209								
12	pstr06_050	L209 zw. Hauptstraße (L217) OT Landkirchen und B207	11.564	8,0	10.641	474	449	-
13	pstr06_100a	L209 zw. Hauptstraße (L217) OT Landkirchen und B207	11.564	8,0	10.641	474	449	-
14	pstr06_100b	L209 zw. Hauptstraße (L217) OT Landkirchen und B207	11.564	8,0	10.641	474	449	-
15	pstr06_070	L209 zw. Hauptstraße (L217) OT Landkirchen und B207	11.564	8,0	10.641	474	449	-
16	pstr07_070a	L209 zw. B207 und Ortsumgehung Burg	16.587	8,0	15.263	680	644	-
17	pstr07_070b	L209 zw. B207 und Ortsumgehung Burg	16.587	8,0	15.263	680	644	-
18	pstr08_070	L209 zw. Ortsumgehung Burg und Niendorfer Weg (K49) OT Burg	5.957	4,7	5.677	98	183	-
19	pstr08_050	L209 zw. Ortsumgehung Burg und Niendorfer Weg (K49) OT Burg	5.957	4,7	5.677	98	183	-
K49								
20	pstr09_050	K49 zw. Niendorfer Straße (L209) OT Burg und Klausdorfer Weg OT Niendorf	5.957	4,9	5.667	102	188	-
21	pstr09_100	K49 zw. Niendorfer Straße (L209) OT Burg und Klausdorfer Weg OT Niendorf	5.957	4,9	5.667	102	188	-
22	pstr10_070a	K49 zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf	3.504	4,9	3.333	60	111	-
23	pstr10_100	K49 zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf	3.504	4,9	3.333	60	111	-
24	pstr10_070b	K49 zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf	3.504	4,9	3.333	60	111	-
25	pstr11_070a	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	8.069	20,0	6.455	565	1.049	-
26	pstr11_070b	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	8.069	20,0	6.455	565	1.049	-
27	pstr11_070c	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	8.069	20,0	6.455	565	1.049	-
28	pstr11_070d	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	8.069	20,0	6.455	565	1.049	-
29	pstr11_100a	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	6.074	4,9	5.778	104	192	-
30	pstr11_070e	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	3.037	4,9	2.889	52	96	-
31	pstr11_100b	K49 zw. Bgm.-Scheffler-Str. OT Bannesdorf und Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden	3.037	4,9	2.889	52	96	-
32	pstr12_030	K49 zw. Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden und Strandweg OT Puttgarden	2.453	4,9	2.333	42	78	-
33	pstr12_050	K49 zw. Zu den Höfen (K63) OT Puttgarden und Strandweg OT Puttgarden	2.453	4,9	2.333	42	78	-
34	pstr13_050	K49 zw. Strandweg OT Puttgarden und B207	150	4,9	143	2	5	-
35	pstr13_070	K49 zw. Strandweg OT Puttgarden und B207	150	4,9	143	2	5	-
K63								
36	pstr14_100	K63 zw. Dorfstraße (K49) OT Burg und OT Johannesberg	1.402	4,9	1.333	24	45	-
AS B207 / L209								
37	pstr15_050	AS B207 / L209 Rampe Ost von B207 zur L209	4.180	4,6	3.985	22	172	-
38	pstr16_050	AS B207 / L209 Rampe Ost von L209 zur B207	955	7,9	880	8	67	-
39	pstr17_050	AS B207 / L209 Rampe West von B207 zur L209	1.015	6,2	952	7	56	-
40	pstr18_050	AS B207 / L209 Rampe West von L209 zur B207	3.343	4,8	3.184	18	141	-
Zu- und Abfahrt Fahr.								
41	pstr20_1	Ausfahrt	100	10,0	90	5	5	-
42	pstr20_2	Zufahrt	100	10,0	90	5	5	-
43	pstr21	An der Mole (Zufahrt Bordershop)	2.000	5,0	1.900	50	50	-
Anbindung Hafen (SNF)								
44	pstr26	zw. K49 und E47/B207	3.964	20,0	3.171	396	396	-
Straße, Tunnel								
45	pstr22_a	Straßenabschnitt Land, Steigung 0%	12.158	17,1	10.179	242	1.737	100
46	pstr22_b	Straßenabschnitt Land, Steigung 2%	12.158	17,1	10.179	242	1.737	100
47	pstr22_c	Straßenabschnitt Land, Steigung 0%	12.158	17,1	10.179	242	1.737	100
48	pstr22_d	Straßenabschnitt Land, Steigung 2%	12.158	17,1	10.179	242	1.737	100
49	pstr22_e	Straßenabschnitt Land, Steigung 4%	12.158	17,1	10.179	242	1.737	100
50	pstr24_a	Tunnelabschnitt Land, Steigung 2%	12.158	17,1	10.179	242	1.737	100
51	pstr24_b	Tunnelabschnitt See, Steigung 2%	12.158	17,1	10.179	242	1.737	100
52	pstr24_c	Tunnelabschnitt See, Steigung 0%	12.158	17,1	10.179	242	1.737	100

