Unterlage 5-7-2

Planfeststellungsverfahren

Ersatzneubau der alten Levensauer Hochbrücke
und
Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals
NOK-Km 93,2 – 94,2

Luftschadstoffuntersuchung
für die Anpassung der NOK-Oststrecke

VORHABENTRÄGER:

WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT KIEL-HOLTENAU
SCHLEUSENINSEL 2
24159 KIEL-HOLTENAU

WSV.de
Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes

VERFASSER:

LAIRM CONSULT GmbH

Stand: 22.01.2009

Kurze Erläuterung

Im Januar 2009 wurde im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes eine Luftschadstoffuntersuchung zum Planfeststellungsverfahren der Anpassung der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals durchgeführt. Die Untersuchung betrachtete dabei auch einen Teilbereich der Planungen zur Levensauer Hochbrücke.
Die Beurteilung der Luftschadstoffimmissionen erfolgt in der vorliegenden Unterlage auf Grundlage der aktuellen Grenz- und Richtwerte auf nationaler und europäischer Ebene (22. BImSchV, EU-Richtlinien, TA Luft, Länderausschuss für Immissionsschutz). Als maßgebliche Schadstoffkomponenten für den Schiffs- und Straßenverkehr werden Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM10) und Benzol einbezogen. Für die PM2,5-Fraktion im Feinstaub erfolgen ergänzende Abschätzungen, um die ab 2020/25 geplanten Grenzwerte einzubeziehen.

Die Gültigkeit der Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf den Ersatzneubau der alten Levensauer Hochbrücke und den Ausbau des Nord-Ostsee-Kanals bei Kkm 93,2 und 94,2 wurde im Rahmen einer Stellungnahme (vgl. Unterlage 5-7-1) geprüft.

Da es sich bei diesem Gutachten um ein sehr umfangreiches und sehr fachspezifisches Dokument handelt, sind nur die Anhänge enthalten, die sich auf die Planungen zur Levensauer Hochbrücke beziehen. Die beiliegenden Karten wurden verkleinert und werden daher ohne Maßstab dargestellt.
Bei Interesse steht die gesamte Unterlage beim Antragsteller zur Verfügung.

Die Unterlage gliedert sich wie folgt:

Erläuterungstext

Anlagen

A1 Lagepläne
- A 1.1 Übersichtsplan Prognose-Planfall, Rechengebiet 1 bis 7
- A 1.2 Übersichtplan FFH-Gebiet 1626-352 (Rechengebiet 11)

A2 Emissionen des Straßenverkehr
- A 2.1 Allgemeines
- A 2.2 Verkehrsbelastungen Prognose 2015
- A 2.3 Zusammenstellung der Verkehrssituationen
- A 2.4 Basis-Emissionsfaktoren
  - *A 2.4.1 Kfz-Abgase (Handbuch Emissionsfaktoren), Bezugsjahr 2010*
  - *A 2.4.2 Staubaufwirbelung auf befestigten Straßen (Lohmeyer 2004)*
- A 2.5 Emissionen der Straßenabschnitte

A 3 Emissionen des Schiffsverkehrs
- A 3.1 Schiffszahlen Prognose 2015
  - *A 3.1.1 Schiffsverkehr Oststrecke Nord-Ostsee-Kanal Prognose-Nullfall*
  - *A 3.1.2 Schiffsverkehr Oststrecke Nord-Ostsee-Kanal Prognose-Planfall*
  - *A 3.1.3 Schiffsverkehr Weststrecke Nord-Ostsee-Kanal Prognose-Nullfall*

A 3.1.4 Schiffsverkehr Weststrecke Nord-Ostsee-Kanal Prognose-Planfall

A 3.2 Emissionsfaktoren

A 3.2.1 Hauptmaschinen bei Revierfahrt und im Hafen gemäß ENTEC-Studie und LuWas

A 3.2.2 Hilfsmaschinen bei Fahrt auf See, Revierfahrt und im Hafen gemäß ENTEC-Studie

A 3.2.3 Hilfskessel bei Fahrt auf See, Revierfahrt und im Hafen gemäß Isensee

A 3.2.4 Auslastung der Aggregate

A 3.3 Emissionen der Seeschiffe

A 3.3.1 Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hauptmaschinen

A 3.3.2 Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hilfsmaschinen

A 3.3.3 Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hilfskessel

A 3.3.4 Gesamt-Emissionsfaktoren, Revierfahrt

A 4 Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes (Kiel-Holtenau)

A 4.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel

A 4.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen

A 5 Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes (Brunsbüttel)

A 5.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel

A 5.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen

A 6 Zusammenstellung vorhandener Messdaten

A 7 Rasterkarten NOK, Maßstab 1:17.500

A 7.1 Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

A 7.1.1 Prognose-Nullfall (SO2, J00)

A 7.1.2 Prognose-Planfall (SO2, J00)

A 7.1.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO2, J00)

A 7.2 Schwefeldioxid-Zusatzbelastungen (Tagesmittelwert T03)

A 7.2.1 Prognose-Nullfall (SO2, T03)

A 7.2.2 Prognose-Planfall (SO2, T03)

A 7.2.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO2, T03)

A 7.3 Schwefeldioxid-Zusatzbelastungen (Stundenmittelwert S24)

A 7.3.1 Prognose-Nullfall (SO2, S24)

A 7.3.2 Prognose-Planfall (SO2, S24)

A 7.3.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO2, S24)

A 7.4 Feinstaub(PM10)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

A 7.4.1 Prognose-Nullfall (PM10, J00)

A 7.4.2 Prognose-Planfall (PM10, J00)

A 7.4.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (PM10, J00)

A 7.5 Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

A 7.5.1 Prognose-Nullfall (Bzl, J00)

A 7.5.2 Prognose-Planfall (Bzl, J00)

A 7.5.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (Bzl, J00)

A 7.6 Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

A 7.6.1 Prognose-Nullfall (NO2, J00)

A 7.6.2 Prognose-Planfall (NO2, J00)

A 7.6.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (NO2, J00)

A 8 Rasterkarten FFH-Gebiete, Maßstab 1:15.000

A 8.1 Schwefeldeposition

A 8.1.1 FFH-Gebiet 1626-352, RG 11

A 8.1.1.1 Prognose-Nullfall (SO2, Deposition)

A 8.1.1.2 Prognose-Planfall (SO2, Deposition)

A 8.1.1.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO2, Deposition)

A 8.2 Stickstoffdeposition

A 8.2.1 FFH-Gebiet 1626-352, RG 11

A 8.2.1.1 Prognose-Nullfall (N, Deposition)

A 8.2.1.2 Prognose-Planfall (N, Deposition)

A 8.2.1.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (N, Deposition)

LAIRM CONSULT GmbH

Beratendes Ingenieurbüro
für Akustik, Luftreinhaltung
und Immissionsschutz

Bekannt gegebene Messstelle
nach §26, §28 BImSchG
(Geräuschmessungen)

Luftschadstoffuntersuchung zum Planfeststellungsverfahren für die Anpassung der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals

Projektnummer: 06107

22. Januar 2009

Im Auftrag von:
TGP
An der Untertrave 17
23552 Lübeck

LAIRM CONSULT GmbH, Hauptstraße 45, 22941 Hammoor,
Tel.: +49 (4532) 2809-0; Fax: +49 (4532) 2809-15; E-Mail: info@lairm.de

Inhaltsverzeichnis

1. Anlass und Aufgabenstellung....4
2. Örtliche Situation....4
3. Untersuchungsrahmen....5
3.1. Untersuchungsszenarien....5
3.2. Untersuchungsgebiet....6
3.3. Emissionsquellen....6
4. Luftschadstoffquellen....7
4.1. Verbrennungsmotoren....7
4.2. Weitere Emissionsquellen....8
5. Beurteilungsgrundlagen....8
5.1. Immissionsgrenzwerte....8
5.2. Umweltverträglichkeitsprüfung....13
6. Emissionen....15
6.1. Straßenverkehr....15
6.1.1. Verkehrsbelastungen....15
6.1.2. Emissionsfaktoren....15
6.1.2.1. Kfz-Abgase....15
6.1.2.2. Staubaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr....16
6.2. Schiffsverkehr....17
6.2.1. Schiffsfahrten und Liegezeiten in den Weichen....17
6.2.2. Emissionsfaktoren....18
6.2.3. Treibstoffarten....21
6.2.4. Auslastungsgrade der Aggregate....21
6.2.5. Schiffsspezifische Eingangsdaten....22
6.3. Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Betrieb NOK)....22
7. Immissionen (Betrieb)....26
7.1. Allgemeines....26
7.2. Berechnungsverfahren....27
7.2.1. Rechenmodell....27

7.2.2. Rechengebiet und Kenngrößen 27
7.2.3. Quellenmodell 29
7.3. NO-NO_2-Konversion 30
7.4. Hintergrundbelastung 31
7.5. Immissionen 32
7.5.1. Allgemeines 32
7.5.2. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO_2, Jahresmittelwert J00) 34
7.5.3. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO_2, 98-Perzentil) 36
7.5.4. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO_2, Stundenmittelwert S18) 38
7.5.5. Schwefeldioxid-Belastungen (SO_2, Jahresmittelwert J00) 40
7.5.6. Schwefeldioxid-Belastungen (SO_2, Tagesmittelwert T03) 42
7.5.7. Schwefeldioxid-Belastungen (SO_2, Stundenmittelwert S24) 44
7.5.8. Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Jahresmittelwert J00) 46
7.5.9. Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Tagesmittelwert T35) 48
7.5.10. Benzol-Belastungen (Jahresmittelwert J00) 50
7.6. Gesamtwertstufe Luft 52
7.7. Berücksichtigung hoher Hintergrundbelastungen (2003) 52
7.8. Qualität der Prognose 53
8. Deposition 53
8.1. Allgemeines 53
8.2. Berechnungsverfahren 54
8.2.1. Stickstoffdeposition 54
8.2.2. Schwefeldioxiddeposition 54
8.2.3. Nasse Deposition 55
8.3. Ergebnisse 55
8.3.1. Allgemeines 55
8.3.2. Stickstoff-Deposition 56
8.3.3. Schwefeldioxid-Deposition 57
9. Baustellenbetrieb 58
9.1. Verbringungskonzept 58
9.1.1. Trockenaushub 59
9.1.2. Nassaushub 59

9.2. Emissionsbilanz (Baustellenbetrieb)....60
9.3. Immissionen....68
10. Zusammenfassung und Beurteilung....69
11. Quellenverzeichnis....72
12. Anlagenverzeichnis....I

1. Anlass und Aufgabenstellung

Das Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau plant die Anpassung der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals an den Ausbaustandard der Weststrecke. Das bedeutet eine Verbreiterung des Kanalprofils zwischen der Weiche Königsförde und der Weiche Schwartenbek. Die Umsetzung des Vorhabens erfolgt in einem Planfeststellungsverfahren.

Im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU) zum Planfeststellungsverfahren sind die Auswirkungen der geplanten Maßnahmen darzustellen und zu beurteilen. Insbesondere ist der Schutz der schutzbedürftigen Nachbarschaft vor Luftschadstoffimmissionen sicherzustellen.

Die Beurteilung erfolgt auf Grundlage der aktuellen Grenz- und Richtwerte auf nationaler und europäischer Ebene (22. BImSchV, EU-Richtlinien, TA Luft, Länderausschuss für Immissionsschutz). Als maßgebliche Schadstoffkomponenten für den Schiffs- und Straßenverkehr werden Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Feinstaub (PM_{10}) und Benzol einbezogen. Für die $PM_{2,5}$-Fraktion im Feinstaub erfolgen ergänzende Abschätzungen, um die ab 2020/25 geplanten Grenzwerte einzubeziehen.

Im Vorherzustand bzw. Prognose-Nullfall sind Vorbelastungen aus Schiffs- und Straßenverkehr sowie der großräumigen Hintergrundbelastung vorhanden.

Für den Nachherzustand (Prognose-Planfall) nach Umsetzung des Planvorhabens wird eine Immissionsprognose unter Berücksichtigung des geplanten Betriebsszenarios durchgeführt. Dabei werden alle maßgeblichen Emissionsquellen einbezogen (Straßenverkehr, Schiffsverkehr, Fährverkehr der Fähre Landwehr sowie Liegezeit der Schiffe in den Weichen).

Zum Schutz der Vegetation sind Stickstoff- sowie Schwefeldioxideinträge für die an den Nord-Ostsee-Kanal angrenzenden FFH-Gebiete zu ermitteln.

Für die Bauphase erfolgt eine Abwägung der verschiedenen Varianten des Verbringungskonzeptes anhand einer Emissionsbilanz.

2. Örtliche Situation

Der Untersuchungsraum Mensch der Umweltverträglichkeitsstudie umfasst den Nord-Ostsee-Kanal und dessen Umfeld. Er wird im Westen durch die Weiche Königsförde (Kanalkilometer [Kkm] 80) und im Osten durch die Weiche Schwartenbek (Kkm 92) begrenzt. Nördlich und südlich des Kanals endet der Untersuchungsraum in einer Entfernung von ca. 500 m bis 1.000 m vom Kanal. Der Untersuchungsraum ist geprägt durch vorherrschende Gutswirtschaft mit teils großflächiger Ackernutzung.

Die Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals besteht aus engen und breiten Kanalabschnitten. Im Untersuchungsraum befinden sich drei breite Kanalabschnitte, welche als Weichen für die Schifffahrt zur Verfügung stehen. Dieses sind die Weiche Königsförde, die Weiche Groß Nordsee und die Weiche Schwartenbek. Die Liegezeiten der Schiffe in den Weichen wurden als zusätzliche Emissionsquellen berücksichtigt.

In der Mitte des Untersuchungsraumes befindet sich die Fähre Landwehr, welche rund um die Uhr im Betrieb ist. Die Fähre Landwehr wurde als zusätzliche Emissionsquelle in der Untersuchung berücksichtigt.

Innerhalb des Untersuchungsraumes oder in direkter Nachbarschaft liegen von West nach Ost die Gemeinden Lindau, Bredenbek, Krummwisch, Schinkel, Achterwehr, Quarnbek, Neuwittenbek, Ottendorf, Altenholz und die Stadt Kiel.

Die nächstgelegene schutzbedürftige Bebauung befindet sich in folgenden Bereichen:

- Bebauung nördlich des Nord-Ostsee-Kanals: Wohnbebauung in Groß-Königsförde am Eiderredder und in der Dorfstraße, in Rosenkranz im Ziegeleiweg und im Rosenkranzer Weg, in Schinkel im Rosenkranzer Weg, in Landwehr an der Straße Plotzenbrook, in Warleberg an der K90, in Neuwittenbek an der K90, in Altwittenbek an der K90 und der Straße Am Hang und in Levensau an der Straße Am Kanal;
- Bebauung südlich des Nord-Ostsee-Kanals: Wohnbebauung in Klein Königsförde an der Königsfurth, in Neukönigsförde, in Holm, in Landwehr in der Straße Am Fährberg, in Rajensdorf im Birkenweg und im Ohlenkamp, in Kiel in der Straße Langenneßweg und Fehmarnwinkel.

Die genauen örtlichen Gegebenheiten sind den Lageplänen der Anlage A 1.1 zu entnehmen.

Zum Schutz der Vegetation sind außerdem für die FFH-Gebiete in direkter Umgebung des gesamten Nord-Ostsee-Kanals Stickstoff- und Schwefeldioxideinträge zu ermitteln. Dazu zählen die FFH-Gebiete 2022-302, 1922-391, 1624-392, 1625-301 und 1626-352 (s. Anlage A 1.2 bis A 1.6).

3. Untersuchungsrahmen

3.1. Untersuchungsszenarien

Folgende Zustände wurden im Rahmen dieser Untersuchung einbezogen:

- Prognose-Nullfall (2015):
  - Verkehrsbelastungen der verkehrsreichen Strassen im Untersuchungsgebiet (Prognosehorizont 2015);
  - Prognoseverkehrsbelastungen für den Schiffsverkehr auf dem Nord-Ostsee-Kanal (Bezugsjahr 2015) ohne Umsetzung des geplanten Ausbaus der Oststrecke des NOK;
  - Exemplarische wöchentliche Weichenbelegung 2007 für die Weichen Königsförde, Groß Nordsee und Schwartenbek.

- Prognose-Planfall (2015):
  - Verkehrsbelastungen der verkehrsreichen Strassen im Untersuchungsgebiet (Prognosehorizont 2015);
  - Prognoseverkehrsbelastungen für den Schiffsverkehr auf dem Nord-Ostsee-Kanal (Bezugsjahr 2015) nach Umsetzung des geplanten Ausbaus der Oststrecke des NOK;
  - Exemplarische wöchentliche Weichenbelegung 2007 für die Weichen Königsförde, Groß Nordsee und Schwartenbek.
- Bauphase:
  - Verkehrzahlen der eingesetzten Baufahrzeuge und Schuten für verschiedene Varianten der Verbringung des Bodenabtrages.

3.2. Untersuchungsgebiet

Die Berechnung der Luftschadstoffimmissionen erfolgte flächendeckend für das Untersuchungsgebiet der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals. Das Gebiet hat eine horizontale Ausdehnung von ca. 13 km und eine vertikale Ausdehnung von ca. 5 km. Aufgrund seiner Größe wurde das Untersuchungsgebiet in quadratische Rechengebiete mit einer Ausdehnung von 2 km eingeteilt. Somit setzt sich die Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals aus sieben sich überlappenden Rechengebieten zusammen (Rechengebiete RG1 bis RG7). Eine grafische Darstellung des gesamten Untersuchungsgebietes findet sich im Lageplan Anlage A 1.1.

Ergänzend wurden die Immissionen an einigen maßgeblichen Einzelpunkten betrachtet. Die Bezeichnung der Immissionsorte kann der Anlage A 1.1 entnommen werden.

Für die fünf FFH-Gebiete, die sich an den verschiedensten Stellen des Nord-Ostsee-Kanals befinden, wurde jeweils ein Rechengebiet mit einer Ausdehnung von 2 km gewählt (Rechengebiete RG11 bis RG15). Die Lage der Rechengebiete ist den Anlagen A 1.2 bis A 1.6 zu entnehmen.

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 die maßgebenden Straßenabschnitte, den Schienenverkehr über die Levensauer Hochbrücke, den Fährbetrieb der Fähre Landwehr, den Schiffsverkehr auf dem Nord-Ostsee-Kanal sowie die Liegezeiten der Schiffe in den Weichen.

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

Für die Betrachtung der Bauphase werden Schuten sowie Traktoren, Bagger und Raupen als Emissionsquellen berücksichtigt.

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 angegeben als NO_X: Summe aus Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO_2),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Schwefeldioxid (SO_2),
- Kohlenwasserstoffe (HC, darunter Benzol (C_6H_6), Toluol (C_7H_8)und Xylole (C_8H_{10})),
- Partikel (PM, darunter Dieselruß und Feinstaub) und
- Blei (Pb).

Die Stickoxide im Abgas setzen sich in der Regel zu mehr als 90 % aus Stickstoffmonoxid (NO) und weniger als 10 % aus Stickstoffdioxid (NO_2) zusammen. 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 Reaktion läuft relativ schnell ab, so dass im straßennahen Bereich ein großer Teil des als natürliches Spurengas in der Luft vorhandenen Ozons aufgebraucht wird. Bei Sonnenlicht kann sich NO_2 durch Photolyse wieder in NO und O_3 umwandeln.

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

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

Die Schadstoffkomponente Blei verliert mit zunehmendem Einsatz bleifreier Kraftstoffe immer mehr an Bedeutung und kann daher bei der Bewertung einer Immissionssituation vernachlässigt werden.

Eine weitere Komponente im Abgas von Verbrennungsmotoren stellen die Partikel dar (Staub). Zum Themenkreis Staub/Feinstaub fanden 1998 im Umweltbundesamt insge-

samt drei Fachgespräche statt [31]. Bei den mit dem Abgas von Motoren emittierten Partikelemissionen handelt es sich danach vollständig um Feinstaub PM_{10} (Partikeldurchmesser kleiner als 10 µm), überwiegend sogar um Feinstaub $PM_{2,5}$ (Partikeldurchmesser kleiner als 2,5 µm).

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

Ein weiterer Bestandteil des Abgases ist das Kohlendioxid, das bei der Verbrennung fossiler Energieträger als Endprodukt entsteht. Da es bereits zum Teil in der Luft vorhanden ist, wird es nicht unmittelbar als „Luftschadstoff" bezeichnet. Kohlendioxid wird jedoch als klimarelevantes Gas für den Treibhauseffekt mit verantwortlich gemacht, so dass es in diesem Zusammenhang von Interesse ist. In der vorliegenden Untersuchung erfolgt daher eine Bilanzierung der Kohlendioxidemissionen.

4.2. Weitere Emissionsquellen

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

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

5. Beurteilungsgrundlagen

5.1. Immissionsgrenzwerte

Die Beurteilung von Luftverunreinigungen erfolgt anhand der Immissionswerte aus den geltenden Regelwerken (22. BImSchV, EU-Rahmenrichtlinie und deren Tochterrichtlinien, TA Luft).

Die Umsetzung der Luftqualitätsrahmenrichtlinie [7] der Europäischen Union und deren Tochterrichtlinien [8]/[9] ist mittlerweile durch die Neufassung der 22. BImSchV [4] erfolgt. Ergänzend wurde die TA Luft grundlegend überarbeitet, wobei die aktuellen Grenzwerte der obigen EU-Richtlinien übernommen wurden. Die Neufassung der TA Luft [5] ist am

1. Oktober 2002 in Kraft getreten. Mittlerweile wurden die obigen EU-Richtlinien durch die neue Gesamt-Richtlinie 2008/50/EG [12] ersetzt, die bisherigen Grenzwerte wurden weitgehend übernommen.

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 [µg/m3] zum Schutz des Menschen (wenn nicht anders angegeben)

Luftschadstoff		Immissionswerte		
		Wert [µg/m³]	Quelle	Charakter
NOx	Jahresmittel	30	22. BlmSchV	Schutz der Vegetation abseits von Ballungszentren
		30	TA Luft	
NO_2	Jahresmittel	40	22. BlmSchV	Grenzwert (ab 2010)
		40	TA Luft	Immissionswert
	98-Perzentil	200	22. BlmSchV	Grenzwert (bis Ende 2009)
		135	EG-Richtlinie 85/203/EWG	Leitwert (Vorsorge)
	1 Stunde	200	22. BlmSchV	Grenzwert (ab 2010), max. 18 Überschreitungen im Jahr
		200	TA Luft	Immissionswert, max. 18 Überschreitungen im Jahr
SO_2	Jahresmittel	50	TA Luft	Immissionswert
	Jahr und Winter	20	22. BlmSchV	Schutz von Ökosystemen abseits von Ballungszentren
		20	TA Luft	
	24 Stunden	125	22. BlmSchV	Grenzwert (seit 2005), max. 3 Überschreitungen im Jahr
			TA Luft	Immissionswert, max. 3 Überschreitungen im Jahr
	1 Stunde	350	22. BlmSchV	Grenzwert (seit 2005), max. 24 Überschreitungen im Jahr
			TA Luft	Immissionswert, max. 24 Überschreitungen im Jahr
Benzol	Jahresmittel	5	22. BlmSchV	Grenzwert (ab 2010)
		5	TA Luft	Immissionswert
		5	LAI	Vorsorgewert
Feinstaub (PM_{10})	Jahresmittel	40	22. BlmSchV	Grenzwert (seit 2005)
		40	TA Luft	Immissionswert
	24 Stunden	50	22. BlmSchV	Grenzwert (seit 2005), max. 35 Überschreitungen im Jahr
		50	TA Luft	Immissionswert, max. 35 Überschreitungen im Jahr
Feinstaub ($PM_{2,5}$)	Jahresmittel	25	EG-Richtlinie 2008/50/EG	Grenzwert (ab 2015)
		20	EG-Richtlinie 2008/50/EG	Grenzwert (ab 2020)

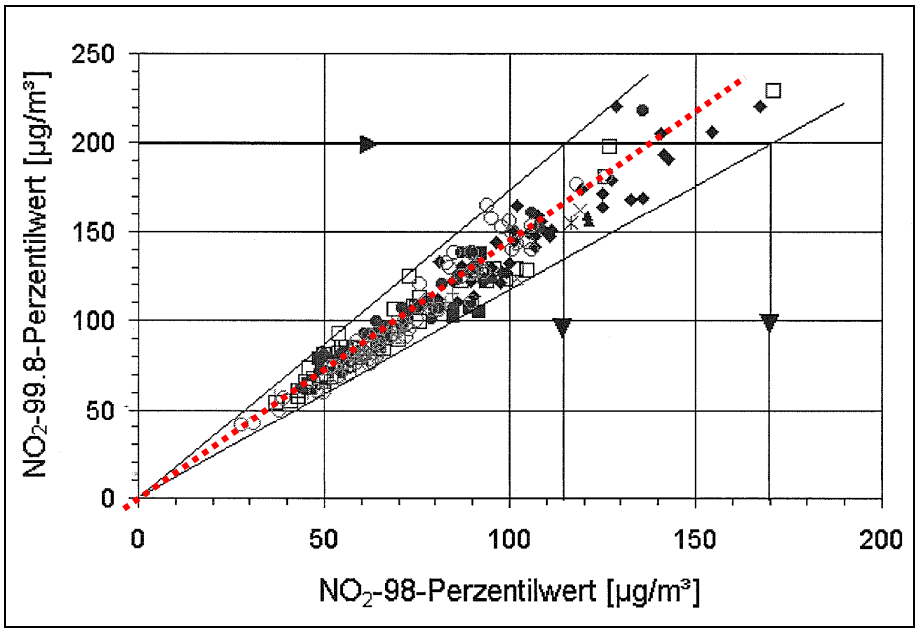
Bezüglich der Stickstoffdioxid-Immissionen wurde für den Jahresmittelwert in der Neufassung der 22. BImSchV und der TA Luft ein Grenzwert von 40 µg/m³ festgesetzt.

Zur Beurteilung der kurzzeitig auftretenden Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen sind in der EU-Richtlinie 85/203/EWG [6] Grenz- und Leitwerte für den 98-Perzentil eingeführt worden. Zusätzlich werden Leitwerte angegeben, die den Schutz der menschlichen Gesundheit verbessern und zum langfristigen Schutz der Umwelt beitragen sollen. Für den 98-Perzentil beträgt der Leitwert 135 µg/m^3. Die Umsetzung des Grenzwertes in nationales Recht erfolgte in der 22. BImSchV. Gemäß der Neufassung der 22. BImSchV wird der Grenzwert von 200 µg/m^3 für den 98-Perzentil noch bis Ende 2009 gelten.

Ab 2010 werden gemäß 22. BImSchV die Spitzenbelastungen der Stickstoffdioxid-Immissionen mit einem Kurzzeitbelastungswert von 200 µg/m³ beurteilt, der als Stundenmittel 18-mal pro Jahr überschritten werden darf. Dieser Immissionswert wurde auch in die Neufassung der TA Luft übernommen. Die rechnerische Bestimmung ist gleichbedeutend mit der Bestimmung eines 99,8-Perzentilwertes. Die Anzahl der Grenzwert-Überschreitungen kann messtechnisch leicht ermittelt werden, eine rechnerische Prognose ist jedoch nur durch aufwändige Zeitreihenberechnungen möglich. Alternativ kann der 99,8-Perzentilwert anhand von Naturmessdaten aus der Größe des 98-Perzentils geschätzt werden (s. Abbildung 1).

Für den Schutz der Vegetation ist auch eine Bewertung der gesamten Stickoxide (NOx) vorgesehen. Gemäß 22. BImSchV beträgt der Grenzwert für den Jahresmittelwert der NOx-Konzentrationen 30 µg/m³. Dieser Wert wurde auch in die TA Luft übernommen.

Abbildung 1: Zusammenhang zwischen 98-Perzentil und 99,8-Perzentil der NO2-Belastungen, basierend auf der Auswertung von Naturmessdaten, nach [32] (gilt nicht bei einzelnen Punktquellen (Schornstein))



Für die Schwefeldioxid-Belastungen wurden ab 2005 in der 22. BImSchV zum Schutz des Menschen neue Kurzzeitbelastungswerte festgelegt: Der 1-Stunden-Grenzwert beträgt 350 µg/m³ bei 24 zugelassenen Überschreitungen im Kalenderjahr, der 24-Stunden-Grenzwert 125 µg/m³ bei 3 zugelassenen Überschreitungen im Jahr. Ergänzend wurde zum Schutz von Ökosystemen für das Kalenderjahr und das Winterhalbjahr (1. Oktober bis 31. März) ein Grenzwert von 20 µg/m³ eingeführt.

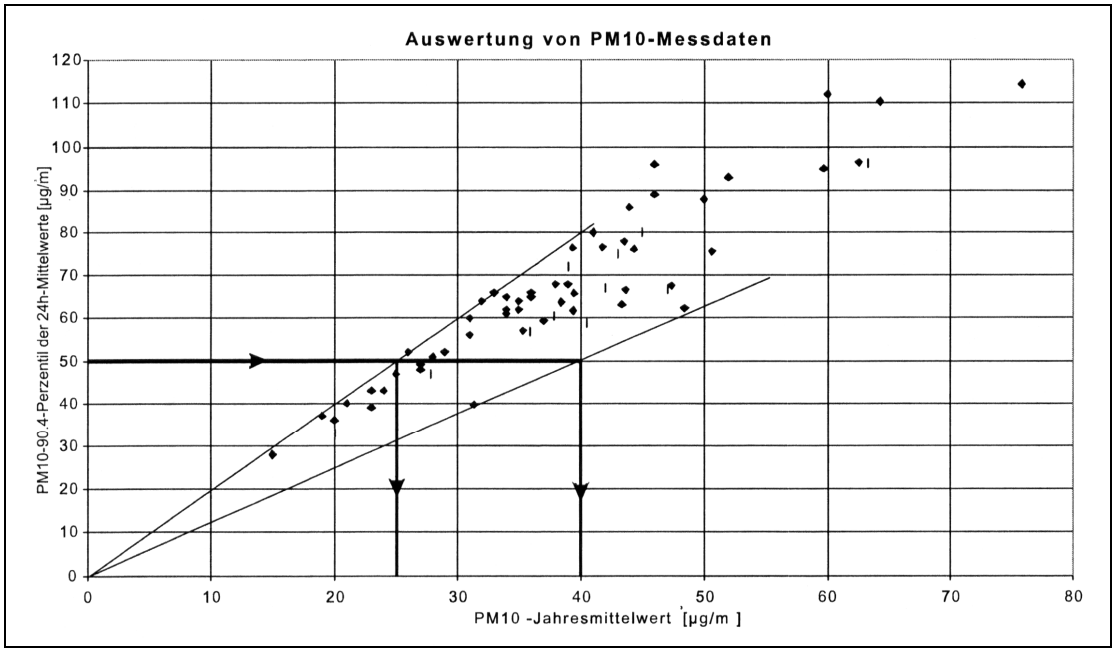
In der TA Luft wurden für SO_2 die ab 2005 einzuhaltenden Grenzwerte der 22. BImSchV übernommen. Zusätzlich wurde ein Immissionswert zum Schutz des Menschen von 50 µg/m³ im Jahresmittel festgelegt.

Die Grenzwerte zum Schutz der Vegetation und von Ökosystemen sind gemäß 22. BImSchV nur an Messstellen einzuhalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Straßen entfernt sind.

Für Benzol wurden in der Neufassung der 22. BImSchV ein Grenzwert (ab 2010) bzw. in der TA Luft ein Immissionswert von jeweils 5 µg/m³ festgesetzt.

In Bezug auf Schwebstaubbelastungen haben neuere Untersuchungen ergeben, dass bereits bei Schwebstaubkonzentrationen wie sie üblicherweise in der Außenluft auftreten, gesundheitliche Schädigungen festgestellt werden können. Dabei sind Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm und kleiner als relevant anzusehen (Bezeichnung PM_{10} – Particulate Matter 10 µm).

Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Jahresmittelwert und 90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte der Feinstaub(PM10)-Belastungen auf Basis von Naturmessdaten, nach [33]



Diesen Erkenntnissen tragen auch die Beschlüsse auf europäischer Ebene zur weitergehenden Begrenzung von Feinstaubimmissionen Rechnung. Im Rahmen der EU-Richtlinie 1999/30/EG [8] wurden für den Jahresmittelwert der PM_{10}-Feinstaubimmissionen ab 2005 (Stufe 1) ein Grenzwert von 40 µg/m³ und ab 2010 (Stufe 2) ein Grenzwert von 20 µg/m³

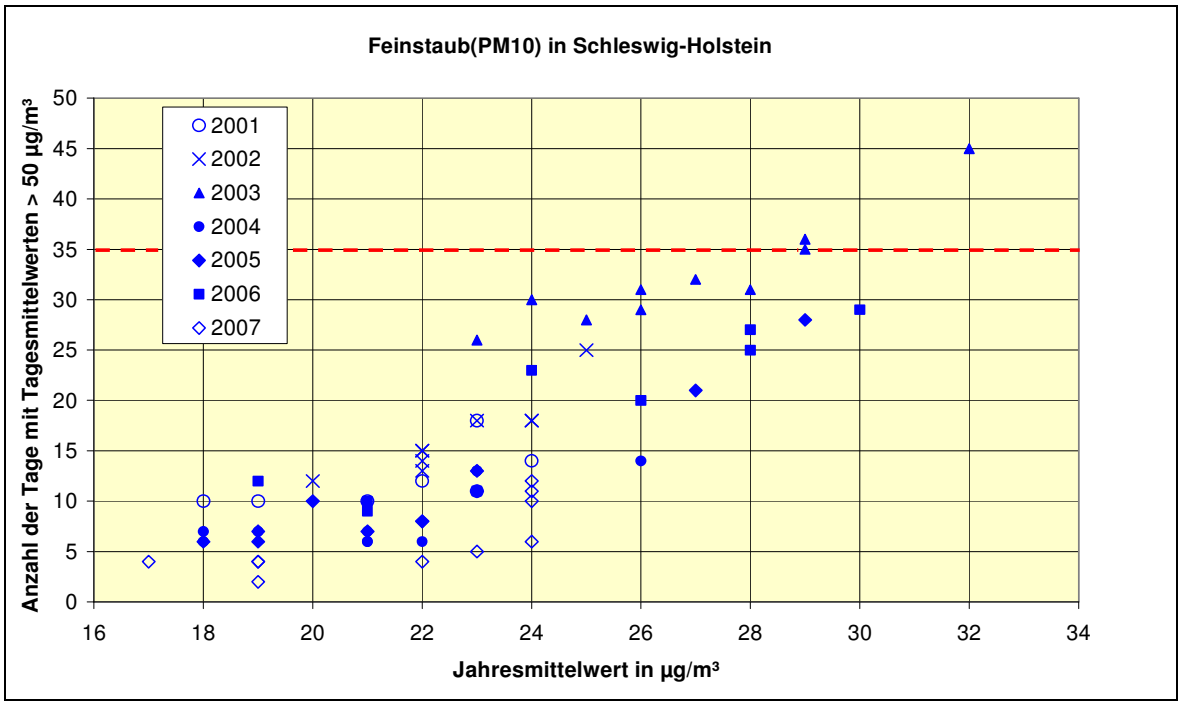
festgelegt. Der 24-Stunden-Mittelwert der PM_{10}-Immissionen darf zusätzlich einen Grenzwert von 50 µg/m³ nicht öfter als 35-mal (Stufe 1) bzw. 7-mal pro Jahr (Stufe 2) überschreiten. Die Grenzwerte der Stufe 1 wurden in der neuen Richtlinie 2008/50/EG [12] übernommen, die Stufe 2 wurde nicht umgesetzt.

Weiterhin wurde von der EU mit der Richtlinie 2008/50/EG [12] die Einführung eines Grenzwertes für Feinstäube mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm und kleiner ($PM_{2,5}$) beschlossen. Für den Jahresmittelwert der $PM_{2,5}$-Feinstaubbelastungen ist ab 2015 ein Grenzwert von 25 µg/m³, ab 2020 ein Grenzwert von 20 µg/m³ vorgesehen.

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. Eine Abschätzung kann anhand des aus Messungen abgeleiteten Zusammenhangs zwischen dem Jahresmittelwert und dem 90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte erfolgen (s. Abbildung 2). Im Mittel liegt das Verhältnis zwischen dem 90,4-Perzentil und dem Jahresmittelwert bei einem Wert von etwa 1,8.

In Abbildung 3 sind ergänzend die Jahresmittelwerte gegenüber der Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ dargestellt, wie sie in den Jahren 2001 bis 2006 an den Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein ermittelt wurden. Es zeigt sich, dass die zulässige Zahl von 35 Tagen im Jahr erst bei Jahresmittelwerten von mehr als 29 bis 30 µg/m³ erreicht wurde. Dies ist mit der oben genannten Korrelation zwischen Jahresmittelwert und 90,4-Perzentil konsistent.

Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Jahresmittelwerten und Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen an Messstationen der Luftüberwachung Schleswig-Holstein, nach [52]



Für Dieselruß sind keine eigenen Grenzwerte in Kraft. Der gesundheitsrelevante Feinstaubanteil ist im Feinstaub(PM_{10}) enthalten, so dass frühere Vorsorgewerte des LAI zurückgezogen wurden.

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

5.2. Umweltverträglichkeitsprüfung

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

Im vorliegenden Fall orientiert sich die Beurteilung an einer Bewertungsskala der Bundesanstalt für Gewässerkunde [62]. Für die emittierten Schadstoffe erfolgt eine Einstufung der ermittelten Konzentrationen in fünf Teilwertstufen von Wertstufe 5 (sehr geringe Belastung) bis Wertstufe 1 (sehr hohe Belastung). Die Bewertungskriterien für die jeweiligen Schadstoffe befinden sich in Tabelle 2 bis Tabelle 5.

Tabelle 2: Bewertungskriterien Benzol (C_6 H_6)

Teilwertstufe	**(Teil-)Bewertungskriterien - Benzol (C_6H_6)**		
	Jahreskonzentration µg/m³	Tageskonzentration µg/m³	Stundenkonzentration µg/m³
Teilwertstufe 1	> 5,0	-	-
Teilwertstufe 2	> 3,8	-	-
Teilwertstufe 3	> 2,7	-	-
Teilwertstufe 4	> 1,5	-	-
Teilwertstufe 5	<1,5	-	-

Tabelle 3: Bewertungskriterien Schwefeldioxid (SO_2)

Teilwertstufe	**(Teil-)Bewertungskriterien - Schwefeldioxid (SO_2)**		
	Jahreskonzentration µg/m³	Tageskonzentration µg/m³	Stundenkonzentration µg/m³
Teilwertstufe 1	> 50 (Mensch) > 20 (Ökosystem)	> 125 (Überschreitung: 3x)	> 350 (Überschreitung: 24x)
Teilwertstufe 2	>35 (Mensch) > 15 (Ökosystem)	> 88 (Überschreitung: 3x)	> 247 (Überschreitung: 24x)
Teilwertstufe 3	> 21 (Mensch) > 10 (Ökosystem)	> 52 (Überschreitung: 3x)	> 145 (Überschreitung: 24x)
Teilwertstufe 4	> 6 (Mensch) > 6 (Ökosystem)	> 15 (Überschreitung: 3x)	> 42 (Überschreitung: 24x)
Teilwertstufe 5	< 6 (Mensch) < 6 (Ökosystem)	< 15 (Überschreitung: 3x)	< 42 (Überschreitung: 24x)

Tabelle 4: Bewertungskriterien Stickstoffoxide NO_2 (Mensch) bzw. NO_x (Ökosystem)

Teilwertstufe	**(Teil-)Bewertungskriterien - Stickstoffoxide (NO_x)**		
	Jahreskonzentration µg/m³	Tageskonzentration µg/m³	Stundenkonzentration µg/m³
Teilwertstufe 1	> 40 (Mensch) > 30 (Ökosystem)	-	> 200 (Überschreitung: 18 x)
Teilwertstufe 2	> 33 (Mensch) > 27 (Ökosystem)	-	> 167 (Überschreitung: 18 x)
Teilwertstufe 3	> 27 (Mensch) > 23 (Ökosystem)	-	> 133 (Überschreitung: 18 x)
Teilwertstufe 4	> 20 (Mensch) > 20 (Ökosystem)	-	> 100 (Überschreitung: 18 x)
Teilwertstufe 5	< 20 (Mensch) < 20 (Ökosystem)	-	< 100 (Überschreitung: 18 x)

Tabelle 5: Bewertungskriterien Feinstaub (PM-10)

Teilwertstufe	**(Teil-)Bewertungskriterien - Schwebstaub (PM-10)**		
	Jahreskonzentration µg/m³	Tageskonzentration µg/m³	Stundenkonzentration µg/m³
Teilwertstufe 1	> 40 (Mensch)	> 50 (Überschreitung: 35 x)	-
Teilwertstufe 2	> 33 (Mensch)	> 41 (Überschreitung: 35 x)	-
Teilwertstufe 3	> 27 (Mensch)	> 33 (Überschreitung: 35 x)	-
Teilwertstufe 4	> 20 (Mensch)	> 25 (Überschreitung: 35 x)	-
Teilwertstufe 5	< 20 (Mensch)	< 25 (Überschreitung: 35 x)	-

Die für jeden Schadstoff ermittelten Wertstufen lassen sich zu einer Gesamtwertstufe für das Schutzgut Luft zusammenfassen. Hierbei wird die ungünstigste (niedrigste) Wertstufe der emittierten Schadstoffe als Gesamtwertstufe für das Schutzgut Luft bestimmt.

Tabelle 6: Ermittlung der Gesamtwertstufe und Bewertung Schutzgut Luft

Bewertungskriterien	Gesamtwertstufe	Bewertung
konzentrationsbezogene Teilwertstufen für die Luftschadstoffe SO2, NOx, Feinstaub PM-10, Benzol	Luft	
Minimalwert der einzelnen Teilwertstufen = 5	5	sehr hoch
Minimalwert der einzelnen Teilwertstufen = 4	4	hoch
Minimalwert der einzelnen Teilwertstufen = 3	3	mittel
Minimalwert der einzelnen Teilwertstufen = 2	2	gering
Minimalwert der einzelnen Teilwertstufen = 1	1	sehr gering

6. Emissionen

6.1. Straßenverkehr

6.1.1. Verkehrsbelastungen

Die Straßenverkehrsbelastungen (DTV - durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an allen Tagen des Jahres) und die maßgeblichen LKW-Anteile (Kfz mit mehr als 2,8 t zulässigem Gesamtgewicht, p) auf den öffentlichen Straßen wurden der Verkehrsmengenkarte 2005 von Schleswig Holstein sowie den vom Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau beim Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr Schleswig-Holstein und der Deutschen Bahn abgefragten Verkehrsdaten entnommen. Für die Prognose 2015 wurde angenommen, dass sich der Straßenverkehr um etwa 0,5 % pro Jahr erhöht, so dass ein Hochrechnungsfaktor von 1,05 verwendet wurde.

Die Verkehrsbelastungen der maßgebenden Straßenabschnitte im Untersuchungsgebiet sind für Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall identisch. In der Anlage A 2.2 sind die mittleren Verkehrsbelastungen (DTV) für die entsprechenden Abschnitte dargestellt. In der vorliegenden Untersuchung werden die Verkehrsbelastungen für den Prognosehorizont 2015 zugrunde gelegt.

Die Verteilung auf PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF: Kfz bis 3,8 t) und schwere Nutzfahrzeuge (SNF: Kfz über 3,8 t) wird im Folgenden anhand von Daten aus [26] abgeleitet. Die Straßenverkehrsbelastungen sind in der Anlage A 2 zusammengestellt.

6.1.2. Emissionsfaktoren

6.1.2.1. Kfz-Abgase

Zur Ermittlung der Emissionsfaktoren der Kfz-Abgase wird die aktuelle Fassung des „Handbuchs Emissionsfaktoren“ [25] herangezogen.

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

- Fahrzeugkategorien und -zusammensetzungen;
- Verkehrssituation (Fahrmuster, Straßentypen);
- Umgebungstemperatur, Längsneigung, Laufleistung etc;
- Bezugsjahr.

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

Die Emissionsfaktoren hängen zum Teil erheblich vom Bezugsjahr ab, das für die Berechnung zugrunde gelegt wird, da sich die Zusammensetzung der Fahrzeugflotte nach Alter, Motorenkonzept und Abgas-Norm ändert. Das „Handbuch Emissionsfaktoren“ legt

daher je nach Bezugsjahr eine entsprechende Prognoseverteilung der Fahrzeugflotte zugrunde. Zusätzlich werden absehbare bzw. bereits gesetzlich beschlossene Verbesserungen der Kraftstoffqualitäten berücksichtigt (Verringerung von Benzol- und Schwefelgehalten). (Anmerkung: Eine Verringerung des Schwefelgehalts bewirkt auch eine Verringerung weiterer Schadstoffkomponenten (Partikel, HC, CO, NOx).)

In der vorliegenden Untersuchung wird zur Ermittlung der Emissionsfaktoren das zeitnahe Bezugsjahr 2010 zugrunde gelegt. Damit ist sichergestellt, dass Unsicherheiten bei der Prognose bzgl. einer Abnahme der Schadstoffemissionen in späteren Jahren im Hinblick auf Grenzwertüberschreitungen nicht zu einer zu positiven Beurteilung führen, falls die Abgasemissionen der Fahrzeugflotte weniger stark abnehmen sollten.

Zum Themenkreis Staub/Feinstaub fanden 1998 im Umweltbundesamt insgesamt drei Fachgespräche statt [31]. Bei den mit dem Abgas von Motoren emittierten Partikelemissionen handelt es sich danach vollständig um Feinstaub PM_{10}. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung gehen wir dementsprechend davon aus, dass die Partikelemissionen aus den Abgasen zu 100 % aus PM_{10} bestehen.

Hinsichtlich der Eingangsdaten für die Verkehrsbelastungen wird die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) benötigt. Die Basisemissionsfaktoren aus dem „Handbuch Emissionsfaktoren“ finden sich in der Anlage A 2.4.1. Die relevanten Verkehrssituationen für die Ermittlung der Emissionen sowie die Emissionen des berücksichtigten Straßennetzes sind in der Anlage A 2.3 aufgeführt. Die Emissionen sind als mittlere Emissionsfaktoren je Kfz und Kilometer für den entsprechenden Straßenabschnitt angegeben.

6.1.2.2. Staubaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr

Eine weitere Staubquelle ist durch die Aufwirbelung durch das Fahren von Fahrzeugen auf Straßen gegeben. Während für die Partikelemissionen im Abgas von Kraftfahrzeugen detaillierte Emissionsfaktoren zur Verfügung stehen, ist die Prognose der Staubaufwirbelung auf Straßen weitaus schwieriger. In der VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3 [28] steht zwar ein entsprechender Berechnungsansatz zur Verfügung, der allerdings auf älteren Daten der U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 4. Auflage [29]) basiert und die tatsächlich gemessenen Belastungen an deutschen Straßen erheblich überschätzt.

Eine andere Methode besteht in der Anwendung des aktuellen Berechnungsverfahrens der EPA (5. Auflage [30]), das in den USA seit einigen Jahren als offizielles Berechnungsverfahren für Partikelemissionen verwendet wird. Hierzu wird neben Angaben zum mittleren Fahrzeuggewicht auch die Staubbeladung der entsprechenden Straßenabschnitte benötigt. In den USA stehen zwar umfangreiche Messungen der Staubbeladungen von Straßen zur Verfügung, die allerdings kaum auf deutsche Verhältnisse zu übertragen sind. Für Deutschland sind bisher nur Messergebnisse an wenigen Standorten bekannt [34], 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 [33]. Aktuelle Immissionsmessungen zeigen allerdings, dass auch der Ansatz von Lohmeyer die Staubemissionen überschätzt.

Daher wurde vom Ingenieurbüro Lohmeyer (2004) auf Grundlage aktueller Messergebnisse ein neues Modell auf Basis von Emissionsfaktoren für die Staubaufwirbelung auf Straßen abgeleitet [35], das von der Bundesanstalt für Straßenwesen übernommen und für die Verwendung vorgeschlagen wurde. Dementsprechend hängt die Größe der Staubaufwirbelung von der Verkehrssituation und der Fahrzeugart ab (Unterscheidung PKW/LKW).

Im Folgenden wird der aktuelle Ansatz von Lohmeyer (2004) verwendet, da die bisherigen Ansätze im Vergleich mit Naturmessdaten überwiegend zu unrealistischen Ergebnissen führen. Die Emissionsfaktoren sind in der Anlage zusammengestellt. Die Gesamtemissionen pro Jahr finden sich in der Anlage A 2.4.2

6.2. Schiffsverkehr

6.2.1. Schiffsfahrten und Liegezeiten in den Weichen

Für den Schiffsverkehr auf dem Nord-Ostsee-Kanal (NOK) wurden Prognosezahlen für das Jahr 2015 zugrunde gelegt, wobei die geplante Ausbaustufe 3 des NOK als Grundlage für die Schiffszahlen benutzt wurde [58]. Die Verteilung auf die Schiffstypen und Größenklassen wurde aus den Daten der Kosten-Nutzen-Untersuchung [57] abgeleitet. Sport- und Freizeitboote wurden in den Schiffszahlen nicht berücksichtigt, da diese hinsichtlich der Luftschadstoffemissionen von untergeordneter Bedeutung sind. Eine Zusammenstellung der Schiffszahlen zeigt die Anlage A 3.1.

Für die Anzahl der Schiffe und deren Wartezeit in den Weichen Klein Königsförde, Groß Nordsee und Schwartenbek wurden Angaben des Wasser- und Schifffahrtsamtes Kiel-Holtenau verwendet. Hierbei handelt es sich um die Weichenbelegung der Woche vom 23.04.2007 bis 29.04.2007, die als repräsentativ für einen durchschnittlichen Betrieb anzusehen ist. Ausgehend von einer durchschnittlichen Geschwindigkeit der Schiffe auf dem NOK von 12 km/h wurde die durchschnittliche Fahrtzeit für die jeweiligen Weichen ermittelt. Schiffe, die sich 1,5 Minuten länger in der Weiche befanden, wurden bei der Weichenbelegung berücksichtigt. Für die berücksichtigten Schiffe wurden die durchschnittliche Fahrtzeit und die durchschnittliche Wartezeit in Minuten ermittelt. Die genauen Daten sind Tabelle 7 zu entnehmen.

Tabelle 7: Daten und Annahmen zur Weichenbelegung

Weiche	Klein Königsförde	Groß Nordsee	Schwartenbek
Fahrtzeit bei Vorbeifahrt mit 12 km/h [min]	3,6	6,5	4,5
Berücksichtigung für Weichenbelegung ab [min]	5	8	6
Anzahl der berücksichtigten Schiffe (pro Woche)	93	183	164
durchschnittl. Fahrtzeit [min] der berücksichtigten Schiffe	15,4	19,6	17,9
durchschnittl. Wartezeit [min] der berücksichtigten Schiffe	12	13	13

Aus den zusammengestellten Daten für die Schiffsfahrten sowie die Weichenbelegung wurde ein Jahresmodell entwickelt. Für die Schiffspassagen auf dem Nord-Ostsee-Kanal wurde vereinfachend eine gleichmäßige Verteilung über den Tag und das Jahr angenommen. Für die Weichenbelegung wurde die wöchentliche Verteilung als repräsentativ angenommen und auf das gesamte Jahr übertragen. Das Modelljahr wurde in stundenfeiner Auflösung erstellt, so dass je Quelle 8.760 Stundenwerte zu berücksichtigen sind. Für

die Fahrten auf dem Nord-Ostsee-Kanal wurde eine Revierfahrt mit im Mittel 12 km/h (etwa 8 Knoten) angenommen. Die Weichenbelegung ist für Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall identisch.

Für die Fähre Landwehr wurden Angaben des Wasser- und Schifffahrtsamtes verwendet. Hier liegen für die Jahre 2003 bis 2006 Angaben zur den jährlich beförderten PKW-Einheiten vor, wobei ab 2005 eine Lastbeschränkung für den laufenden Betrieb von 45 t zul. Gesamtgewicht auf 20 t zul. Gesamtgewicht vorliegt. Dadurch verringerten sich die Beförderungszahlen in 2005 und 2006 deutlich gegenüber den beiden davor liegenden Jahren. Nach dem geplanten Neubau der Fähranlage Landwehr soll die Lastbeschränkung aufgehoben werden. Daher wurden für den Nullfall die Angaben der Jahre 2005/2006 mit Lastbeschränkung, für den Planfall die Angaben der Jahre 2003/2004 ohne Lastbeschränkung benutzt.

Tabelle 8: verwendete PKW-Einheiten für Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall

	2003	2004	2005	2006
jährl. PKW-Einheiten	328.865	357.153	293.460	269.735
Lastbeschränkung	nein		ja	
verwendete PKW-Einheiten	343.009		281.598	
Prognosefall	Planfall		Nullfall	

Die Verteilung der PKW auf Tag- und Nachtfahrten der Fähre Landwehr wurde, wie in Tabelle 9 zusammengestellt, abgeschätzt. Dabei wurde für jeden Tag des Jahres dieselbe Verteilung angenommen.

Tabelle 9: Abschätzungen auf Grundlage der jährlichen PKW-Einheiten

Tageszeit	Fahrten	Anzahl Fahrten pro Stunde	Lastbeschränkung	PKW-Einheiten
tagsüber 6 Uhr - 21 Uhr	alle 5 min	12	ja	4
tagsüber 6 Uhr - 21 Uhr	alle 5 min	12	nein	5
nachts von 21 Uhr - 6 Uhr	alle 30 min	2	nein	3

6.2.2. Emissionsfaktoren

Die Emissionen aus dem Schiffsverkehr ergeben sich zum einen durch die Fahrten auf dem Nord-Ostsee-Kanal, zum anderen durch die Wartezeiten der Schiffe in den Weichen und den Betrieb der Fähre Landwehr. Für die Wartezeiten in den Weichen wurden zur sicheren Seite die Emissionsfaktoren für eine Revierfahrt benutzt. Bei der Liegezeit der Fähre Landwehr am Fähranleger wurde der kontinuierliche Betrieb der Hilfsaggregate und Hilfskessel berücksichtigt.

Die Energieversorgung eines Schiffes erfolgt in der Regel durch drei bis vier verschiedene Aggregattypen:

- Hauptmaschine(n) (Antriebsmotor für Propeller und Wellengenerator): Dauerbetrieb auf See, Teillastbetrieb beim Manövrieren und der Revierfahrt,
- Hilfsdiesel (2 bis 4 Maschinen, elektrische Versorgung): Auf See laufen die Hilfsdiesel nicht, wenn es einen Wellengenerator/Verstellpropeller gibt, Teil- oder Volllastbetrieb beim Manövrieren und der Revierfahrt;

- Abgaskessel (nicht immer installiert, Wärmeerzeugung): Läuft auf See mit Abgasen von Haupt- und Hilfsmotoren, Teillastbetrieb beim Manövrieren und der Revierfahrt;
- Hilfskessel (Wärmeerzeugung): Läuft auf See meist nicht, Teillastbetrieb beim Manövrieren und der Revierfahrt,

Einige neuere Schiffe sind mit einem dieselelektrischen Generator ausgerüstet, der elektrischen Strom erzeugt, mit dem sowohl der Antrieb als auch die Stromversorgung an Bord erfolgt. Hilfsdiesel sind bei diesen Schiffen nicht installiert.

Die Größe der Abgasemissionen lässt sich mithilfe von motorspezifischen Emissionsfaktoren ermitteln, die üblicherweise in Bezug auf die erbrachte Motorleistung oder den Treibstoffverbrauch angegeben werden. Zur Berechnung der Emissionen sind daher neben den Emissionsfaktoren auch Angaben über den Betriebszustand der Antriebsaggregate erforderlich, insbesondere zur Auslastung. Da sowohl die Emissionsfaktoren als auch die Auslastungsgrade je nach Betriebszustand, Motorenkonzept und/oder Schiffstyp schwanken, sind für die Schiffsemissionen im Einzelfall größere Abweichungen vom Mittelwert möglich.

Hinsichtlich der Emissionsfaktoren von Schiffsmotoren stehen folgende Quellen zur Verfügung:

- Für den Betrieb der Hilfsaggregate und der Hauptmaschinen liegen veröffentlichte Daten des Germanischen Lloyd vor, die zum Teil jedoch bereits aus 1980 bzw. 1985 stammen [17]. Darüber hinaus verfügt der Germanische Lloyd (GL) über ein Emissionskataster, das jedoch nicht frei zugänglich ist. Die aus Emissionsmessungen im Auftrag von Schiffsmotorenherstellern gewonnenen Daten sind häufig projektbezogen und stehen nur dem Auftraggeber zur Verfügung. Da die Leistung und dementsprechend auch der Verbrauch empfindlich von der Last abhängen, ist eine Rückrechnung auf pauschale Emissionsfaktoren häufig nur sehr begrenzt möglich, so dass im Einzelfall zu den jeweiligen Emissionsfaktoren auch genaue Angaben über die Betriebsbedingungen erforderlich sind.
- Zur Ermittlung und Beurteilung der Emissionen des Schiffsverkehrs hat das Hansestadt Bremische Hafenamt im Auftrag des Umweltbundesamtes das Emissionsmodell MARION entwickelt, mit dem die Gesamtemissionen von Häfen schiffsgenau berechnet werden können. Die darin enthaltenen Emissionsfaktoren und Auslastungsgrade sind jedoch pauschale Werte und für alle Schiffsklassen gleich.
- Angaben zu den Schadstoffemissionen finden sich u. a. in Veröffentlichungen von Isensee et al. [18]. Dort sind sowohl ältere Faktoren (Angaben des Umweltamtes Hamburg, Stand 1980 (Quelle: Ministry of Health and Environment Protection, Holland)) als auch zukünftige Faktoren aus dem Vorhaben CLEAN (Verbundvorhaben „Emissionsarme Schiffsantriebsanlagen“, Germanischer Lloyd) aufgeführt.
- Für die Vergabe des Umweltzeichens „Blauer Engel“ wurde von Isensee im Auftrag des Umweltbundesamtes das EDV-Programm EMISS [20] zur Berechnung von Schiffsemissionen erstellt. Darin wurden plausible mittlere Emissionsfaktoren und

Auslastungsgrade zugrunde gelegt, die mit Werten aus aktuellen Veröffentlichungen vergleichbar sind.

- Die aktuellste Zusammenstellung schiffsspezifischer Emissionsfaktoren und der weiteren Einflussgrößen findet sich im Abschlussbericht „Quantifizierung der Schiffsemissionen durch Schiffsbewegungen zwischen Häfen in der Europäischen Union“ der ENTEC UK Limited aus dem Jahr 2002 [19]. Neben mittleren Emissionsfaktoren für spezielle Schiffsklassen sind dort ebenfalls detaillierte Angaben für die Hauptmaschinen und die Hilfsdiesel je nach Motorenkonzept und Treibstoffart verfügbar. Weiterhin finden sich Angaben zu den Aggregaten, Treibstoffen und Auslastungsgraden. Emissionsfaktoren für die Hilfskessel stehen in der ENTEC-Studie jedoch nicht zur Verfügung.
- Zur Abschätzung der Emissionen der Hilfskessel hat Isensee einen ersten Modellansatz erstellt, der sich jedoch noch in der Weiterentwicklung befindet [21]. Der Wärmebedarf und damit die erforderliche Größe der Hilfskessel kann anhand von typischen Parametern geschätzt werden (Containerschiffe, Tanker, RoRoCargo: Tragfähigkeit tdw, RoPax und Passagier-Schiffe: Anzahl der Besatzung und Passagiere). Weiterhin werden von Isensee Anhaltswerte für die Auslastung, den Wirkungsgrad und die Emissionsfaktoren angegeben. Es ist jedoch zu beachten, dass bisher nur eine geringe Datengrundlage zur Verfügung steht, für eine Abschätzung der Größenordnung der Emissionen der Hilfskessel ist das Modell jedoch geeignet.

Hinsichtlich möglicher Konzepte zur Emissionsminderung bei Schiffsmotoren ist Folgendes anzumerken:

Für neue Schiffe ist durch den Einbau einer Katalysatoranlage eine erhebliche Reduktion der NOx-Emissionen um mehr als 90 % grundsätzlich möglich. Vereinzelt werden bereits derartige Konzepte umgesetzt [23].

Für die im Bereich von Häfen maßgeblichen Revierfahrten und der Rangiermanöver ist jedoch die Wirksamkeit einer Katalysatoranlage begrenzt, da diese Betriebszustände durch zeitlich stark wechselnde Motorlasten charakterisiert sind. Eine effektive Regelung der Abgasemissionen ist daher nur bedingt möglich.

Die SO_2-Emissionen können durch den Einsatz von schwefelarmem Kraftstoff deutlich gesenkt werden. Dabei sind die SO_2-Emissionen dem Schwelgehalt des Kraftstoffs direkt proportional.

Die Ruß- und Partikel-Emissionen lassen sich durch den Einsatz von Partikelfiltern begrenzen.

Diese Maßnahmen sind jedoch mit deutlichen Mehrkosten sowohl bei der Anschaffung als auch beim Betrieb der Seeschiffe verbunden. Eine Umsetzung dieser Minderungsmaßnahmen ist daher nur durch gesetzliche Regelungen möglich.

In der vorliegenden Untersuchung werden die nach Motoren-/ und Treibstoffklassen differenzierten Emissionsfaktoren der ENTEC-Studie zugrunde gelegt. Diese Ansätze stellen die aktuellsten verfügbaren Daten dar und sind geeignet, die Emissionen für jedes Schiff

abzuleiten, sofern Motorenkonzept und Treibstoffart bekannt sind. Eine Zusammenstellung der Emissionsfaktoren findet sich in der Anlage A 3.2.

Für die Hilfskessel werden die Ansätze gemäß Isensee berücksichtigt. Eine Zusammenstellung zeigt die Anlage A 3.2.3.

Die verfügbaren Emissionsfaktoren beschränken sich auf die Schadstoffkomponenten NOx, SO_2, CO_2, HC und Feinstaub PM_{10}. Die Emissionsfaktoren für Benzol werden in Analogie zu LKW-Dieselmotoren anhand des Anteils an den gesamten HC-Emissionen abgeschätzt (etwa 1,9 %).

6.2.3. Treibstoffarten

Als Treibstoffarten werden für die Schiffsaggregate Schweröl („residual oil", RO), Marinedieselöl (MDO) und Marinegasöl (MGO) eingesetzt. Hinsichtlich der Abgasemissionen ist der wesentliche Unterschied im Schwefelgehalt gegeben, da bei der Verbrennung in erster Näherung der gesamte Schwefel im Treibstoff in SO_2 umgewandelt wird.

Seit 2006/2007 sind die Ostsee und die Nordsee als SOx-Emissions-Überwachungsgebiete eingestuft, in denen der Schwefelgehalt der Schiffskraftstoffe nur noch maximal 1,5 % betragen darf [11]. Ab 2010 gilt darüber hinaus, dass für Schiffe in Häfen der Europäischen Gemeinschaft während der Liegezeiten nur Kraftstoffe mit einem Schwefelgehalt von maximal 0,1 % verwendet werden dürfen, sofern die Liegezeit zwei Stunden und mehr beträgt [11]. Im Folgenden werden daher diese Minderungen berücksichtigt.

In der vorliegenden Untersuchung wird dementsprechend von folgenden mittleren Schwefelgehalten ausgegangen:

- Schweröl (RO): Schwefelgehalt 1,5 %;
- Marinedieselöl (MDO): Schwefelgehalt 1,0 %;
- Marinegasöl (MGO): Schwefelgehalt 0,1 % (Betrieb im Hafen).

6.2.4. Auslastungsgrade der Aggregate

Weiterhin sind die Auslastungsgrade der Maschinen für die Ermittlung der Emissionen der verschiedenen Zustände wichtig. Hier werden ebenfalls die Ansätze gemäß ENTEC zugrunde gelegt, die z.B. auch für die Hauptmaschinen während der Liegezeit eine mittlere Auslastung von 1% zugrunde legen. Dies ist sinnvoll, um pauschal die Emissionen beim Anfahren und Runterfahren der Maschinen zu berücksichtigen. Eine Zusammenstellung findet sich in der Anlage A 3.2.4.

Geht man von den Auslastungen der Aggregate aus dem Programm EMISS gemäß Isensee aus, so ergeben sich erfahrungsgemäß um etwa 5 bis 10 % geringere Gesamtemissionen. Die Unterschiede sind also gering, so dass im Folgenden zur sicheren Seite mit den ENTEC-Ansätzen gerechnet wird.

Für die Auslastung der Hilfskessel schlägt Isensee Werte von 30 % bei der Revierfahrt bzw. 25 % im Hafen vor (Schätzwerte). Aufgrund von Plausibilitätstests zwischen Modellrechnungen und Immissionsmessungen im Rahmen anderer Untersuchungen [22] hat

sich ein Ansatz von jeweils 10 % bewährt, der im Folgenden verwendet wird. Im Übrigen sind die Hilfskessel zur Wärmeerzeugung auch nur für Schiffe mit großem Wärmebedarf, d.h. insbesondere für große Passagierschiffe, von maßgebender Bedeutung.

6.2.5. Schiffsspezifische Eingangsdaten

Die mittleren Maschinenleistungen für die verschiedenen Schiffstypen und Größenklassen wurden anhand von statistischen Daten des Germanischen Lloyd abgeschätzt. Dabei wurde die Plausibilität anhand konkreter Schiffe überprüft. Die Größe der Hilfskessel wurde gemäß Isensee [21] geschätzt. Eine Zusammenstellung der Ansätze findet sich in der Anlage A 3.3 .

Für alle Seeschiffe wurde bei der Revierfahrt für die Hauptmaschinen und die Hilfskessel ein Einsatz von Schweröl, für die Hilfsmaschinen ein Einsatz von Marinedieselöl zugrunde gelegt.

Unter Berücksichtigung der Emissionsfaktoren, Treibstoffarten, Auslastungsgrade und der weiteren schiffsgenauen Eingangsdaten wurden die Emissionen für jedes Schiff für den Lastfall „Revierfahrt“ ermittelt. Im vorliegenden Fall wird für die Fahrten auf dem Nord-Ostsee-Kanal und die Wartezeiten in den Weichen von einer Revierfahrt ausgegangen. Eine Zusammenstellung findet sich in der Anlage A 3.3.

Als Basis für die Verknüpfung mit dem stundenfeinen Modelljahr der Schiffsbewegungen und Wartezeiten wurden anschließend die Gesamtemissionen je Betriebsstunde für jeden Lastfall als Summe über alle Schiffsaggregate verwendet. Mit diesen Ansätzen wurde für jede Luftschadstoffkomponente eine Jahresganglinie erstellt, die als Emissionszeitreihe bei der Ausbreitungsberechnung berücksichtigt wird.

6.3. Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Betrieb NOK)

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 umfasst alle maßgeblichen Quellen innerhalb der Rechengebiete RG1 bis RG7, die die Ausbaustrecke des NOK umfassen. Die sich ergebenden jährlichen Gesamtemissionen sind in der Tabelle 10 aufgeführt. Grafische Darstellungen zeigen die Abbildung 4 bis Abbildung 8.