Anmerkung: Wo nicht extra ausgewiesen, sind Busse in den SNF-Zahlen enthalten

A 3.3 Zusammenstellung der Verkehrssituationen

№	Kürzel	Ordnungsnummer	Ort	Strukturtyp	Gr.- breite [m]	Verkehrszustand	Steu- erung	Verkehrssituation
Abschnitt 1								
1	psr01	E47 / B207 zw. Großenbrode und Heiligenhafen Ost	Land/Autobahn	Autobahn	100	fussig	0%	Land/AB/100/fussig_0%
2	psr02	E47 / B207 zw. Avendorf und Großenbrode	Land/Autobahn	Autobahn	100	fussig	0%	Land/AB/100/fussig_0%
3	psr03_100a	E47 / B207 zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf	Land/Autobahn	Autobahn	100	fussig	0%	Land/AB/100/fussig_0%
4	psr03_100b	E47 / B207 zw. Burg a. Fehmarn und Avendorf	Land/Autobahn	Autobahn	100	fussig	0%	Land/AB/100/fussig_0%
5	psr04_100a	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	Land/Autobahn	Autobahn	100	fussig	0%	Land/AB/100/fussig_0%
6	psr04_100b	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	Land/Autobahn	Autobahn	100	fussig	0%	Land/AB/100/fussig_0%
7	psr04_090a	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	Land/Autobahn	Fern- Bundesstraße	80	fussig	0%	Land/FernStr/80/fussig_0%
8	psr04_090b	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	Land/Autobahn	Fern- Bundesstraße	80	fussig	0%	Land/FernStr/80/fussig_0%
9	psr04_060	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	Land/Autobahn	Fern- Bundesstraße	60	fussig	0%	Land/FernStr/60/fussig_0%
10	psr04_040	E47 / B207 zw. Puttgarden und Burg a. Fehmarn	Land/Autobahn	Erschließungsstraße	40	fussig	0%	Land/Erschliessung/40/fussig_0%
11	psr05	Beltquerung	Land/Autobahn	Fern- Bundesstraße	110	fussig	0%	Land/FernStr/110/fussig_0%
Abschnitt 2								
12	psr06_050	L209 zw. Hauptstraße (L217) OT Landkirchen und B207	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS-kurv/50/fussig_0%
13	psr06_100a	L209 zw. Hauptstraße (L217) OT Landkirchen und B207	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	fussig	0%	Land/HVS-kurv/100/fussig_0%
14	psr06_100b	L209 zw. Hauptstraße (L217) OT Landkirchen und B207	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	fussig	0%	Land/HVS-kurv/100/fussig_0%
15	psr06_070	L209 zw. Hauptstraße (L217) OT Landkirchen und B207	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS-kurv/70/fussig_0%
16	psr07_070a	L209 zw. B207 und Ortsumgehung Burg	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS-kurv/70/fussig_0%
17	psr07_070b	L209 zw. B207 und Ortsumgehung Burg	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS/70/fussig_0%
18	psr08_070	L209 zw. Ortsumgehung Burg und Niendorfer Weg (K49) OT Burg	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS/70/fussig_0%
19	psr09_050	L209 zw. Ortsumgehung Burg und Niendorfer Weg (K49) OT Burg	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS-kurv/50/fussig_0%
Abschnitt 3								
20	psr09_090	K49 zw. Niendorfer Straße (L209) OT Burg und Klausdorfer Weg OT Niendorf	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS/50/fussig_0%
21	psr09_100	K49 zw. Niendorfer Straße (L209) OT Burg und Klausdorfer Weg OT Niendorf	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	fussig	0%	Land/HVS/100/fussig_0%
22	psr10_070a	K49 zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS-kurv/70/fussig_0%
23	psr10_100	K49 zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	fussig	0%	Land/HVS/100/fussig_0%
24	psr10_070b	K49 zw. Klausdorfer Weg OT Niendorf und Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS/70/fussig_0%
25	psr11_070a	K49 zw. Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf und Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS/70/fussig_0%
26	psr11_070b	K49 zw. Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf und Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS/70/fussig_0%
27	psr11_070c	K49 zw. Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf und Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	2%	Land/HVS/70/fussig_2%
28	psr11_070d	K49 zw. Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf und Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	2%	Land/HVS/70/fussig_2%
29	psr11_100a	K49 zw. Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf und Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	fussig	0%	Land/HVS/100/fussig_0%
30	psr11_100b	K49 zw. Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf und Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	fussig	0%	Land/HVS-kurv/100/fussig_0%
31	psr11_100c	K49 zw. Bgm.-Scheffer-Str. OT Bannesdorf und Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	fussig	0%	Land/HVS-kurv/100/fussig_0%
32	psr12_030	K49 zw. Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden und Strandweg OT Puttgarden	Land/Autobahn	Erschließungsstraße	30	fussig	0%	Land/Erschliessung/30/fussig_0%
33	psr12_050	K49 zw. Zu den Hofen (K63) OT Puttgarden und Strandweg OT Puttgarden	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS-kurv/50/fussig_0%
34	psr13_050	K49 zw. Strandweg OT Puttgarden und B207	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS/50/fussig_0%
35	psr13_070	K49 zw. Strandweg OT Puttgarden und B207	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	70	fussig	0%	Land/HVS/70/fussig_0%
Abschnitt 4								
36	psr14_100	K63 zw. Dorfstraße (K46) OT Burg und OT Johannesberg	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	100	fussig	0%	Land/HVS-kurv/100/fussig_0%
Abschnitt 5								
37	psr15_050	AS B207 / L209 Rampe Ost von B207 zur L209	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS-kurv/50/fussig_0%
38	psr16_050	AS B207 / L209 Rampe Ost von L209 zur B207	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS-kurv/50/fussig_0%
39	psr17_050	AS B207 / L209 Rampe West von B207 zur L209	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS-kurv/50/fussig_0%
40	psr18_050	AS B207 / L209 Rampe West von L209 zur B207	Land/Autobahn	Hauptverkehrsstraße	50	fussig	0%	Land/HVS-kurv/50/fussig_0%
Abschnitt 6								
41	psr20_1	Ausfahrt	Land/Autobahn	Erschließungsstraße	30	fussig	0%	Land/Erschliessung/30/fussig_0%
42	psr20_2	Zufahrt	Land/Autobahn	Erschließungsstraße	30	fussig	0%	Land/Erschliessung/30/fussig_0%
43	psr21	An der Mole (Zufahrt Bordenhoop)	Land/Autobahn	Erschließungsstraße	30	fussig	0%	Land/Erschliessung/30/fussig_0%
Abschnitt 7								
44	psr20	Im K49 und E47/B207	Land/Autobahn	Fern- Bundesstraße	80	fussig	0%	Land/FernStr/80/fussig_0%
Abschnitt 8								
45	psr22_a	Straßenabschnitt Land, Steigung 0%	Land/Autobahn	Autobahn	110	fussig	0%	Land/AB/110/fussig_0%
46	psr22_b	Straßenabschnitt Land, Steigung 2%	Land/Autobahn	Autobahn	110	fussig	2%	Land/AB/110/fussig_2%
47	psr22_c	Straßenabschnitt Land, Steigung 0%	Land/Autobahn	Autobahn	110	fussig	0%	Land/AB/110/fussig_0%
48	psr22_d	Straßenabschnitt Land, Steigung 2%	Land/Autobahn	Autobahn	110	fussig	2%	Land/AB/110/fussig_2%
49	psr22_e	Straßenabschnitt Land, Steigung 4%	Land/Autobahn	Autobahn	110	fussig	4%	Land/AB/110/fussig_4%
50	psr24_a	Tunnelabschnitt Land, Steigung 2%	Land/Autobahn	Autobahn	110	fussig	2%	Land/AB/110/fussig_2%
51	psr24_b	Tunnelabschnitt See, Steigung 2%	Land/Autobahn	Autobahn	110	fussig	2%	Land/AB/110/fussig_2%
52	psr24_c	Tunnelabschnitt See, Steigung 0%	Land/Autobahn	Autobahn	110	fussig	0%	Land/AB/110/fussig_0%

A 3.4 Basis-Emissionsfaktoren

A 3.4.1 Kfz-Abgase (Handbuch Emissionsfaktoren [10]), Bezugsjahr 2025

Verkehrssituation	PKW							
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]						
		CO2	NOx	NO2	PM	BzI	NH3	N2O
Land/FernStr/60/fluessig_±0%	62,1	103,9	0,132	0,039	0,0019	0,0004	0,0153	0,0024
Land/FernStr/80/fluessig_±0%	80,0	107,8	0,126	0,037	0,0018	0,0004	0,0308	0,0023
Land/FernStr/100/fluessig_±0%	97,8	112,3	0,143	0,043	0,0019	0,0005	0,0308	0,0023
Land/HVS/50/fluessig_±0%	48,9	114,0	0,126	0,037	0,0020	0,0004	0,0153	0,0024
Land/HVS/70/fluessig_±0%	66,9	104,1	0,131	0,039	0,0018	0,0004	0,0153	0,0024
Land/HVS/70/fluessig_±2%	66,9	106,9	0,144	0,043	0,0019	0,0004	0,0153	0,0024
Land/HVS/70/fluessig_±4%	66,9	117,4	0,172	0,052	0,0021	0,0005	0,0153	0,0024
Land/HVS/100/fluessig_±0%	94,0	118,9	0,165	0,050	0,0021	0,0006	0,0308	0,0023
Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	35,0	156,9	0,211	0,063	0,0029	0,0008	0,0153	0,0024
Land/HVS-kurv./50/fluessig_±2%	35,0	157,8	0,220	0,066	0,0029	0,0008	0,0153	0,0024
Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	52,7	128,7	0,174	0,052	0,0022	0,0006	0,0153	0,0024
Land/HVS-kurv./70/fluessig_±2%	52,7	128,9	0,182	0,055	0,0023	0,0006	0,0153	0,0024
Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	80,1	116,5	0,151	0,046	0,0019	0,0005	0,0153	0,0024
Land/HVS-kurv./100/fluessig_±2%	80,1	118,0	0,160	0,048	0,0020	0,0005	0,0153	0,0024
Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	33,7	138,5	0,158	0,047	0,0024	0,0005	0,0029	0,0058
Land/Erschliessung/40/fluessig_±0%	38,4	140,7	0,181	0,054	0,0025	0,0006	0,0153	0,0024

Verkehrssituation	LNF							
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]						
		CO2	NOx	NO2	PM	BzI	NH3	N2O
Land/FernStr/60/fluessig_±0%	62,1	131,1	0,195	0,061	0,0067	0,0001	0,0021	0,0039
Land/FernStr/80/fluessig_±0%	80,0	136,8	0,220	0,069	0,0068	0,0001	0,0031	0,0039
Land/FernStr/100/fluessig_±0%	97,8	164,5	0,337	0,106	0,0079	0,0001	0,0031	0,0039
Land/HVS/50/fluessig_±0%	48,9	131,9	0,164	0,051	0,0060	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS/70/fluessig_±0%	66,9	137,5	0,209	0,065	0,0063	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS/70/fluessig_±2%	66,9	140,0	0,231	0,072	0,0064	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS/70/fluessig_±4%	66,9	149,4	0,291	0,091	0,0070	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS/100/fluessig_±0%	94,0	168,5	0,358	0,112	0,0078	0,0001	0,0031	0,0039
Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	35,0	182,0	0,291	0,091	0,0083	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS-kurv./50/fluessig_±2%	35,0	186,7	0,306	0,096	0,0083	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	52,7	158,1	0,277	0,087	0,0073	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS-kurv./70/fluessig_±2%	52,7	162,4	0,296	0,093	0,0072	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	80,1	158,0	0,307	0,097	0,0074	0,0001	0,0021	0,0039
Land/HVS-kurv./100/fluessig_±2%	80,0	162,7	0,348	0,110	0,0075	0,0001	0,0021	0,0039
Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	33,7	155,2	0,192	0,060	0,0074	0,0001	0,0012	0,0087
Land/Erschliessung/40/fluessig_±0%	38,4	161,6	0,233	0,073	0,0070	0,0001	0,0021	0,0039

Verkehrssituation	SNF							
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]						
		CO2	NOx	NO2	PM	BzI	NH3	N2O
Land/FernStr/60/fluessig_±0%	59,0	518,7	0,388	0,071	0,0059	0,0004	0,0030	0,0394
Land/FernStr/80/fluessig_±0%	77,0	587,0	0,288	0,058	0,0054	0,0004	0,0030	0,0368
Land/FernStr/100/fluessig_±0%	81,0	608,5	0,290	0,059	0,0054	0,0004	0,0030	0,0368
Land/HVS/50/fluessig_±0%	44,1	571,0	0,618	0,120	0,0069	0,0005	0,0030	0,0394
Land/HVS/70/fluessig_±0%	62,0	657,0	0,344	0,067	0,0057	0,0005	0,0030	0,0487
Land/HVS/70/fluessig_±2%	61,9	757,6	0,545	0,123	0,0054	0,0004	0,0030	0,0487
Land/HVS/70/fluessig_±4%	61,0	1046,1	0,561	0,125	0,0058	0,0004	0,0030	0,0487
Land/HVS/100/fluessig_±0%	77,9	668,9	0,299	0,060	0,0052	0,0004	0,0030	0,0368
Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	29,6	810,3	0,756	0,140	0,0093	0,0007	0,0030	0,0394
Land/HVS-kurv./50/fluessig_±2%	29,6	868,6	0,975	0,210	0,0093	0,0007	0,0030	0,0394
Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	45,4	732,7	0,473	0,093	0,0067	0,0006	0,0030	0,0487
Land/HVS-kurv./70/fluessig_±2%	45,3	833,0	0,709	0,163	0,0066	0,0005	0,0030	0,0487
Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	66,0	665,0	0,326	0,065	0,0055	0,0004	0,0030	0,0487
Land/HVS-kurv./100/fluessig_±2%	65,9	774,0	0,527	0,118	0,0053	0,0004	0,0030	0,0487
Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	31,3	808,4	0,787	0,149	0,0092	0,0007	0,0030	0,0371
Land/Erschliessung/40/fluessig_±0%	34,7	855,4	0,600	0,106	0,0086	0,0006	0,0030	0,0394

Verkehrssituation	Reisebusse							
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]						
		CO2	NOx	NO2	PM	BzI	NH3	N2O
Land/FernStr/60/fluessig_±0%	59,0	726,8	1,644	0,195	0,0285	0,0013	0,0030	0,0350
Land/FernStr/80/fluessig_±0%	77,0	650,8	1,183	0,135	0,0257	0,0010	0,0030	0,0265
Land/FernStr/100/fluessig_±0%	87,1	695,3	1,119	0,124	0,0211	0,0009	0,0030	0,0265
Land/HVS/50/fluessig_±0%	44,1	866,7	2,189	0,270	0,0338	0,0017	0,0030	0,0350
Land/HVS/70/fluessig_±0%	62,0	765,0	1,576	0,184	0,0260	0,0012	0,0030	0,0350
Land/HVS/70/fluessig_±2%	62,0	812,2	1,764	0,255	0,0275	0,0011	0,0030	0,0350
Land/HVS/70/fluessig_±4%	61,9	1029,1	1,711	0,218	0,0285	0,0010	0,0030	0,0350
Land/HVS/100/fluessig_±0%	82,0	729,0	1,199	0,131	0,0221	0,0010	0,0030	0,0265
Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	29,6	1141,0	2,973	0,340	0,0483	0,0022	0,0030	0,0350
Land/HVS-kurv./50/fluessig_±2%	29,6	1185,4	3,040	0,412	0,0484	0,0021	0,0030	0,0350
Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	45,4	869,8	2,044	0,237	0,0331	0,0016	0,0030	0,0350
Land/HVS-kurv./70/fluessig_±2%	45,4	920,8	2,150	0,308	0,0338	0,0014	0,0030	0,0350
Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	66,0	741,5	1,405	0,159	0,0250	0,0012	0,0030	0,0350
Land/HVS-kurv./100/fluessig_±2%	66,0	797,6	1,659	0,233	0,0257	0,0010	0,0030	0,0350
Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	31,3	1118,9	2,857	0,332	0,0453	0,0022	0,0030	0,0322
Land/Erschliessung/40/fluessig_±0%	34,7	1144,2	2,513	0,282	0,0430	0,0019	0,0030	0,0350