Zusammenfassend ist Folgendes festzustellen:

- Die maßgeblichen Emissionen sind durch die Schiffspassagen auf dem Nord-Ostsee-Kanal gegeben. Dies gilt für alle Luftschadstoffkomponenten.
- Für die Luftschadstoffkomponenten Kohlendioxid, Schwefeldioxid, Stickstoffoxid, Feinstaub(PM_{10}) und Benzol ist mit Zunahmen der durch den Schiffsverkehr verursachten Emissionen im Untersuchungsgebiet von etwa 18,3 % zu rechnen.

Tabelle 10: Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet (Tonnen pro Jahr)

Schadstoff / Bereich	Prognose-Nullfall	Prognose-Planfall		
	Emissionen	Emissionen	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
	[t/a]	[t/a]	[t/a]	in %
Stickoxide (NOx)				
Straßennetz	12,61	12,61	0,00	0,00
Schiffsverkehr NOK	838,52	991,48	152,96	18,24
Weichen	96,28	96,30	0,02	0,02
Fähre Landwehr	10,98	10,98	0,00	0,00
Summe	958,38	1111,36	152,98	15,96
Schwefeldioxid				
Straßennetz	0,00	0,00	0,00	0,00
Schiffsverkehr NOK	341,79	404,13	62,34	18,24
Weichen	39,33	39,34	0,01	0,02
Fähre Landwehr	0,41	0,41	0,00	0,00
Summe	381,53	443,88	62,35	16,34
Benzol			0,00	
Straßennetz	0,06	0,06	0,00	0,00
Schiffsverkehr NOK	1,34	1,58	0,24	18,25
Weichen	0,16	0,16	0,00	0,02
Fähre Landwehr	0,03	0,03	0,00	0,00
Summe	1,58	1,83	0,24	15,44
Feinstaub PM10			0,00	
Straßennetz	1,40	1,40	0,00	0,00
Schiffsverkehr NOK	59,91	70,84	10,93	18,24
Weichen	7,01	7,01	0,00	0,02
Fähre Landwehr	0,93	0,93	0,00	0,00
Summe	69,26	80,19	10,93	15,78
Kohlendioxid (CO2)				
Straßennetz	5723,55	5723,55	0,00	0,00
Schiffsverkehr NOK	41928,63	49576,00	7647,37	18,24
Weichen	4796,45	4796,45	0,00	0,00
Fähre Landwehr	735,47	735,47	0,00	0,00
Summe	53184,10	60831,47	7647,37	14,38

Emissionen aus der Verbrennung von Abfall oder Sludge auf Schiffen liefern keinen relevanten Beitrag zu den schiffsbedingten Gesamtemissionen auf dem NOK. Durch Inkrafttreten der Anlage 6 des MARPOL-Abkommens am 19.05.2005 [61] sind die Auflagen für die Verbrennung von Sludge verschärft worden, so dass die Verbrennung sehr kostenintensiv und eine Abgabe des Sludge in Häfen wirtschaftlich interessanter ist.

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

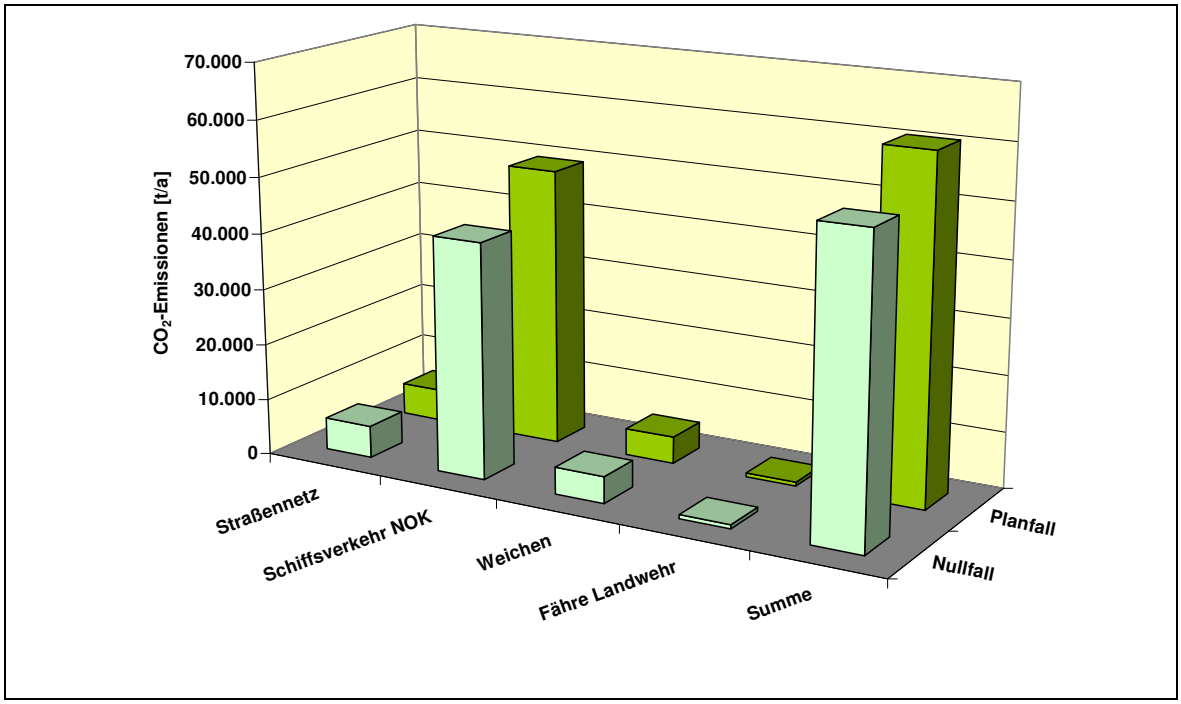


Abbildung 5: Stickstoffoxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

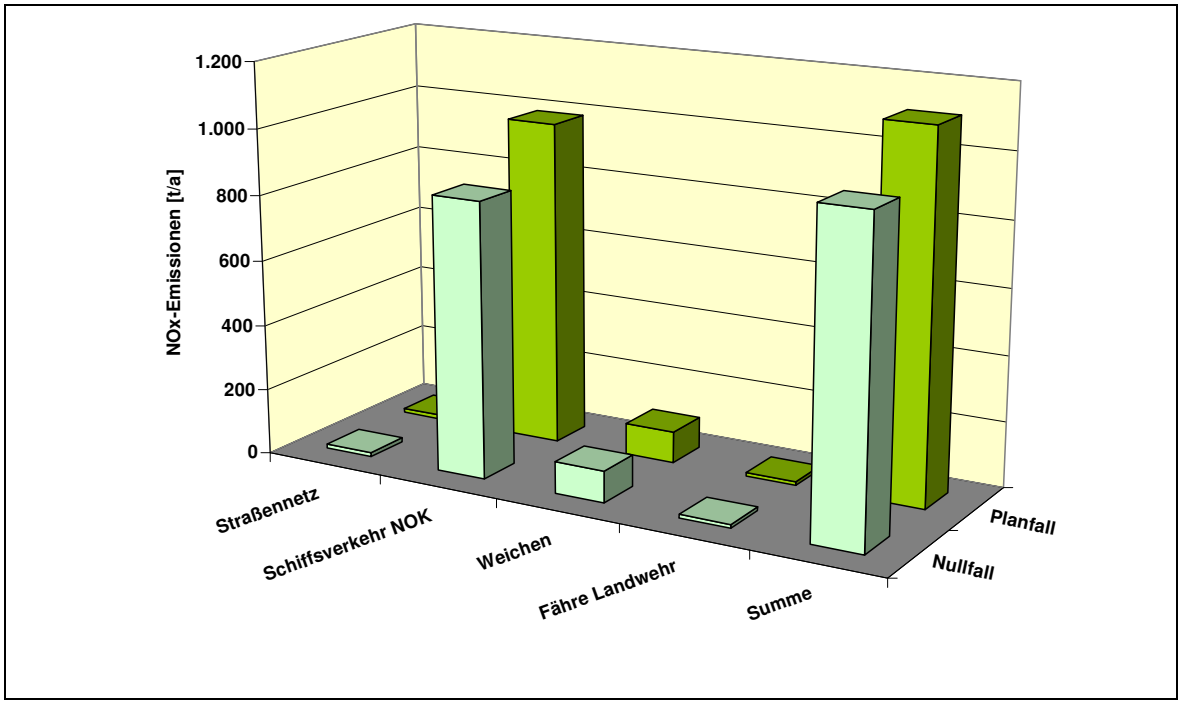


Abbildung 6: Schwefeldioxid-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

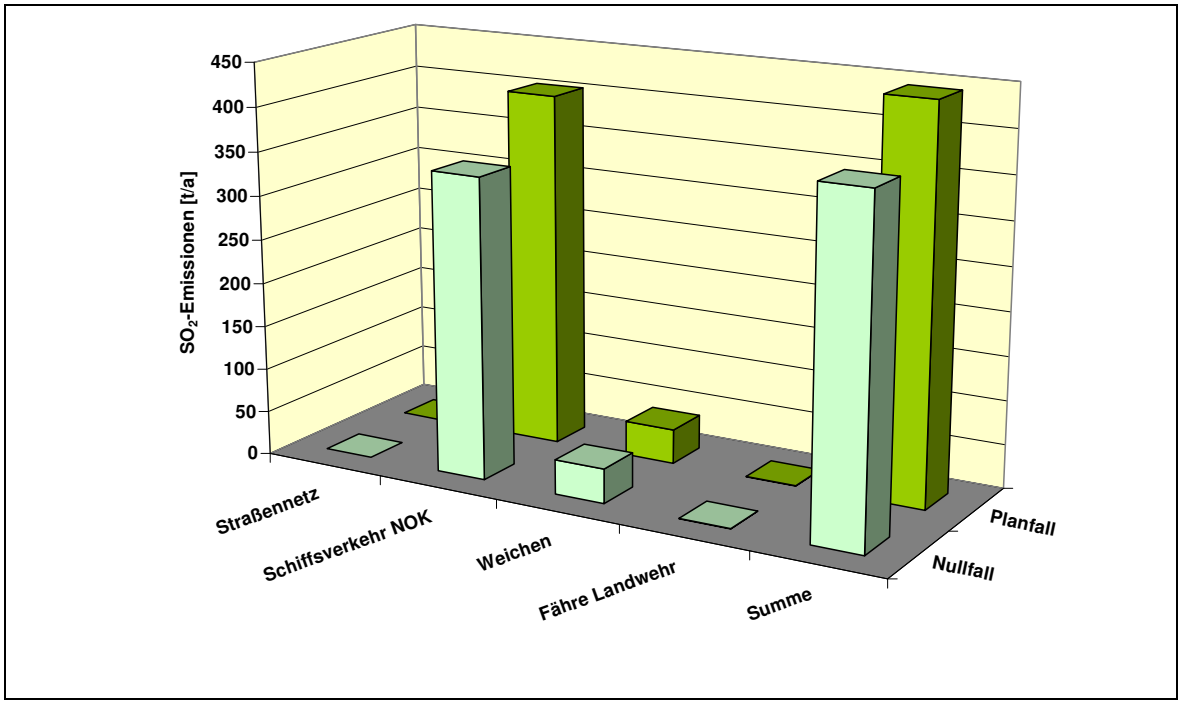


Abbildung 7: Feinstaub(PM_{10})-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]

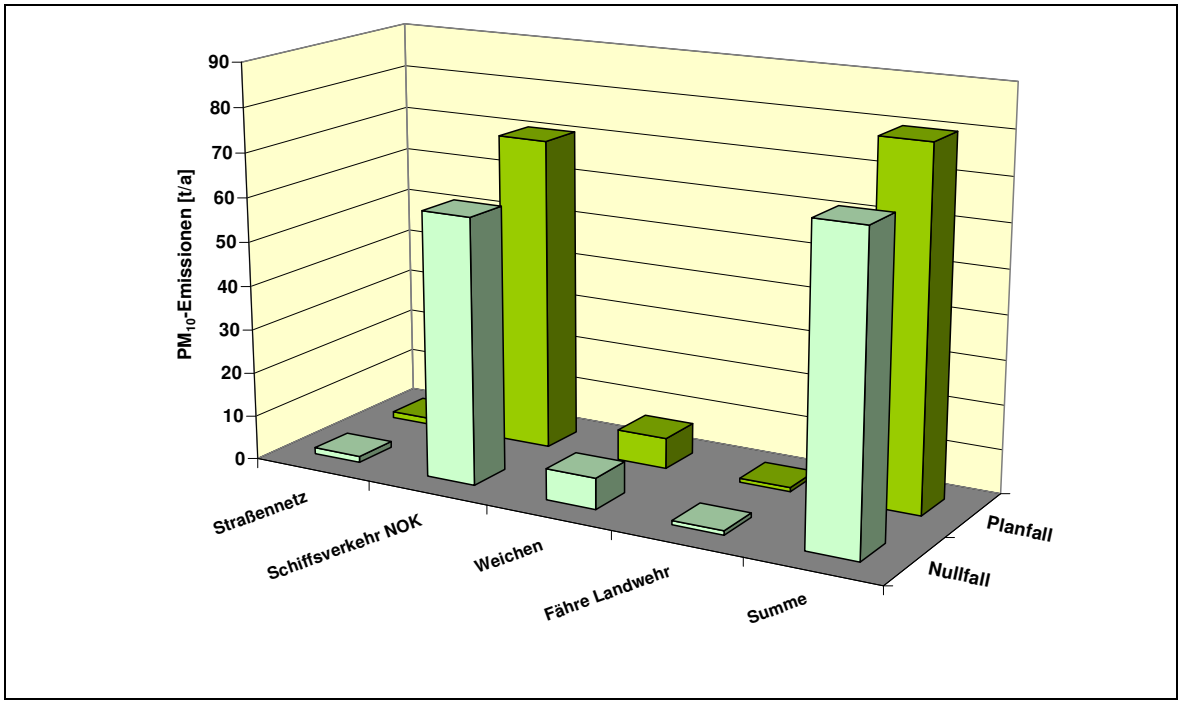
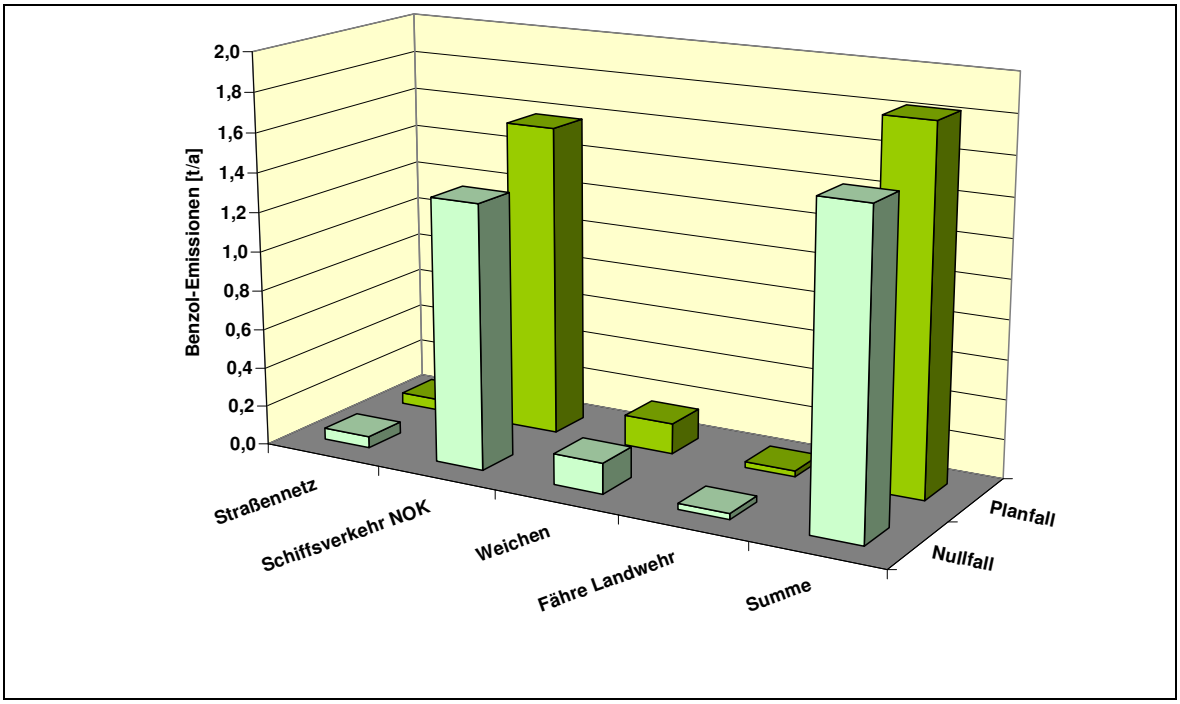


Abbildung 8: Benzol-Emissionen im Untersuchungsgebiet [t/a]



7. Immissionen (Betrieb)

7.1. Allgemeines

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

Eine Abschätzung der straßenverkehrsbedingten Immissionen im *straßennahen* Bereich kann anhand des Merkblattes über Luftverunreinigungen an Straßen erfolgen, Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung, Ausgabe 2002 (MLuS-02) [39], das vom Bundesminister für Verkehr (BMV) zur Anwendung empfohlen wurde [40].

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 [41]) zur Verfügung, die insbesondere für verkehrsbedingte Immissionen geeignet sind. Für Abschätzungen bei dichter Randbebauung können einfache Straßenschluchtmodelle (z.B. STREET) herangezogen werden. Genauere Berechnungen bei komplexer Bebauung (Innenstadtbereich, Straßenschluchten) unter Berücksichtigung der detaillierten Strömungsverhältnisse sollten mit komplexeren Modellen (z.B. MISKAM [42]) erfolgen.

Die Neufassung der TA Luft [5] beinhaltet zur Berechnung der Schadstoffausbreitung für genehmigungsbedürftige Anlagen das Ausbreitungsmodell AUSTAL2000 [44], 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. 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-, Linien- und vertikal ausgedehnte Linienquellen.

Bei der Ausbreitungsrechnung wurden die standortspezifischen meteorologischen Daten berücksichtigt. Diese wurden als stundenfeine Jahresganglinien vom Deutschen Wetterdienst bereitgestellt („AKTerm“, s. Anlage A 4 und A 5). Für die Rechengebiete 1 bis 7 sowie die Rechengebiete 11 bis 13 wurde Kiel-Holtenau als repräsentative Station gewählt, für die Rechengebiete 14 und 15 ist Brunsbüttel die repräsentative Station. Hinsichtlich des Jahres kann das Jahr 2001 als repräsentativ angesehen werden.

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 einer Qualitätsstufe beeinflusst werden. Eine Erhöhung wird allerdings durch eine teilweise erheblich längere Rechenzeit erkauft. Im vorliegenden Fall wurde die Qualitätsstufe QS = 2 gewählt, die zu ausreichend niedrigen Standardabweichungen führt. Die Genauigkeitsanforderungen der TA Luft hinsichtlich der statistischen Unsicherheiten werden 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 sieben quadratische, sich überlagernde Rechengebiete mit einer Ausdehnung von 2.000 m x 2.000 m geteilt. Zusätzlich wurde für jedes FFH-Gebiet ein Rechengebiet eingerichtet. Die Maschenweite der Rechengebiete betrug 10 m. Die Rechengebiete sind in der Anlage A 1 dargestellt.

Im Untersuchungsgebiet der Oststrecke des NOK (Rechengebiete1-7) sowie im Bereich der FFH-Gebiete 1626-352, 1625-301 und 1624-392 (Rechengebiete 11-13) wurde der Einfluss der Geländetopografie berücksichtigt. Für die FFH-Gebiete 1922-291 und 2022-302 (Rechengebiete 14-15) ist aufgrund des flachen Geländes der Einfluss der Geländetopografie von vernachlässigbarer Größe und wurde daher nicht berücksichtigt. Die Windfelder wurden mit dem in AUSTAL2000 enthaltenen Modell TALdia berechnet.

Für das gesamte Untersuchungsgebiet ist der Einfluss von Bebauung vernachlässigbar. Hinsichtlich der Berücksichtigung nicht detailliert aufgelöster Bebauung sowie des Bewuchses wurde eine Rauhigkeitslänge z_0 von 0,2 m in Ansatz gebracht, welche in der TA Luft für Landwirtschaft und natürliche Bodenbedeckung empfohlen wird. Eine Ausnahme bildet hier die Umgebung der Levensauer Hochbrücken (Rg 7), welche durch städtischen Charakter geprägt ist, so dass mit einer Rauhigkeitslänge von 1 m die Bebauung indirekt mitberücksichtigt wurde.

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 Berechnung der Immissionen erfolgte flächendeckend innerhalb des gewählten Rechengebietes. Mit AUSTAL2000 werden als Ergebnisse bestimmte Kenngrößen flächendeckend ausgegeben, für die in der TA Luft und der 22. 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;
- T03: Tagesmittelwert, der an 3 Tagen im Jahr überschritten wird (entspricht 99,2-Perzentil der Tagesmittelwerte, nur für SO_2);
- T35: Tagesmittelwert, der an 35 Tagen im Jahr überschritten wird (entspricht 90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte, nur für PM_{10});
- T00: maximaler Tagesmittelwert;

- S18: Stundenmittelwert, der an 18 Stunden im Jahr überschritten wird (entspricht 99,8-Perzentil der Stundenmittelwerte, nur für NO_2);
- S24: Stundenmittelwert, der an 24 Stunden im Jahr überschritten wird (entspricht 99,7-Perzentil der Stundenmittelwerte, nur für SO_2);
- S00: maximaler Stundenmittelwert;
- 98-Perzentil: Stundenmittelwert, der an 2 % der Jahresstunden überschritten wird;
- DEP: Jahresmittelwert der Deposition.

7.2.3. Quellenmodell

Bei der Modellerstellung wurden folgende Teilquellbereiche unterschieden, für die die Emissionen von den betreffenden Schiffen zusammengefasst wurden:

- Schiffsfahrten auf dem Nord-Ostsee-Kanal (vertikal ausgedehnte Linienquellen);
- Wartezeiten der Schiffe in den Weichen (vertikal ausgedehnte Linienquellen, je eine Linienquelle für eine Warteposition in der Weiche);
- Betrieb der Fähre Landwehr (ausgedehnte Linienquelle) und Warteposition der Fähre Landwehr (ausgedehnte Punktquellen);
- Straßenverkehr: Linienquellen.

Die Quellhöhen der Emissionen der Schiffe wurden in drei Gruppen je nach Schiffsgrößen unterschieden:

- Schiffe unter 2.500 tdw: Quellhöhe unmittelbar über Wasser (1,5 m bis 3 m);
- Schiffsgrößen zwischen 2.500 und 4.999 tdw: mittlere Quellhöhe 5 m bis 10 m;
- Schiffe größer als 5.000 tdw: mittlere Quellhöhe 10 m bis 20 m.

Für die Emissionen aus Schornsteinen ist mit AUSTAL2000 die Berücksichtigung einer Abgasfahnenüberhöhung durch die mit einem vertikalen Impuls behafteten heißen Abgase möglich. Im vorliegenden Fall wurde für die Schiffsemissionen eine Abgasfahnenüberhöhung gemäß VDI 3782, Teil 3 [46] berücksichtigt. Zur Wahl der Eingangsdaten erfolgten im Rahmen eines anderen Projektes [22] entsprechende Voruntersuchungen. Dementsprechend wurde im Mittel von einer Abgastemperatur von 300°C, Kamindurchmessern von 0,7 m und Austrittsgeschwindigkeiten von 5 m/s (Revierfahrt) ausgegangen. Die Abgasfahnenüberhöhung wurde lediglich für Schiffe größer 2.500 tdw in Ansatz gebracht.

Bei Umströmungen eines Hindernisses entstehen typische turbulente Wirbel mit nach unten gerichteten Vertikalwinden im Nachlauf des Hindernisses. Diese Vertikalwinde sorgen dafür, dass Schadstoffkonzentrationen im Hindernisnachlauf in Bodennähe transportiert werden und dort zu Konzentrationserhöhungen führen können (Down-Wash-Effekt). Die indirekte Berücksichtigung des Einflusses der Schiffskörper auf die Konzentrationsverteilungen erfolgte hier in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13 [49] durch die Benutzung von ausgedehnten Linienquellen. Durch die vertikal verteilte Emissionsabgabe

wird der Down-Wash-Effekt simuliert und ermöglicht so eine realistischere Konzentrationsverteilung der Luftschadstoffe.

7.3. NO-NO_2-Konversion

Die bei der Verbrennung in Benzin- und Dieselmotoren entstehenden Stickstoffoxide NOx bestehen zu mehr als 90 % aus Stickstoffmonoxid (NO) und weniger als 10 % aus Stickstoffdioxid (NO_2). Die Umwandlung des NO in NO_2 erfolgt erst auf dem Ausbreitungsweg in Anwesenheit von Luft, im Wesentlichen durch eine Reaktion mit dem bodennahen Ozon. Durch Photolyse ist auch der umgekehrte Prozess möglich, so dass sich mit der Zeit ein Gleichgewicht zwischen NO und NO_2 einstellen wird. Aufgrund dieser komplexen Umwandlungschemie auf dem Ausbreitungsweg ist die Prognose der NO_2-Belastungen schwierig.

Das Modell AUSTAL2000 behandelt die Stickoxide NOx gegenüber NO und NO_2 als unabhängigen Schadstoff, so dass die Berechnung der NOx-Immissionen unabhängig möglich ist. Die Emissionen von NO und NO_2 sind davon getrennt anzugeben. Bei der Ausbreitungssimulation mit AUSTAL2000 erfolgt die Berücksichtigung der chemischen Umwandlung von NO in NO_2 gemäß der VDI-Richtlinie 3782, Blatt1 [45], deren Ansätze auf Messungen an Schornsteinen von Kraftwerken beruhen.

Untersuchungen im Rahmen eines anderen Projekts haben gezeigt, dass unter Berücksichtigung der NO-NO_2-Konversion gemäß VDI 3782, Blatt 1 für die Schiffsabgase viel zu geringe Stickstoffdioxid-Zusatzbelastungen berechnet werden, die den tatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen. Diese Umwandlungsraten mögen zwar für Kraftwerke und hohe Industriequellen zu sinnvollen Ergebnissen führen, für die Schiffsabgase sind sie allerdings nicht plausibel. Dies mag u.a. daran liegen, dass die Schiffsdiesel mit hohem Luftüberschuss betrieben werden, so dass im Kamin ausreichend Luft für eine schnelle Umwandlung des Stickstoffmonoxids zur Verfügung steht.

Auf der anderen Seite ist die Abschätzung der Stickstoffdioxid-Immissionen durch einen aus Naturmessdaten abgeleiteten statistischen Zusammenhang nach Romberg möglich [51]. Es stehen jedoch nur Formeln für die Berücksichtigung des Jahresmittelwertes und des 98-Perzentils (im Jahresmittel) zur Verfügung, so dass für die anderen Kenngrößen die NO-NO_2-Konversion nach Romberg nicht herangezogen werden kann. Die NO_2-Immissionen können gemäß Romberg aus folgenden Formeln ermittelt werden:

- Jahresmittelwert: $[NO_2] = [NOx] \cdot \left(\frac{103}{[NOx] + 130} + 0{,}005 \right)$
- 98-Perzentil: $[NO_2] = [NOx] \cdot \left(\frac{111}{[NOx] + 119} + 0{,}039 \right)$

Aufgrund dieser Problematik werden in der vorliegenden Untersuchung zunächst die NOx-Immissionen aller Teilquellen aufsummiert und die entsprechenden Kenngrößen berechnet (Jahresmittelwerte und 98-Perzentile). Die Ermittlung der NO_2-Belastungen erfolgt anschließend gemäß Romberg.

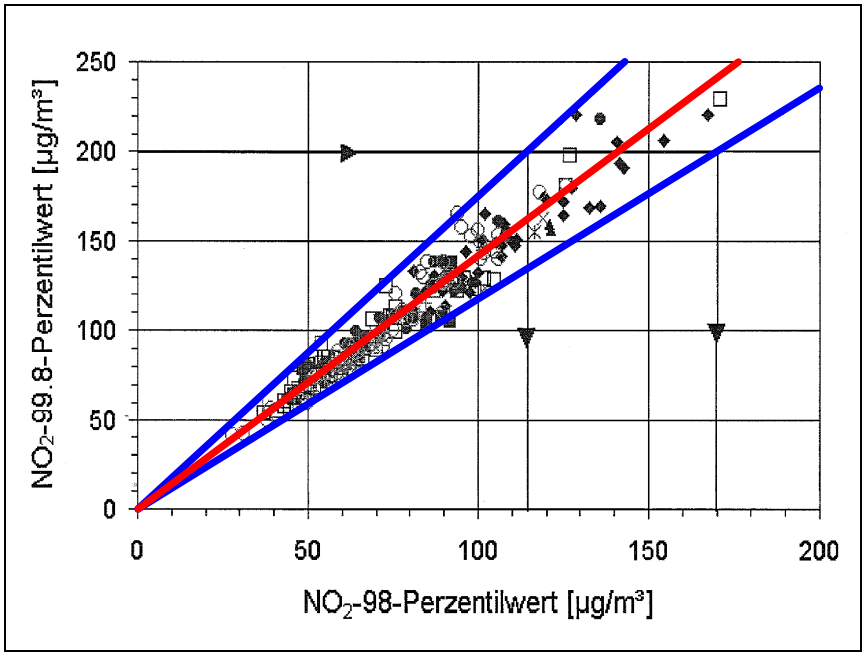
Die Abschätzung der beurteilungsrelevanten Stundenmittelwerte der Stickstoffdioxidimmissionen erfolgt anhand der 98-Perzentile. Für die 98-Perzentile und die Stundenmittelwerte S18 (entspricht dem 99,8-Perzentil der Stundenmittelwerte) liegt in der Literatur eine aus Naturmessdaten abgeleitete Korrelation [32] vor, die im Folgenden verwendet wird. Dabei wird eine mittlere Regressionsgerade zugrunde gelegt (vgl. rote Linie in Abbildung 9).

7.4. Hintergrundbelastung

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

Zur Einschätzung der Luftschadstoffbelastungen wurden aktuelle Messwerte zur Luftqualität herangezogen. Zur Ableitung der Hintergrundbelastungen sind die nicht verkehrsexponierten bzw. die flächenbezogenen Standorte geeignet. Eine Zusammenstellung aktueller Messwerte zeigt die Anlage A 6.

Abbildung 9: Zusammenhang zwischen 98-Perzentil und 99,8-Perzentil der NO2-Belastungen, basierend auf der Auswertung von Naturmessdaten [32]



Für die Zeitreihenberechnungen wurden vom Staatlichen Umweltamt Itzehoe stundenfeine Jahresgänge der Schwefeldioxid-Belastungen, der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen und der Stickstoffoxid-Belastungen zur Verfügung gestellt. Dabei wurde das Jahr 2001 als repräsentativ zugrunde gelegt.

Das Untersuchungsgebiet hat in weiten Teilen ländlichen Charakter, im Osten jedoch grenzt es an Kiel, so dass dort ein städtischer Hintergrund zu erwarten ist. Daher wurde die Hintergrundbelastung einheitlich und zur sicheren Seite für das gesamte Untersu-

chungsgebiet als städtisch geprägt angenommen. Im Untersuchungsgebiet sind keine kontinuierlich betriebenen Messstationen vorhanden, so dass keine Zeitreihen der Hintergrundbelastung vorliegen. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wird daher ersatzweise von folgenden Hintergrundbelastungen ausgegangen:

- Stickstoffoxide und Feinstaub: Messwerte der Station Schauenburger Straße, Kiel;
- Schwefeldioxid: Messwerte der Station Westring, Kiel;
- für Benzol erfolgt eine Schätzung des Jahresmittelwertes auf Basis aktueller Messergebnisse.

Die statistischen Kennwerte der Messergebnisse der Hintergrundbelastungen sind in der Tabelle 11 dargestellt.

In der vorliegenden Untersuchung wird von dem konservativen Ansatz ausgegangen, dass die Hintergrundbelastung im Wesentlichen konstant bleibt. Tatsächlich ist jedoch aufgrund emissionsmindernder Maßnahmen zur flächendeckenden Einhaltung der Grenzwerte der 22. 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 Straßen- und Kanalabschnitte ergeben, werden im Folgenden „Zusatzbelastungen“ genannt. Für den Fall, dass die Hintergrundbelastungen mit eingerechnet wurden, wird von „Gesamtbelastungen“ gesprochen.

Tabelle 11: Zusammenstellung der Hintergrundbelastungen (2001)

Kenngröße	Luftschadstoff					
	SO_2	NOx	NO_2	Benzol	PM_{10}	Ruß
J00	3,8	29,4	21,8	2,0	21,3	2,0
T03	13,2	—	—	—	—	—
T35	—	—	—	—	37,0	—
S18	—	—	69,7	—	—	—
S24	18,0	—	—	—	—	—
98-Perzentil	—	94,3	52,5	—	—	—

7.5. Immissionen

7.5.1. Allgemeines

Zur Bewertung der Luftschadstoffsituation wurden die Immissionen für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Planfall berechnet. Dabei wurden der Schiffsverkehr, die Wartezeit der Schiffe in den Weichen, der Betrieb der Fähre Landwehr sowie das angrenzende Straßenverkehrsnetz berücksichtigt.

Insgesamt wurde an 60 Immissionsorten der stundenfeine Jahresgang der Luftschadstoffimmissionen für die Luftschadstoffkomponenten Stickstoffoxide (NOx), Schwefeldioxid (SO_2), Feinstaub (PM_{10}) und Benzol berechnet. Die Lage der Immissionsorte kann der

Anlage A 1.1 entnommen werden. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abschnitten für jede Schadstoffkomponente getrennt zusammengefasst.