A 3.4.2 Feinstaub(PM₁₀)-Emissionen durch die Staubaufwirbelung auf Straßen (Modell Lohmeyer 2011 [19])

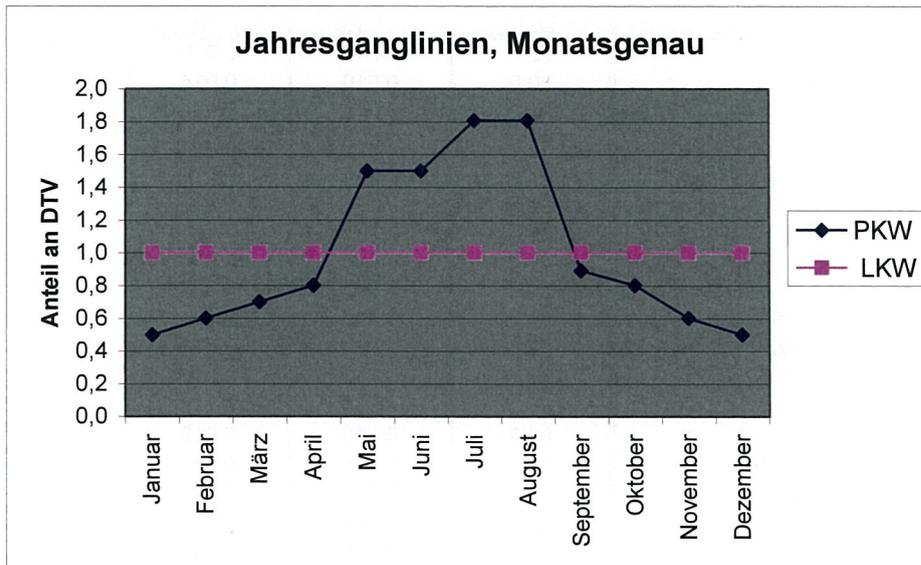
Verkehrssituation	Staubaufwirbelung PM10			
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]		
		PKW	LNF	SNF
Land/FernStr/60/fluessig_0%	62,1	0,030	0,030	0,130
Land/FernStr/80/fluessig_0%	80,0	0,030	0,030	0,130
Land/FernStr/100/fluessig_0%	97,8	0,030	0,030	0,130
Land/HVS/50/fluessig_0%	48,9	0,030	0,030	0,130
Land/HVS/70/fluessig_0%	66,9	0,030	0,030	0,130
Land/HVS/70/fluessig_2%	66,9	0,030	0,030	0,130
Land/HVS/70/fluessig_4%	66,9	0,030	0,030	0,130
Land/HVS/100/fluessig_0%	94,0	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	35,0	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./50/fluessig_2%	35,0	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%	52,7	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./70/fluessig_2%	52,7	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	80,0	0,030	0,030	0,130
Land/HVS-kurv./100/fluessig_2%	80,0	0,030	0,030	0,130
Land/Erschliessung/30/fluessig_0%	33,7	0,030	0,030	0,130
Land/Erschliessung/40/fluessig_0%	38,4	0,030	0,030	0,130
Land/AB/110/fluessig_0%	112,0	0,030	0,030	0,130
Land/AB/110/fluessig_2%	112,0	0,030	0,030	0,130
Land/AB/110/fluessig_4%	112,0	0,030	0,030	0,130
Land/AB/100/fluessig_0%	102,0	0,030	0,030	0,130

**A 3.4.3 Feinstaub(PM_{2,5})-Emissionen durch die Staubaufwirbelung auf Straßen
(Modell Lohmeyer 2011 [19])**

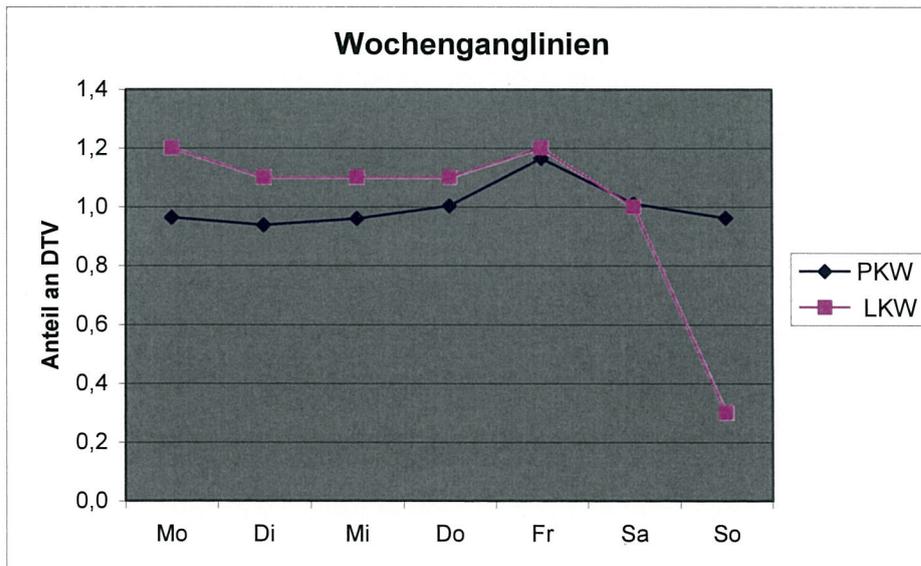
Verkehrssituation	Staubaufwirbelung PM _{2,5}			
	v [km/h]	Emissionsfaktor [g/km]		
		PKW	LNF	SNF
Land/FernStr/60/fluessig_0%	62,1	0,011	0,016	0,059
Land/FernStr/80/fluessig_0%	80,0	0,010	0,014	0,054
Land/FernStr/100/fluessig_0%	97,8	0,009	0,011	0,049
Land/HVS/50/fluessig_0%	48,9	0,015	0,021	0,061
Land/HVS/70/fluessig_0%	66,9	0,011	0,016	0,059
Land/HVS/70/fluessig_2%	66,9	0,011	0,016	0,059
Land/HVS/70/fluessig_4%	66,9	0,011	0,016	0,059
Land/HVS/100/fluessig_0%	94,0	0,009	0,011	0,049
Land/HVS-kurv./50/fluessig_0%	35,0	0,015	0,021	0,061
Land/HVS-kurv./50/fluessig_2%	35,0	0,015	0,021	0,061
Land/HVS-kurv./70/fluessig_0%	52,7	0,013	0,018	0,066
Land/HVS-kurv./70/fluessig_2%	52,7	0,013	0,018	0,066
Land/HVS-kurv./100/fluessig_0%	80,0	0,013	0,018	0,066
Land/HVS-kurv./100/fluessig_2%	80,0	0,013	0,018	0,066
Land/Erschliessung/30/fluessig_0%	33,7	0,015	0,022	0,062
Land/Erschliessung/40/fluessig_0%	38,4	0,015	0,022	0,062
Land/AB/110/fluessig_0%	112,0	0,009	0,011	0,048
Land/AB/110/fluessig_2%	112,0	0,009	0,011	0,048
Land/AB/110/fluessig_4%	112,0	0,009	0,011	0,048
Land/AB/100/fluessig_0%	102,0	0,009	0,011	0,048

A 3.5 Zusammenstellung der Ganglinien

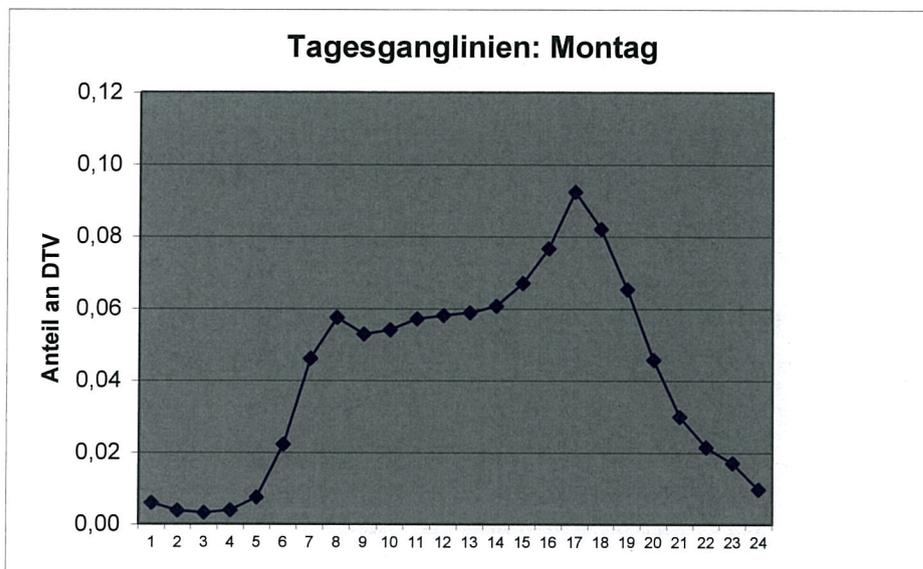
A 3.5.1 Jahresganglinien



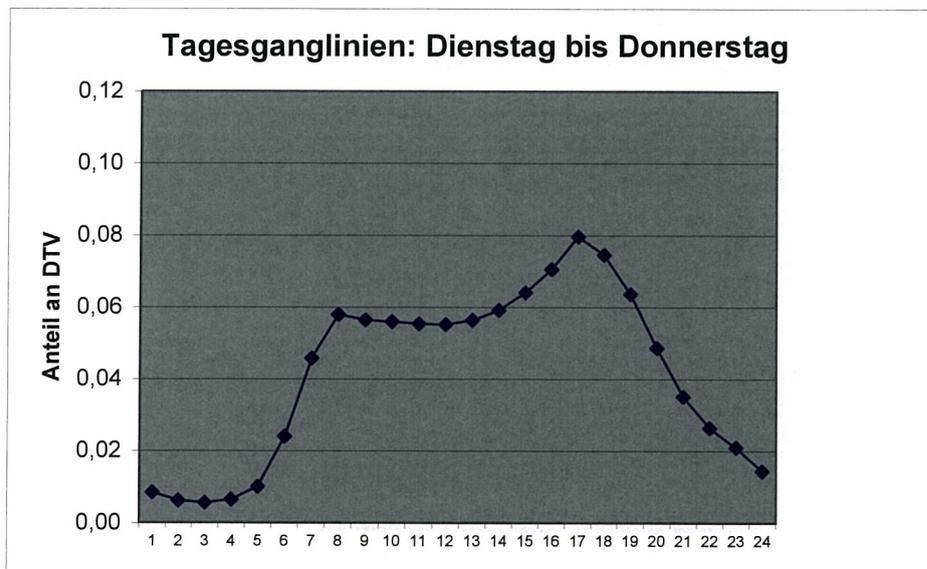
A 3.5.2 Wochenganglinien



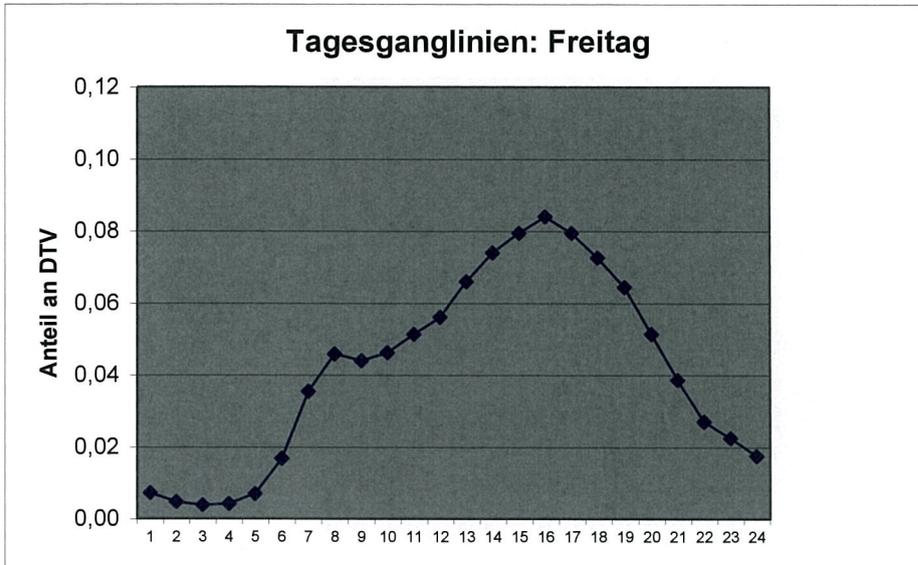
A 3.5.3 Tagesgang Montag



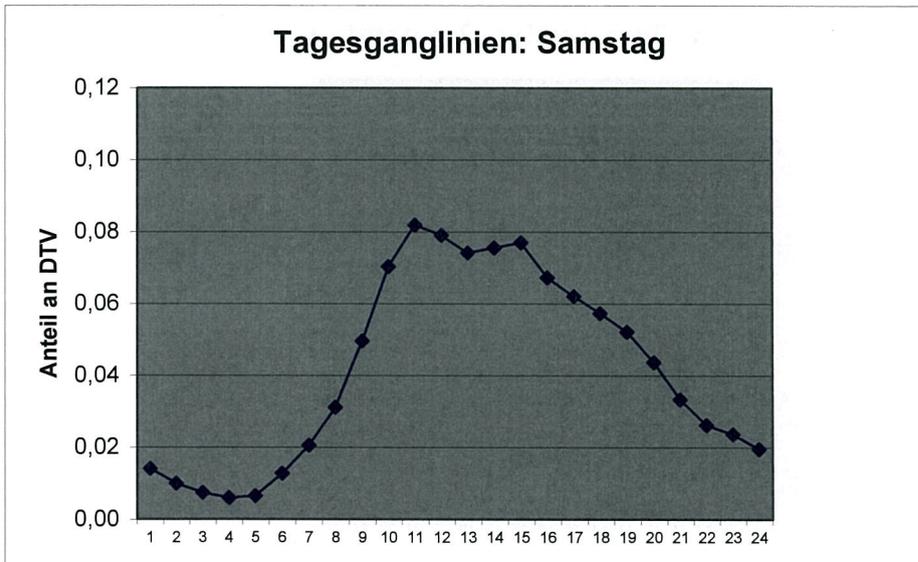
A 3.5.4 Tagesgang Dienstag bis Donnerstag