In der Anlage A 9 sind ergänzend flächendeckende Karten für den Prognose-Nullfall und den Prognose-Planfall dargestellt. Die Zunahmen gegenüber dem Prognose-Nullfall sind in Differenzkarten aufgezeigt. Die Darstellung umfasst die Jahresmittelwerte der maßgebenden Kenngrößen Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Feinstaub(PM_{10}) und Benzol.

Eine flächendeckende Berechnung der Gesamtbelastungen der Tages- und Stundenmittelwerte ist mit dem Programm AUSTAL2000 nicht möglich, so dass eine Darstellung hier nicht erfolgen kann. Die maßgeblichen Kurzzeitbelastungen sind jedoch für die Schwefeldioxid-Belastungen zu erwarten. Da diese wesentlich durch die Zusatzbelastungen aus dem Schiffsverkehr bestimmt werden, ist die Darstellung der Zusatzbelastung für eine Einschätzung der Situation geeignet. Daher sind ergänzend Rasterkarten der Kurzzeitwerte der Schwefeldioxid-Zusatzbelastungen (Tagesmittelwerte T03 und Stundenmittelwerte S24) enthalten.

(Anmerkung: Im Anschlussbereich zwischen den Rechengebieten sind in den Rasterkarten teilweise technisch bedingte Unstetigkeiten zu sehen. Diese liegen jedoch im Bereich geringer Schadstoffkonzentrationen und sind daher nicht beurteilungsrelevant. Unterschiede zwischen den Rechengebieten RG6 und RG7 sind dagegen u.a. auch auf die Wahl einer anderen Rauhigkeitslänge zur Berücksichtigung der Bebauung in RG7 zurückzuführen.)

7.5.2. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO_2, Jahresmittelwert J00)

Die Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxid-Belastungen sind in der Tabelle 12 und der Abbildung 10 dargestellt. Flächendeckende Ergebnisse für NO_2 zeigen die Rasterkarten in Anlage A 7.6.

An den maßgeblichen Immissionsorten ergeben sich im Prognose-Nullfall sowie im Prognose-Planfall Jahresmittelwerte der Stickstoffdioxidbelastungen zwischen etwa 19 µg/m³ und 32 µg/m³. Die Zunahmen an einzelnen Immissionsorten liegen in der Größenordnung bis zu 7,5 %.

Der Immissionswert der TA Luft von 40 µg/m³ und der ab 2010 geltende Grenzwert gemäß 22. BImSchV von 40 µg/m³ werden an allen Wohngebäuden eingehalten.

In den Rasterkarten sind teilweise Konzentrationen von mehr als 40 µg/m³ zu erkennen. Diese beschränken sich jedoch auf den unmittelbaren Bereich des Schiffsverkehrs auf dem Nord-Ostsee-Kanal. Diese Werte sind daher nicht beurteilungsrelevant.

Nach den Bewertungskriterien der BfG (Tabelle 4) für das Schutzgut Mensch sind die Belastungen im Prognose-Nullfall in Teilwertstufe 4 (geringe Belastung) und Teilwertstufe 3 (mittlere Belastung) einzustufen. Veränderungen im Prognose-Planfall treten nicht auf.

Abbildung 10: Stickstoffdioxid-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

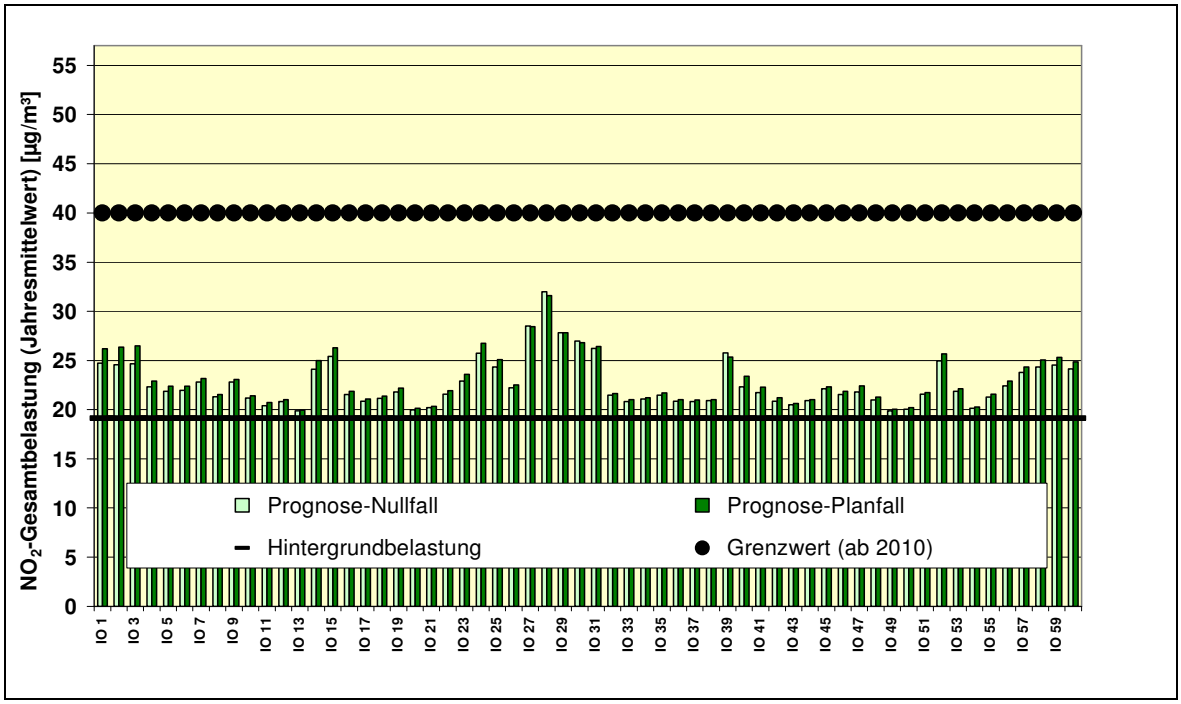


Tabelle 12: Stickstoffdioxid-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Immissionsort	NO_2-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	19,1	8,2	24,7	10,3	26,2	1,5	5,9%
IO 2	19,1	8,0	24,6	10,6	26,4	1,8	7,2%
IO 3	19,1	8,2	24,7	10,8	26,5	1,8	7,4%
IO 4	19,1	4,7	22,3	5,6	22,9	0,6	2,6%
IO 5	19,1	4,1	21,9	4,8	22,4	0,5	2,3%
IO 6	19,1	4,2	22,0	4,8	22,4	0,4	1,8%
IO 7	19,1	5,4	22,8	5,9	23,2	0,3	1,5%
IO 8	19,1	3,2	21,3	3,5	21,5	0,2	0,9%
IO 9	19,1	5,4	22,8	5,8	23,1	0,2	1,1%
IO 10	19,1	3,0	21,2	3,4	21,4	0,3	1,2%
IO 11	19,1	1,9	20,4	2,3	20,7	0,3	1,5%
IO 12	19,1	2,5	20,8	2,7	21,0	0,2	1,0%
IO 13	19,1	1,1	19,9	1,1	19,9	0,1	0,3%
IO 14	19,1	7,3	24,1	8,6	25,0	0,9	3,7%
IO 15	19,1	9,2	25,4	10,5	26,3	0,9	3,4%
IO 16	19,1	3,5	21,5	4,1	21,9	0,4	1,6%
IO 17	19,1	2,6	20,9	2,9	21,1	0,2	1,0%
IO 18	19,1	2,9	21,1	3,3	21,4	0,3	1,2%
IO 19	19,1	3,8	21,8	4,5	22,2	0,4	1,8%
IO 20	19,1	1,3	20,0	1,5	20,1	0,2	0,8%
IO 21	19,1	1,6	20,2	1,8	20,4	0,2	0,8%
IO 22	19,1	3,5	21,6	4,1	21,9	0,4	1,6%
IO 23	19,1	5,6	22,9	6,6	23,6	0,7	2,9%
IO 24	19,1	9,7	25,7	11,2	26,8	1,0	4,0%
IO 25	19,1	7,7	24,3	8,8	25,1	0,7	3,1%
IO 26	19,1	4,6	22,2	5,0	22,5	0,3	1,3%
IO 27	19,1	13,7	28,5	13,5	28,4	0,0	-0,1%
IO 28	19,1	18,6	32,0	18,1	31,6	-0,4	-1,2%
IO 29	19,1	12,7	27,8	12,7	27,8	0,0	0,0%
IO 30	19,1	11,5	27,0	11,2	26,8	-0,2	-0,7%
IO 31	19,1	10,4	26,2	10,7	26,4	0,2	0,7%
IO 32	19,1	3,5	21,5	3,7	21,6	0,2	0,7%
IO 33	19,1	2,5	20,8	2,8	21,0	0,2	1,0%
IO 34	19,1	2,9	21,1	3,1	21,2	0,2	0,7%
IO 35	19,1	3,5	21,5	3,7	21,7	0,2	0,9%
IO 36	19,1	2,6	20,9	2,8	21,0	0,2	0,7%
IO 37	19,1	2,5	20,8	2,7	21,0	0,2	0,7%
IO 38	19,1	2,6	20,9	2,8	21,0	0,1	0,5%
IO 39	19,1	9,8	25,8	9,2	25,4	-0,4	-1,6%
IO 40	19,1	4,7	22,3	6,3	23,4	1,1	4,8%
IO 41	19,1	3,8	21,7	4,6	22,3	0,5	2,5%
IO 42	19,1	2,5	20,9	3,1	21,2	0,4	1,7%
IO 43	19,1	2,0	20,5	2,2	20,6	0,1	0,5%
IO 44	19,1	2,6	20,9	2,8	21,0	0,1	0,5%
IO 45	19,1	4,4	22,1	4,7	22,3	0,2	0,9%
IO 46	19,1	3,5	21,5	4,0	21,9	0,4	1,6%
IO 47	19,1	3,8	21,8	4,9	22,4	0,6	3,0%
IO 48	19,1	2,7	21,0	3,2	21,3	0,3	1,5%
IO 49	19,1	1,1	19,9	1,3	20,0	0,2	0,8%
IO 50	19,1	1,3	20,0	1,6	20,2	0,2	0,8%
IO 51	19,1	3,5	21,6	3,8	21,7	0,2	0,7%
IO 52	19,1	8,6	24,9	9,6	25,7	0,7	2,9%
IO 53	19,1	4,1	21,9	4,4	22,1	0,2	1,1%
IO 54	19,1	1,5	20,1	1,6	20,2	0,1	0,5%
IO 55	19,1	3,2	21,3	3,6	21,6	0,3	1,4%
IO 56	19,1	4,9	22,4	5,5	22,9	0,5	2,2%
IO 57	19,1	6,9	23,8	7,7	24,3	0,6	2,4%
IO 58	19,1	7,7	24,3	8,7	25,0	0,7	2,9%
IO 59	19,1	8,0	24,5	9,1	25,3	0,8	3,2%
IO 60	19,1	7,4	24,2	8,4	24,9	0,7	2,9%

7.5.3. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO_2, 98-Perzentil)

Die 98-Perzentile der Stickstoffoxid-Gesamtbelastungen zeigen die Tabelle 13 und die Abbildung 11.

Im Prognose-Nullfall sowie im Prognose-Planfall ergeben sich 98-Perzentile zwischen 53 µg/m³ und aufgerundet 82 µg/m. Die Zunahmen im Prognose-Planfall betragen an einzelnen Immissionspunkten bis zu 7 %.

Für den 98-Perzentil der Stickstoffdioxid-Immissionen werden sämtliche Richtwerte eingehalten:

- 22. BImSchV mit einem Grenzwert von 200 µg/m³;
- EU-Richtlinie mit einem Vorsorgewert von 135 µg/m³.

Abbildung 11: Stickstoffdioxid-Belastungen (98-Perzentil)

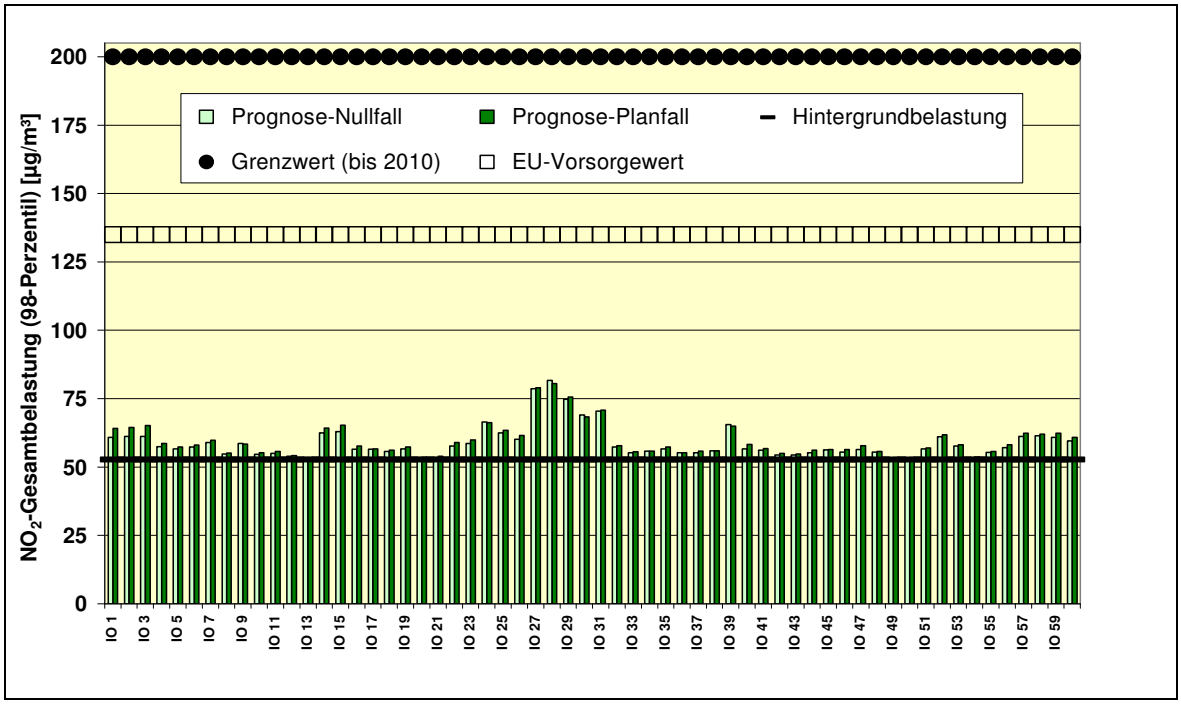


Tabelle 13: Stickstoffdioxid-Belastungen (98-Perzentil)

Immissionsort	NO_2-Immissionen (98-Perzentil) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	52,8	37,3	60,8	43,6	64,2	3,3	5,5%
IO 2	52,8	36,3	61,2	43,1	64,5	3,4	5,5%
IO 3	52,8	36,5	61,2	44,3	65,2	4,0	6,6%
IO 4	52,8	25,4	57,4	29,0	58,6	1,2	2,1%
IO 5	52,8	21,8	56,6	24,2	57,3	0,8	1,4%
IO 6	52,8	32,5	57,3	35,9	58,0	0,6	1,1%
IO 7	52,8	38,5	59,0	41,2	59,8	0,8	1,4%
IO 8	52,8	25,4	54,8	26,0	55,1	0,3	0,6%
IO 9	52,8	37,3	58,6	39,0	58,3	-0,3	-0,4%
IO 10	52,8	23,3	54,6	26,2	55,1	0,5	0,9%
IO 11	52,8	17,3	55,0	20,9	55,7	0,6	1,2%
IO 12	52,8	22,2	53,9	23,6	54,1	0,2	0,4%
IO 13	52,8	15,8	53,4	17,0	53,5	0,1	0,2%
IO 14	52,8	41,8	62,5	46,8	64,2	1,7	2,7%
IO 15	52,8	43,8	63,0	48,6	65,3	2,3	3,7%
IO 16	52,8	28,8	56,4	31,1	57,6	1,2	2,1%
IO 17	52,8	23,0	56,5	25,1	56,7	0,2	0,4%
IO 18	52,8	22,3	55,7	24,5	56,2	0,5	0,9%
IO 19	52,8	26,5	56,6	29,4	57,3	0,7	1,3%
IO 20	52,8	17,1	53,5	19,4	53,6	0,1	0,2%
IO 21	52,8	17,9	53,5	20,0	53,9	0,4	0,7%
IO 22	52,8	30,4	57,6	33,2	58,9	1,3	2,3%
IO 23	52,8	32,3	58,6	37,2	59,9	1,3	2,1%
IO 24	52,8	47,2	66,5	47,7	66,3	-0,2	-0,3%
IO 25	52,8	37,7	62,5	37,3	63,4	0,9	1,4%
IO 26	52,8	42,5	60,2	43,2	61,5	1,3	2,2%
IO 27	52,8	72,5	78,7	72,5	79,0	0,3	0,4%
IO 28	52,8	73,2	81,7	70,9	80,6	-1,1	-1,4%
IO 29	52,8	61,7	74,8	62,5	75,6	0,8	1,1%
IO 30	52,8	54,0	69,0	53,0	68,3	-0,7	-1,0%
IO 31	52,8	58,7	70,4	58,8	70,8	0,3	0,5%
IO 32	52,8	27,7	57,3	28,7	57,8	0,5	0,9%
IO 33	52,8	17,8	55,2	20,0	55,5	0,4	0,7%
IO 34	52,8	19,8	55,8	21,4	55,8	0,0	-0,1%
IO 35	52,8	21,5	56,6	23,4	57,3	0,7	1,3%
IO 36	52,8	17,8	55,2	19,6	55,2	0,0	0,1%
IO 37	52,8	19,8	55,2	21,2	55,8	0,6	1,0%
IO 38	52,8	24,1	55,9	25,5	55,9	0,0	0,0%
IO 39	52,8	51,0	65,5	50,3	64,9	-0,6	-0,9%
IO 40	52,8	24,6	56,6	29,7	58,2	1,6	2,9%
IO 41	52,8	23,6	56,2	26,3	56,8	0,6	1,1%
IO 42	52,8	18,1	54,4	21,6	55,0	0,6	1,1%
IO 43	52,8	16,6	54,4	18,2	54,7	0,3	0,6%
IO 44	52,8	18,4	55,2	19,9	56,2	0,9	1,7%
IO 45	52,8	20,2	56,3	21,7	56,4	0,1	0,2%
IO 46	52,8	18,5	55,4	21,6	56,4	1,0	1,8%
IO 47	52,8	21,2	56,4	26,0	57,8	1,4	2,6%
IO 48	52,8	17,3	55,5	20,0	55,6	0,2	0,3%
IO 49	52,8	13,2	53,2	15,0	53,4	0,2	0,4%
IO 50	52,8	14,3	53,3	16,1	53,4	0,2	0,3%
IO 51	52,8	19,9	56,6	22,4	56,9	0,3	0,5%
IO 52	52,8	40,7	61,1	43,1	61,7	0,7	1,1%
IO 53	52,8	34,9	57,7	37,2	58,2	0,5	0,8%
IO 54	52,8	17,6	53,5	19,1	53,7	0,2	0,4%
IO 55	52,8	26,6	55,3	29,5	55,7	0,4	0,8%
IO 56	52,8	30,9	57,1	34,5	58,1	1,0	1,8%
IO 57	52,8	42,4	61,2	44,9	62,3	1,1	1,8%
IO 58	52,8	40,7	61,4	43,1	62,1	0,7	1,1%
IO 59	52,8	38,2	60,8	41,9	62,4	1,5	2,5%
IO 60	52,8	34,7	59,5	37,8	60,8	1,3	2,2%

7.5.4. Stickstoffdioxid-Belastungen (NO_2, Stundenmittelwert S18)

Die Immissionskenngröße S18 stellt den Stundenmittelwert dar, der an 18 Stunden im Jahr überschritten wird. Eine Zusammenstellung der Gesamtbelastungen zeigen die Tabelle 14 und die Abbildung 12. Bei der Abschätzung der Kenngröße S18 wurde die mittlere Regressionsgerade aus Abbildung 9 zugrunde gelegt.

Insgesamt ergeben sich mittlere Kenngrößen von etwa 75 µg/m³ bis 116 µg/m³ im Prognose-Nullfall und Prognose-Planfall. Die Zunahmen an einzelnen Immissionspunkten betragen bis zu 7 %.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass der Immissionsgrenzwert der 22. BImSchV von 200 µg/m³ im Prognose-Planfall mit Sicherheit nicht erreicht wird. Dies gilt auch unter Berücksichtigung der möglichen Streubreiten.

Nach den Bewertungskriterien der BfG (Tabelle 4) sind die Belastungen im Prognose-Nullfall in Teilwertstufe 5 (sehr geringe Belastung) und Teilwertstufe 4 (geringe Belastung) einzustufen. Veränderungen im Prognose-Planfall treten nicht auf.

Abbildung 12: Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S18)

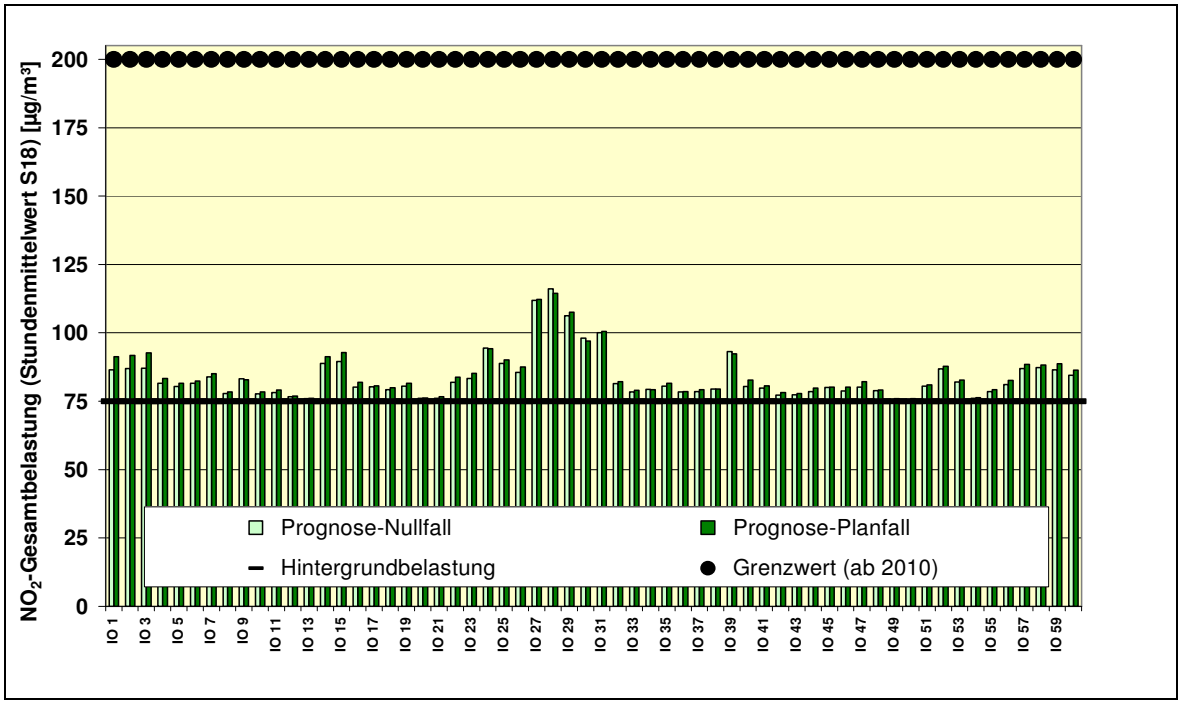


Tabelle 14: Stickstoffdioxid-Belastungen (Stundenmittelwert S18)

Immissionsort	NO_2-Immissionen (Stundenmittelwert S18) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	75,0	53,0	86,5	62,0	91,2	4,8	5,5%
IO 2	75,0	51,6	86,9	61,3	91,7	4,8	5,5%
IO 3	75,0	51,9	87,0	63,0	92,7	5,7	6,6%
IO 4	75,0	36,1	81,6	41,2	83,3	1,7	2,1%
IO 5	75,0	30,9	80,4	34,4	81,5	1,1	1,4%
IO 6	75,0	46,2	81,5	51,0	82,4	0,9	1,1%
IO 7	75,0	54,7	83,9	58,6	85,0	1,1	1,4%
IO 8	75,0	36,2	77,8	36,9	78,3	0,5	0,6%
IO 9	75,0	53,0	83,2	55,4	82,9	-0,4	-0,4%
IO 10	75,0	33,2	77,7	37,2	78,4	0,7	0,9%
IO 11	75,0	24,6	78,2	29,6	79,1	0,9	1,2%
IO 12	75,0	31,6	76,6	33,5	76,9	0,3	0,4%
IO 13	75,0	22,5	75,9	24,2	76,1	0,1	0,2%
IO 14	75,0	59,4	88,8	66,5	91,3	2,4	2,7%
IO 15	75,0	62,2	89,5	69,0	92,8	3,3	3,7%
IO 16	75,0	40,9	80,2	44,3	81,9	1,7	2,1%
IO 17	75,0	32,7	80,3	35,7	80,6	0,3	0,4%
IO 18	75,0	31,7	79,2	34,8	79,9	0,7	0,9%
IO 19	75,0	37,6	80,5	41,8	81,5	1,0	1,3%
IO 20	75,0	24,3	76,0	27,5	76,2	0,1	0,2%
IO 21	75,0	25,4	76,1	28,4	76,6	0,5	0,7%
IO 22	75,0	43,2	81,9	47,1	83,7	1,9	2,3%
IO 23	75,0	45,9	83,3	52,9	85,1	1,8	2,1%
IO 24	75,0	67,1	94,5	67,9	94,2	-0,3	-0,3%
IO 25	75,0	53,6	88,8	53,0	90,1	1,3	1,4%
IO 26	75,0	60,4	85,5	61,4	87,4	1,9	2,2%
IO 27	75,0	103,0	111,8	103,1	112,2	0,4	0,4%
IO 28	75,0	104,0	116,1	100,7	114,5	-1,6	-1,4%
IO 29	75,0	87,7	106,3	88,8	107,5	1,2	1,1%
IO 30	75,0	76,8	98,0	75,3	97,0	-1,0	-1,0%
IO 31	75,0	83,5	100,1	83,5	100,6	0,5	0,5%
IO 32	75,0	39,3	81,4	40,8	82,2	0,7	0,9%
IO 33	75,0	25,3	78,4	28,4	78,9	0,5	0,7%
IO 34	75,0	28,1	79,3	30,4	79,2	0,0	-0,1%
IO 35	75,0	30,6	80,5	33,2	81,5	1,0	1,3%
IO 36	75,0	25,2	78,4	27,9	78,5	0,0	0,1%
IO 37	75,0	28,1	78,5	30,1	79,2	0,8	1,0%
IO 38	75,0	34,2	79,4	36,3	79,4	0,0	0,0%
IO 39	75,0	72,5	93,1	71,5	92,3	-0,8	-0,9%
IO 40	75,0	35,0	80,4	42,2	82,7	2,3	2,9%
IO 41	75,0	33,6	79,8	37,4	80,7	0,9	1,1%
IO 42	75,0	25,7	77,3	30,8	78,1	0,8	1,1%
IO 43	75,0	23,6	77,3	25,9	77,8	0,5	0,6%
IO 44	75,0	26,1	78,5	28,3	79,8	1,3	1,7%
IO 45	75,0	28,7	80,0	30,9	80,1	0,1	0,2%
IO 46	75,0	26,2	78,7	30,8	80,2	1,4	1,8%
IO 47	75,0	30,1	80,1	36,9	82,2	2,1	2,6%
IO 48	75,0	24,6	78,8	28,5	79,1	0,3	0,3%
IO 49	75,0	18,7	75,6	21,3	75,9	0,3	0,4%
IO 50	75,0	20,3	75,7	22,9	75,9	0,2	0,3%
IO 51	75,0	28,3	80,5	31,8	80,9	0,4	0,5%
IO 52	75,0	57,8	86,8	61,2	87,7	1,0	1,1%
IO 53	75,0	49,6	82,0	52,8	82,7	0,7	0,8%
IO 54	75,0	25,0	76,1	27,1	76,4	0,3	0,4%
IO 55	75,0	37,8	78,5	41,9	79,2	0,6	0,8%
IO 56	75,0	43,9	81,1	49,1	82,6	1,5	1,8%
IO 57	75,0	60,2	86,9	63,8	88,5	1,6	1,8%
IO 58	75,0	57,8	87,3	61,2	88,2	0,9	1,1%
IO 59	75,0	54,3	86,5	59,6	88,7	2,2	2,5%
IO 60	75,0	49,3	84,5	53,8	86,4	1,9	2,2%

7.5.5. Schwefeldioxid-Belastungen (SO_2, Jahresmittelwert J00)

Die Jahresmittelwerte der Schwefeldioxid-Belastungen sind in der Tabelle 15 sowie der Abbildung 13 dargestellt. Flächendeckende Karten finden sich in der Anlage A 7.1.

Die Schwefeldioxidbelastungen werden maßgebend durch den Schiffsverkehr bestimmt, so dass die höchsten Immissionen in ufernahen Bereichen zu erwarten sind. Die Emissionen aus dem Straßenverkehr sind demgegenüber von vernachlässigbarer Größe und wurden daher nicht einbezogen.

Im Prognose-Nullfall sind an den maßgeblichen Immissionsorten Gesamtbelastungen von 4,3 µg/m³ bis 9,3 µg/m³ zu erwarten. Im Prognose-Planfall ergeben sich Gesamtbelastungen von 4,4 µg/m³ bis 10 µg/m³. Die Zunahmen liegen in den schützenswerten Bereichen in der Größenordnung von 20 % und weniger.

Insgesamt wird der Immissionswert der TA Luft von 50 µg/m³ in allen beurteilungsrelevanten Bereichen deutlich unterschritten.

Nach den Bewertungskriterien der BfG (Tabelle 3) sind die Belastungen im Prognose-Nullfall in Teilwertstufe 5 (sehr geringe Belastung) und Teilwertstufe 4 (geringe Belastung) einzustufen. Veränderungen im Prognose-Planfall sind nur an Immissionsorten zu erwarten, wo die Gesamtbelastungen im Prognose-Nullfall bereits die Grenze zwischen den Bewertungsstufen knapp erreicht haben. Die Bewertung im Prognose-Planfall ändert sich an sechs Immissionsorten (IO 5, IO 19, IO 23, IO 41, IO 47, IO 53) von Teilwertstufe 5 zu Teilwertstufe 4.