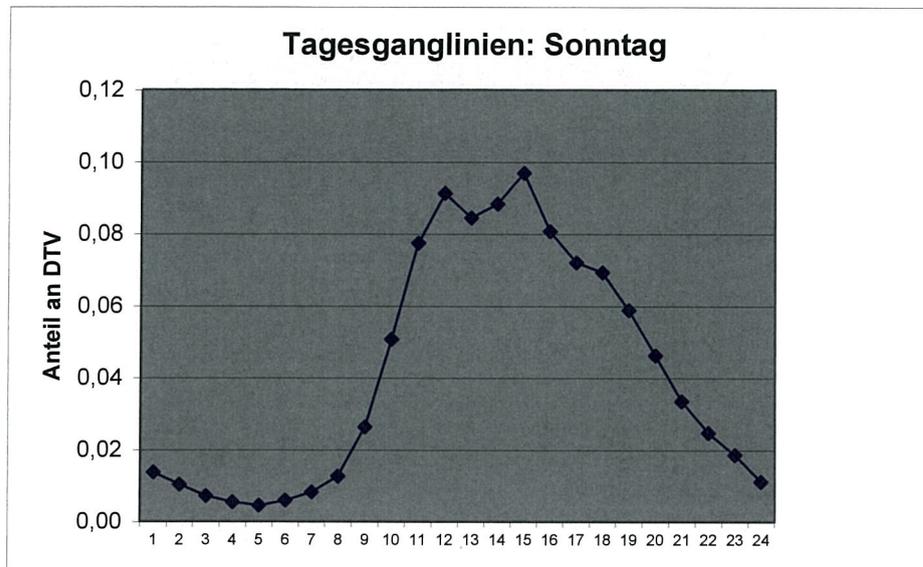
A 3.5.5 Tagesgang Freitag



A 3.5.6 Tagesgang Samstag



A 3.5.7 Tagesgang Sonntag



A 3.6 Emissionsfaktoren und Emissionen

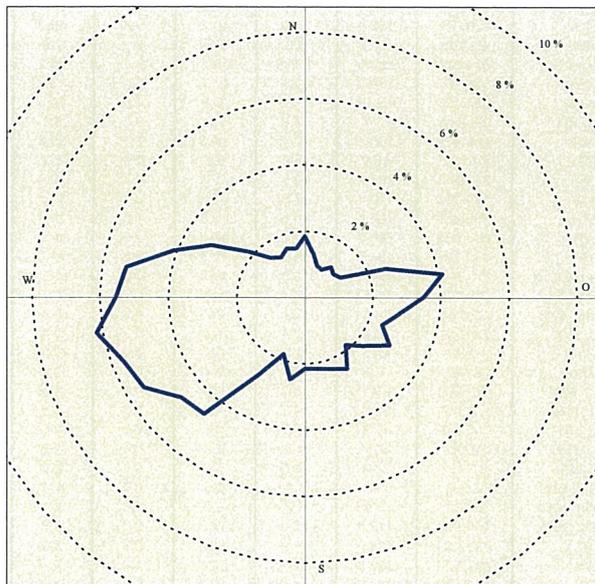
Abschnitt	Verkehrssituation	Länge [m]	DTV [Kt/24h]	Emissionsfaktor							
				CO2 [g/km]	NOx [g/km]	PM10 [g/km]	PM2.5 [g/km]	BzI [g/km]	NH3 [g/km]	H2O [g/km]	
3	pstr03_100a	Land/AB/100/fluessig_±0%	1.891	9.304	193.358	0.17433	0.04603	0.01723	0.00036	0.02148	0.00810
4	pstr03_100b	Land/AB/100/fluessig_±0%	1.895	9.304	193.358	0.17433	0.04603	0.01723	0.00036	0.02148	0.00810
5	pstr04_100a	Land/AB/100/fluessig_±0%	4.925	6.835	199.065	0.15402	0.04755	0.01726	0.00039	0.02352	0.00882
6	pstr04_100b	Land/AB/100/fluessig_±0%	4.923	6.835	199.065	0.15402	0.04755	0.01726	0.00039	0.02352	0.00882
7	pstr04_080a	Land/FernStr/80/fluessig_±0%	289	1.982	158.610	0.15136	0.04262	0.01742	0.00035	0.02529	0.00590
8	pstr04_080b	Land/FernStr/80/fluessig_±0%	625	1.982	158.610	0.15136	0.04262	0.01742	0.00035	0.02529	0.00590
9	pstr04_060	Land/FernStr/60/fluessig_±0%	172	1.982	148.122	0.16357	0.04275	0.01905	0.00039	0.01273	0.00622
10	pstr04_040	Land/Erschliessung/40/fluessig_±0%	160	1.982	214.270	0.22784	0.04355	0.02395	0.00054	0.01273	0.00622
12	pstr06_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	932	11.564	183.297	0.23573	0.03722	0.02037	0.00073	0.01426	0.00386
13	pstr06_100a	Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	577	11.564	139.493	0.16465	0.03619	0.01756	0.00046	0.01426	0.00422
14	pstr06_100b	Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	104	11.564	139.493	0.16465	0.03619	0.01756	0.00046	0.01426	0.00422
15	pstr06_070	Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	123	11.564	153.370	0.18971	0.03650	0.01787	0.00054	0.01426	0.00422
16	pstr07_070a	Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	351	16.587	153.370	0.18971	0.03650	0.01787	0.00054	0.01426	0.00422
17	pstr07_070b	Land/HVS/70/fluessig_±0%	177	16.587	126.958	0.14220	0.03605	0.01525	0.00040	0.01426	0.00422
18	pstr08_070	Land/HVS/70/fluessig_±0%	90	5.957	121.612	0.13854	0.03510	0.01459	0.00040	0.01469	0.00380
19	pstr08_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	1.385	5.957	177.327	0.22930	0.03621	0.01966	0.00074	0.01468	0.00352
20	pstr09_050	Land/HVS/50/fluessig_±0%	433	5.957	128.692	0.14261	0.03541	0.01881	0.00042	0.01466	0.00355
21	pstr09_100	Land/HVS/100/fluessig_±0%	1.315	5.957	137.134	0.17204	0.03540	0.01254	0.00055	0.02949	0.00340
22	pstr10_070a	Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	328	3.504	148.342	0.18511	0.03563	0.01722	0.00055	0.01467	0.00385
23	pstr10_100	Land/HVS/100/fluessig_±0%	937	3.504	137.220	0.17206	0.03542	0.01255	0.00055	0.02949	0.00340
24	pstr10_070b	Land/HVS/70/fluessig_±0%	332	3.504	122.202	0.13881	0.03521	0.01465	0.00040	0.01467	0.00385
25	pstr11_070a	Land/HVS/70/fluessig_±0%	597	8.069	178.326	0.16391	0.04565	0.02024	0.00039	0.01276	0.00849
26	pstr11_070b	Land/HVS/70/fluessig_±0%	353	8.069	178.326	0.16391	0.04565	0.02024	0.00039	0.01276	0.00849
27	pstr11_070c	Land/HVS/70/fluessig_±2%	517	8.069	193.803	0.20198	0.04566	0.02025	0.00041	0.01276	0.00849
28	pstr11_070d	Land/HVS/70/fluessig_±2%	452	8.069	193.803	0.20198	0.04566	0.02025	0.00041	0.01276	0.00849
29	pstr11_100a	Land/HVS/100/fluessig_±0%	484	6.074	137.176	0.17205	0.03541	0.01255	0.00055	0.02949	0.00340
30	pstr11_070e	Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	316	3.037	148.294	0.18508	0.03562	0.01722	0.00055	0.01467	0.00385
31	pstr11_100b	Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	317	3.037	134.526	0.15967	0.03530	0.01690	0.00046	0.01467	0.00385
32	pstr12_030	Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	155	2.453	160.001	0.17868	0.03590	0.01934	0.00051	0.00284	0.00689
33	pstr12_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	412	2.453	178.043	0.22994	0.03633	0.01972	0.00074	0.01466	0.00356
34	pstr13_050	Land/HVS/50/fluessig_±0%	44	150	129.454	0.14336	0.03558	0.01886	0.00042	0.01469	0.00361
35	pstr13_070	Land/HVS/70/fluessig_±0%	510	150	122.992	0.13887	0.03537	0.01470	0.00040	0.01470	0.00392
36	pstr14_100	Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	2.504	1.402	134.651	0.15971	0.03533	0.01692	0.00046	0.01466	0.00386
37	pstr15_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	259	4.180	183.942	0.23415	0.03728	0.02008	0.00075	0.01470	0.00389
38	pstr16_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	200	955	203.212	0.25040	0.04042	0.02166	0.00075	0.01430	0.00498
39	pstr17_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	343	1.015	193.139	0.24191	0.03878	0.02084	0.00075	0.01451	0.00441
40	pstr18_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	298	3.343	184.595	0.23470	0.03738	0.02014	0.00075	0.01469	0.00393
41	pstr20_1	Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	778	100	172.798	0.19129	0.03802	0.02072	0.00050	0.00279	0.00755
42	pstr20_2	Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	842	100	172.798	0.19129	0.03802	0.02072	0.00050	0.00279	0.00755
43	pstr21	Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	885	2.000	155.632	0.17473	0.03523	0.01908	0.00051	0.00283	0.00670
44	pstr26	Land/FernStr/80/fluessig_±0%	841	3.964	158.610	0.15136	0.04262	0.01742	0.00035	0.02529	0.00590
45	pstr22_a	Land/AB/110/fluessig_±0%	480	12.258	209.316	0.17708	0.04749	0.01739	0.00047	0.02359	0.00855
46	pstr22_b	Land/AB/110/fluessig_±2%	240	12.258	233.261	0.22524	0.04752	0.01742	0.00056	0.02359	0.00855
47	pstr22_c	Land/AB/110/fluessig_±0%	1.220	12.258	209.316	0.17708	0.04749	0.01739	0.00047	0.02359	0.00855
48	pstr22_d	Land/AB/110/fluessig_±2%	280	12.258	233.261	0.22524	0.04752	0.01742	0.00056	0.02359	0.00855
49	pstr22_e	Land/AB/110/fluessig_±4%	166	12.258	298.645	0.27919	0.04797	0.01787	0.00084	0.02359	0.00855
50	pstr24_a	Land/AB/110/fluessig_±2%	92	12.258	233.261	0.22524	0.04752	0.01742	0.00056	0.02359	0.00855
51	pstr24_b	Land/AB/110/fluessig_±2%	1.321	12.258	233.261	0.22524	0.04752	0.01742	0.00056	0.02359	0.00855
52	pstr24_c	Land/AB/110/fluessig_±0%	6.153	12.258	209.316	0.17708	0.04749	0.01739	0.00047	0.02359	0.00855

1	2	3	Emissionen/Jahr						
			12	13	14	15	16	17	
Abschnitt	Verkehrssituation		CO2 [kg/a]	NOx [kg/a]	PM10 [kg/a]	PM2,5 [kg/a]	Bzi [kg/a]	NH3 [kg/a]	N2O [kg/a]
3	pstr03_100a	Land/AB/100/fluessig_±0%	1.241.721	1.119,6	295,6	110,6	2,3	138,0	52,0
4	pstr03_100b	Land/AB/100/fluessig_±0%	1.244.348	1.121,9	296,2	110,9	2,3	138,2	52,1
5	pstr04_100a	Land/AB/100/fluessig_±0%	2.445.952	1.892,5	584,3	212,1	4,8	289,0	108,4
6	pstr04_100b	Land/AB/100/fluessig_±0%	2.444.958	1.891,8	584,0	212,0	4,8	288,9	108,3
7	pstr04_080a	Land/FernStr/80/fluessig_±0%	33.161	31,6	8,9	3,6	0,1	5,3	1,2
8	pstr04_080b	Land/FernStr/80/fluessig_±0%	71.715	68,4	19,3	7,9	0,2	11,4	2,7
9	pstr04_060	Land/FernStr/60/fluessig_±0%	18.431	20,4	5,3	2,4	0,0	1,6	0,8
10	pstr04_040	Land/Erschliessung/40/fluessig_±0%	24.801	26,4	5,0	2,8	0,1	1,5	0,7
12	pstr06_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	721.060	927,3	146,4	80,1	2,9	56,1	15,2
13	pstr06_100a	Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	339.726	401,0	88,1	42,8	1,1	34,7	10,3
14	pstr06_100b	Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	61.233	72,3	15,9	7,7	0,2	6,3	1,9
15	pstr06_070	Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	79.626	98,5	18,9	9,3	0,3	7,4	2,2
16	pstr07_070a	Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	325.914	403,1	77,6	38,0	1,1	30,3	9,0
17	pstr07_070b	Land/HVS/70/fluessig_±0%	136.047	152,4	38,6	16,3	0,4	15,3	4,5
18	pstr08_070	Land/HVS/70/fluessig_±0%	23.799	27,1	6,9	2,9	0,1	2,9	0,7
19	pstr08_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	534.024	690,5	109,1	59,2	2,2	44,2	10,6
20	pstr09_050	Land/HVS/50/fluessig_±0%	121.165	134,3	33,3	17,7	0,4	13,8	3,3
21	pstr09_100	Land/HVS/100/fluessig_±0%	392.108	491,9	101,2	35,9	1,6	84,3	9,7
22	pstr10_070a	Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	62.234	77,7	14,9	7,2	0,2	6,2	1,6
23	pstr10_100	Land/HVS/100/fluessig_±0%	164.454	206,2	42,4	15,0	0,7	35,3	4,1
24	pstr10_070b	Land/HVS/70/fluessig_±0%	51.892	58,9	15,0	6,2	0,2	6,2	1,6
25	pstr11_070a	Land/HVS/70/fluessig_±0%	313.546	288,2	80,3	35,6	0,7	22,4	14,9
26	pstr11_070b	Land/HVS/70/fluessig_±0%	185.397	170,4	47,5	21,0	0,4	13,3	8,8
27	pstr11_070c	Land/HVS/70/fluessig_±2%	295.097	307,6	69,5	30,8	0,6	19,4	12,9
28	pstr11_070d	Land/HVS/70/fluessig_±2%	257.995	268,9	60,8	27,0	0,5	17,0	11,3
29	pstr11_100a	Land/HVS/100/fluessig_±0%	147.195	184,6	38,0	13,5	0,6	31,6	3,7
30	pstr11_070e	Land/HVS-kurv./70/fluessig_±0%	51.946	64,8	12,5	6,0	0,2	5,1	1,3
31	pstr11_100b	Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	47.272	56,1	12,4	5,9	0,2	5,2	1,4
32	pstr12_030	Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	22.204	24,8	5,0	2,7	0,1	0,4	1,0
33	pstr12_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	65.676	84,8	13,4	7,3	0,3	5,4	1,3
34	pstr13_050	Land/HVS/50/fluessig_±0%	312	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
35	pstr13_070	Land/HVS/70/fluessig_±0%	3.434	3,9	1,0	0,4	0,0	0,4	0,1
36	pstr14_100	Land/HVS-kurv./100/fluessig_±0%	172.500	204,6	45,3	21,7	0,6	18,8	4,9
37	pstr15_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	72.678	92,5	14,7	7,9	0,3	5,8	1,5
38	pstr16_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	14.173	17,5	2,8	1,5	0,1	1,0	0,3
39	pstr17_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	24.532	30,7	4,9	2,6	0,1	1,8	0,6
40	pstr18_050	Land/HVS-kurv./50/fluessig_±0%	67.131	85,4	13,6	7,3	0,3	5,3	1,4
41	pstr20_1	Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	4.907	5,4	1,1	0,6	0,0	0,1	0,2
42	pstr20_2	Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	5.311	5,9	1,2	0,6	0,0	0,1	0,2
43	pstr21	Land/Erschliessung/30/fluessig_±0%	100.546	112,9	22,8	12,3	0,3	1,8	4,3
44	pstr26	Land/FernStr/80/fluessig_±0%	192.999	184,2	51,9	21,2	0,4	30,8	7,2
45	pstr22_a	Land/AB/110/fluessig_±0%	449.527	380,3	102,0	37,4	1,0	50,7	18,4
46	pstr22_b	Land/AB/110/fluessig_±2%	250.476	241,9	51,0	18,7	0,6	25,3	9,2
47	pstr22_c	Land/AB/110/fluessig_±0%	1.142.548	966,6	259,2	94,9	2,6	128,8	46,7
48	pstr22_d	Land/AB/110/fluessig_±2%	292.222	282,2	59,5	21,8	0,7	29,6	10,7
49	pstr22_e	Land/AB/110/fluessig_±4%	221.807	207,4	35,6	13,3	0,6	17,5	6,4
50	pstr24_a	Land/AB/110/fluessig_±2%	96.016	92,7	19,6	7,2	0,2	9,7	3,5
51	pstr24_b	Land/AB/110/fluessig_±2%	1.378.660	1.331,3	280,9	102,9	3,3	139,5	50,5
52	pstr24_c	Land/AB/110/fluessig_±0%	7.635.408	6.459,4	1.732,5	634,4	17,1	860,7	311,9
Summe			24.049.883	22.069	5.546	2.157	58	2.665	936