Abbildung 13: Schwefeldioxid-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

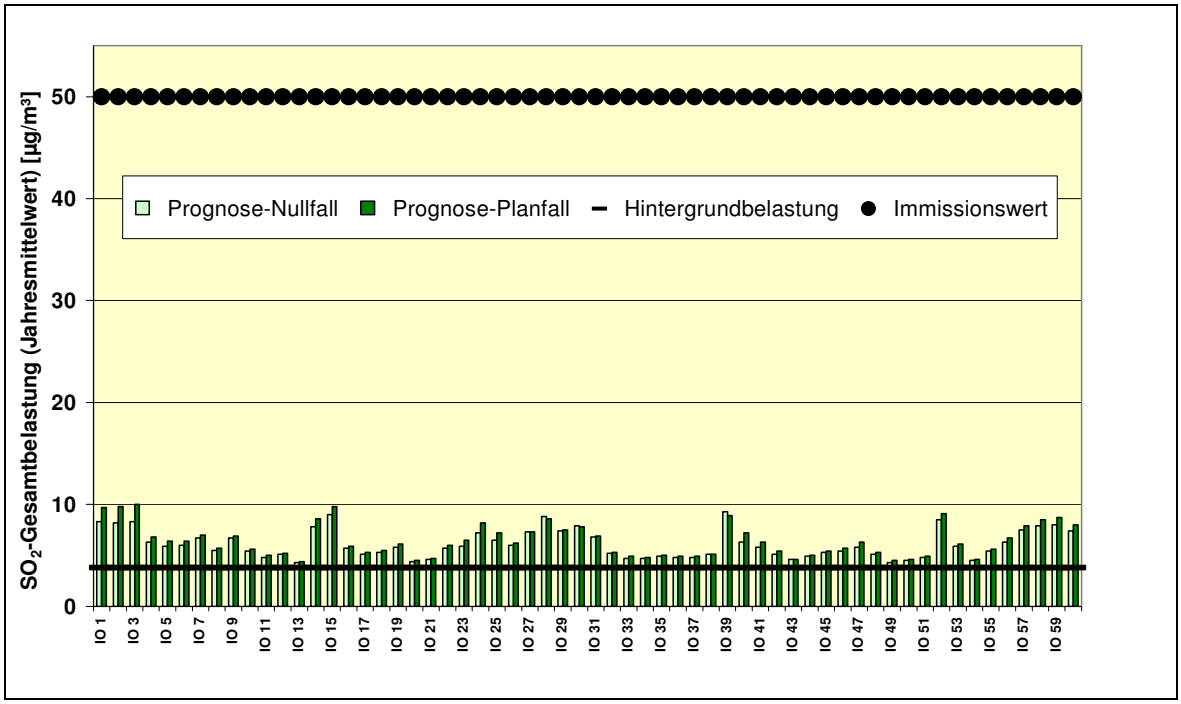


Tabelle 15: Schwefeldioxid-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Immissionsort	SO_2-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	3,8	4,6	8,3	5,9	9,7	1,4	16,9%
IO 2	3,8	4,5	8,2	6,1	9,8	1,6	19,5%
IO 3	3,8	4,5	8,3	6,2	10,0	1,7	20,5%
IO 4	3,8	2,5	6,3	3,0	6,8	0,5	7,9%
IO 5	3,8	2,2	5,9	2,6	6,4	0,5	8,5%
IO 6	3,8	2,3	6,0	2,6	6,4	0,4	6,7%
IO 7	3,8	2,9	6,7	3,2	7,0	0,3	4,5%
IO 8	3,8	1,7	5,5	1,9	5,7	0,2	3,6%
IO 9	3,8	3,0	6,7	3,1	6,9	0,2	3,0%
IO 10	3,8	1,6	5,4	1,8	5,6	0,2	3,7%
IO 11	3,8	1,0	4,8	1,2	5,0	0,2	4,2%
IO 12	3,8	1,3	5,1	1,4	5,2	0,1	2,0%
IO 13	3,8	0,6	4,3	0,6	4,4	0,1	2,3%
IO 14	3,8	4,0	7,8	4,8	8,6	0,8	10,3%
IO 15	3,8	5,2	9,0	6,0	9,8	0,8	8,9%
IO 16	3,8	1,9	5,7	2,2	5,9	0,2	3,5%
IO 17	3,8	1,3	5,1	1,5	5,3	0,2	3,9%
IO 18	3,8	1,5	5,3	1,7	5,5	0,2	3,8%
IO 19	3,8	2,0	5,8	2,4	6,1	0,3	5,2%
IO 20	3,8	0,7	4,4	0,8	4,5	0,1	2,3%
IO 21	3,8	0,8	4,6	0,9	4,7	0,1	2,2%
IO 22	3,8	1,9	5,7	2,2	6,0	0,3	5,3%
IO 23	3,8	2,1	5,9	2,7	6,5	0,6	10,2%
IO 24	3,8	3,4	7,2	4,4	8,2	1,0	13,9%
IO 25	3,8	2,7	6,5	3,4	7,2	0,7	10,8%
IO 26	3,8	2,2	6,0	2,5	6,2	0,2	3,3%
IO 27	3,8	3,5	7,3	3,5	7,3	0,0	0,0%
IO 28	3,8	5,0	8,8	4,8	8,6	-0,2	-2,3%
IO 29	3,8	3,6	7,4	3,7	7,5	0,1	1,4%
IO 30	3,8	4,1	7,9	4,0	7,8	-0,1	-1,3%
IO 31	3,8	3,0	6,8	3,1	6,9	0,1	1,5%
IO 32	3,8	1,4	5,2	1,5	5,3	0,1	1,9%
IO 33	3,8	0,9	4,7	1,1	4,9	0,2	4,3%
IO 34	3,8	1,0	4,7	1,1	4,8	0,1	2,1%
IO 35	3,8	1,1	4,9	1,2	5,0	0,1	2,0%
IO 36	3,8	1,0	4,8	1,1	4,9	0,1	2,1%
IO 37	3,8	1,0	4,8	1,1	4,9	0,1	2,1%
IO 38	3,8	1,3	5,1	1,4	5,1	0,0	0,0%
IO 39	3,8	5,5	9,3	5,1	8,9	-0,4	-4,3%
IO 40	3,8	2,5	6,3	3,4	7,2	0,9	14,3%
IO 41	3,8	2,0	5,8	2,5	6,3	0,5	8,6%
IO 42	3,8	1,3	5,1	1,6	5,4	0,3	5,9%
IO 43	3,8	0,8	4,6	0,9	4,6	0,0	0,0%
IO 44	3,8	1,1	4,9	1,3	5,0	0,1	2,0%
IO 45	3,8	1,5	5,3	1,7	5,4	0,1	1,9%
IO 46	3,8	1,6	5,4	1,9	5,7	0,3	5,6%
IO 47	3,8	2,0	5,8	2,5	6,3	0,5	8,6%
IO 48	3,8	1,3	5,1	1,6	5,3	0,2	3,9%
IO 49	3,8	0,6	4,3	0,7	4,5	0,2	4,7%
IO 50	3,8	0,7	4,5	0,8	4,6	0,1	2,2%
IO 51	3,8	1,0	4,8	1,1	4,9	0,1	2,1%
IO 52	3,8	4,7	8,5	5,3	9,1	0,6	7,1%
IO 53	3,8	2,1	5,9	2,3	6,1	0,2	3,4%
IO 54	3,8	0,8	4,5	0,8	4,6	0,1	2,2%
IO 55	3,8	1,6	5,4	1,9	5,6	0,2	3,7%
IO 56	3,8	2,6	6,3	2,9	6,7	0,4	6,3%
IO 57	3,8	3,7	7,5	4,2	7,9	0,4	5,3%
IO 58	3,8	4,1	7,9	4,7	8,5	0,6	7,6%
IO 59	3,8	4,2	8,0	4,9	8,7	0,7	8,7%
IO 60	3,8	3,6	7,4	4,2	8,0	0,6	8,1%

7.5.6. Schwefeldioxid-Belastungen (SO_2, Tagesmittelwert T03)

Die Kenngröße T03 beschreibt den Tagesmittelwert, der an 3 Tagen im Jahr überschritten wird (99,2-Perzentil der Tagesmittelwerte).

Die entsprechenden Ergebnisse für die Schwefeldioxid-Belastungen sind in der Tabelle 16 und der Abbildung 14 dargestellt. In der Anlage A 7.2 findet sich eine flächendeckende Darstellung der Zusatzbelastungen aus dem Schiffsverkehr. Die Gesamtbelastungen der Tagesmittelwerte T03 betragen an den maßgeblichen Immissionsorten im Prognose-Nullfall 13 µg/m³ bis 29 µg/m³. Für den Prognose-Planfall ist mit Gesamtbelastungen zwischen 13 µg/m³ und 31 µg/m³ zu rechnen. An einzelnen Immissionsorten sind Zunahmen um bis zu 31 % zu verzeichnen.

Der Immissionsgrenzwert der 22. BImSchV von 125 µg/m³ wird in allen beurteilungsrelevanten Bereichen sicher eingehalten.

Nach den Bewertungskriterien der BfG (Tabelle 3) sind die Belastungen an den maßgeblichen Immissionsorten im Prognose-Nullfall in Teilwertstufe 5 (sehr geringe Belastung) und Teilwertstufe 4 (geringe Belastung) einzustufen. Die Bewertung im Prognose-Planfall ändert sich an zwei Immissionsorten (IO 40, IO 56) von Teilwertstufe 5 zu Teilwertstufe 4.

Abbildung 14: Schwefeldioxid-Belastungen (Tagesmittelwerte T03)

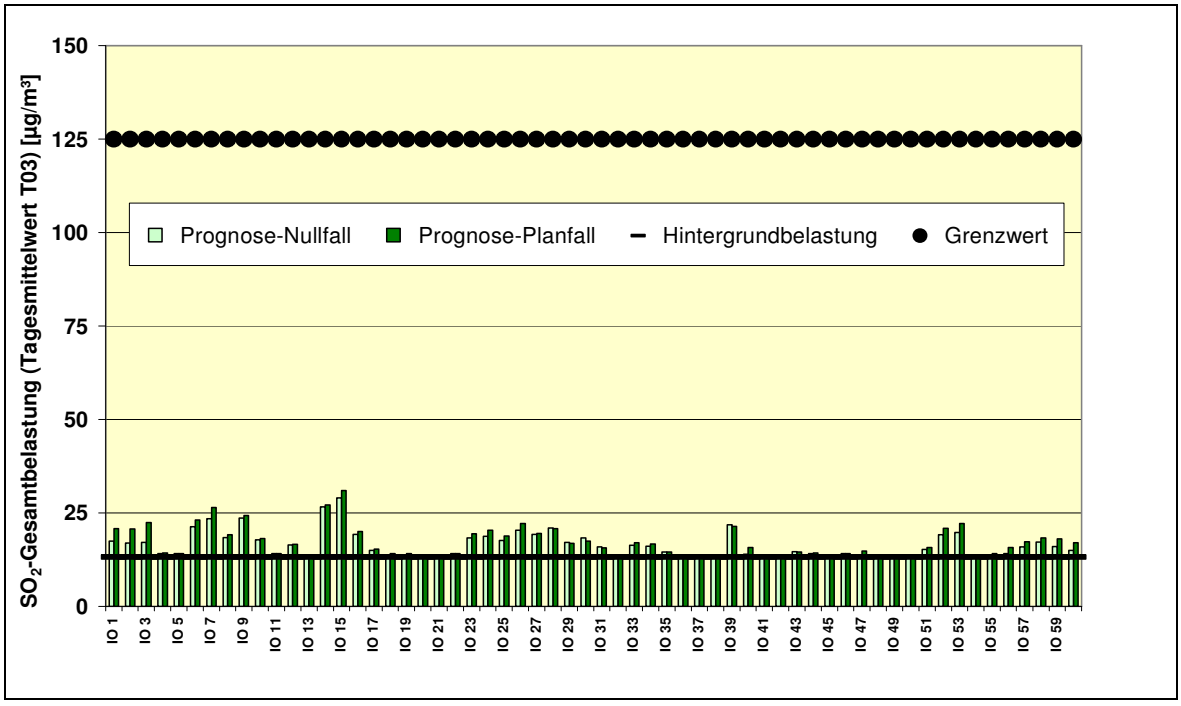


Tabelle 16: Schwefeldioxid-Belastungen (Tagesmittelwert T03)

Immissionsort	SO_2-Immissionen (Tagesmittelwert T03) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	13,2	12,5	17,4	15,3	20,8	3,4	19,5%
IO 2	13,2	11,6	16,9	16,0	20,7	3,8	22,5%
IO 3	13,2	11,9	17,1	16,2	22,4	5,3	31,0%
IO 4	13,2	6,5	14,1	7,2	14,3	0,2	1,4%
IO 5	13,2	5,6	14,1	6,5	14,1	0,0	0,0%
IO 6	13,2	11,3	21,3	13,1	23,1	1,8	8,5%
IO 7	13,2	14,2	23,4	15,2	26,4	3,0	12,8%
IO 8	13,2	8,6	18,4	7,7	19,1	0,7	3,8%
IO 9	13,2	14,1	23,6	14,3	24,3	0,7	3,0%
IO 10	13,2	6,7	17,8	7,5	18,1	0,3	1,7%
IO 11	13,2	4,9	14,1	5,8	14,1	0,0	0,0%
IO 12	13,2	6,4	16,4	7,4	16,6	0,2	1,2%
IO 13	13,2	4,1	13,3	4,3	13,3	0,0	0,0%
IO 14	13,2	17,4	26,6	18,6	27,1	0,5	1,9%
IO 15	13,2	17,7	29,0	19,7	31,0	2,0	6,9%
IO 16	13,2	10,8	19,2	11,2	20,0	0,8	4,2%
IO 17	13,2	6,4	15,0	6,3	15,3	0,3	2,0%
IO 18	13,2	5,6	13,4	6,8	14,1	0,7	5,2%
IO 19	13,2	7,8	13,3	9,8	14,1	0,8	6,0%
IO 20	13,2	5,0	13,3	5,9	13,3	0,0	0,0%
IO 21	13,2	5,1	13,3	5,6	13,3	0,0	0,0%
IO 22	13,2	9,7	14,1	10,8	14,1	0,0	0,0%
IO 23	13,2	7,4	18,3	8,1	19,4	1,1	6,0%
IO 24	13,2	8,5	18,7	12,3	20,4	1,7	9,1%
IO 25	13,2	7,2	17,6	9,3	18,8	1,2	6,8%
IO 26	13,2	14,9	20,4	16,2	22,2	1,8	8,8%
IO 27	13,2	15,8	19,2	16,0	19,5	0,3	1,6%
IO 28	13,2	15,0	21,0	14,9	20,8	-0,2	-1,0%
IO 29	13,2	11,5	17,1	12,0	16,8	-0,3	-1,8%
IO 30	13,2	12,3	18,3	12,5	17,4	-0,9	-4,9%
IO 31	13,2	10,5	15,9	11,4	15,6	-0,3	-1,9%
IO 32	13,2	5,9	13,3	7,1	13,3	0,0	0,0%
IO 33	13,2	4,3	16,3	5,4	17,0	0,7	4,3%
IO 34	13,2	4,7	16,1	5,3	16,7	0,6	3,7%
IO 35	13,2	4,2	14,5	4,9	14,5	0,0	0,0%
IO 36	13,2	4,4	13,5	4,9	13,3	-0,2	-1,5%
IO 37	13,2	4,9	13,2	5,4	13,2	0,0	0,0%
IO 38	13,2	7,4	13,3	7,0	13,6	0,3	2,3%
IO 39	13,2	18,1	21,8	17,5	21,4	-0,4	-1,8%
IO 40	13,2	7,3	13,9	9,3	15,7	1,8	12,9%
IO 41	13,2	7,2	13,3	8,5	13,5	0,2	1,5%
IO 42	13,2	5,1	13,3	6,4	13,3	0,0	0,0%
IO 43	13,2	4,5	14,6	4,9	14,5	-0,1	-0,7%
IO 44	13,2	4,5	14,1	5,2	14,3	0,2	1,4%
IO 45	13,2	4,6	13,6	5,2	13,7	0,1	0,7%
IO 46	13,2	4,5	14,1	5,8	14,1	0,0	0,0%
IO 47	13,2	5,9	13,4	8,0	14,8	1,4	10,4%
IO 48	13,2	4,6	13,3	5,5	13,3	0,0	0,0%
IO 49	13,2	3,6	13,3	4,4	13,3	0,0	0,0%
IO 50	13,2	3,5	13,3	4,3	13,3	0,0	0,0%
IO 51	13,2	4,9	15,2	5,2	15,7	0,5	3,3%
IO 52	13,2	11,9	19,1	13,8	20,9	1,8	9,4%
IO 53	13,2	13,9	19,8	16,0	22,2	2,4	12,1%
IO 54	13,2	5,0	13,3	4,7	13,3	0,0	0,0%
IO 55	13,2	7,2	13,3	8,3	14,1	0,8	6,0%
IO 56	13,2	9,3	14,1	10,5	15,7	1,6	11,3%
IO 57	13,2	11,7	15,9	14,5	17,3	1,4	8,8%
IO 58	13,2	12,5	17,2	14,5	18,3	1,1	6,4%
IO 59	13,2	12,6	16,0	14,3	18,0	2,0	12,5%
IO 60	13,2	11,1	15,0	12,2	17,0	2,0	13,3%

7.5.7. Schwefeldioxid-Belastungen (SO_2, Stundenmittelwert S24)

Die Kenngröße S24 dient zur Beurteilung der Kurzzeitbelastungen und beschreibt den Stundenmittelwert, der an 24 Tagen im Jahr überschritten wird (99,7-Perzentil der Stundenmittelwerte).

Die entsprechenden Ergebnisse für die Schwefeldioxid-Belastungen sind in der Tabelle 17 und in der Abbildung 15 dargestellt. Flächendeckende Darstellungen der Zusatzbelastungen (aus dem Schiffsverkehr) sind der Anlage A 7.3 zu entnehmen.

Im Prognose-Nullfall ergeben sich an den maßgebenden Immissionsorten Gesamtbelastungen zwischen 21 µg/m³ und 67 µg/m³, im Prognose-Planfall zwischen 22 µg/m³ und 76 µg/m³. Die Zunahmen an den Immissionsorten betragen bis zu aufgerundet 35 %.

Der Immissionsgrenzwert gemäß 22. BImSchV von 350 µg/m³ wird sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Prognose-Planfall an keinem maßgeblichen Immissionsort überschritten. Konzentrationen von mehr als 350 µg/m³ treten nur punktuell im Bereich der Fahrstrecke des Schiffsverkehrs auf dem Nord-Ostsee-Kanal sowie in den Weichen auf und sind daher nicht beurteilungsrelevant.

Nach den Bewertungskriterien der BfG (Tabelle 3) sind die Belastungen an den maßgeblichen Immissionsorten im Prognose-Nullfall in Teilwertstufe 5 (sehr geringe Belastung) und Teilwertstufe 4 (geringe Belastung) einzustufen. Veränderungen im Prognose-Planfall sind nur an Immissionsorten zu erwarten, wo die Gesamtbelastungen im Prognose-Nullfall bereits die Grenze zwischen den Bewertungsstufen knapp erreicht haben. Die Bewertung im Prognose-Planfall ändert sich an fünf Immissionsorten (IO 1, IO 16, IO 22, IO 29, IO 60) von Teilwertstufe 5 zu Teilwertstufe 4.

Abbildung 15: Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Stundenmittelwert S24)

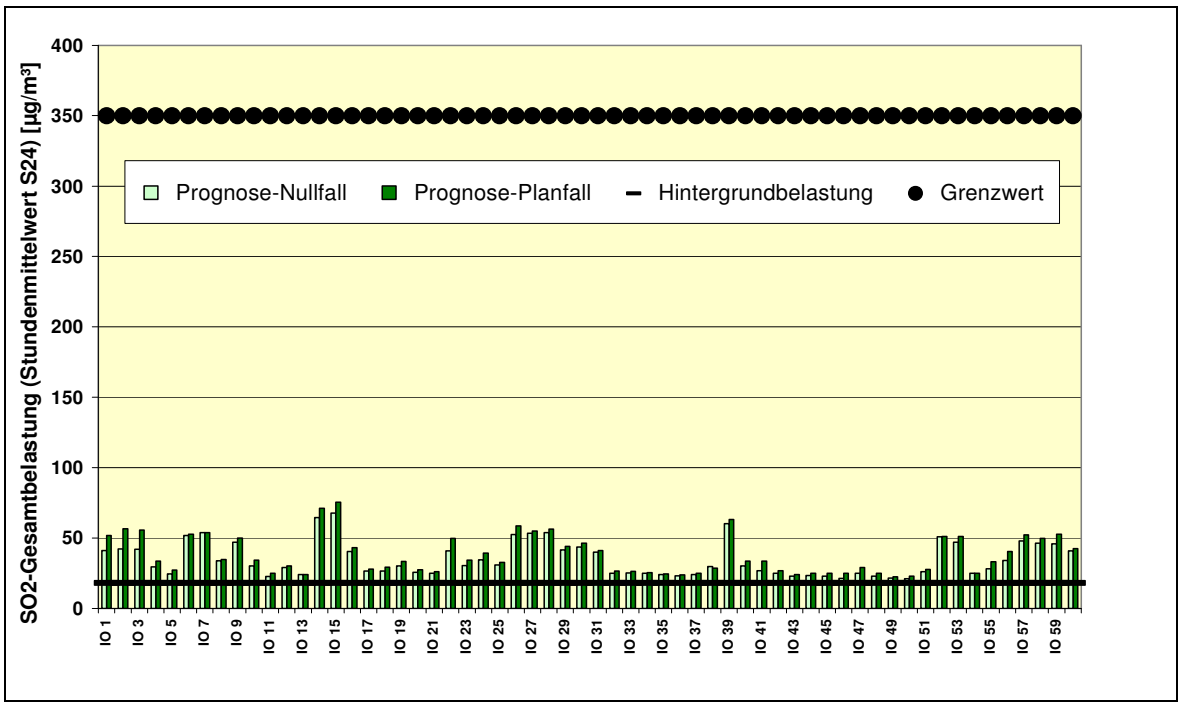


Tabelle 17: Schwefeldioxid-Belastungen (Stundenmittelwert S24)

Immissionsort	SO_2-Immissionen (Stundenmittelwert S24) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	18,0	35,6	41,2	46,1	51,9	10,7	26,0%
IO 2	18,0	37,2	42,2	49,7	56,6	14,4	34,1%
IO 3	18,0	37,8	42,1	51,9	55,7	13,6	32,3%
IO 4	18,0	24,2	29,4	28,7	33,7	4,3	14,6%
IO 5	18,0	18,4	24,6	22,5	27,3	2,7	11,0%
IO 6	18,0	47,6	51,7	47,7	52,8	1,1	2,1%
IO 7	18,0	47,3	53,7	49,0	53,8	0,1	0,2%
IO 8	18,0	27,6	33,8	28,5	34,7	0,9	2,7%
IO 9	18,0	40,9	46,9	45,0	50,0	3,1	6,6%
IO 10	18,0	23,1	30,2	27,8	34,2	4,0	13,2%
IO 11	18,0	14,7	22,7	16,9	25,0	2,3	10,1%
IO 12	18,0	20,9	29,1	22,1	30,1	1,0	3,4%
IO 13	18,0	17,6	24,0	17,5	24,0	0,0	0,0%
IO 14	18,0	57,6	64,5	64,5	71,1	6,6	10,2%
IO 15	18,0	60,7	67,6	68,3	75,5	7,9	11,7%
IO 16	18,0	34,2	40,5	36,0	43,0	2,5	6,2%
IO 17	18,0	21,0	26,4	23,1	27,8	1,4	5,3%
IO 18	18,0	22,0	26,6	25,2	29,2	2,6	9,8%
IO 19	18,0	24,4	30,0	27,6	33,3	3,3	11,0%
IO 20	18,0	20,5	25,6	23,1	27,5	1,9	7,4%
IO 21	18,0	18,1	25,0	20,0	26,0	1,0	4,0%
IO 22	18,0	38,7	40,7	46,3	49,7	9,0	22,1%
IO 23	18,0	20,7	30,5	28,6	34,4	3,9	12,8%
IO 24	18,0	26,0	34,5	34,0	39,3	4,8	13,9%
IO 25	18,0	24,4	30,8	25,4	32,7	1,9	6,2%
IO 26	18,0	45,8	52,4	53,0	58,5	6,1	11,6%
IO 27	18,0	48,5	53,5	49,1	55,0	1,5	2,8%
IO 28	18,0	49,9	53,7	50,7	56,3	2,6	4,8%
IO 29	18,0	35,2	41,5	40,2	44,1	2,6	6,3%
IO 30	18,0	40,5	43,7	41,4	46,2	2,5	5,7%
IO 31	18,0	34,3	39,9	35,5	41,2	1,3	3,3%
IO 32	18,0	18,6	25,0	21,2	26,4	1,4	5,6%
IO 33	18,0	15,4	25,1	17,4	26,3	1,2	4,8%
IO 34	18,0	16,3	25,0	16,9	25,4	0,4	1,6%
IO 35	18,0	15,0	23,9	17,3	24,4	0,5	2,1%
IO 36	18,0	14,8	23,1	16,1	23,8	0,7	3,0%
IO 37	18,0	18,4	24,0	20,2	24,9	0,9	3,7%
IO 38	18,0	25,9	29,6	25,0	28,5	-1,1	-3,7%
IO 39	18,0	56,2	60,3	57,6	63,2	2,9	4,8%
IO 40	18,0	23,9	30,0	28,5	33,7	3,7	12,3%
IO 41	18,0	21,4	26,9	29,1	33,6	6,7	24,9%
IO 42	18,0	16,2	24,8	20,9	26,9	2,1	8,5%
IO 43	18,0	14,6	23,0	16,7	24,1	1,1	4,8%
IO 44	18,0	15,7	23,3	18,2	25,0	1,7	7,3%
IO 45	18,0	15,5	22,8	18,4	24,8	2,0	8,8%
IO 46	18,0	14,5	21,3	18,4	25,0	3,7	17,4%
IO 47	18,0	19,5	25,0	23,4	29,0	4,0	16,0%
IO 48	18,0	15,1	23,0	18,6	25,0	2,0	8,7%
IO 49	18,0	11,9	21,5	15,8	22,5	1,0	4,7%
IO 50	18,0	12,3	21,0	15,0	23,0	2,0	9,5%
IO 51	18,0	19,4	26,1	20,9	27,6	1,5	5,7%
IO 52	18,0	44,6	50,9	48,2	51,2	0,3	0,6%
IO 53	18,0	43,2	47,0	46,1	51,1	4,1	8,7%
IO 54	18,0	18,7	25,0	19,5	25,0	0,0	0,0%
IO 55	18,0	25,1	28,2	29,5	33,1	4,9	17,4%
IO 56	18,0	29,9	33,9	35,3	40,4	6,5	19,2%
IO 57	18,0	44,4	48,0	48,2	52,1	4,1	8,5%
IO 58	18,0	43,7	46,3	44,9	49,7	3,4	7,3%
IO 59	18,0	42,0	45,8	48,0	52,8	7,0	15,3%
IO 60	18,0	37,2	40,7	39,9	42,3	1,6	3,9%

7.5.8. Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Die Ergebnisse der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen finden sich für die untersuchten Einzelpunkte in der Tabelle 18 sowie der Abbildung 16. Eine flächendeckende Darstellung findet sich in der Anlage A 7.4

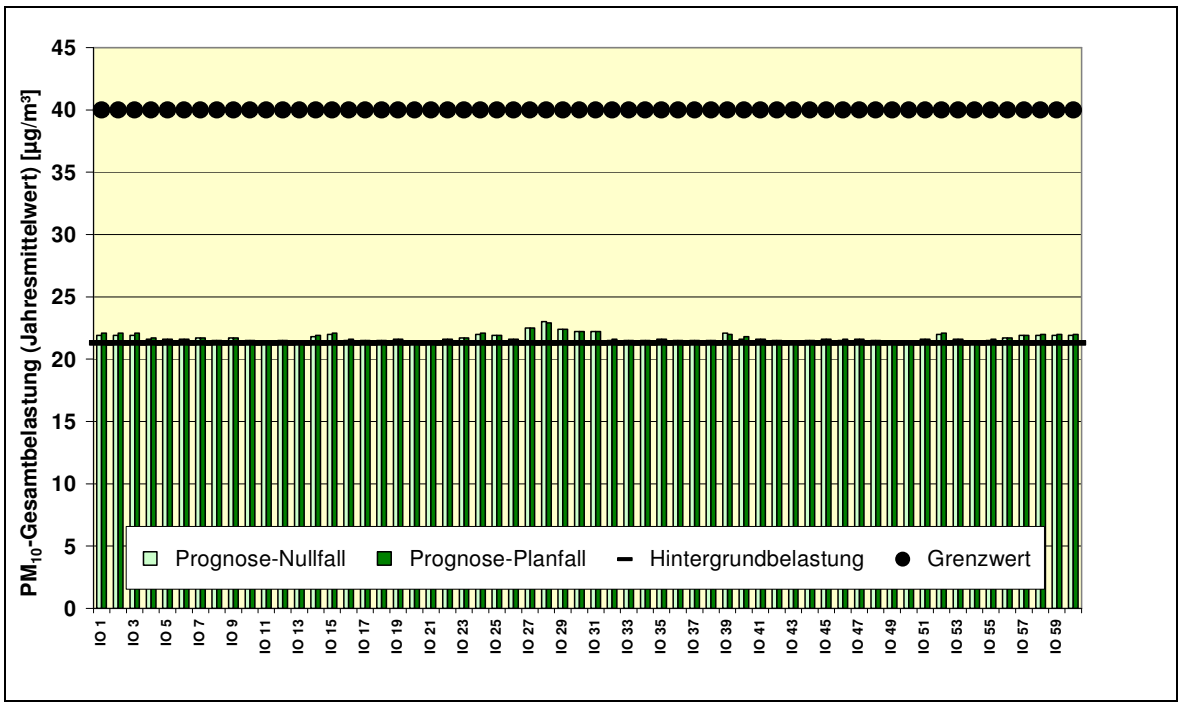
Die PM_{10}-Belastungen werden maßgebend durch die großräumige Hintergrundbelastung bestimmt. Die Staubaufwirbelung durch den Kfz-Verkehr auf den Straßen sowie die Schiffsabgase sind demgegenüber nur von untergeordneter Bedeutung und im Wesentlichen nur im Nahbereich dieser Quellen maßgebend.

An den maßgeblichen Immissionsorten betragen die Jahresmittelwerte der Feinstaub(PM_{10})-Belastungen sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Prognose-Planfall zwischen etwa 21 µg/m³ und 23 µg/m³. Die Zunahmen der Gesamtbelastungen liegen in der Größenordnung von 1 % und darunter.

Der Immissionsgrenzwert gemäß 22. BImSchV von 40 µg/m³ wird an allen maßgeblichen Immissionsorten sicher eingehalten.

Nach den Bewertungskriterien der BfG (Tabelle 5) sind die Belastungen an den maßgeblichen Immissionsorten im Prognose-Nullfall sowie im Prognose-Planfall in Teilwertstufe 4 (geringe Belastung) einzustufen. Veränderungen sind nicht zu erwarten.

Abbildung 16: Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Jahresmittelwert J00)



Hinsichtlich der $PM_{2,5}$-Belastungen liegen aus Messungen an Hamburger Stationen der Luftüberwachung Erkenntnisse vor, dass der Anteil von $PM_{2,5}$ an den PM_{10}-Belastungen zwischen 55 % und 80 % liegt. Geht man von dem hohen Anteil von 80 % aus, so ergeben sich im vorliegenden Fall Jahresmittelwerte von bis zu aufgerundet 19 µg/m³, so dass die ab 2015 und 2020 geplanten Grenzwerte von 25 µg/m³ bzw. 20 µg/m³ eingehalten werden.

Tabelle 18: Feinstaub(PM10)-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Immissionsort	Feinstaub (PM_{10})-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	21,3	0,6	21,9	0,8	22,1	0,2	0,9%
IO 2	21,3	0,6	21,9	0,8	22,1	0,2	0,9%
IO 3	21,3	0,6	21,9	0,8	22,1	0,2	0,9%
IO 4	21,3	0,3	21,6	0,4	21,7	0,1	0,5%
IO 5	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 6	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 7	21,3	0,4	21,7	0,4	21,7	0,0	0,0%
IO 8	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 9	21,3	0,4	21,7	0,4	21,7	0,0	0,0%
IO 10	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 11	21,3	0,1	21,4	0,1	21,4	0,0	0,0%
IO 12	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 13	21,3	0,1	21,4	0,1	21,4	0,0	0,0%
IO 14	21,3	0,5	21,8	0,6	21,9	0,1	0,5%
IO 15	21,3	0,7	22,0	0,8	22,1	0,1	0,5%
IO 16	21,3	0,2	21,5	0,3	21,6	0,1	0,5%
IO 17	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 18	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 19	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 20	21,3	0,1	21,4	0,1	21,4	0,0	0,0%
IO 21	21,3	0,1	21,4	0,1	21,4	0,0	0,0%
IO 22	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 23	21,3	0,4	21,7	0,4	21,7	0,0	0,0%
IO 24	21,3	0,7	22,0	0,8	22,1	0,1	0,5%
IO 25	21,3	0,5	21,9	0,6	21,9	0,0	0,0%
IO 26	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 27	21,3	1,2	22,5	1,2	22,5	0,0	0,0%
IO 28	21,3	1,7	23,0	1,6	22,9	-0,1	-0,4%
IO 29	21,3	1,1	22,4	1,1	22,4	0,0	0,0%
IO 30	21,3	0,9	22,2	0,9	22,2	0,0	0,0%
IO 31	21,3	0,9	22,2	0,9	22,2	0,0	0,0%
IO 32	21,3	0,2	21,5	0,3	21,6	0,1	0,5%
IO 33	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 34	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 35	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 36	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 37	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 38	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 39	21,3	0,8	22,1	0,7	22,0	-0,1	-0,5%
IO 40	21,3	0,3	21,6	0,5	21,8	0,2	0,9%
IO 41	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 42	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 43	21,3	0,1	21,4	0,1	21,4	0,0	0,0%
IO 44	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 45	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 46	21,3	0,2	21,5	0,3	21,6	0,1	0,5%
IO 47	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 48	21,3	0,2	21,5	0,2	21,5	0,0	0,0%
IO 49	21,3	0,1	21,4	0,1	21,4	0,0	0,0%
IO 50	21,3	0,1	21,4	0,1	21,4	0,0	0,0%
IO 51	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 52	21,3	0,7	22,0	0,8	22,1	0,1	0,5%
IO 53	21,3	0,3	21,6	0,3	21,6	0,0	0,0%
IO 54	21,3	0,1	21,4	0,1	21,4	0,0	0,0%
IO 55	21,3	0,2	21,5	0,3	21,6	0,1	0,5%
IO 56	21,3	0,4	21,7	0,4	21,7	0,0	0,0%
IO 57	21,3	0,6	21,9	0,6	21,9	0,0	0,0%
IO 58	21,3	0,6	21,9	0,7	22,0	0,1	0,5%
IO 59	21,3	0,6	21,9	0,7	22,0	0,1	0,5%
IO 60	21,3	0,6	21,9	0,7	22,0	0,1	0,5%

7.5.9. Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Tagesmittelwert T35)

Die Kenngröße T35 beschreibt den Tagesmittelwert, der an 35 Tagen im Jahr überschritten wird (90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte). Die Ergebnisse der entsprechenden Feinstaub(PM_{10})-Belastungen sind in der Tabelle 19 aufgeführt. Eine grafische Darstellung findet sich in der Abbildung 17.

Die Gesamtbelastungen betragen an den maßgebenden Immissionsorten im Prognose-Nullfall 37 µg/m³ bis 38 µg/m³, im Prognose-Planfall 37 µg/m³ bis 39 µg/m³. Die Zunahmen fallen mit 1,1 % und weniger gering aus.

Die Gesamtbelastungen der Kenngröße T35 liegen in allen maßgeblichen Einwirkbereichen unterhalb des Immissionsgrenzwertes von 50 µg/m³, so dass Überschreitungen über das gemäß 22. BImSchV zulässige Maß hinaus nicht zu erwarten sind.

Nach den Bewertungskriterien der BfG (Tabelle 5) sind die Belastungen an den maßgeblichen Immissionsorten im Prognose-Nullfall sowie im Prognose-Planfall in Teilwertstufe 3 (mittlere Belastung) einzustufen. Veränderungen sind nicht zu erwarten.