A 4 Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes (Fehmarn 2004)

A 4.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel

(Anteil an Gesamtjahresstunden)



A 4.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen

(Anteil an Gesamtjahresstunden)

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	0,41 %	1,19 %	0,07 %	0,03 %	0,23 %	0,00 %
1,5	0,66 %	1,22 %	0,41 %	0,32 %	0,20 %	0,13 %
2	1,31 %	1,89 %	0,28 %	0,38 %	0,31 %	0,37 %
3	0,46 %	3,97 %	6,31 %	3,23 %	1,11 %	0,90 %
4-5	0,00 %	0,00 %	15,18 %	3,96 %	1,08 %	0,68 %
6	0,00 %	0,00 %	14,90 %	1,37 %	0,56 %	0,32 %
7-8	0,00 %	0,00 %	12,64 %	1,00 %	0,22 %	0,15 %
9	0,00 %	0,00 %	9,02 %	0,98 %	0,23 %	0,03 %
>10	0,00 %	0,00 %	11,17 %	0,97 %	0,15 %	0,00 %
Summe	2,84 %	8,27 %	69,97 %	12,25 %	4,09 %	2,59 %

A 5 Zusammenstellung vorhandener Messdaten

Standort	Zeitraum	NO ₂				NO	NOx	Ozon	Benzol	PM ₁₀		PM _{2,5}
		Jahresmittelwert [µg/m ³]	98-Perzentil [µg/m ³]	max. Stundenmittelwert [µg/m ³]	Stunden > 200 µg/m ³	Jahresmittelwert [µg/m ³]	Tage > 50 µg/m ³	Jahresmittelwert [µg/m ³]				
Standorte in Schleswig-Holstein												
Bornhöved (unbelasteter Standort)	2001	14	39	72	—	1	16	51	—	18	10	—
	2002	14	44	82	0	3	19	55	—	20	12	—
	2003	14	44	72	0	3	19	57	—	23	26	—
	2004	12	37	58	0	3	17	54	—	18	7	—
	2005	12	—	—	0	3	17	55	—	19	7	—
	2006	13	—	—	0	2	16	57	—	19	12	—
	2007	11	39	—	0	3	15	56	—	17	4	—
	2008	12	38	—	0	2	15	57	—	16	1	—
	2009	12	43	72	0	3	17	54	—	—	—	16
	2010	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fehmarn (unbelasteter Standort)	2001	—	—	—	—	—	—	56	—	—	—	—
	2002	—	—	—	—	—	—	61	—	—	—	—
	2003	—	—	—	—	—	—	61	—	—	—	—
	2004	—	—	—	—	—	—	59	—	—	—	—
	2005	—	—	—	—	—	—	61	—	—	—	—
	2006	—	—	—	—	—	—	62	—	—	—	—
	2007	—	—	—	—	—	—	58	—	—	—	—
	2008	—	—	—	—	—	—	58	—	—	—	—
	2009	—	—	—	—	—	—	57	—	—	—	—
	2010	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Orientierende Messungen												
Burg auf Fehmarn, Bahnhofstr.	05/2004-04/2005	26	—	—	—	—	—	—	1,3	—	—	—
Ansatz für Hintergrundbelastung:		12,1	37	—	—	3	16,3	59	1,0	18	7	16

A 6 Rasterkarten Luftschadstoffe, Maßstab 1:20.000

A 6.1 Stickoxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Abbildungen im Maßstab 1:20.000 befinden sich in der Anlage.

A 6.2 Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen

A 6.2.1 NO₂-Jahresmittelwert J00

A 6.2.2 NO₂-Stundenmittelwert S18

Die Abbildungen im Maßstab 1:20.000 befinden sich in der Anlage.

A 6.3 Feinstaub(PM₁₀)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Abbildungen im Maßstab 1:20.000 befinden sich in der Anlage.

A 6.4 Feinstaub(PM_{2,5})-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Abbildungen im Maßstab 1:20.000 befinden sich in der Anlage.

A 6.5 Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Abbildungen im Maßstab 1:20.000 befinden sich in der Anlage.

A 7 Rasterkarte Stickstoffdeposition, Maßstab 1:20.000

Die Abbildungen im Maßstab 1:20.000 befinden sich in der Anlage.