Abbildung 17: Feinstaub(PM_{10})-Belastungen (Tagesmittelwert T35)

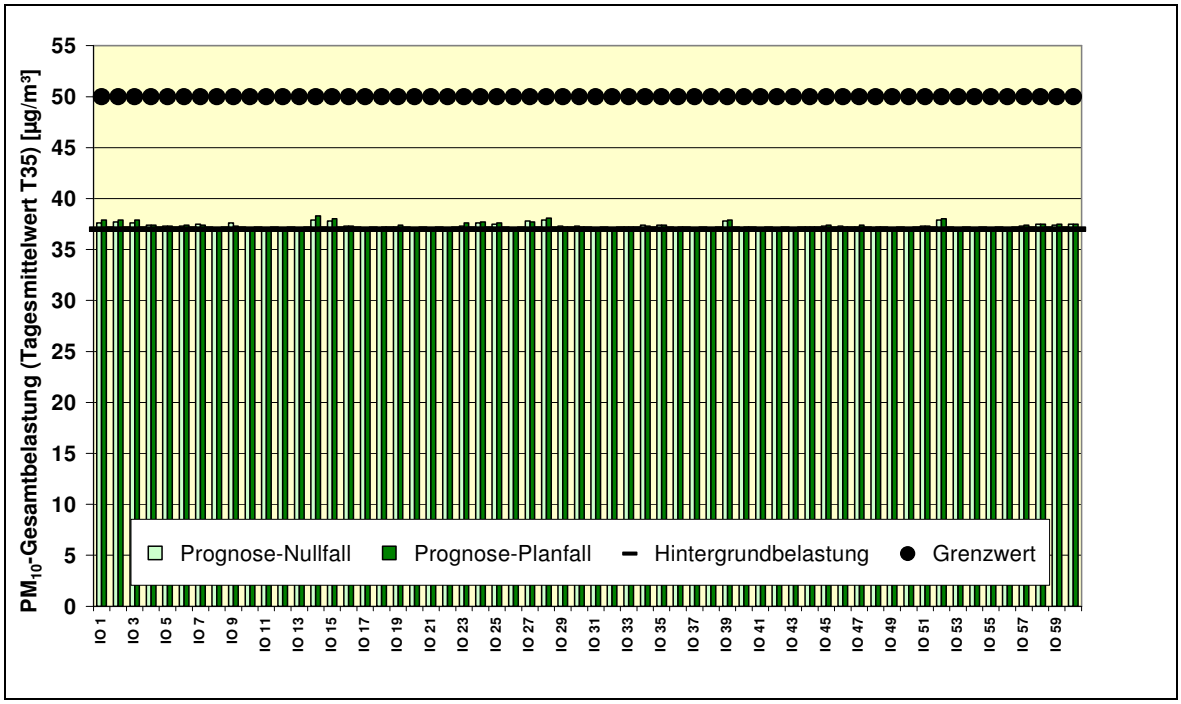


Tabelle 19: Feinstaub(PM10)-Belastungen (Tagesmittelwert T35)

Immissionsort	Feinstaub (PM_{10})-Immissionen (Tagesmittelwert T35) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	37,0	1,0	37,6	1,4	37,9	0,3	0,8%
IO 2	37,0	1,0	37,7	1,4	37,9	0,2	0,5%
IO 3	37,0	1,0	37,6	1,4	37,9	0,3	0,8%
IO 4	37,0	0,6	37,4	0,7	37,4	0,0	0,0%
IO 5	37,0	0,5	37,3	0,6	37,3	0,0	0,0%
IO 6	37,0	0,8	37,3	0,9	37,4	0,1	0,3%
IO 7	37,0	0,9	37,5	1,0	37,4	-0,1	-0,3%
IO 8	37,0	0,6	37,0	0,7	37,0	0,0	0,0%
IO 9	37,0	1,0	37,6	1,0	37,3	-0,3	-0,8%
IO 10	37,0	0,6	37,1	0,7	37,0	-0,1	-0,3%
IO 11	37,0	0,4	37,1	0,5	37,1	0,0	0,0%
IO 12	37,0	0,5	37,1	0,6	37,1	0,0	0,0%
IO 13	37,0	0,2	37,0	0,3	37,0	0,0	0,0%
IO 14	37,0	1,2	37,9	1,6	38,3	0,4	1,1%
IO 15	37,0	1,4	37,8	1,6	38,0	0,2	0,5%
IO 16	37,0	0,7	37,3	0,8	37,3	0,0	0,0%
IO 17	37,0	0,5	37,1	0,6	37,1	0,0	0,0%
IO 18	37,0	0,5	37,1	0,6	37,2	0,1	0,3%
IO 19	37,0	0,7	37,2	0,8	37,4	0,2	0,5%
IO 20	37,0	0,3	37,0	0,4	37,0	0,0	0,0%
IO 21	37,0	0,4	37,1	0,4	37,1	0,0	0,0%
IO 22	37,0	0,7	37,0	0,9	37,0	0,0	0,0%
IO 23	37,0	0,9	37,3	1,0	37,6	0,3	0,8%
IO 24	37,0	1,6	37,6	1,7	37,7	0,1	0,3%
IO 25	37,0	1,0	37,5	1,1	37,6	0,1	0,3%
IO 26	37,0	1,0	37,1	1,1	37,1	0,0	0,0%
IO 27	37,0	3,9	37,8	3,9	37,7	-0,1	-0,3%
IO 28	37,0	4,0	37,9	3,9	38,1	0,2	0,5%
IO 29	37,0	2,7	37,3	2,7	37,2	-0,1	-0,3%
IO 30	37,0	2,2	37,3	2,2	37,2	-0,1	-0,3%
IO 31	37,0	2,6	37,1	2,8	37,1	0,0	0,0%
IO 32	37,0	0,6	37,1	0,7	37,1	0,0	0,0%
IO 33	37,0	0,4	37,2	0,4	37,2	0,0	0,0%
IO 34	37,0	0,6	37,4	0,6	37,3	-0,1	-0,3%
IO 35	37,0	0,6	37,4	0,7	37,4	0,0	0,0%
IO 36	37,0	0,4	37,1	0,4	37,2	0,1	0,3%
IO 37	37,0	0,4	37,1	0,4	37,1	0,0	0,0%
IO 38	37,0	0,5	37,1	0,5	37,0	-0,1	-0,3%
IO 39	37,0	1,7	37,8	1,7	37,9	0,1	0,3%
IO 40	37,0	0,7	37,1	1,1	37,2	0,1	0,3%
IO 41	37,0	0,6	37,1	0,8	37,1	0,0	0,0%
IO 42	37,0	0,5	37,0	0,6	37,0	0,0	0,0%
IO 43	37,0	0,3	37,1	0,4	37,1	0,0	0,0%
IO 44	37,0	0,4	37,2	0,5	37,2	0,0	0,0%
IO 45	37,0	0,5	37,3	0,5	37,4	0,1	0,3%
IO 46	37,0	0,5	37,3	0,6	37,2	-0,1	-0,3%
IO 47	37,0	0,5	37,2	0,7	37,4	0,2	0,5%
IO 48	37,0	0,4	37,1	0,5	37,2	0,1	0,3%
IO 49	37,0	0,3	37,0	0,3	37,0	0,0	0,0%
IO 50	37,0	0,3	37,1	0,4	37,0	-0,1	-0,3%
IO 51	37,0	0,5	37,3	0,6	37,3	0,0	0,0%
IO 52	37,0	1,2	37,9	1,4	38,0	0,1	0,3%
IO 53	37,0	0,9	37,1	1,0	37,1	0,0	0,0%
IO 54	37,0	0,4	37,0	0,4	37,0	0,0	0,0%
IO 55	37,0	0,7	37,0	0,8	37,0	0,0	0,0%
IO 56	37,0	1,0	37,0	1,2	37,1	0,1	0,3%
IO 57	37,0	1,3	37,3	1,4	37,4	0,1	0,3%
IO 58	37,0	1,3	37,5	1,5	37,5	0,0	0,0%
IO 59	37,0	1,3	37,4	1,5	37,5	0,1	0,3%
IO 60	37,0	1,1	37,5	1,3	37,5	0,0	0,0%

7.5.10. Benzol-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

Weiterhin wurden die Benzol-Belastungen ermittelt. Die Ergebnisse finden sich für die untersuchten Einzelpunkte in der Tabelle 20 sowie der Abbildung 18. Eine flächendeckende Darstellung findet sich in der Anlage A 7.5.

Zusammenfassend zeigt sich, dass die Gesamtbelastungen an den maßgeblichen Immissionsorten mit bis zu 2,1 µg/m³ gering sind, die Zusatzbelastungen allein führen zu Immissionen von bis zu 0,1 µg/m³. Dies gilt sowohl für den Prognose-Nullfall als auch den Prognose-Planfall. Die Veränderungen im Prognose-Planfall sind mit maximal 0,1 µg/m³ vernachlässigbar.

Der Immissionsgrenzwert von 5 µg/m³ wird in allen beurteilungsrelevanten Bereichen unterschritten.

Unter Berücksichtigung des Grenzwertes von 5 µg/m³ sind die Belastungen an allen Immissionsorten sowohl im Prognose-Nullfall als auch im Prognose-Planfall als mittlere Konzentrationen einzustufen. Dies wird durch die Hintergrundbelastung bestimmt.

Nach den Bewertungskriterien der BfG (Tabelle 2) sind die Belastungen an den maßgeblichen Immissionsorten im Prognose-Nullfall sowie im Prognose-Planfall in Teilwertstufe 4 (niedrige Belastung) einzustufen. Veränderungen sind nicht zu erwarten.

Abbildung 18: Benzol-Belastungen (Jahresmittelwert J00)

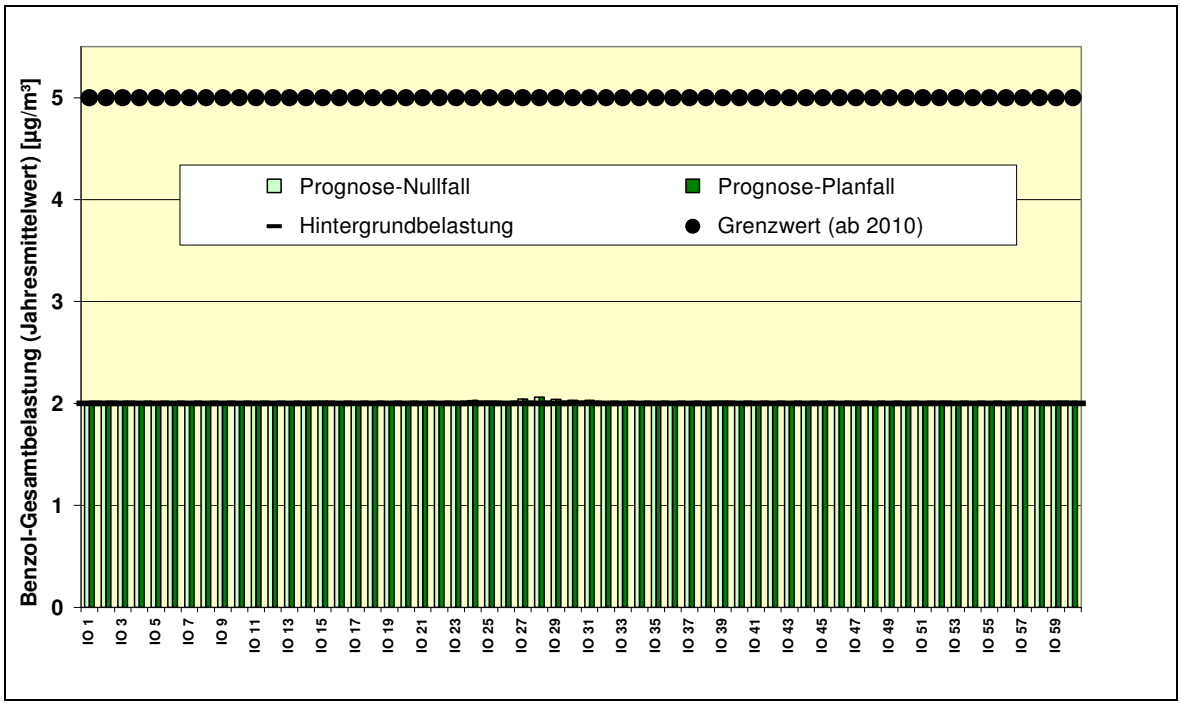


Tabelle 20: Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00)

Immissionsort	Benzol-Immissionen (Jahresmittelwert J00) [µg/m³]						
	Hintergrundbelastung	Prognose-Nullfall		Prognose-Planfall			
		Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zusatzbel.	Gesamtbel.	Zunahme vs. Prognose-Nullfall	
IO 1	2,0	1,7E-02	2,0	2,2E-02	2,0	0,0	0,2%
IO 2	2,0	1,7E-02	2,0	2,3E-02	2,0	0,0	0,3%
IO 3	2,0	1,7E-02	2,0	2,3E-02	2,0	0,0	0,3%
IO 4	2,0	1,0E-02	2,0	1,2E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 5	2,0	8,0E-03	2,0	1,0E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 6	2,0	9,0E-03	2,0	1,0E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 7	2,0	1,1E-02	2,0	1,2E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 8	2,0	7,0E-03	2,0	7,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 9	2,0	1,1E-02	2,0	1,2E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 10	2,0	6,0E-03	2,0	7,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 11	2,0	4,0E-03	2,0	5,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 12	2,0	5,0E-03	2,0	6,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 13	2,0	2,0E-03	2,0	2,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 14	2,0	1,5E-02	2,0	1,8E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 15	2,0	2,0E-02	2,0	2,3E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 16	2,0	7,0E-03	2,0	8,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 17	2,0	5,0E-03	2,0	6,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 18	2,0	6,0E-03	2,0	7,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 19	2,0	8,0E-03	2,0	9,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 20	2,0	3,0E-03	2,0	3,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 21	2,0	3,0E-03	2,0	4,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 22	2,0	7,0E-03	2,0	9,0E-03	2,0	0,0	0,1%
IO 23	2,0	1,4E-02	2,0	1,6E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 24	2,0	2,7E-02	2,0	3,0E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 25	2,0	2,0E-02	2,0	2,2E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 26	2,0	1,0E-02	2,0	1,1E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 27	2,0	4,4E-02	2,0	4,4E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 28	2,0	6,3E-02	2,1	6,0E-02	2,1	0,0	-0,1%
IO 29	2,0	3,8E-02	2,0	3,8E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 30	2,0	3,2E-02	2,0	3,2E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 31	2,0	3,1E-02	2,0	3,2E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 32	2,0	8,0E-03	2,0	9,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 33	2,0	6,0E-03	2,0	7,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 34	2,0	7,0E-03	2,0	8,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 35	2,0	9,0E-03	2,0	1,0E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 36	2,0	6,0E-03	2,0	7,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 37	2,0	6,0E-03	2,0	6,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 38	2,0	6,0E-03	2,0	6,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 39	2,0	2,1E-02	2,0	2,0E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 40	2,0	1,0E-02	2,0	1,3E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 41	2,0	8,0E-03	2,0	1,0E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 42	2,0	5,0E-03	2,0	6,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 43	2,0	5,0E-03	2,0	5,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 44	2,0	6,0E-03	2,0	6,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 45	2,0	1,1E-02	2,0	1,2E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 46	2,0	8,0E-03	2,0	9,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 47	2,0	8,0E-03	2,0	1,0E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 48	2,0	6,0E-03	2,0	7,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 49	2,0	2,0E-03	2,0	3,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 50	2,0	3,0E-03	2,0	3,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 51	2,0	1,0E-02	2,0	1,1E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 52	2,0	1,9E-02	2,0	2,2E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 53	2,0	9,0E-03	2,0	9,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 54	2,0	3,0E-03	2,0	4,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 55	2,0	7,0E-03	2,0	8,0E-03	2,0	0,0	0,0%
IO 56	2,0	1,1E-02	2,0	1,2E-02	2,0	0,0	0,0%
IO 57	2,0	1,5E-02	2,0	1,7E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 58	2,0	1,7E-02	2,0	2,0E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 59	2,0	1,8E-02	2,0	2,1E-02	2,0	0,0	0,1%
IO 60	2,0	1,8E-02	2,0	2,0E-02	2,0	0,0	0,1%

7.6. Gesamtwertstufe Luft

Für jeden Schadstoff wurden Teilwertstufen nach den Beurteilungskriterien der BfG ermittelt. Hieraus lässt sich eine Gesamtwertstufe für das Schutzgut Mensch bestimmen. Vereinfachend wird als Gesamtwertstufe die geringste ermittelte Teilwertstufe bestimmt (siehe Tabelle 21).

Tabelle 21: Teilwertstufen der einzelnen Schadstoffe nach BfG

Schadstoff		geringste Teilwertstufe	
		Prognose-Nullfall	Prognose-Planfall
NO_2	JMW	3	3
NO_2	SMW	4	4
SO_2	JMW	4	4
SO_2	TMW	4	4
SO_2	SMW	4	4
PM_{10}	JMW	4	4
PM_{10}	TMW	3	3
Benzol	JMW	4	4
Luft		3	3

Die Gesamtwertstufe für das Schutzgut Mensch ist Wertstufe 3 (mittlere Belastung).

7.7. Berücksichtigung hoher Hintergrundbelastungen (2003)

Die in Abschnitt 7.5 dargestellten Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung eines repräsentativen Jahres hinsichtlich der meteorologischen Daten und der Hintergrundbelastungen ermittelt. Dabei wurde das Jahr 2001 zugrunde gelegt.

Das Jahr 2003 ist für den Raum Norddeutschland demgegenüber als ein ungünstiges Jahr mit hoher Hintergrundbelastung bzw. ungünstigen Ausbreitungsbedingungen anzusehen. Eine Zusammenstellung der Hintergrundbelastungen für 2001 und 2003 zeigt die Tabelle 22. Insbesondere liegen die Stickstoffoxid- und Feinstaubbelastungen in 2003 höher (Messstation Kiel, Schauenburgerstraße), die Schwefeldioxidbelastungen sind demgegenüber nicht erhöht (Messstation Kiel-Westring).

Im vorliegenden Fall sind für alle maßgebenden Schadstoffkomponenten noch hinreichend Spielräume bis zur Ausschöpfung der jeweiligen Grenzwerte vorhanden, so dass auch für ein ungünstiges Jahr ohne weiteren Nachweis davon auszugehen ist, dass die Grenzwerte eingehalten werden bzw. Überschreitungen innerhalb des zulässigen Maßes liegen.

Tabelle 22: Vergleich der Hintergrundbelastungen der Jahre 2001 und 2003

Kenngröße	Luftschadstoff							
	SO_2		NOx		NO_2		PM_{10}	
	2001	2003	2001	2003	2001	2003	2001	2003
J00	3,8	3,5	29,4	32,6	21,8	23,8	21,3	24,5
T03	13,2	11,0	—	—	—	—	—	—
T35	—	—	—	—	—	—	37,0	43,9
S18	—	—	—	—	69,7	81,7	—	—
S24	18,0	18,0	—	—	—	—	—	—
98-Perzentil	—	—	94,3	113,2	52,5	61,0	—	—

7.8. 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.

Die statistischen Unsicherheiten bei der Ausbreitungsberechung mit AUSTAL2000 liegen im Bereich der beurteilungsrelevanten Einwirkbereiche unterhalb der erforderlichen Mindestgenauigkeit gemäß TA Luft von 3 % (Jahresmittelwert) bzw. 30 % (Tagesmittelwert).

8. Deposition

8.1. Allgemeines

Die Deposition erfolgt grundsätzlich durch trockene und nasse Deposition. Bei der trockenen Deposition erfolgt eine Ablagerung von Spurenstoffen aus der Luft an Grenzflächen wie z.B. dem Erdboden oder Pflanzen [47]. Bei der nassen Deposition werden Spurenstoffe in Regen- oder Wolkentröpfchen gelöst und zum Erdboden transportiert. Die nasse Deposition hängt unter anderem von der Niederschlagsmenge und den Lösungseigenschaften des Spurenstoffes sowie von der Verteilung der Spurenstoffkonzentration in der Höhe ab.

In der Nähe von niedrig liegenden Quellen wird der Schadstoffeintrag in der Regel durch die trockene Deposition bestimmt [36]. Bei hohen Quellen (Schornsteinen) kann demgegenüber im Nahbereich die nasse Deposition durch Auswaschvorgänge überwiegen [45]. Eine Abschätzung der nassen Deposition erfolgt in Abschnitt 8.2.3.

Im vorliegenden Fall von niedrig liegenden Quellen (Schiffs-, Kfz-und Auspuffemissionen) kann sich die Untersuchung auf die trockene Deposition beschränken. Implizit ist die nasse Deposition 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.

8.2. Berechnungsverfahren

8.2.1. Stickstoffdeposition

Die Berechnung der Stickstoffdeposition erfolgt mithilfe des Programms AUSTAL2000. Bei der Ausbreitungsrechnung werden für die Stickoxide die entsprechenden Depositionsgeschwindigkeiten zugrunde gelegt. Die vom Modell berechneten NOx-Depositionen werden aus den Stickstoffmassenanteilen in Stickstoffdepositionen umgerechnet.

Bei der Berechnung der Stickstoffdepositionen aus der NOx-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 straßenverkehrsbedingten 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 NOx-Belastungen zugrunde gelegt.

Aktuelle Werte für die Depositionsgeschwindigkeiten wurden im Rahmen der Aufstellung der OSIRIS-Datenbank [38] des Umweltbundesamtes bundesweit ermittelt [37] und für die vorliegenden Ermittlungen zur Verfügung gestellt.

Tabelle 23: Stickstoff Depositionsgeschwindigkeiten vd [cm/s]

Schadstoffkomponente	nach [37]	nach VDI 3782 Blatt 5 [47]	Ansatz
	Wiesen/ Laubwald	Mesoskala	
Stickstoffmonoxid (NO)	0,05	0,05	
Stickstoffdioxid (NO_2)	0,20	0,30	
Stickoxide (NOx), Anteil NO_2 an NOx etwa 70%	0,16		0,16

8.2.2. Schwefeldioxiddeposition

Die Berechnung der Schwefeldioxiddeposition erfolgt ebenfalls mit Hilfe des Programms AUSTAL2000. Für die Berechnung wird die Depositionsgeschwindigkeit für die Nutzungs-

art Wald nach VDI-Richtilinie 3783 Blatt 5 [47] zugrunde gelegt. Dabei wurde zur sicheren Seite der höhere Ansatz für Wald als Grundlage benutzt.

Tabelle 24: Schwefel - Depositionsgeschwindigkeiten vd [cm/s]

Schadstoffkomponente	nach VDI 3782 Blatt 5		Ansatz
	Landwirtschaftliche Nutzfläche	Wald	
Schwefeldioxid (SO_2)	1	1,5	1,5

8.2.3. Nasse Deposition

Zur Einstufung der Größenordnung der nassen Deposition wurden der trockene und der nasse Depositionsfluss nach VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5 [47] für die beiden Luftschadstoffe Stickstoff sowie Schwefeldioxid abgeschätzt.

Dabei wird die Niederschlagsintensität eines mittelstarken Regenschauers in Mitteleuropa mit 5 mm/h zugrunde gelegt. Die Berechnung einer typischen vertikalen Verteilung der Schadstoffkonzentrationen erfolgte mit dem Programm AUSTAL 2000 für einen Immissionspunkt direkt in der Mitte des Nord-Ostsee-Kanals, wo die höchsten Konzentrationen zu finden sind.

Danach ist das Verhältnis von nasser zu trockener Deposition für NO_x mit unter 1% vernachlässigbar.

Bei Schwefeldioxid hat die nasse Deposition in Bezug auf die trockene einen Anteil von weniger als 10 %. Dieser Anteil beruht auf der Annahme, dass es jeden Tag im Jahr regnet. Bei einer realistischen Annahme von ca. 136 Niederschlagstagen im Jahr ergibt sich ein Anteil der nassen Deposition von 3 %. Wird die durchschnittliche Regendauer an einem Niederschlagstag mit höchstens 10 Stunden angesetzt, liegt der Anteil der nassen Deposition bei Schwefeldioxid bei ca. 1 %.

Insgesamt liefert die nasse Deposition zur Gesamtdeposition im vorliegenden Fall keinen relevanten Beitrag, so dass im Folgenden nur die trockene Deposition berücksichtigt wird.

8.3. Ergebnisse

8.3.1. Allgemeines

Zur Bewertung der Schadstoffdepositionen wurden die Zusatzbelastungen durch den Schiffsverkehr auf dem Nord-Ostsee-Kanal im Prognose-Nullfall und im Prognose-Planfall berechnet.

Die Schadstoffdeposition wurde als Jahresfracht in kg/(ha * a) flächendeckend berechnet. Zur Beurteilung der tatsächlichen Zusatzbelastungen wurden Differenzkarten zwischen dem Prognose-Planfall und dem Prognose-Nullfall erstellt. Die entsprechenden Rasterkarten finden sich in der Anlage A 8.

8.3.2. Stickstoff-Deposition

Für die Berechnung der Stickstoffdeposition wurden die Vegetationstypen „Wiesen/Weiden“ und „Laubwälder“ (gleiche Depositionsgeschwindigkeiten) als Grundlage benutzt.

Zur Einschätzung der Belastungen in den FFH-Gebieten wurden aus den Rasterkarten sowohl mittlere als auch maximale Stickstoffdepositionen berechnet. Bei der Bestimmung der mittleren Deposition wurden lediglich die Bereiche der FFH-Gebiete ausgewertet, die innerhalb der Rechengebiete liegen (schraffierte Bereiche in den Plänen der Anlage A 1.2 bis A 1.6). Die Ergebnisse sind in der Tabelle 25 zusammengestellt.

Im Prognose-Nullfall ergeben sich durch den Betrieb des NOK Zusatzbelastungen in den FFH-Gebieten von 0,227 kg/(ha * a) bis zu etwa 0,876 kg/(ha * a).

Im Prognose-Planfall ist mit Zusatzbelastungen der Stickstoffeinträge von 0,269 kg/(ha * a) bis 1,040 kg/(ha * a) zu rechnen.

Im Vergleich mit dem Prognose-Nullfall verbleiben tatsächliche Zunahmen von 0,042 kg/(ha * a) bis 0,164 kg/(ha * a). Die detaillierte räumliche Verteilung der Stickstoffdeposition kann den flächendeckenden Schadstoffkarten der Anlage A 8.2 entnommen werden.

(Anmerkung: Die maximalen Zunahmen müssen nicht an den Orten der absoluten Maximalwerte auftreten, so dass die maximale Zunahme nicht mit der Differenz der einzelnen Maximalwerte übereinstimmen muss.)

Unter Berücksichtigung einer Hintergrundbelastung von mindestens 26 kg/(ha * a) liegen die maximalen Zunahmen der Mittelwerte bei unter 1 %, die maximalen Zunahmen der Maximalwerte bei bis zu 1,25 %.

Betrachtet man die mittleren Stickstoffeinträge in den gesamten FFH-Gebieten, so sind noch geringere Werte zu erwarten, da nicht in allen Fällen das gesamte FFH-Gebiet im Rechengebiet aufgenommen wurde. In den außerhalb der Rechengebiete liegenden Flächen der FFH-Gebiete sind deutlich niedrigere Konzentrationen als innerhalb der Rechengebiete zu erwarten.

Tabelle 25: Stickstoffdepositionen in den untersuchten FFH-Gebieten

FFH-Gebiet		Schadstoffeintrag [kg/(ha * a)]		
		Stickstoff		
Nr.	Fläche [m²]	Prognose-Nullfall	Prognose-Planfall	Zunahme
Mittelwerte über gesamtes FFH-Gebiet				
1626-352	87.800	0,876	1,040	0,164
1625-301	2.024.900	0,548	0,651	0,102
1624-392	369.800	0,227	0,269	0,042
2022-302	1.419.100	0,415	0,493	0,077
1922-391	174.400	0,506	0,601	0,095
Maximalwerte				
1626-352	87.800	1,480	1,756	0,277
1625-301	2.024.900	1,809	2,158	0,349
1624-392	369.800	0,525	0,624	0,098
2022-302	1.419.100	0,991	1,172	0,188
1922-391	174.400	1,688	2,004	0,316

8.3.3. Schwefeldioxid-Deposition

Zur Einschätzung der Belastungen in den FFH-Gebieten wurden aus den Rasterkarten sowohl mittlere als auch maximale Schwefeldioxiddepositionen berechnet. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 26 zusammengestellt.

Im Prognose-Nullfall ergeben sich durch den Betrieb des NOK Zusatzbelastungen in den FFH-Gebieten von ca. 1,6 kg/(ha * a) bis zu etwa 7,7 kg/(ha * a).

Im Prognose-Planfall ist mit Zusatzbelastungen der Schwefeldioxideinträge von 1,89 kg/(ha * a) bis ca. 9,18 kg/(ha * a) zu rechnen.

Im Vergleich mit dem Prognose-Nullfall verbleiben tatsächliche Zunahmen von 0,29 kg/(ha * a) bis 1,45 kg/(ha * a). Die detaillierte räumliche Verteilung der Schwefeldioxiddeposition kann den flächendeckenden Schadstoffkarten der Anlage A 8.1 entnommen werden.

Tabelle 26: Schwefeldioxiddepositionen in den untersuchten FFH-Gebieten

FFH-Gebiet		Schadstoffeintrag [kg/(ha * a)]		
		Schwefeldioxid Vegetationstyp "Wald"		
Nr.	Fläche [m²]	Prognose-Nullfall	Prognose-Planfall	Zunahme
Mittelwerte über gesamtes FFH-Gebiet				
1626-352	88.200	7,731	9,176	1,447
1625-301	2.042.000	4,244	5,037	0,791
1624-392	376.000	1,591	1,888	0,292
2022-302	1.433.100	3,139	3,724	0,586
1922-391	174.100	3,901	4,627	0,727
Maximalwerte				
1626-352	88.200	13,10	15,50	2,40
1625-301	2.042.000	14,90	17,80	2,80
1624-392	376.000	4,10	4,90	0,80
2022-302	1.433.100	7,50	8,90	1,40
1922-391	174.100	12,00	14,20	2,20

9. Baustellenbetrieb

9.1. Verbringungskonzept

Für die Verbringung des Bodenaushubs wurde ein Verbringungskonzept entwickelt, welches uns vom WSA Kiel-Holtenau zur Verfügung gestellt wurde ([59], [60]). Dort werden verschiedene Verbringungsvarianten für den Trocken- bzw. Nassabtrag vorgestellt. Folgende Flächen werden als mögliche Verbringungsstellen in Betracht gezogen:

- Gut Warleberg (Trockenabtrag);
- Rosenkrantz Tonkuhle und Rosenkrantz Ost (Trockenabtrag);
- Spülfeld Flemhude (Trocken- und Nassabtrag);
- Kiesgrube Schönwohld (Trocken- und Nassabtrag);
- Ostsee Punkt A: Eckernförder Bucht (Nassabtrag);
- Ostsee Punkt B1: Kieler Bucht I (Nassabtrag);
- Ostsee Punkt B2: Kieler Bucht II (ostnordöstl. Platengrund) (Nassabtrag);

- Ostsee Punkt C: Kieler Bucht II (Dorschmulde) (Nassabtrag);
- Ostsee Punkt D: Lübecker Bucht (Nassabtrag);
- Ostsee Punkt E: Wattenbergrinne (Nassabtrag);
- Ostsee Punkt F: Tauchgebiet Schön (Nassabtrag).

Der Baustellenlageplan A 1.7 gibt eine Übersicht über die Baulose und die möglichen Verbringungsflächen.

9.1.1. Trockenaushub

Für die Verbringung des Trockenaushubs sieht das Verbringungskonzept drei verschiedene Möglichkeiten vor.

- Variante 1 (Aufhöhung landwirtschaftlicher Flächen): Für die Variante 1 gibt es zwei verschiedene Alternativen. Entweder wird der gesamte Trockenaushub auf die Verbringungsfläche Gut Warleberg verbracht (Alternative 2) oder der Aushub aus den Abschnitten Groß-Nordsee und Gerade Königsförde wird direkt auf die beiden Rosenkrantzer Verbringungsflächen verbracht, bis deren Aufnahmekapazität erschöpft ist (Alternative 1). Der Transport erfolgt mit Traktoren. Bei beiden Alternativen wird der gesamte Aushub der Baulose Kurve Wittenbek und der Weiche Schwartenbek per Schute zum Nord-Ostsee-Kanal-km 88,5 transportiert und dann mit Traktoren zur Verbringungsfläche Warleberg gebracht. Für den Aushub der Baulose Kurve Landwehr wird ein Landtransport entlang des Ausbauabschnittes bis Kkm 88,5 angesetzt. Vom Anleger zur Verbringungsfläche Warleberg wird eine angelegte Baustraße benutzt. Bei der Alternative 2 erfolgt der Antransport der Baulose Gerade Königsförde und Kurve Groß Nordsee ebenfalls per Schute zum Kkm 88,5 und von per Traktor über die Baustraße zur Verbringungsfläche Warleberg.
- Variante 2: Verbringung auf das Spülfeldes Flemhude.
- Variante 3: Verbringung in die Kiesgrube Schönwohld.

9.1.2. Nassaushub

Für den Nassaushub gibt es zwei Varianten. Der Nassaushub wird direkt auf Schuten verladen und je nach Variante weitertransportiert.

- Variante 1 (Verbringung in die Ostsee): Für die Verbringung in die Ostsee werden sieben mögliche Verbringungspunkte betrachtet. Die Entfernungen zur Schleuse Kiel-Holtenau sind der Tabelle 27 zu entnehmen.

Tabelle 27: Verbringungspunkte Ostsee mit Entfernungen zur Schleuse Kiel-Holtenau

Verbringungspunkte Ostsee	Entfernung Schleuse Kiel-Holtenau [sm]	[km]
A: Eckernförder Bucht (südwestl. Mittelgrund)	19,50	36,11
B1: Kieler Bucht I (ca. 1 sm südöstl. Platengrund)	15,30	28,34
B2: Kieler Bucht I (ca. 3 sm ostnordöstl. Platengrund)	16,20	30,00
C: Kieler Bucht II (Dorschmulde)	17,60	32,60
D: Lübecker Bucht (südwestl. Walkyriengrund)	64,00	118,53
E: Wattenbergrinne (ca. 5 sm östl. Schleimündung)	21,30	39,45
F: Tauchgebiet Schön	13,80	25,56

- Variante 2 (Verbringung auf das Spülfeld Flemhude): Der Transport des Nassabtrages zu den Trocknungsflächen auf dem Spülfeld erfolgt mit Traktoren.
- Variante 3:Verbringung in die Kiesgrube Schönwohld mit Zwischenlagerung des Nassabtrages auf den Trocknungsflächen des Spülfelds Flemhude. Der Weitertransport zur Kiesgrube erfolgt mit LKW.

9.2. Emissionsbilanz (Baustellenbetrieb)

Zur Abschätzung der Größe der Luftschadstoffemissionen durch Quellen des Baustellenbetriebes wurden die Gesamtemissionen für die verschiedenen Varianten und Alternativen der Verbringung bilanziert. Dabei wurden die einzelnen Verbringungsvarianten zum Vergleich detailliert angegeben.

Im Verbringungskonzept wurden in der Regel Traktoren- und LKW-Zahlen angegeben. Da die Zuladung beim Traktor niedriger als beim LKW ist, ist die angesetzte Zahl der Traktoren pro Tag entsprechend höher. Da die Emissionsfaktoren von Traktoren und LKW gleich sind, werden zur sicheren Seite die Traktorenzahlen als Grundlage für die Berechnungen benutzt.

Eine Übersicht über die Gesamtzahlen der Baufahrzeuge für die jeweiligen Verbringungsvarianten ist für den Trockenabtrag im Anhang A 9.1 und für den Nassabtrag im Anhang A 9.2 zu finden. Für die Wege der Baufahrzeuge wurde eine mittlere Wegstrecke pro Variante/Alternative zum Ansatz gebracht, die Kilometer bzw. Meterangaben sind für den Trockenabtrag in Anhang A 9.3, für den Nassabtrag in A 9.4 dokumentiert.

Für LKW (schwere Nutzfahrzeuge SNF) wurden die Emissionsfaktoren aus den Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs [25] entnommen. Es wird zwischen drei Verkehrsituationen unterschieden:

- Fahrt auf Baustrassen: Verkehrssituation IO_Nebenstr_dicht, mittlere Geschwindigkeit 13,1 km/h,

- Fahrt auf Autobahn: Verkehrssituation AB_80, mittlere Geschwindigkeit 82,7 km/h und
- Fahrt auf öffentlichen Strassen: Verkehrssituation AO_3, mittlere Geschwindigkeit 60,6 km/h.

Die Emissionsfaktoren für die verschiedenen Luftschadstoffe sind im Anhang A 9.5.1 zusammen gestellt. Für die Fahrt auf Baustrassen wurde aufgrund der Geländegegebenheiten ein Gefälle von plus/minus 2 % in Ansatz bebracht.

Für Traktoren, Bagger und Raupen wurden in Ermangelung der Datenlage die Emissionsfaktoren der LKW übernommen.

Bei der Bestimmung der Emissionsfaktoren für die Schuten wird angenommen, dass die Hauptmaschine während des Betriebes zu 100 % ausgelastet ist und weder Hilfsdiesel noch Hilfskessel laufen. Als Treibstoff wird Marinedieselöl benutzt, welches 1 % Schwefel enthält. Für die Fahrtgeschwindigkeit der Schuten wurde 5 km/h angenommen. Eine Übersicht über die Emissionsfaktoren der Schuten ist im Anhang A 9.5.2 zusammengestellt.

Die sich daraus ergebenden Emissionen für die gesamte Bauphase sind in der Tabelle 28 aufgeführt. Grafische Darstellungen zeigen Abbildung 19 bis Abbildung 28.

Zusammenfassend ist für die Gesamtemissionen Folgendes festzustellen:

- Bei der Verbringung des Trockenaushubs treten für alle Luftschadstoffe die geringsten Gesamtemissionen auf, wenn der Aushub auf Gut Warleberg und die Verbringungsfläche Rosenkrantz verteilt wird (Variante1 Alternative1). Wird der gesamte Aushub auf Gut Warleberg verbracht, erhöhen sich die Emissionen durch die zusätzlichen Schutenfahrten zum Anleger Kkm 88,5 (Variante1 Alternative2). Auch bei der Variante Spülfeld Flemhude/ Kiesgrube Schönwohld ist durch die Anlieferung des Bodenabtrages per Schute mit erhöhten Emissionen zu rechnen. Die größten Gesamtemissionen treten bei der Nutzung der Kiesgrube Schönwohld auf, da hier zusätzlich zu den Schutenfahrten über eine längere Fahrstrecke der Bodenaushub mit LKW in die Grube transportiert werden muss. Diese Tendenz ist für alle Luftschadstoffe gleich, die Unterschiede zwischen den einzelnen Varianten hängen allerdings stark vom jeweiligen Luftschadstoff ab.
- Beim Nassabtrag ist die Verbringung auf das Spülfeld Flemhude emissionsseitig die günstigste Variante (Variante 2). Bei der Verbringung in die Kiesgrube Schönwohld entstehen durch die lange Wegstrecke wesentlich höhere Gesamtemissionen (Variante 3). Sehr hohe Emissionen treten bei der Verbringungsvariante Ostsee auf, da die Schuten lange Wege zu den Verbringungspunkten A, B1, B2, C, D, E und F zurücklegen müssen. Von den sieben Ostsee-Punkten ist die Verbringung in das Tauchgebiet Schön (Punkt F) am nahesten und damit werden dort die wenigsten Schadstoffe emittiert. Etwas höhere Emissionen treten bei der Kieler Bucht I (Punkt B1) auf, gefolgt von dem Verbringungspunkt Kieler Bucht I (Punkt B2). Noch höhere Emissionen entstehen bei der Verbringung in die Kieler Bucht II (Punkt C) sowie in die Eckernförder Bucht (Punkt A). Die zweithöchsten Emissionen ergeben sich bei der Wahl des Verbringungspunktes Wattenbergrinne (Punkt

E). Die höchsten Gesamtemissionen werden durch die Schutenfahrten zum Verbringungspunkt Lübecker Bucht (Punkt D) verursacht. Diese Tendenzen gelten für alle Luftschadstoffe. Die genauen Zahlen sind für den Trockenabtrag der Tabelle 28, für den Nassabtrag der Tabelle 29 zu entnehmen.

Abbildung 19: Kohlendioxid-Emissionen für die Bauphase (Trockenaushub) [t]

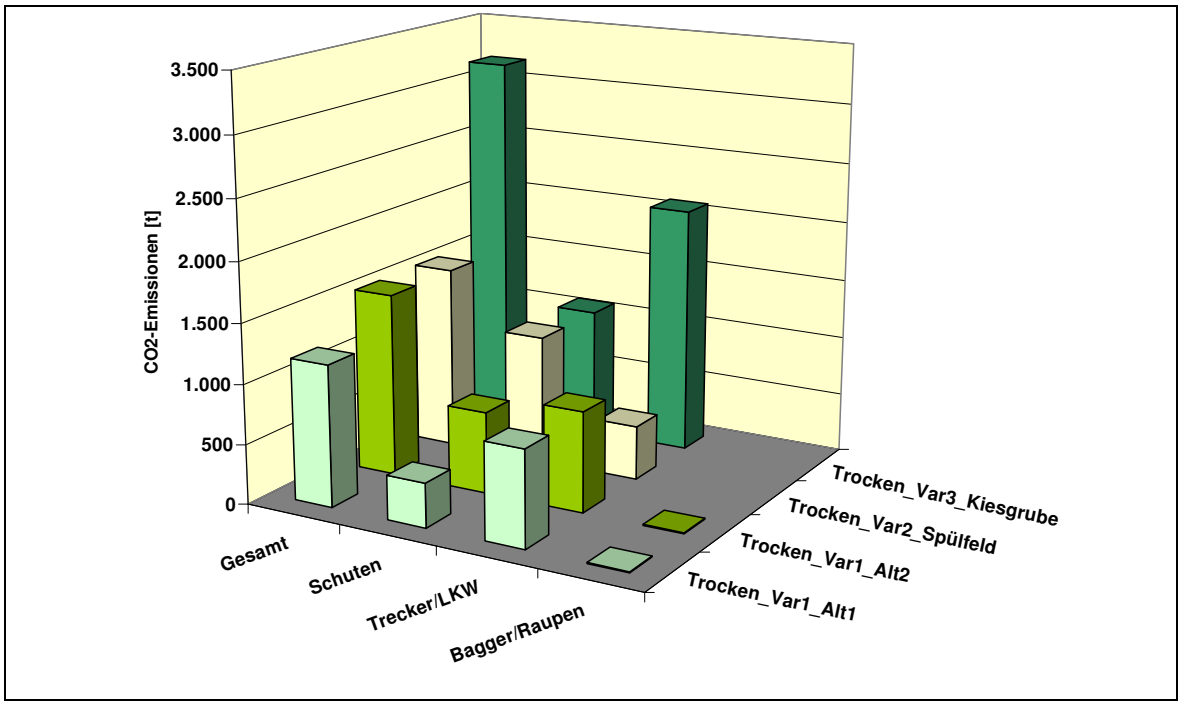


Abbildung 20: Kohlendioxid-Emissionen für die Bauphase (Nassaushub) [t]

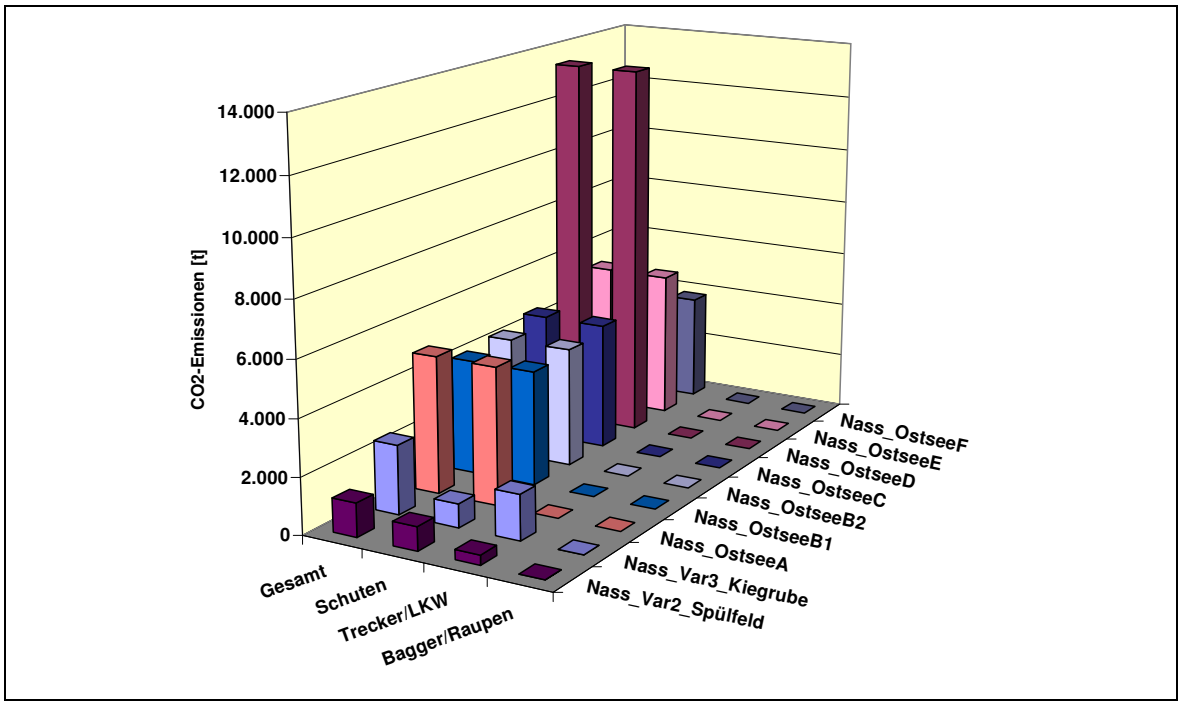


Abbildung 21: Stickstoffoxid-Emissionen für die Bauphase (Trockenaushub) [t]

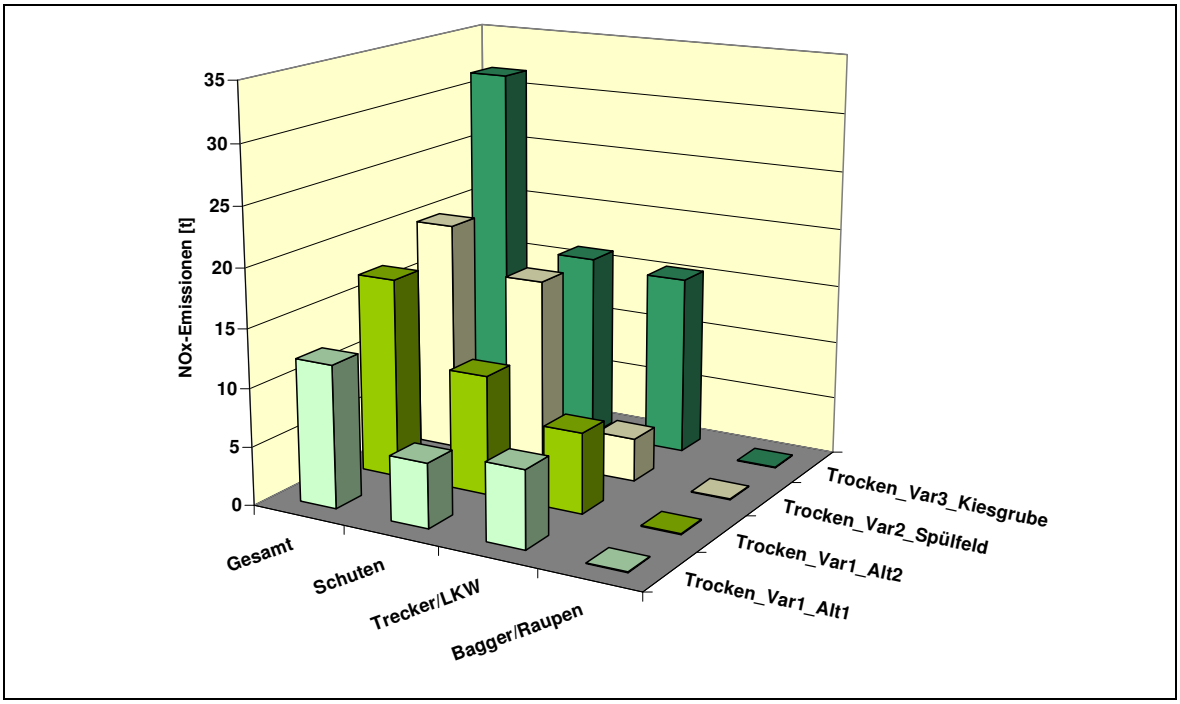


Abbildung 22: Stickstoffoxid-Emissionen für die Bauphase (Nassaushub) [t]

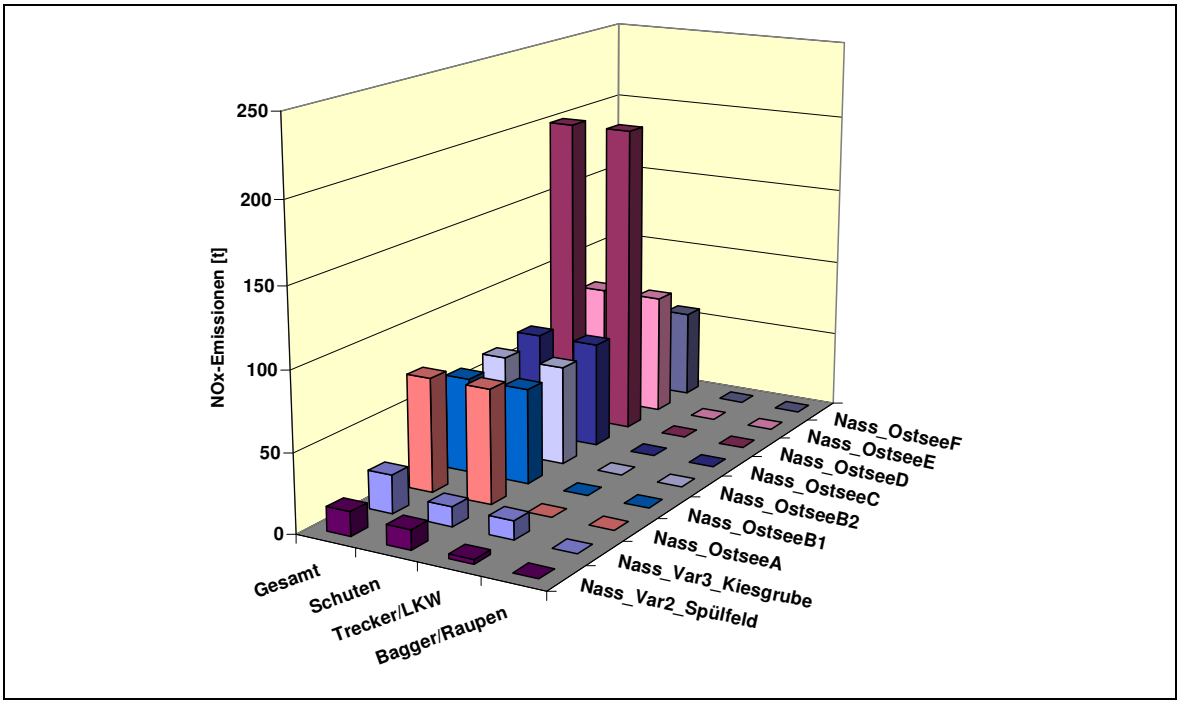


Abbildung 23: Schwefeldioxid-Emissionen für die Bauphase (Trockenaushub) [t]

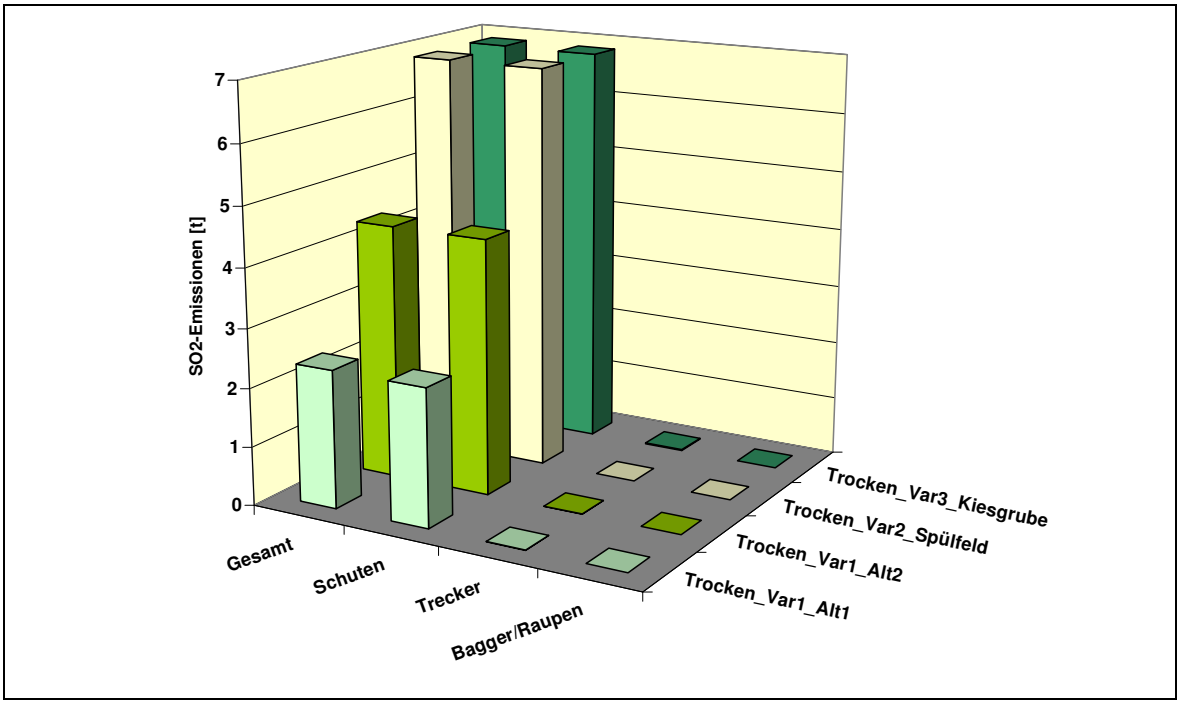


Abbildung 24: Schwefeldioxid-Emissionen für die Bauphase (Nassaushub) [t]

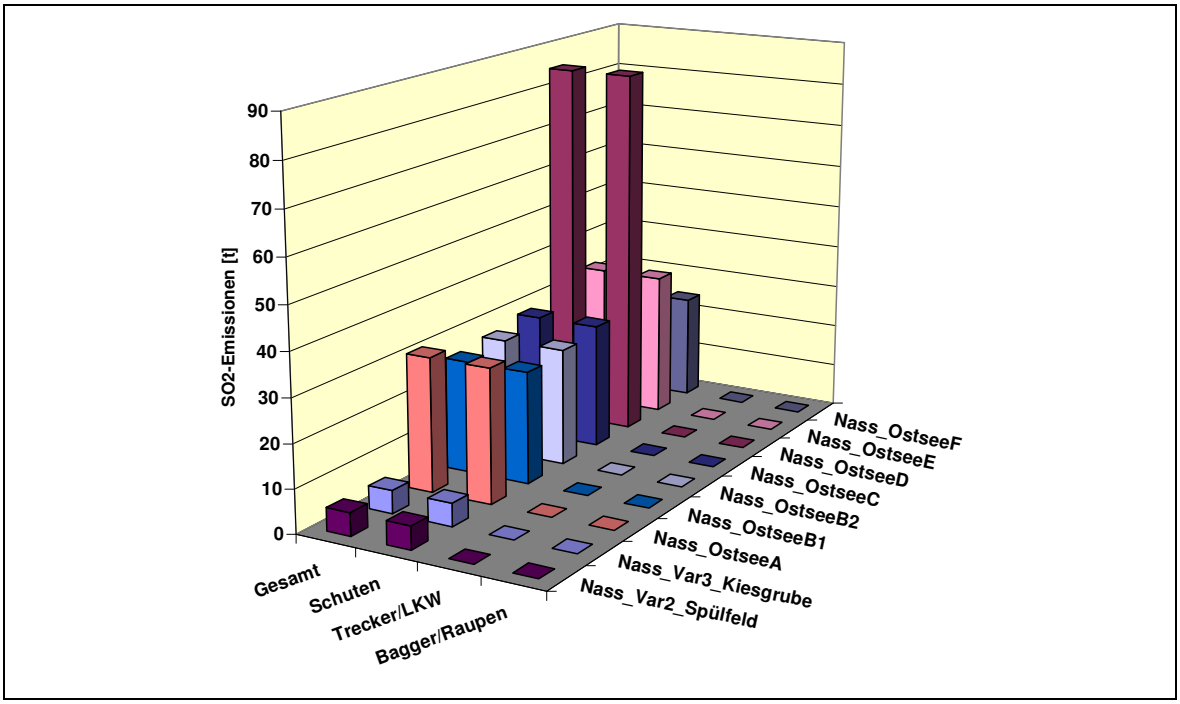


Abbildung 25: Benzol-Emissionen für die Bauphase (Trockenaushub) [t]

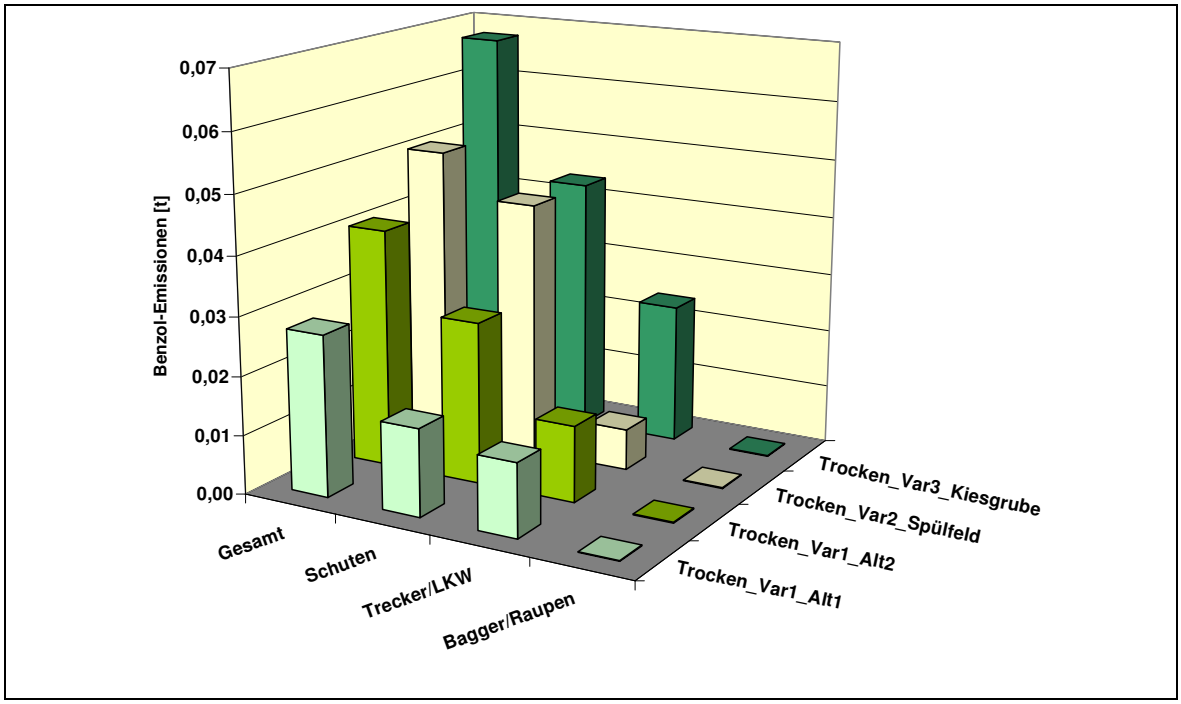


Abbildung 26: Benzol-Emissionen für die Bauphase (Nassaushub) [t]

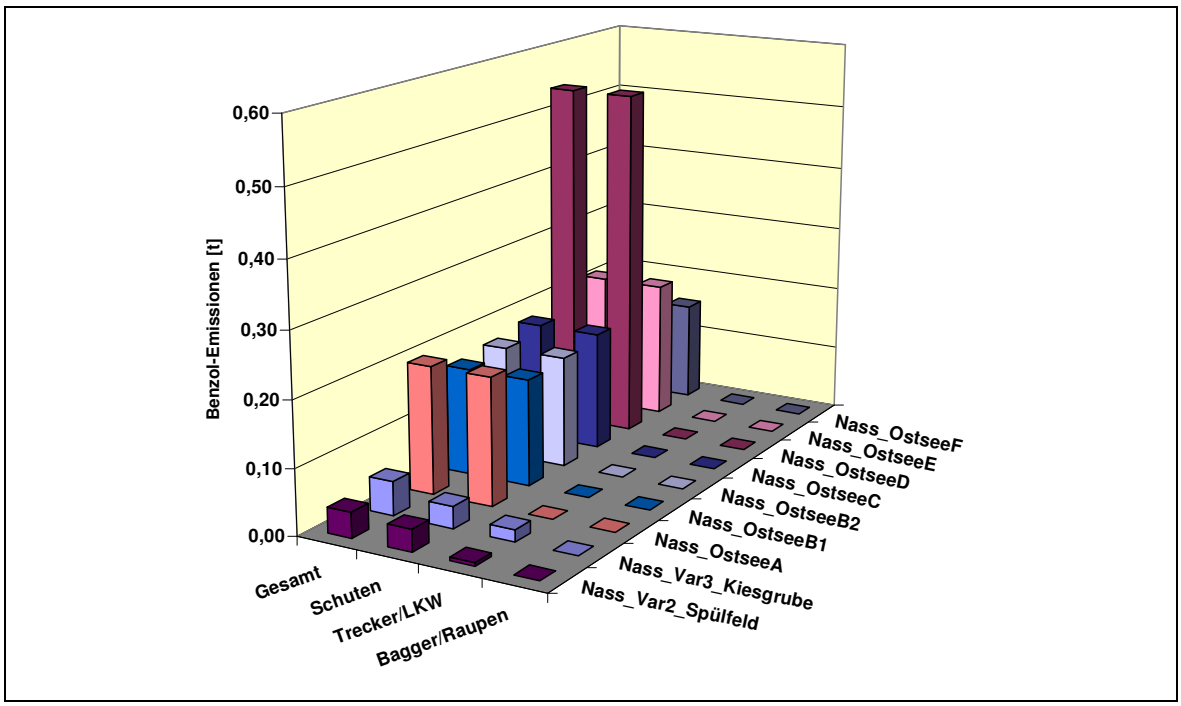


Abbildung 27: Feinstaub(PM_{10})-Emissionen für die Bauphase (Trockenaushub) [t]

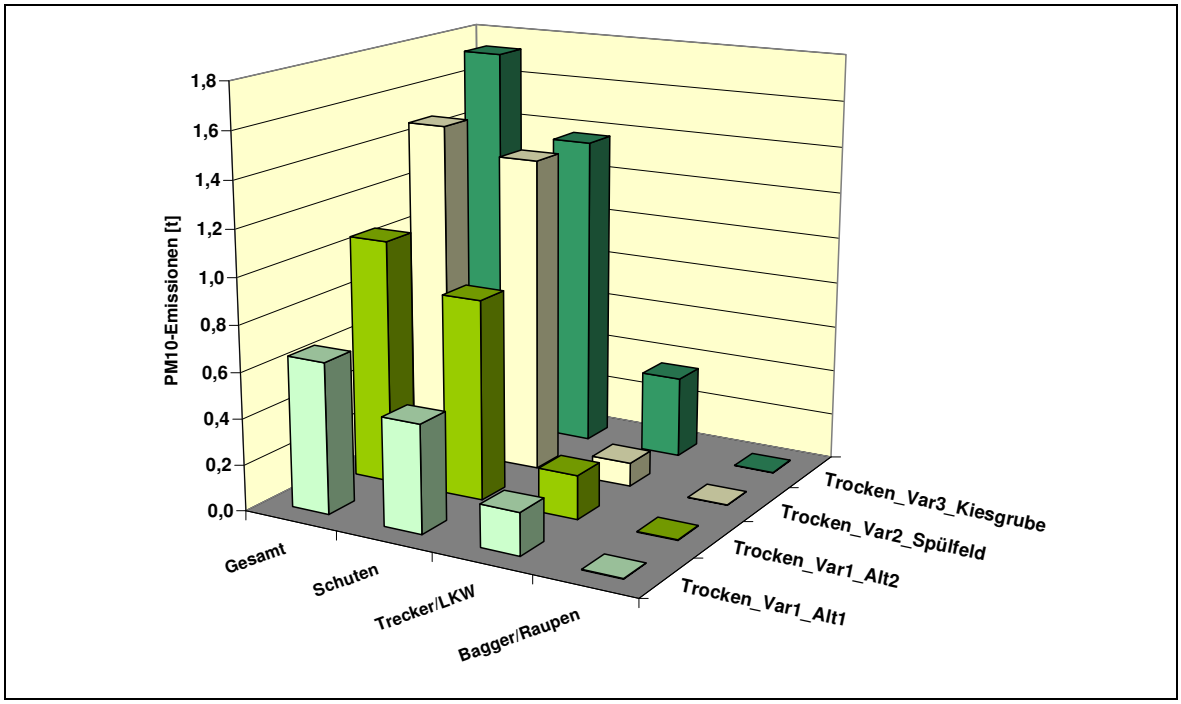


Abbildung 28: Feinstaub(PM_{10})-Emissionen für die Bauphase (Nassaushub) [t]

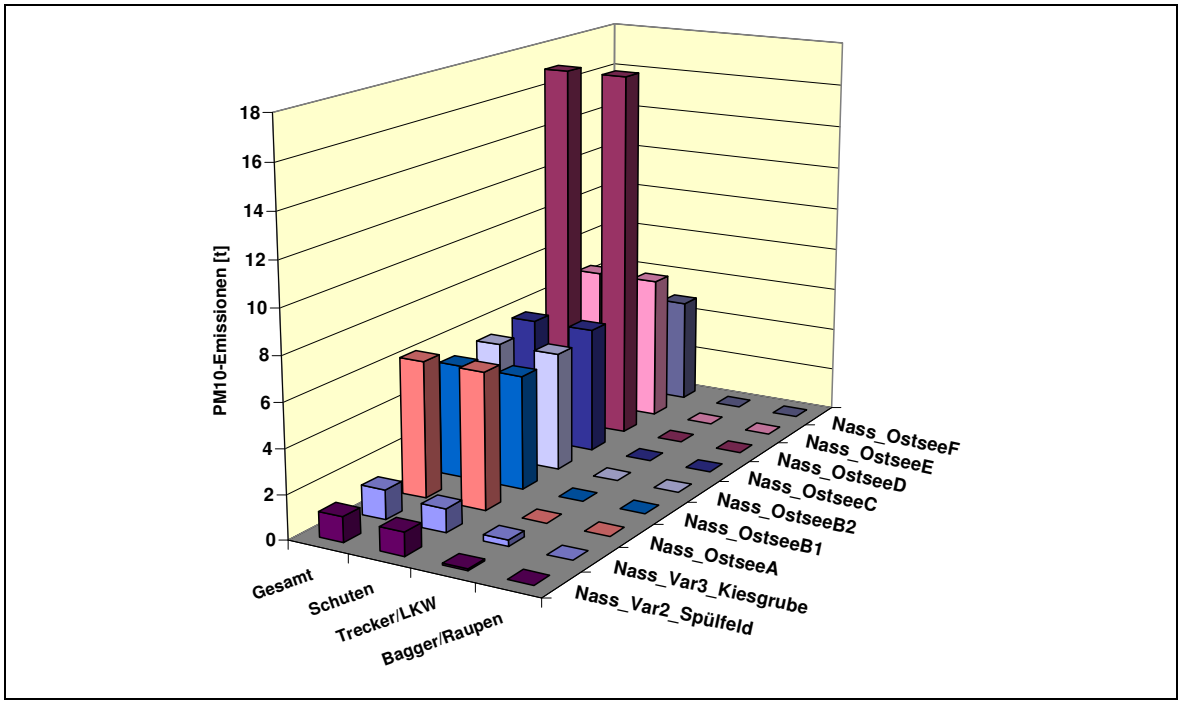


Tabelle 28: Gesamtemissionen im Baustellenbetrieb, Trockenaushub [t]

Schadstoff / Quellgruppe	Trockenaushub			
	Emissionen [t]			
	Variante 1 Warleberg		Variante2 Spülfeld	Variante 3 Kiesgrube
	Alternative 1	Alternative 2		
Stickoxide (NOx)				
Gesamt	12,20	17,19	19,92	30,73
Schuten	5,53	10,23	16,14	16,14
Trecker/LKW	6,60	6,88	3,72	14,53
Bagger/Raupen	0,07	0,08	0,07	0,07
Gesamt	12,20	17,19	19,92	30,73
Schwefeldioxid (SO_2)				
Gesamt	2,35	4,35	6,85	6,86
Schuten	2,35	4,34	6,85	6,85
Trecker/LKW	0,00	0,00	0,002	0,004
Bagger/Raupen	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamt	2,35	4,35	6,85	6,86
Benzol				
Gesamt	0,027	0,041	0,051	0,066
Schuten	0,015	0,028	0,043	0,043
Trecker/LKW	0,012	0,013	0,007	0,022
Bagger/Raupen	0,000	0,000	0,000	0,000
Gesamt	0,027	0,041	0,051	0,066
Feinstaub PM_{10}				
Gesamt	0,65	1,06	1,48	1,70
Schuten	0,47	0,87	1,37	1,37
Trecker/LKW	0,18	0,19	0,10	0,33
Bagger/Raupen	0,00	0,00	0,00	0,00
Gesamt	0,65	1,06	1,48	1,70
Kohlendioxid (CO_2)				
Gesamt	1.187,06	1.536,88	1.544,18	3.057,93
Schuten	370,50	685,22	1.081,04	1.081,04
Trecker/LKW	808,11	841,67	455,14	1.968,89
Bagger/Raupen	8,45	10,00	8,00	8,00
Gesamt	1.187,06	1.536,88	1.544,18	3.057,93

Tabelle 29: Gesamtemissionen im Baustellenbetrieb, Nassaushub [t]

Schadstoff / Quellgruppe	Nassaushub								
	Emissionen [t]								
	Variante 1 Ostsee							Variante2 Spülfeld	Variante 3 Kiesgrube
	A	B1	B2	C	D	E	F		
Stickoxide (NOx)									
Gesamt	73,16	61,16	63,73	67,73	200,35	78,31	56,87	15,44	23,85
Schuten	73,16	61,16	63,73	67,73	200,35	78,31	56,87	12,53	12,53
Trecker/LKW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	11,26
Bagger/Raupen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,06
Gesamt	73,16	61,16	63,73	67,73	200,35	78,31	56,87	15,44	23,85
Schwefeldioxid (SO_2)									
Gesamt	31,06	25,96	27,06	28,75	85,05	33,24	24,14	5,32	5,32
Schuten	31,06	25,96	27,06	28,75	85,05	33,24	24,14	5,32	5,32
Trecker/LKW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,003
Bagger/Raupen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
Gesamt	31,06	25,96	27,06	28,75	85,05	33,24	24,14	5,32	5,32
Benzol									
Gesamt	0,197	0,164	0,171	0,182	0,539	0,211	0,153	0,039	0,051
Schuten	0,197	0,164	0,171	0,182	0,539	0,211	0,153	0,034	0,034
Trecker/LKW	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,017
Bagger/Raupen	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Gesamt	0,197	0,164	0,171	0,182	0,539	0,211	0,153	0,039	0,051
Feinstaub PM_{10}									
Gesamt	6,21	5,19	5,41	5,75	17,01	6,65	4,83	1,14	1,32
Schuten	6,21	5,19	5,41	5,75	17,01	6,65	4,83	1,06	1,06
Trecker/LKW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08	0,26
Bagger/Raupen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,002	0,002
Gesamt	6,21	5,19	5,41	5,75	17,01	6,65	4,83	1,14	1,32
Kohlendioxid (CO_2)									
Gesamt	4.900,49	4.096,46	4.268,75	4.536,76	13.419,37	5.245,07	3.809,31	1.194,66	2.372,55
Schuten	4.900,49	4.096,46	4.268,75	4.536,76	13.419,37	5.245,07	3.809,31	839,44	839,44
Trecker/LKW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	348,37	1.526,25
Bagger/Raupen	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,86	6,86
Gesamt	4.900,49	4.096,46	4.268,75	4.536,76	13.419,37	5.245,07	3.809,31	1.194,66	2.372,55

9.3. Immissionen

Mit dem Betrieb der Baugeräte (Dieselbetrieb) sind übliche Abgas-Emissionen von Dieselmotoren (i. W. Stickstoffoxide, Staub inkl. Ruß) verbunden. Durch den wasserseitigen Transport durch Schuten sind weitere Abgasemissionen zu erwarten, u. a. auch Schwefeldioxid.

Aufgrund der geringen Anzahl von Geräten und Schiffen, der hinreichend großen Abstände zu der schutzbedürftigen Bebauung, der zeitlich beschränkten Bauzeit im jeweiligen Bauabschnitt und der im Plangebiet vorhandenen guten Durchlüftungssituation sind erfahrungsgemäß nur geringe Zusatzbelastungen zu erwarten. Im Hinblick auf die Gesamtbelastungen als Überlagerung von Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung ist davon auszugehen, dass die Zunahmen nicht beurteilungsrelevant sind. Da die Grenzwerte durch die vorhandene Hintergrundbelastung noch bei Weitem nicht ausgeschöpft werden, ist durch den Betrieb der Baustelle nicht mit Überschreitungen der Grenzwerte zu rechnen.

Während der Baggerarbeiten und der Verbringung sind kurzfristige Staubemissionen durch den Transport des Aushubs von der Baustelle zum Verbringungsort und bei der

Verfüllung jedoch grundsätzlich nicht auszuschließen, insbesondere während besonders trockener Wetterperioden. Dies betrifft lediglich das Material aus dem Trockenaushub, der Nassaushub führt aufgrund der Feuchte zu keinen relevanten Staubemissionen.

Aufgrund der begrenzten Dauer für die Verfüllung sowie der örtlichen Situation mit hinreichend großen Abständen zur Wohnbebauung ist im Jahresmittel jedoch nicht mit Grenzwertüberschreitungen zu rechnen. Auch hinsichtlich der Tagesmittelwerte der Feinstaub(PM_{10})-Immissionen sind durch den Betrieb der Baustelle keine zusätzlichen Überschreitungen des Grenzwertes zu erwarten.

10. Zusammenfassung und Beurteilung

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden die Luftschadstoffimmissionen durch den Schiffsverkehr auf dem Nord-Ostsee-Kanal im Bereich der umliegenden schützenswerten Nutzungen prognostiziert und die Veränderungen geprüft.

Im Vorherzustand bzw. Prognose-Nullfall sind Vorbelastungen aus Schiffs- und Straßenverkehr sowie der großräumigen Hintergrundbelastung vorhanden. Dabei wurden alle maßgeblichen Emissionsquellen einbezogen (Schiffsverkehr, Wartezeiten in den Weichen, Betrieb der Fähre Landwehr).

Für die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen wurden die aktuellen Grenz- und Immissionswerte herangezogen, insbesondere die Werte der aktuellen Fassungen der 22. BImSchV und der TA Luft. Es wurden die für den Schiffs- und Straßenverkehr maßgeblichen Leitkomponenten Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid, Feinstaub (PM_{10}) und Benzol betrachtet. Ergänzend wurde auch der von der EU geplante Grenzwert für die Feinstaub-Fraktion $PM_{2,5}$ im Rahmen einer Abschätzung einbezogen.

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 (2001) zugrunde gelegt. Die großräumigen Hintergrundbelastungen wurden auf Grundlage aktueller Messwerte der Luftüberwachung Schleswig-Holstein eingeschätzt. Dabei wurde zur sicheren Seite eine Messstation gewählt, die für den Rand von Ballungsgebieten repräsentativ ist.

Im Vergleich mit dem Prognose-Nullfall sind im Prognose-Planfall Zunahmen der Luftschadstoffemissionen innerhalb des Untersuchungsgebietes von etwa 17 % bis 19 % für die Schadstoffe Schwefeldioxid, Benzol, Feinstaub (PM_{10}), Kohlendioxid und die Stickstoffoxide zu erwarten. Immissionsseitig ergeben sich an den maßgeblichen Immissionsorten überwiegend nur Zunahmen der Gesamtbelastungen in der Größenordnung von 7 % bis 20 % und weniger. Lediglich für die kurzzeitigen Spitzenbelastungen der Schwefeldioxidimmissionen (Tages- und Stundenmittelwerte) sind deutlich höhere Zunahmen von bis zu 35 % nicht auszuschließen.

Insgesamt ist festzustellen, dass für alle untersuchten Schadstoffkomponenten die derzeit geltenden Grenz- und Immissionswerte zum Schutz des Menschen an allen maßgebli-

chen Immissionsorten im Prognose-Planfall eingehalten werden. Darüber hinaus werden auch die ab 2010 geltenden Grenzwerte eingehalten.

Lediglich für die ab 2015/20 geplanten Grenzwerte der Feinstaub($PM_{2,5}$)-Immissionen kann die Einhaltung dem derzeitigen Wissensstand entsprechend nicht sicher nachgewiesen werden, da detaillierte Emissionsfaktoren noch nicht verfügbar sind. Die Zunahmen der Feinstaub-Belastungen durch das Planvorhaben sind jedoch als gering anzusehen, so dass eine maßgebliche Verschlechterung der vorhandenen Situation nicht zu erwarten ist. Legt man einen aus Messwerten abgeleiteten ungünstigen Maximalanteil von $PM_{2,5}$ an den PM_{10}-Belastungen von 80 % zugrunde, so werden die ab 2015 bzw. 2020 geplanten Grenzwerte eingehalten.

Für den Baustellenbetrieb sind die Verbringungsvarianten mit den geringsten Emissionen die Verbringung auf die Verbringungsflächen Warleberg in Kombination mit Rosenkrantz (Variante 1 Alternative 1) für den Trockenabtrag sowie die Verbringung auf das Spülfeld Flemhude (Variante 2) für den Nassabtrag.

Immissionsseitig ist für die Bauarbeiten und die Verbringung festzustellen, dass keine beurteilungsrelevanten Zunahmen der Gesamtbelastung zu erwarten sind. Insbesondere ist nicht damit zu rechnen, dass durch den Betrieb der Baustelle und die Verbringung Überschreitungen der derzeit geltenden Grenzwerte der 22. BImSchV hervorgerufen werden können. Dies ist auch für die ab 2010 geltenden Grenzwerte zu erwarten.

Sofern während der Arbeiten im Nahbereich vorhandener Wohnbebauung besonders trockenes Wetter herrscht und eine sichtbare Staubentwicklung zu beobachten ist, wird jedoch empfohlen, die Staubemissionen durch Befeuchten des Verfüllguts zu begrenzen.

Die Beurteilung der Luftschadstoffbelastungen und der Auswirkungen durch die geplanten Maßnahmen erfolgte im Rahmen der UVS neben der Prüfung auf Einhaltung der Grenzwerte auch anhand von den Bewertungsstufen der BfG [62], die in Bezug auf die jeweiligen Immissionsgrenzwerte definiert sind. Die Gesamtbelastungen sind an den maßgeblichen Immissionsorten im Prognose-Nullfall je nach Schadstoffkomponente als niedrige bis mittlere Belastungen einzustufen. Im Prognose-Planfall sind für fast alle Schadstoffkomponenten nur geringe Veränderungen der Einstufungen zu erwarten, die Veränderungen beschränken sich maximal auf den Wechsel von einer auf die darauf folgende Bewertungsstufe, wenn sich die Immissionen im Grenzbereich zwischen zwei Bewertungsstufen befinden. Die Gesamtwertstufe für das Schutzgut Mensch ist als mittlere Belastung einzustufen.

Zum Schutz der FFH-Gebiete wurden im Bereich des gesamten Verlaufes des NOK die Stickstoff- und Schwefeldioxideinträge abgeschätzt. Es zeigt sich, dass die mittleren Zunahmen der Stickstoffeinträge im Prognose-Planfall zwischen 0,042 kg/(ha * a) und 0,164 kg/(ha * a) liegen. Die Zunahmen der Schwefeleinträge betragen im Mittel 0,29 kg/(ha * a) bis 1,45 kg/(ha * a). Die Bewertung der Einträge erfolgt im Rahmen der Umweltverträglichkeitsuntersuchung.

Aus lufthygienischer Sicht ist das geplante Vorhaben den obigen Ergebnissen entsprechend mit dem Schutz der angrenzenden Nutzungen verträglich. Aufgrund der Einhaltung

der aktuellen bzw. ab 2010 geltenden Grenzwerte sind Maßnahmen zum Immissionsschutz nicht erforderlich.

Hammoor, den 22. Januar 2009

(Dipl.-Phys. Kristina Deichnik)

(Dipl.-Phys. Dr. Bernd Burandt)

11. Quellenverzeichnis

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;

Gesetze, Verwaltungsvorschriften und Richtlinien

[3] Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Großfeuerungs- und Gasturbinenanlagen – 13. BImSchV) vom 20. Juli 2004 (BGBl. I Nr. 37 vom 23.07.2004 S. 1717);

[4] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV), vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), in der Fassung vom 4. Juni 2007 (BGBl. I Nr. 25 vom 12.06.2007 S. 1006);

[5] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl. Nr. 25 - 29 vom 30.07.2002 S. 511);

[6] Richtlinie 85/203/EWG: Richtlinie des Rates vom 7. März 1985 über Luftqualitätsnormen für Stickstoffdioxid, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 87/1;

[7] Richtlinie 96/62/EG des Rates über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität vom 27. September 1996 (ABl. EG vom 21.11.1996 Nr. L 296 S. 55) („Rahmenrichtlinie Luftqualität“);

[8] Richtlinie 1999/30/EG des Rates über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft (1999/30/EG) vom 22. April 1999 (ABl. EG vom 29.06.1999 Nr. L 163 S. 41) („1. Tochterrichtlinie“);

[9] Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft vom 112. November 2000 (ABl. EG vom 13.12.2000 Nr. L 313 S. 12) zuletzt geändert am 20. April 2001 durch Berichtigung der Richtlinie 2000/69/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 112. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft (ABl. EG vom 20.04.2001 Nr. L 111 S. 31) („2. Tochterrichtlinie“);

[10] Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft vom 15. Dezember 2004 (ABl. EU vom 26.01.2005 Nr. L 23 S. 3) („4. Tochterrichtlinie“);

[11] Richtlinie 1999/32/EG des Rates über eine Verringerung des Schwefelgehalts bestimmter flüssiger Kraft- oder Brennstoffe und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG vom 26. April 1999 (ABl. EG vom 11.05.1999 Nr. L 121 S. 13) zuletzt geändert am 6. Juli 2005 durch Artikel 1 der Richtlinie 2005/33/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Änderung der Richtlinie 1999/32/EG hinsichtlich des Schwefelgehalts von Schiffskraftstoffen (ABl. EU vom 22.07.2005 Nr. L 191 S. 59);

[12] 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);

[13] Kalmbach, S.: Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 5. Auflage, 2004;

[14] Hansmann, K.: TA Luft, Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, Kommentar, Verlag C. H. Beck, München, 2. Auflage, 2004;

[15] Bericht des Länderausschusses für Immissionsschutz: Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind – Orientierungswerte für die Sonderfallprüfung und für die Anlagenüberwachung sowie Zielwerte für die langfristige Luftreinhalteplanung unter besonderer Berücksichtigung der Beurteilung krebserzeugender Luftschadstoffe, 21. September 2004;

Emissionsermittlung

[16] Bosserhoff, D., Integration von Verkehrsplanung und räumlicher Planung, Grundsätze und Umsetzung, Abschätzung der Verkehrserzeugung, Schriftenreihe der Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung, Wiesbaden, 2000;

[17] Emissionskataster der Freien und Hansestadt Hamburg, Emissionen durch den Schiffsverkehr im Jahre 1982, Germanischer Lloyd 1985;

[18] Energieverbrauch und Luftverschmutzung – ein Vergleich zwischen Schiffen und anderen Transportfahrzeugen, J. Isensee, Schiff- System- und Informationstechnik (ehemals Institut für Schiffbau), Technische Universität Hamburg-Harburg, 1996;

[19] Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, European Commission, Final Report, July 2002, Entec UK Limited;

[20] EMISS, Programm zur Bestimmung aller Schiffs-Emissionen, Dipl.-Ing. (Schiffbau) Jürgen Isensee, Version 4. Dezember 2003;

[21] Schiffs -Hilfskessel, Größe, Eigenschaften, Umweltbelastung, Dipl.-Ing. (Schiffbau) Jürgen Isensee, 16. Dezember 2003, bisher nicht veröffentlicht;

[22] Umsetzung der Agenda 21 in den deutschen Seehäfen am Beispiel Lübeck-Travemünde, Modellrechnungen zur Ermittlung der Luftschadstoffbelastungen, Fachbeitrag zum FuE-Vorhaben FKZ 201 96 105 des Umweltbundesamtes, LAIRM CONSULT GmbH, 28. September 2004;

[23] „Umwelt-Oscar für einen deutschen Avantgardisten“, VDI-Nachrichten, Nr. 25, 18. Juni 2004, Seite 22;

[24] LuWas, PC-Programm zur Ermittlung der schifffahrtsbedingten Luftschadstoffbelastung an Wasserstraßen, August 1998, überarbeitet Oktober 2000, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;

[25] Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, CD-ROM Version 2.1, Umweltbundesamt (UBA) Berlin, BUWAL Bern, UBA Wien, erstellt durch INFRAS AG Bern, 28. Februar 2004;

[26] 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;

[27] 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;

[28] VDI-Richtlinie 3790, Blatt 3: Umweltmeteorologie, Emissionen von Gasen, Gerüchen und Stäuben aus diffusen Quellen: Lagerung, Umschlag und Transport von Schüttgütern;

[29] Compilation of air pollutant emission factors, Vol. 1: Stationary point and area sources, 4th edition, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Mobile Sources, (1985);

[30] 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);

[31] Fachgespräche beim Umweltbundesamt zum Thema Staub/Feinstaub:
- „Korngrößenverteilung von Staubemissionen“ am 27. Januar 1998;
- „Untersuchungen zu Emissionsquellen von Feinstaub“ am 22. Juli 1998;
- „Emissionen aus dem Schüttgutumschlag“ am 3. Dezember 1998;

[32] Lohmeyer aktuell, Ausgabe Nr. 3, Mai 2000, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe;

[33] Validierung von PM_{10}-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Straßen, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Juni 2001;

[34] Quantifizierung der PM_{10}-Emissionen durch Staubaufwirbelung und Abrieb von Straßen auf Basis vorhandener Messdaten, Ingenieurbüro Lohmeyer, Karlsruhe, Februar 2003;

[35] I. Düring, A.Lohmeyer: Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen, Kommission zur Reinhaltung der Luft, Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe, 10./11. November 2004, VDI, Düsseldorf;

[36] Bachhiesl, M., Narodoslawsky und M., Sturm, P.-J., Berechnung des Depositionsflusses als Grundlage für ökotoxikologische Beurteilungen, UVP-report 1+2/2002;

[37] Gauger (2007): F+E Vorhaben "Nationale Umsetzung UNECE-Luftreinhaltekonvention (Wirkungen)..." (Fkz. 204 63 252) im Auftrag des BMU, Stand März 2008;

[38] Umweltdaten Deutschland online. OSIRIS Datenbank, Stickstoffvorbelastungen in Deutschland. http://osiris.uba.de/website/depo1/viewer.htm, Umweltbundesamt, 2007;

Immissionsberechnung

[39] 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;

[40] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 6/2005, vom 12. April 2005;

[41] PROKAS, Ausbreitungsmodell für verkehrsbedingte Immissionen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;

[42] MISKAM (Mikroskaliges Klima- und Ausbreitungsmodell), Dr. J. Eichhorn, Arbeitsgruppe Stadtklima, Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz;

[43] Programmsystem IMMITOOL inkl. der Module PROKAS/PROKAS _B, MISKAM und WINMISK, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe;

[44] AUSTAL2000, Entwicklung eines modellgestützten Beurteilungssystems für den anlagenbezogenen Immissionsschutz, UFOPLAN Forschungskennzahl 200 43 256, Ingenieurbüro Janicke, Dunum, im Auftrag des Umweltbundesamtes Berlin, Version 2.3.6, März 2007;

[45] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 1: Umweltmeteorologie - Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Gauß'sches Fahnenmodell für Pläne zur Luftreinhaltung, Dezember 2001;

[46] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 3: Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre – Berechnung der Abgasfahnenüberhöhung, Juni 1985;

[47] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 5: Umweltmeteorologie – Atmosphärische Ausbreitungsmodelle - Depositionsparameter, April 2006;

[48] VDI-Richtlinie 3782, Blatt 8: Ausbreitungsrechnung für Kfz-Emissionen, Entwurf, März 1998, aus formalen Gründen ersatzlos zurückgezogen;

[49] VDI-Richtlinie 3783, Blatt 13: Umweltmeteorologie – Qualitätssicherung in der Immissionsprognose, Anlagenbezogener Immissionsschutz, Entwurf, Dezember 2007;

[50] T. Flassak, W. Bächlin, R. Bösinger, R. Blazek, G. Schädler, A. Lohmeyer: Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase – Sensitivitätsanalyse, Forschungsbericht Forschungszentrum Karlsruhe (FZKA), Förderkennzeichen 2 95 003 (PEF), 1996;

[51] E. Romberg, R. Bösinger, A. Lohmeyer, R. Ruhnke, E. Röth: NO-NO_2-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 56, 215/218, 1996;

[52] Immissions-Überwachung der Luft in Schleswig-Holstein, Staatliches Umweltamt Itzehoe, Messberichte und aktuelle Messergebnisse im Internet verfügbar (http://www.umwelt.schleswig-holstein.de/);

[53] Hamburger Luftmessnetz, Messberichte und aktuelle Messergebnisse im Internet verfügbar (http://www.hamburger-luft.de/);

[54] Meteorologische Zeitreihen für den Standort Kiel-Holtenau und Brunsbüttel, Jahre 1999 bis 2004, Deutscher Wetterdienst, Geschäftsfeld Klima- und Umweltberatung, Regionales Gutachterbüro Hamburg;

Sonstige projektbezogene Quellen und Unterlagen

[55] Kartengrundlage: Deutsche Grundkarte 1:5.000, vervielfältigt mit Genehmigung des Landesvermessungsamtes Schleswig-Holstein vom 06.09.2007, Geschäftszeichen 12-562.6 S 527/07;

[56] Straßenverkehrszählung 2005, Reihe Verkehrstechnik, Heft V164, Berichte der Bundesanstalt für Straßenverkehrswesen bast, November 2007;

[57] Nutzen-Kosten-Untersuchung zur Anpassung der Oststrecke des Nord-Ostsee-Kanals, Schlussbericht, PLANCO Consulting GmbH, Essen, September 2004, zur Verfügung gestellt vom Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau;

[58] Vermerk des WSA Kiel-Holtenau zu den Schiffsverkehrszahlen als Grundlage für das Lärm- und Immissionsgutachten vom 29.07.2008;

[59] Vermerk des WSA Kiel-Holtenau zu den Randbedingungen der Verbringung und Logistik vom 17.10.2008;

[60] Anlage 1 des WSA Kiel-Holtenau zum Verbringungskonzept (Baugeräteeinsatz) Stand: 14.10.2008;

[61] MARPOL-Übereinkommen, http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Umweltschutz/MARPOL_Umweltuebereinkommen/;

[62] Leitfaden der Bundesanstalt für Gewässerkunde zur Bewertung der Schadstoffemissionen.

12. Anlagenverzeichnis

A 1 Lagepläne VII

A 1.1 Übersichtsplan Prognose-Planfall, Rechengebiet 1 bis 7, Maßstab 1: 17.500 VII

A 1.2 Übersichtplan FFH-Gebiet 1626-352 (Rechengebiet 11) VIII

A 1.3 Übersichtplan FFH-Gebiet 1625-301 (Rechengebiet 12) IX

A 1.4 Übersichtplan FFH-Gebiet 1624-392 (Rechengebiet 13) X

A 1.5 Übersichtplan FFH-Gebiet 2022-302 (Rechengebiet 14) XI

A 1.6 Übersichtplan FFH-Gebiet 1922-391 (Rechengebiet 15) XII

A 1.7 Übersichtsplan Baustellenbetrieb XIII

A 2 Emissionen des Straßenverkehr XIV

A 2.1 Allgemeines XIV

A 2.2 Verkehrsbelastungen Prognose 2015 XV

A 2.3 Zusammenstellung der Verkehrssituationen XVI

A 2.4 Basis-Emissionsfaktoren XVII

A 2.4.1 Kfz-Abgase (Handbuch Emissionsfaktoren), Bezugsjahr 2010 XVII

A 2.4.2 Staubaufwirbelung auf befestigten Straßen (Lohmeyer 2004) XVII

A 2.5 Emissionen der Straßenabschnitte XVIII

A 3 Emissionen des Schiffsverkehrs XX

A 3.1 Schiffszahlen Prognose 2015 XX

A 3.1.1 Schiffsverkehr Oststrecke Nord-Ostsee-Kanal Prognose-Nullfall XX

A 3.1.2 Schiffsverkehr Oststrecke Nord-Ostsee-Kanal Prognose-Planfall XX

A 3.1.3 Schiffsverkehr Weststrecke Nord-Ostsee-Kanal Prognose-Nullfall XX

A 3.1.4 Schiffsverkehr Weststrecke Nord-Ostsee-Kanal Prognose-Planfall XX

A 3.2 Emissionsfaktoren XXI

A 3.2.1 Hauptmaschinen bei Revierfahrt und im Hafen gemäß ENTEC-Studie und LuWas XXI

A 3.2.2 Hilfsmaschinen bei Fahrt auf See, Revierfahrt und im Hafen gemäß ENTEC-Studie XXI

A 3.2.3 Hilfskessel bei Fahrt auf See, Revierfahrt und im Hafen gemäß Isensee XXI
A 3.2.4 Auslastung der Aggregate XXI
A 3.3 Emissionen der Seeschiffe XXII
A 3.3.1 Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hauptmaschinen XXII
A 3.3.2 Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hilfsmaschinen XXIV
A 3.3.3 Schiffsspezifische Eingangsdaten, Hilfskessel XXVI
A 3.3.4 Gesamt-Emissionsfaktoren, Revierfahrt XXVIII
A 4 Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes (Kiel-Holtenau) XXX
A 4.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel XXX
A 4.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen XXX
A 5 Ausbreitungsklassenstatistik des Deutschen Wetterdienstes (Brunsbüttel) XXXI
A 5.1 Windrichtungsverteilung im Jahresmittel XXXI
A 5.2 Verteilung der Ausbreitungsklassen XXXI
A 6 Zusammenstellung vorhandener Messdaten XXXII
A 7 Rasterkarten NOK, Maßstab 1:17.500 XXXIII
A 7.1 Schwefeldioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00) XXXIII
A 7.1.1 Prognose-Nullfall (SO_2, J00) XXXIII
A 7.1.2 Prognose-Planfall (SO_2, J00) XXXIV
A 7.1.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO_2, J00) XXXV
A 7.2 Schwefeldioxid-Zusatzbelastungen (Tagesmittelwert T03) XXXVI
A 7.2.1 Prognose-Nullfall (SO_2, T03) XXXVI
A 7.2.2 Prognose-Planfall (SO_2, T03) XXXVII
A 7.2.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO_2, T03) XXXVIII
A 7.3 Schwefeldioxid-Zusatzbelastungen (Stundenmittelwert S24) XXXIX
A 7.3.1 Prognose-Nullfall (SO_2, S24) XXXIX
A 7.3.2 Prognose-Planfall (SO_2, S24) XL
A 7.3.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO_2, S24) XLI
A 7.4 Feinstaub(PM10)-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00) XLII
A 7.4.1 Prognose-Nullfall (PM_{10}, J00) XLII
A 7.4.2 Prognose-Planfall (PM_{10}, J00) XLIII

A 7.4.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (PM_{10}, J00) XLIV
A 7.5 Benzol-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00) XLV
A 7.5.1 Prognose-Nullfall (Bzl, J00) XLV
A 7.5.2 Prognose-Planfall (Bzl, J00) XLVI
A 7.5.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (Bzl, J00) XLVII
A 7.6 Stickstoffdioxid-Gesamtbelastungen (Jahresmittelwert J00) XLVIII
A 7.6.1 Prognose-Nullfall (NO_2, J00) XLVIII
A 7.6.2 Prognose-Planfall (NO_2, J00) XLIX
A 7.6.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (NO_2, J00) L
A 8 Rasterkarten FFH-Gebiete, Maßstab 1:15.000 LI
A 8.1 Schwefeldeposition LI
A 8.1.1 FFH-Gebiet 1626-352, RG 11 LI
A 8.1.1.1 Prognose-Nullfall (SO_2, Deposition) LI
A 8.1.1.2 Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LII
A 8.1.1.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LIII
A 8.1.2 FFH-Gebiet 1625-301, RG 12 LIV
A 8.1.2.1 Prognose-Nullfall (SO_2, Deposition) LIV
A 8.1.2.2 Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LV
A 8.1.2.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LVI
A 8.1.3 FFH-Gebiet 1624-392, RG 13 LVII
A 8.1.3.1 Prognose-Nullfall (SO_2, Deposition) LVII
A 8.1.3.2 Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LVIII
A 8.1.3.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LIX
A 8.1.4 FFH-Gebiet 2022-302, RG 14 LX
A 8.1.4.1 Prognose-Nullfall (SO_2, Deposition) LX
A 8.1.4.2 Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LXI
A 8.1.4.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LXII

A 8.1.5 FFH-Gebiet 1922-391, RG 15 LXIII
A 8.1.5.1 Prognose-Nullfall (SO_2, Deposition) LXIII
A 8.1.5.2 Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LXIV
A 8.1.5.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (SO_2, Deposition) LXV
A 8.2 Stickstoffdeposition LXVI
A 8.2.1 FFH-Gebiet 1626-352, RG 11 LXVI
A 8.2.1.1 Prognose-Nullfall (N, Deposition) LXVI
A 8.2.1.2 Prognose-Planfall (N, Deposition) LXVII
A 8.2.1.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (N, Deposition) LXVIII
A 8.2.2 FFH-Gebiet 1625-301, RG 12 LXIX
A 8.2.2.1 Prognose-Nullfall (N, Deposition) LXIX
A 8.2.2.2 Prognose-Planfall (N, Deposition) LXX
A 8.2.2.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (N, Deposition) LXXI
A 8.2.3 FFH-Gebiet 1624-392, RG 13 LXXII
A 8.2.3.1 Prognose-Nullfall (N, Deposition) LXXII
A 8.2.3.2 Prognose-Planfall (N, Deposition) LXXIII
A 8.2.3.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (N, Deposition) LXXIV
A 8.2.4 FFH-Gebiet 2022-302, RG 14 LXXV
A 8.2.4.1 Prognose-Nullfall (N, Deposition) LXXV
A 8.2.4.2 Prognose-Planfall (N, Deposition) LXXVI
A 8.2.4.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (N, Deposition) LXXVII
A 8.2.5 FFH-Gebiet 1922-391, RG 15 LXXVIII
A 8.2.5.1 Prognose-Nullfall (N, Deposition) LXXVIII
A 8.2.5.2 Prognose-Planfall (N, Deposition) LXXIX
A 8.2.5.3 Differenzkarte: Veränderungen im Prognose-Planfall (N, Deposition) LXXX
A 9 Baustellenbetrieb Eingangsdaten LXXXI
A 9.1 Gesamtzahlen Baufahrzeuge für Trockenabtrag LXXXI
A 9.2 Gesamtzahlen Baufahrzeuge für Nassabtrag LXXXI

A 9.3 Transportwege Trockenabtrag LXXXII
A 9.4 Transportwege Nassabtrag LXXXIII
A 9.5 Emissionsfaktoren Baufahrzeuge/Schuten LXXXIV
A 9.5.1 Emissionsfaktoren Traktoren/LKW/Bagger/Raupen LXXXIV
A 9.5.2 Emissionsfaktoren Schuten LXXXIV